

# Bærekraftig kompetanse

Delrapport 1

*Fremtidens teknologistudier*

Trondheim, 26. juni 2020

NTNU  
Norges teknisk-  
naturvitenskapelige universitet



Forsidefoto: Kai T. Dragland/NTNU

## Sammendrag

Denne delrapporten dokumenterer kunnskapsgrunnlag, funn og anbefalinger fra Fase 1 i prosjektet *Fremtidens teknologistudier (FTS)*. Rapporten har tre deler.

I Del 1 *Introduksjon* beskrives først bakgrunn og historikk for prosjektet i Kapittel 1. Deretter gis en oversikt over prosjektets mandat, avgrensning og prosjektplan i Kapittel 2, hvor det også anbefales en *visjon* for NTNUs teknologiutdanninger. Del 1 avsluttes med Kapittel 3, som inneholder en gjennomgang av hvilke av prosjektets resultatmål som svares ut gjennom delrapporten.

I Del 2 *Hvor vil vi?* gir Kapittel 4 først en kort gjennomgang av det viktigste *kunnskapsgrunnlaget* som ligger til grunn for prosjektets funn og anbefalinger. Her oppsummeres den omverden-analyse og de funn som er beskrevet i større detalj i Vedlegg A – E: Globale og nasjonale trender som driver fremtidens kompetansebehov, karakteristika ved internasjonal state-of-the-art innen teknologiutdanning, uttrykte forventninger fra sentrale interessenter til NTNUs teknologiutdanninger, og NTNUs egne strategiske ambisjoner. I Kapittel 5 gis prosjektets anbefalinger knyttet til de *kompetanseprofil-forslagene* FTS har utviklet og anbefaler som et grunnlag for videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger, samt en leseveiledning til de komplette kompetanseprofilbeskrivelsene (som ligger i Vedlegg F). Kapittel 6 beskriver deretter et sett konkrete *anbefalinger* for å realisere prosjektets anbefalte retning for videre utvikling av teknologiutdanningene, og drøfter kort noen tanker rundt mulige kortsiktige tiltak.

I Del 3 *Hvor står vi?* gir Kapittel 7 først en kortfattet oversikt over status og videre planer for prosjektets leveranse på resultatmålet «*Styrker og svakheter ved dagens teknologiutdanninger i et internasjonalt perspektiv*». Leveransen er forsinket i forhold til opprinnelig plan, som en konsekvens av korona-situasjonen. Deretter følger Kapittel 8 som introduserer en *beregningsmodell* for å kartlegge potensialet for økning av NTNUs resultatinntekter på utdanningsområdet, og også kort diskuterer de viktigste *kostnadsdriverne* på utdanningsområdet. Intensjonen er å illustrere potensialet for å øke NTNUs handlingsrom til å iverksette kvalitetsforbedrende tiltak som kan bidra til redusert frafall, styrket rekruttering og mer effektiv gjennomføring.

Vedleggene A – E samt referansene brukt i disse vedleggene inneholder det samlede kunnskapsgrunnlaget som prosjektet baserer sine funn, anbefalinger og konklusjoner på. Vedleggene omhandler henholdsvis en omverden-analyse hvor de viktigste driverne av fremtidens kompetansebehov kartlegges, og forventninger fra utdanningenes viktigste interessenter beskrives (Vedlegg A), en kartlegging og drøfting av internasjonal state-of-the-art innenfor ingeniør- og teknologiutdanning (Vedlegg B), en drøfting av kompetanse som begrep samt viktige fremtidige behov for kompetanse (Vedlegg C), en drøfting av begrepet *bærekraftkompetanse* (Vedlegg D), og en drøfting av begrepet *digital kompetanse*, koblet opp mot begrepene *digital transformasjon* og *muliggjørende teknologier* (Vedlegg E).

Vedlegg F inneholder en detaljert beskrivelse av prosjektets forslag på kompetanseprofiler for studieprogramtypene 3-årig bachelor ingeniør, 5-årig integrert master, og ph.d.-studier i teknologi. Vedlegg G gir et konkret eksempel på tentativ tilpasning av profilene til et konkret program av en annen programtype.

Vedlegg H inneholder en oversikt over de eksisterende studieprogram som inngår i FTS-porteføljen, mens Vedlegg I gir en oversikt over de viktigste lov- og regelverk som påvirker utvikling av teknologiutdanningene ved NTNU. Til slutt følger i Vedlegg J en visualisering av de viktigste prosjektrelaterte aktivitetene som er gjennomført i prosjektets Fase 1, dvs. i perioden 1. august 2019 – 26. juni 2020.

Vi avslutter dette sammendraget med en oppsummering av prosjektets konkrete anbefalinger fra FTS Fase 1. *Prosjektet anbefaler at*<sup>1</sup>

1. Visjonen for NTNUs teknologistudier skal være: *NTNU utdanner skapende teknologer i verdensklasse – som kan og vil bidra til en bærekraftig fremtid og en bedre verden.*
2. Alle kandidater fra NTNUs teknologiutdanninger skal ha bærekraftkompetanse og digital kompetanse på høyt nivå.
3. Kompetanseprofil-forslagene fra FTS fase 1 danner utgangspunkt for utvikling av NTNUs teknologiutdanninger.
4. Kompetanseprofiler for «andre» studieprogrammer i FTS-porteføljen avledes fra profilforslagene i fase 1.
5. NTNUs teknologiutdanninger utvikles basert på premissene *strategisk forankring, det skapende, bærekraft og kvalitet.*
6. Målet for NTNUs teknologiutdanninger er at kandidatene skal opparbeide helhetlig og integrert kompetanse.
7. NTNUs teknologiutdanninger utvikles gjennom en programdrevet tilnærming.
8. NTNUs teknologiutdanninger foregår i en tydelig og profesjonsrelevant kontekst.
9. NTNUs teknologiutdanninger legger aktivt til rette for effektiv og dyp læring.
10. NTNU stiller tydelige forventninger til og gir solid støtte for kompetanseutvikling hos faglærere.
11. NTNU etablerer tydelige og kraftfulle virkemidler for å realisere universitetets ambisjoner for tverrfaglig mangfold og samhandling i teknologiutdanningene.
12. NTNU prioriterer utvikling av campus og annen infrastruktur som understøtter ønsket utvikling av teknologiutdanningene.
13. NTNUs kvalitetsutvikling av teknologiutdanningene skjer gjennom systematisk og kontinuerlig forbedring.
14. NTNU gir høy prioritet til internasjonalt samarbeid rundt utvikling av teknologiutdanning.
15. NTNU benytter CDIO-standardene som konkret rettesnor for å operasjonalisere de andre anbefalingene.
16. NTNU tar initiativet til en formell samhandlingsarena mellom myndigheter, arbeidsgiverorganisasjoner, arbeidstakerorganisasjoner og UH-sektoren, i den hensikt å bidra til nasjonal dialog, samhandling og forventningsavklaring som et grunnlag for å styrke Norges samlede tilbud innenfor livslang læring.
17. Modellen for beregning av potensialet for inntektsøkning på utdanningsområdet videreutvikles og tas i bruk i ressursmessige vurderinger rundt NTNUs teknologiutdanninger.

---

<sup>1</sup> Nummereringen følger rekkefølgen som anbefalingene omtales i i rapporten.

## Forord

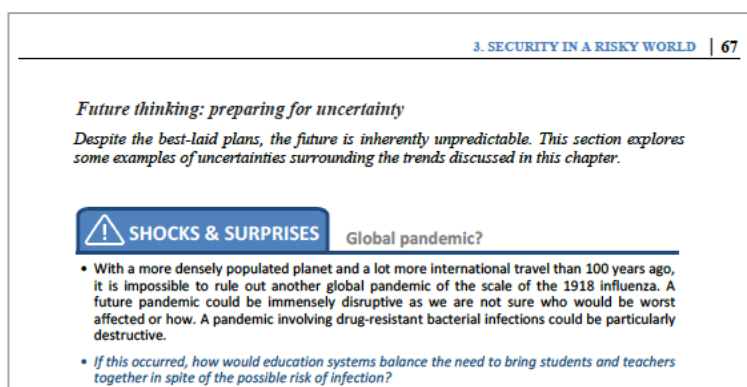
«A good education changes what you know.  
A great education change who you are.»

Prof. [Richard K. Miller](#)<sup>2</sup>

Fremtidens teknologistudier (FTS) har siden august 2019 arbeidet med å beskrive hvilken kompetanse kandidatene som skal uteksamineres fra NTNUs teknologiutdanninger etter 2025 bør ha. I tillegg har prosjektet utarbeidet anbefalinger for hvordan NTNU bør tenke og handle for å kunne gi sine studenter den kompetansen fremtiden vil kreve. Denne første delrapporten oppsummerer prosjektets funn og anbefalinger fra prosjektfase 1, «Kartlegging og konsept», som har vart frem til juni 2020. Målet med rapporten er å gi et bredt og kunnskapsbasert grunnlag for arbeidet i neste fase. Delrapportens funn, konklusjoner og anbefalinger er derfor basert på triangulering av fakta og perspektiver fra et rikt og mangfoldig utvalg av kilder.

Neste fase – som starter i august 2020 – vil handle om valg og utvikling av konkrete virkemidler, og prosess for implementering av nødvendige endringer i utdanningene, herunder også vurderinger rundt endringer i programstruktur.

Midt under arbeidet i fase 1 – i mars 2020 – ble verden og prosjektet rammet av koronapandemien. Dette skapte en helt ny arbeidssituasjon for mange, også ved NTNU, og heller ikke FTS-prosjektet er uberørt av dette. Arbeidet i delprosjekt 1, «Styrker og svakheter ved dagens utdanninger», er blitt spesielt berørt, i den grad at resultatet av delprosjektets kartlegging, som skulle ha inngått i denne delrapporten, er besluttet skilt ut i en egen delrapport med tentativ leveringsfrist 1. oktober 2020.



Figur 1: Klipp fra OECD-rapporten [Trends Shaping Education 2019](#) (publisert januar 2019).

Koronakrisen er samtidig et slående eksempel på et scenario der det blir svært tydelig at verden er helt avhengig av kompetanser som FTS har identifisert som viktige: Samarbeids- og kommunikasjonsevner på tvers av fag, kultur og geografi, kreativitet og innovasjonsevne, kritisk tenkning og evne til etisk refleksjon, evne til systemtenkning, scenariotenkning og konsekvensanalyse, evne til å kritisk reflektere over egen kompetanse og eget arbeid, evne til å ta

<sup>2</sup> Rektor ved Olin College of Engineering, Boston, MA, USA, 1999-2020.

raske og gode beslutninger under usikkerhet, og evne til å lære av egne feil og justere kursen deretter.

Pandemien har også tydelig vist at dyp faglig innsikt (blant annet i matematisk og statistisk analyse og modellering, stordataanalyse og kunstig intelligens, bioteknologi, kjemi, medisinsk teknologi, simulering og visualisering, cybersikkerhet og personvern) vil være svært viktig for forståelse og håndtering av fremtidens utfordringer. Dette er også helt i tråd med FTS' konklusjoner.

I arbeidet med å identifisere og beskrive fremtidens nøkkelkompetanser, og vurdering av de sterke og svake sidene ved dagens teknologistudier ved NTNU, har FTS inntatt et internasjonalt perspektiv. De globale hendelsene som har utspilt seg våren 2020 viser også hvor viktige kompetanser som samfunns- og kulturforståelse på tvers av landegrenser, innsikt i internasjonal politikk, og evne til strategisk lederskap vil være når viktige beslutninger om fremtidig retning skal tas. Bred tverrfaglig samhandling vil være en nøkkel når fremtidens utfordringer skal løses.

Den raske forseringen av digital transformasjon vi har vært vitne til innenfor flere sektorer er et annet slående aspekt ved korona-krisen. Vår avhengighet av digitale teknologier for å kunne opprettholde nødvendig aktivitet og sosial omgang denne våren har vært nærmest total (jfr Figur 1). Hva om verden samtidig hadde fått et alvorlig virus på internett? Da ville samfunnet virkelig stoppet opp. Den digitale 2020-våren har gitt en kompetanseheving og en erfaringsbase som NTNU vil nytte godt av når fremtidens teknologistudier skal implementeres. At digitalisering og samfunnets digitale transformasjon i stadig sterkere grad vil prege utdanningenes utforming, gjennomføring og faglige innhold, er hevet over enhver tvil.

Fremtidens teknologer og ingeniører må både ta samfunnsansvar, være i stand til å anvende og utvikle fremragende fagkunnskap for å skape bærekraftige tekniske løsninger som bidrar til en bedre verden, og evne å påvirke og utøve strategisk lederskap. I en verden preget av kompleksitet, usikkerhet, umedgjørlege dilemmaer og stadig raskere endringstakt må de også i økende grad være omstillingsdyktige, og ha både evne og vilje til livslang læring. Vi mener at *bærekraftig kompetanse* er et beskrivende begrep for den samlede kompetanseprofil som fremtiden krever, og derfor har vi valgt dette navnet på denne delrapporten. Universitetenes ansvar blir å utforme, gjennomføre og kontinuerlig videreutvikle sine utdanningstilbud – i samhandling både med storsamfunnet, arbeidslivet og studentene – slik at fremtidens kandidater får med seg bærekraftig kompetanse i vid forstand.

## Takksigelser

Prosjektet vil takke alle bidragsytere og alle som på ulike vis har hjulpet prosjektet i arbeidet:

- Alle deltakerne i FTS-prosjektorganisasjonen (dvs prosjektgruppa og delprosjektene 1 og 2): Ann-Charlott Pedersen, Halgeir Leiknes, Leif Rune Hellevik, Mads Nygård, Magnus Strøm Kahrs, Olav Tjeldnes, Reidar Lyng, Rolee Aranya, Truls Kippernes, Anna Olsen, Bendik Balstad Deraas, Fred Johansen, Karina Mathisen, Karl Henning Halse, Marit Svendsen, Miriam Simers Mehus, Nina Moxnes, Patric Wallin, Ragna Ann Berge, Roger Midtstraum, Terje Brekke, Tore Brandstveit Haugen, Øystein Moen, Annik Magerholm Fet, Bjørn Egil Asbjørnslett, Eilif Pedersen, Ingelin Steinsland, Katrine Steen Langvik, Madeleine Lorås, Marit Rødvik, Marte Daae-Qvale Holmemo, Tanja Mathiesen, Lars Espen Bjørgum
- Prosjekteierne så langt – Anne Borg (som også initierte prosjektet) og deretter Berit Kjeldstad
- Medlemmene i den nordiske referansegruppen: Martin Bendsøe (DTU), Kristina Edström (KTH), Jan Gulliksen (KTH), Annette Kolmos (Aalborg), Per Warfvinge (Lund)

- Styringsgruppen – som er NTNUs dekanmøte
- De som har supplert tekst til faktabokser i rapporten: Ole Andreas Alsos, Rolee Aranya, Bjørn Egil Asbjørnslett, Trygve Brautaset, Lillian Fjerdingen, Arne Gussiås, Gabrielle Hansen, Halgeir Leiknes, Lars Lundheim, Frode Rønning, Torbjørn Svendsen og Øystein Widding
- Alle de som har vært «kritiske venner» på utkast til deler av materialet, og da spesielt de «eksterne»: Helle Moen i Eggs Design, samt Marius Eiken Sommerfelt og Bente Tangen i Konnekt
- Ketil Arnesen, Ida-Marie Høyvik, Karina Mathiesen, Geir Ove Rosvold, Ann-Kristin Tveten og Erik Wahlström for innspill på kompetanseprofiler for «frie» studieprogramtyper
- Alle eksterne interessenter og samarbeidspartnere som har bidratt med tid, engasjement, råd og innspill – bl. a. workshopdeltakere, dialogpartnere og intervjuobjekter
- Alle dem vi har besøkt på studieturer i USA og Europa
- Eksterne foredragsholdere – spesielt David Boud (Australia) og Matthijs van Dijk (Nederland)
- De i NTNUs Avdeling for virksomhetsstyring som har hjulpet oss med modell- og verktøyutvikling: Ivar Pettersen, Lise Sagdahl, Andreas Slettebak Wangen
- Alle de internt på NTNU – studenter og kolleger – som har bidratt til gode diskusjoner og innspill underveis
- NTNU-kolleger som har hjulpet oss med praktisk støtte under mange FTS-arrangementer
- Samarbeids- og diskusjonspartnerne i *Fremtidens HumSam*-prosjekt: Marit Reitan, Anne Kristine Børresen, Ane Maritdatter Alterhaug, Ola Furre
- Rådgiver Gunnar Bovim for gode diskusjoner og fasilitering i forbindelse med FTS'/FHS' felles intervju-runde mai-juni 2020
- Jan M. Øverli – «Virksomhetskomiteens» far (1993) – for historisk bakteppe og gode råd.

Prosjektleder Geir Egil Dahle Øien vil rette en stor takk til prosjektkoordinator Nils Rune Bodsberg for særdeles godt samarbeid gjennom hele prosjektets Fase 1, og spesielt for stor innsats «beyond the call of duty» i arbeidet med å ferdigstille delrapport 1.

Og prosjektkoordinatoren retter en stor takk til prosjektlederen for utmerket samarbeid og for effektiv og klok styring av prosjektet i Fase 1, som har vært en reise i et stort og krevende landskap – et landskap som attpåtil har endret seg underveis.





## Innhold

DEL 1 – Introduksjon .....	1
1    Bakgrunn .....	2
2    Visjon, mandat og prosjektplan.....	4
3    Om denne rapporten.....	9
DEL 2 – Hvor vil vi? .....	11
4    Omverden-analyse og drivere – det store bildet .....	12
5    Kompetanseprofiler for ulike programtyper og -nivåer i NTNUs teknologiutdanninger .....	25
6    På vei mot overordnede prinsipper for videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger .....	52
DEL 3 – Hvor står vi? .....	70
7    Styrker og svakheter ved dagens studieportefølje .....	71
8    Ressursbruk i NTNUs teknologistudier .....	73
VEDLEGG.....	80
Vedlegg A    Omverden-analyse og drivere .....	81
Vedlegg B    Internasjonal state-of-the-art innenfor teknologiutdanning .....	100
Vedlegg C    Om kompetanse – og fremtidens kompetansebehov.....	118
Vedlegg D    Om bærekraftkompetanse.....	129
Vedlegg E    Om digital kompetanse, digital transformasjon og muliggjørende teknologier .....	136
Vedlegg F    Forslag til integrerte kompetanseprofiler for bachelor ingeniør, 5-årig integrert master og ph.d. i teknologi .....	146
Vedlegg G    Utkast til kompetanseprofiler for bachelor og master i bioteknologi .....	171
Vedlegg H    Oversikt over FTS-porteføljen .....	177
Vedlegg I    Oversikt over regelverk som berører teknologistudiene .....	179
Vedlegg J    Oversikt over hovedaktiviteter i FTS fase 1.....	185



# DEL 1 – Introduksjon

Del 1 beskriver bakgrunnen for etableringen av prosjektet *Fremtidens teknologistudier*-prosjektet i kapittel 1. Mandatet fra prorektor utdanning og prosjektets plan for arbeidet gjennomgås i kapittel 2, som også inneholder et forslag til visjon for NTNUs teknologistudier.

I kapittel 3 beskrives rapportens funksjon i lys av mandatet, og strukturen i rapporten forklares.

# 1 Bakgrunn

## 1.1 Kort historikk

Da NTNU fusjonerte med høyskolene i Gjøvik, Ålesund og Sør-Trøndelag i 2016 ble felles ambisjoner og samordning av studieporteføljen utredet innenfor seks studieområder: Teknologi, naturfag/realfag, IKT, lærer/lektor, økonomi/ledelse og helse.

Arbeidet ble ferdigstilt i desember 2016, og i sluttrapporten for teknologiområdet<sup>3</sup> heter det:

*«Etter fusjonen favner NTNU alle viktige utdanninger innen teknologi, og mange av studieprogrammene har fått en styrket forskningsbase. Dette gir et nytt potensial for helhetstenking som bør utnyttes ved å gjennomføre en virksomhetskomité-prosess, inspirert av tidligere NTHs virksomhetskomitéer, som vurderer alle aspekter ved teknologiutdanningene og danner grunnlaget for studietilbudet etter 2030.»*

Rapporten anbefalte at NTNU skulle vente noe med en slik grundig og omfattende gjennomgang – dels fordi det gjensto mye arbeid med å fullføre fusjonen da rapporten ble levert, og dels fordi de ansatte fra de fire tidligere institusjonene trengte tid på å bli bedre kjent med studietilbudene hos fusjonspartnerne.

I mars 2017 ble rapporten behandlet i NTNUs dekanmøte, og det ble besluttet at et slikt arbeid skulle gjennomføres. Dekanmøtet trakk spesielt fram behovet for å se på forholdet mellom de to studieløpene for å oppnå en mastergrad – integrert 5-årig vs 3+2.

To år senere – i mars 2019 – ble daværende IE-dekan Geir Egil Dahle Øien utnevnt som prosjektleder for *Fremtidens teknologistudier* (FTS). I den anledning uttalte prorektor for utdanning, Anne Borg, at «det nye prosjektet blir helt sentralt for den videre utviklingen av NTNUs studietilbud».

1. august 2019 startet FTS<sup>4</sup> opp.

## 1.2 Strategisk forankring

FTS er tuftet på NTNUs strategi<sup>5</sup>, som drar opp høye ambisjoner for NTNU innenfor utdanning. Fra denne strategien er det naturlig å trekke frem noen momenter som spesielt relevante for prosjektet:

*«NTNU er en attraktiv utdanningsinstitusjon som tiltrekker seg de beste studentene. Våre kandidater er etterspurte i inn- og utland. De er faglig sterke og tverrfaglig orienterte og har relevant kompetanse for arbeidslivet.»*

*«Studieprogrammene har et solid faglig og utdanningsfaglig forskningsfundament. Den nære dialogen med arbeidslivet er avgjørende for å utvikle kvaliteten.»*

*«Underviseren på NTNU er engasjerende og fremtidsrettet, og har sterk faglig og utdanningsfaglig bakgrunn.»*

---

<sup>3</sup> *Faglig integrasjon innen teknologi ved NTNU (2016)* – se [www.ntnu.no/strategier](http://www.ntnu.no/strategier)

<sup>4</sup> Hjemmeside for *Fremtidens teknologistudier*: [www.ntnu.no/fremtidensteknologistudier](http://www.ntnu.no/fremtidensteknologistudier)

<sup>5</sup> NTNUs strategi for 2018–2025 *Kunnskap for en bedre verden* – [www.ntnu.no/ntnus-strategi](http://www.ntnu.no/ntnus-strategi)

«Verden har gjennom FN blitt enige om 17 bærekraftsmål. NTNU vil bidra aktivt til å nå bærekraftmålene.»

Basert på strategien er det blitt utarbeidet et sett med utviklingsplaner for ulike områder ved NTNU. [Utviklingsplan – Fremtidens studietilbud og livslang læring](#) er én av disse og gjelder for perioden 2020-22. Blant tiltakene i denne planen finner vi etablering av *Fremtidens teknologistudier*-prosjektet og det parallelle prosjektet *Fremtidens HUMSAM-studier*<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Hjemmeside for *Fremtidens HUMSAM-studier*: [www.ntnu.no/fremtidenshumsam](http://www.ntnu.no/fremtidenshumsam)

## 2 Visjon, mandat og prosjektplan

### 2.1 Visjon for NTNUs kandidater innen teknologi- og ingeniørfag

Noen måneder ut i prosjektperioden ble det etterlyst en visjon for FTS, eller snarere for NTNUs teknologistudier. Prosjektet syntes dette var en god idé, og etter diskusjoner i flere runder landet man på en formulering.

*Anbefaling 1*

Prosjektet anbefaler at:

Visjonen for NTNUs teknologistudier skal være:

**NTNU utdanner skapende teknologer i verdensklasse  
– som kan og vil bidra  
til en bærekraftig fremtid og en bedre verden**

Med tydelig referanse til NTNUs visjon – *Kunnskap for en bedre verden* – uttrykker denne visjonen på en konsis måte formålet med og ambisjonen for NTNUs teknologistudier. Med utgangspunkt i det essensielle i ingeniørgjerningen – å skape tekniske løsninger som gagnar samfunnet – slår den fast at NTNUs kandidater skal ha kompetanse på høyt internasjonalt nivå og ikke minst viljen til å gjøre en forskjell.

### 2.2 Mandatet

Nedenfor er FTS-prosjektets mandat gjengitt i sin helhet. Mandatet ble endelig vedtatt av prorektor for utdanning 10. mars 2020.

### **Boks 2.1 – Prosjektets mandat (del 1)**

Prorektor for utdanning etablerer prosjektet *Fremtidens teknologistudier* for å utvikle NTNUs studieportefølje innenfor teknologiområdet. Prosjektet er en strategisk satsning som skal gjøre kandidatene som utdannes innenfor NTNUs teknisk-naturvitenskapelige hovedprofil enda bedre rustet til å bidra til løsninger på fremtidens store, komplekse og globale utfordringer.

Prosjektet skal bidra til å nå utviklingsmålene i *Kunnskap for en bedre verden – NTNUs strategi 2018–25* og skal baseres på NTNUs *Politikk for kvalitet i og utvikling av studieporteføljen*. Målet er å legge til rette for at NTNUs studieportefølje i teknologi er samstemt med teknologiutviklingen, samfunnsutfordringene og nærings- og arbeidslivets behov i perioden fra 2025 og fremover. Porteføljen skal holde høy internasjonal kvalitet og ta inn over seg internasjonale trender i utdannings- og arbeidsmarkedet. Kandidatene skal være etterspurte i inn- og utland.

Prosjektet skal utrede og utvikle et anbefalt rammeverk for NTNUs fremtidige studieportefølje innenfor teknologi på bachelor-, master- og ph.d.-nivå.

I tillegg til de klassiske teknologistudiene (hovedsakelig sivilingeniør- og ingeniørfag) skal prosjektet berøre NTNUs studier innen realfag samt arkitektur-, design- og planleggingsfag. Prosjektets anbefalinger for disse studiene skal ivareta deres særpreg, herunder realfagsstudienes rolle som disiplin fag.

Perspektivet om livslang læring skal legges til grunn, dvs. at etter- og videreutdanning også skal inngå.

## Boks 2.2 – Prosjektets mandat (del 2)

Prosjektet skal:

- a) Kartlegge styrker og svakheter ved dagens studieportefølje i et internasjonalt perspektiv
- b) Kartlegge nasjonale rammebetingelser og samfunnets forventninger til NTNU som utdanningsinstitusjon
- c) Vurdere dagens ressursbruk knyttet til NTNUs teknologistudier i den hensikt å etablere en forståelse av handlingsrommet for endringer og de ressursmessige konsekvensene av prosjektets anbefalinger
- d) Anbefale fremtidig rammeverk for teknologistudiene ved NTNU, herunder:
  - i. Ønskede kandidatprofiler for fremtidens NTNU-teknologer
  - ii. Overordnede prinsipper som teknologiutdanningene ved NTNU bør bygges på for å realisere ønskede kandidatprofiler
  - iii. Hensiktsmessige virkemidler og verktøy for å realisere prinsippene – herunder pedagogiske, strukturelle, organisatoriske og teknologiske virkemidler
- e) Beskrive konsekvenser av anbefalt rammeverk mhp bl.a. ressursbehov, krav til læringsmiljø og organisasjonens kompetansebehov
- f) Rådgi NTNU om fremtidig dimensjonering av studieporteføljen innenfor teknologiområdet
- g) Skissere (på overordnet nivå) forslag til fremtidig studieportefølje og felles elementer
- h) Anbefale fremtidig struktur for styrings- og støttefunksjoner for teknologistudiene
- i) Skissere en prosess for hvordan NTNU – basert på det anbefalte rammeverket – kan implementere ny studieportefølje innenfor teknologiområdet

Prosjektet starter 1. august 2019 og går frem til 1. september 2021. Underveis skal prosjektet forberede organisasjonen på implementering gjennom involvering og forankring. Implementering av enkelttiltak kan påbegynnes under prosjektperioden. Fakultetene forutsettes å utvikle sine nye studietilbud og melde inn relaterte porteføljeendringer innen mai 2022, slik at ny studieportefølje implementeres ett år om gangen f.o.m. studieåret 2023/24.

Prosjektet skal ha samgang med det parallelle prosjektet *Fremtidens HumSam-studier* og søke å realisere viktige synergier som muliggjøres av samgangen.

Prosjektet skal søke å utnytte de muligheter som ligger innenfor NTNUs campusutvikling og bidra til gode løsninger for teknologistudiene.

Mandatet kan bli justert underveis som følge av endrede forutsetninger, nye behov eller opparbeidet innsikt i prosjektet, i så fall etter dialog med prosjekteier og styringsgruppe.

## 2.3 Avgrensning

I mandatet er FTS-porteføljen avgrenset slik:

*I tillegg til de klassiske teknologistudiene (hovedsakelig sivilingeniør- og ingeniørfag) skal prosjektet berøre NTNUs studier innen realfag samt arkitektur-, design- og planleggingsfag*

Basert på dette, har prosjektet bedt fakultetene fastsette hvilke studieprogrammer fra inneværende studieår (2019/20) de ønsker skal inngå i prosjektet. Fakultetene har i alt meldt inn 157 studieprogrammer, som angitt i Tabell 1. Merk at i denne porteføljen er det en viss overlapp mellom gamle og nye programmer. Dette gjelder spesielt innenfor bachelor ingeniørfag, der både de gamle programmene fra de tidligere høyskolene (med siste opptak høsten 2018) og de nye samordnede



programmene (med første opptakt 2019) er tatt med. Ser man bort fra de utgående programmene, består FTS-porteføljen av i alt 141 studieprogrammer.

	Pr studieprogramkategori				Totalt	Studiebyer		
	Bachelor	5-årig master	2-årig master	Ph.d.		Trondheim	Gjøvik	Ålesund
<b>AD</b>	3	2	8	2	15	9	6	0
<b>IE</b>	17	5	20	6	48	35	12	6
<b>IV</b>	20	6	28	2	56	37	10	13
<b>NV</b>	10	5	10	5	30	27	0	3
<b>ØK</b>	1	1	5	1	8	8	0	0
<b>Sum</b>	<b>51</b>	<b>19</b>	<b>71</b>	<b>16</b>	<b>157</b>	<b>116</b>	<b>28</b>	<b>22</b>

Tabell 1: Antall studieprogrammer i FTS-porteføljen fordelt på fakultet, hovedkategorier av studieprogram og studieby. Noen studieprogrammer tilbys i mer enn én studieby.

Se Vedlegg I for en fullstendig oversikt over FTS-porteføljen.

## 2.4 Prosjektplan

Basert på mandatet har prosjektet utarbeidet en prosjektplan<sup>7</sup> som beskriver målbylde, faseinndeling, organisering og styring, leveranser, tidsplan, ressursbehov, økonomi og finansiering, samt inneholder en risikovurdering.

Målbylde er delt inn i overordnet mål, resultatmål, effektmål og prosessmål. Resultatmålene sier hva prosjektet skal utarbeide, og resultatmålene 1—11 samsvarer direkte med punktene a)—i) i mandatet.

Prosjektet legger opp til en fasedelt gjennomføring, der resultater i én fase danner utgangspunkt for neste. Samtidig vil det være en glidende overgang mellom fasene. Formålet med fasedeling er å redusere risiko og sikre forankring underveis.

De tre prosjektfasene er:

1. Kartlegging og konsept
2. Konsekvenser og virkemidler
3. På vei mot implementering

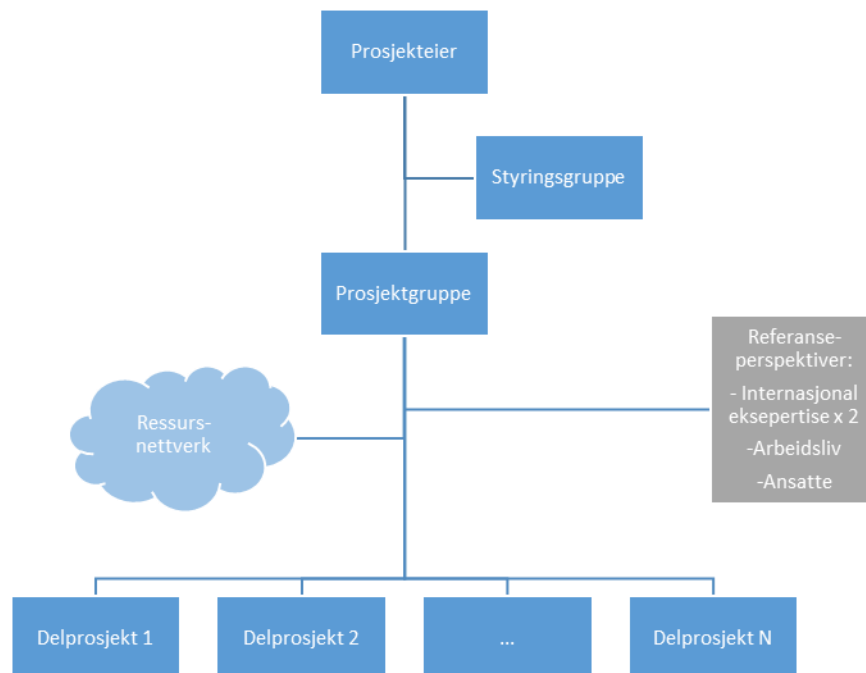
Resultatene/delrapportene fra hver fase vil bli sendt ut i organisasjonen for kommentarer og innspill. Innspillene som kommer inn vil bli oppsummert, lagt frem for styringsgruppa for drøfting, og tatt med inn i grunnlaget for det videre arbeidet.

Prosjektet har fire leveranser – tre delrapporter og én sluttrapport.

<sup>7</sup> Prosjektplanen er tilgjengelig fra *Fremtidens teknologistudier* sin hjemmeside: [www.ntnu.no/fremtidensteknologistudier](http://www.ntnu.no/fremtidensteknologistudier)

På grunn av koronavirus-situasjonen som oppstod i mars 2020 vil planen som beskrevet ovenfor bli revidert like over sommeren: Fasene 2 og 3 vil i stor grad overlapse i tid, og delrapportene 2 og 3 vil bli slått sammen til én rapport.

Figur 2 viser hvordan prosjektet er organisert. Prosjekteier er prorektor for utdanning, mens dekanmøtet er styringsgruppe. Prosjektgruppa består av representanter fra de fem teknologifakultetene, forvaltningsutvalgene [FUI](#) og [FUS](#), [SEED-senteret](#) og studentene. Prosjektleder Geir Egil Dahle Øien og prosjektkoordinator Nils Rune Bodsberg jobber full tid i prosjektet. Porteføljen av delprosjekter vil variere over tid. For nærmere informasjon om prosjektorganisasjonen viser vi til prosjektplanen.



Figur 2: FTS-prosjektets organisering

### 3 Om denne rapporten

Denne rapporten utgjør leveranse 1 i prosjektet. Den er en delrapport som dekker fase 1 og som adresserer resultatmålene 1–5. Dessverre ble arbeidet med resultatmål 1 «Kartlegging av styrker og svakheter ved dagens studieportefølje i et internasjonalt perspektiv» forsinket som følge av koronakrisen. Resultatet av kartleggingen skulle ha inngått i denne rapporten, men er i forståelse med prosjekteier besluttet skilt ut i en egen delrapport, med tentativ leveringsfrist 1. oktober 2020.

Tabell 2 viser sammenhengen mellom resultatmålene 1–5 og de ulike delene av rapporten. Som det fremgår av tabellen, er hvert resultatmål adressert i flere deler av rapporten. Hovedregelen er at hvert mål behandles i ett kapittel og i ett vedlegg, der kapitlet er en kortversjon av det tilhørende vedlegget.

I tillegg er det viktig å poengtere at denne rapporten ikke nødvendigvis utgjør siste ord rundt disse fem resultatmålene. Det vil komme leveranse(r) senere i prosjektet som utfyller og utdyper innholdet i denne rapporten.

Nr	Resultatmål – beskrivelse	Rapportdeler som dekker resultatmålet
RM1	Kartlegging av styrker og svakheter ved dagens studieportefølje i et internasjonalt perspektiv	Kapittel 7: <i>Styrker og svakheter ved dagens studieportefølje</i> : Pga. koronakrisen skilles dette ut i en egen delrapport med tentativ leveringsdato 1. oktober 2020.  Vedlegg B: Internasjonal state-of-the-art innenfor teknologiutdanning
RM2	Kartlegging og beskrivelse av nasjonale rammebetingelser og samfunnets forventninger til NTNU som utdanningsinstitusjon	Kapittel 4: <i>Omverden-analyse og drivere – det store bildet</i>  Vedlegg A: <i>Omverden-analyse og drivere</i>  Vedlegg I: <i>Oversikt over regelverk som berører teknologistudiene</i>
RM3	Vurdering av dagens ressursbruk knyttet til NTNUs teknologistudier i den hensikt å etablere en forståelse av handlingsrommet for endringer og de ressursmessige konsekvensene av prosjektets anbefalinger	Kapittel 8: <i>Ressursbruk i NTNUs teknologistudier</i>
RM4	Ønskede kandidatprofiler for fremtidens NTNU-teknologer	Kapittel 5: <i>Kompetanseprofiler for ulike programtyper og -nivåer i NTNUs teknologiutdanninger</i>  Vedlegg C: <i>Om kompetanse – og fremtidens kompetansebehov</i>

		<p>Vedlegg D: <i>Om bærekraftkompetanse</i></p> <p>Vedlegg E: <i>Om digital kompetanse, digital transformasjon og muliggjørende teknologier</i></p> <p>Vedlegg F: <i>Forslag til integrerte kompetanseprofiler for bachelor ingeniør, 5-årig integrert master og ph.d. i teknologi</i></p>
<b>RM5</b>	Overordnede prinsipper som teknologiutdanningene ved NTNU bør bygges på for å realisere ønskede kandidatprofiler	Kapittel 6: <i>På vei mot overordnede prinsipper for videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger</i>

Tabell 2: De fem resultatmålene som inngår i denne rapporten og hvor i rapporten de dekkes

## DEL 2 – Hvor vil vi?

Del 2 starter med å tegne det store bakgrunnsbildet for FTS i kapittel 4. Her beskrives globale og nasjonale trender, samt forventninger fra ulike interessenter. Internasjonal beste praksis omtales, og likeledes NTNUs egne strategiske ambisjoner.

Mot denne bakgrunnen diskuterer kapittel 5 hva slags kompetanser fremtidens teknologikandidater fra NTNU skal ha. Begrepet kompetanseprofil utforskes, og deretter følger en veileder til de tolv kompetansene som FTS-prosjektet mener vil bli sentrale.

I kapittel 6 rettes blikket fremover mot neste fase i prosjektet, hvor konkrete virkemidler skal utformes. I dette kapitlet legger prosjektet frem en rekke anbefalinger som samlet utgjør et grunnlag for en videre dialog med organisasjonen om virkemidlene for å realisere fremtidens teknologistudier. I tillegg drøftes noen mulige tiltak på kort sikt.

## 4 Omverden-analyse og drivere – det store bildet

FTS-prosjektets mandat sier:

*«Målet er å legge til rette for at NTNUs studieportefølje i teknologi er samstemt med teknologiutviklingen, samfunnsutfordringene og nærings- og arbeidslivets behov i perioden fra 2025 og fremover. Porteføljen skal holde høy internasjonal kvalitet og ta inn over seg internasjonale trender i utdannings- og arbeidsmarkedet. Kandidatene skal være etterspurte i inn- og utland.»*

Prosjektet har derfor lagt betydelig vekt på kartlegging av forventet teknologiutvikling, sentrale samfunnsutfordringer, og arbeidslivets og samfunnets behov i et fremtidsperspektiv, både i en global og en nasjonal kontekst. Dette kapitlet er en oppsummering av de viktigste trender og drivere som prosjektet har funnet vil påvirke fremtidens kompetansebehov generelt, og utvikling av fremtidens utdanninger innenfor ingeniør- og teknologifag spesielt. Det fullstendige kunnskapsgrunnlaget finnes i vedleggene A - E og i referansene som er benyttet der.

### 4.1 Globale trender og drivere

Alle prosjektets kilder peker på at fremtiden er dominert av

- store, sammensatte, komplekse utfordringer ([«wicked problems»](#))
- raske, store og i stor grad teknologidrevne endringer i kompetansebehov og arbeidsmarked, og – som en konsekvens av disse to –
- økende usikkerhet om eksakt hvilke fremtidsscenarier som vil spille seg ut.

Spesielt blir håndtering av [bærekraftutfordringene](#) et konkret grunnleggende premiss for samfunns- og næringsutvikling innenfor alle sektorer og domener, nasjonalt og internasjonalt. Det er behov for et raskt og gjennomgripende *grønt skifte* - med økt fokus på bl. a. fornybar energi, energi- og ressurseffektivisering, bevaring av natur og biologisk mangfold, livsløpstenkning rundt produkter og prosesser, sirkulær økonomi der ressursene gjenbrukes og blir i økonomien lengst mulig, elektrifisering, og grønn transport.

Følgende tre utfordringer er identifisert i [FN-rapporten «The future is now: Science for Achieving Sustainable Development»](#) (2019) som de aller viktigste når det gjelder å legge til rette for en bærekraftig fremtid:

- Stoppe/snu klimaendringene
- Stoppe/snu tap av biologisk mangfold
- Stoppe/snu økning i sosial/økonomisk ulikhet (innad i land).

Den samme FN-rapporten peker dessuten på at følgende fire «levers» (spaker) er de aller viktigste å «dra i» - og at de må benyttes i samspill - for å kunne realisere en bærekraftig utvikling:

- *Styresett (governance)*
- *Økonomi og finans*
- *Individuell og kollektiv handling*
- *Vitenskap og teknologi*

Utvikling av utdanningstilbud som bidrar til økt kompetanse innenfor de ovennevnte områdene, og til forståelse for spillet mellom dem (helhetlig samfunnsforståelse), blir dermed viktig for å kunne bidra til en bærekraftig utvikling. Evne til tverrfaglig samhandling på tvers av disse fire samfunnsområdene blir en kompetanse som øker i viktighet.

*Muliggjørende teknologier* som datateknologi, kunstig intelligens og bioteknologi pekes ut som viktige *verktøy* i den ovenstående FN-rapporten. Vi ser også mer generelt, på tvers av sektorer, en økende samfunnsmessig avhengighet av muliggjørende teknologier – spesielt *digitale* teknologier, men også *bio- og nanoteknologi*. Teknologiene forventes å utvikle seg stadig raskere, og i økende grad også konvergere. Den økende avhengigheten av teknologi fører samtidig også til økt sårbarhet overfor svikt i teknologisk infrastruktur eller misbruk av teknologiene.

Denne raske teknologiske utviklingen, og kompleksiteten og alvorret i problemene som skal løses, gjør at *etiske dilemmaer og avveininger* både i teknologi-, samfunns- og forretningsutvikling blir både mer komplekse, og enda viktigere å håndtere, enn før. Samtidig fører teknologi- og samfunnsutviklingen til at teknologer, ingeniører og personer med realfaglig kompetanse vil bli viktigere for, og i økende grad rekruttert til, *flere samfunnssektorer* enn det som tradisjonelt har vært tilfelle (bl. a. finans, helse og velferd, media, offentlig sektor).

Mer spesifikke «megatrender» som påvirker kompetansebehovene globalt sett er

- digital transformasjon
- økt urbanisering
- demografiske endringer – aldrende befolkning og global migrasjon
- økt internasjonal mobilitet og konnektivitet
- økt samfunnsmessig sårbarhet – blant annet mot cyber-risikoer, terrorisme, pandemier, sosial ulikhet og politisk ustabilitet
- fortsatt forventet høyt (økende) tempo i vitenskapelige og teknologiske nyvinninger.

I sum kan disse trendene oppsummeres i begrepet *VUCA World*<sup>8</sup> - en verden karakterisert av «*Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity*».

I lys av de ovenstående trendene vil noen sentrale *innovasjonsdrivere* i fremtiden være<sup>9</sup>:

- behov for bærekraftig ressursbruk
- klimaendringer
- politikk og reguleringer som krever innovasjon i teknologiske løsninger, og
- digitalisering, digital transformasjon og digital teknologiutvikling.

Digitaliseringen og teknologiutviklingen medfører i sin tur

- raskere endringer i arbeidsmarked og jobbinnhold, og
- utvikling av nye forretningsmodeller, markedsaktører og næringer.

Gamle jobber vil endre innhold, eller digitaliseres, automatiseres og robotiseres bort. Nye jobber vil komme til, men sannsynligvis med en (i det minste midlertidig) mismatch i kompetanse, og derfor økende arbeidsledighet, som resultat.<sup>10</sup> Innovasjons- og omstillingsevne og entreprenørielt tankesett øker derfor i viktighet. Menneskets unike bidrag og merverdi i jobbsammenheng skyves oppover i «næringskjeden» av oppgavekompleksitet, noe som øker viktigheten av egenskaper og ferdigheter som<sup>11</sup> *analytisk tenkning og innovasjon; aktiv læring og læringsstrategier; kreativitet, originalitet og initiativ; kritisk tenkning og analyse; kompleks problemløsning; lederskap og evne til sosial innflytelse; emosjonell intelligens; og resonnering, problemløsning og unnfangelse av idéer (ideation)*. Digital

---

<sup>8</sup> Se f. eks. <https://www.forbes.com/sites/jeroenkraaijenbrink/2018/12/19/what-does-vuca-really-mean/#417d159c17d6>.

<sup>9</sup> Se f. eks. DNV GLs rapport «[Technology Outlook 2025](#)».

<sup>10</sup> Stortingsmeldingen «Kultur for kvalitet i høyere utdanning» anslår at omtrent en tredjedel av de sysselsatte i Norge kan oppleve automatisering eller digitalisering av arbeidsoppgavene de har i dag.

<sup>11</sup> Se rapporten «[The future of jobs 2018](#)» fra World Economic Forum (WEF).

kompetanse i bred forstand, herunder evne til algoritmisk tenkning, «data literacy» og sikkerhetskompetanse, blir viktig for alle teknologer og ingeniører.

Kompetanse og teknologi vil også gå fortere ut på dato. Dette gir økende behov hos flere for å videreutvikle sin kompetanse i løpet av livet – både for de i jobb, og for kommende generasjoner under utdanning eller ennå ikke i utdanning. *Evne til livslang læring* vil bli en sentral kompetanse.

## 4.2 Nasjonale særtrekk og kompetansebehov

Nedenfor oppsummerer vi noen viktige *nasjonale* særtrekk og trender som direkte eller indirekte vil påvirke kompetansebehovet i Norge, og som derfor bør tas hensyn til i strategisk utvikling innenfor utdanningssektoren generelt – og NTNU og NTNUs teknologistudier spesielt:

- Norge har et stort og økende behov for å erstatte inntekter og verdiskaping fra olje- og gassvirksomhet med inntekter og verdiskaping fra mer bærekraftige næringer – gjennom å utvikle nye lønnsomme, bærekraftige eksportnæringer og skape nye trygge arbeidsplasser.
- Det er behov for en betydelig nasjonal omstilling for at Norges bidrag til verdens klimamål skal kunne realiseres.
- Det er på bakgrunn av dette et betydelig behov for kompetanse- og forretningsmessig omstilling hos mange næringslivsaktører, innen mange sektorer.
- For å opprettholde velferdsnivået med en aldrende befolkning må flere stå lenger i jobb, noe som øker behovet for livslang læring for den enkelte.
- Norges samfunnsmessige særtrekk<sup>12</sup> legger godt til rette for utvikling av tettere samarbeid mellom myndigheter, arbeidstakere, arbeidsgivere og utdanningsinstitusjoner rundt bl. a. livslang læring.
- Norge har fremdeles et samfunnsmessig, økonomisk og utdanningsmessig godt utgangspunkt for videre utvikling etter oljealderen - og har økonomiske muskler til å kunne gjøre nødvendige investeringer i forskning, utdanning, ny kunnskap og ny teknologi.
- Norge er kompetanse- og infrastrukturmessig godt posisjonert til å kapitalisere på digital transformasjon (og fortsatt elektrifisering) av samfunnet.
- Norge bør som samfunn være attraktivt for utenlandsk arbeidskraft og kompetanse i fremtiden.
- Norge bør satse spesielt på avanserte næringer som krever høy teknologisk kompetanse.

[Nasjonal kompetansepolitisk strategi 2017 – 2021](#) peker ut klima- og miljøutfordringer, teknologisk utvikling (spesielt digitalisering) og internasjonalisering som hoveddrivere for fremtidens nasjonale kompetansebehov. Strategien peker i den forbindelse spesielt på behovet for løsninger basert på

- kompetanse i hele bredden av teknologi, realfag, økonomi, humaniora og samfunnsfag,
- oppdatert kunnskap knyttet til digitalisering og avansert produksjon,
- kompetanse som bidrar til å utvikle og vedlikeholde kritisk infrastruktur, og
- kompetanse knyttet til økende samhandling over språk- og kulturgrenser.

Strategien peker også på at raskere utvikling og økende krav til omstillingsevne gir økt behov for karriereveiledning for den enkelte gjennom utdannings- og karriereløpet, og at det både er behov for å styrke samarbeidet mellom utdanningssektoren og arbeidslivet for å fremme utdanningenes kvalitet og relevans, og ikke minst å *forstå fremtidens kompetansebehov bedre*.

---

<sup>12</sup> Deriblant «den norske modellen», cf. f. eks. <https://www.idebanken.org/innsikt/artikler/den-norske-modellen>.



Som en oppfølging av kompetansestrategien ble derfor [Kompetansebehovsutvalget \(KBU\)](#) satt ned, med mål om å kartlegge nettopp fremtidige nasjonale behov for kompetanse. KBU har i sitt arbeid med kompetansebehov på lang sikt benyttet *scenarietenkning*, og *Samfunnsøkonomisk analyse (SØA)*<sup>13</sup> har på oppdrag fra utvalget utviklet konkrete scenarier basert på en modell med fem sentrale endringskrefter. Selv om utvalget innrømmer at mye er usikkert, så fremstår følgende trender og konklusjoner som relativt robuste på tvers av de ulike scenariene som er utviklet<sup>14</sup>:

- Sysselsettingen av personer med lang høyere utdanning vil øke sterkt, og mer enn i SSBs fremskrivninger.
- Sysselsettingen av personer med henholdsvis kort høyere utdanning eller doktorgrad vil øke.
- Sysselsettingen av personer med utdanning innen naturvitenskapelige fag, håndverksfag og teknologi vil øke.
- Teknologisk utvikling vil føre til at enkelte arbeidsoppgaver automatiseres og jobber fases ut.
- Det vil bli økt behov for spesialisert teknologisk arbeidskraft.

KBU konkluderer med at det ikke ser ut til å være fare for at antall jobber samlet sett faller som en konsekvens av teknologiutviklingen, men at raskere *endring* i kompetansebehov er en mulig (sannsynlig) konsekvens. Utvalget slår også fast at arbeidslivet og samfunnet vil ha behov for en stor variasjon av fag- og kompetanseprofiler, men at solide grunnleggende (kognitive), etiske, digitale, sosiale og emosjonelle ferdigheter uansett vil være viktig - *i tillegg til nødvendig faglig kompetanse og god samfunnsforståelse*. De kognitive, digitale, sosiale og emosjonelle ferdighetene betegnes som selve fundamentet for kompetanse. KBU påpeker at de vil få større betydning i fremtiden, at de påvirker hverandre, og at de gir enkeltpersoner evne til å tilpasse seg kompetansebehov i stadig endring.

Hva angår UoH-sektorens spesifikke bidrag til utvikling av disse kompetansedimensjonene skriver KBU:

*«Uansett fremtidige kompetansebehov er det viktig at høyere utdanningsinstitusjoner utdanner kandidater som har gode grunnleggende ferdigheter, er omstillingsdyktige, og har god læringsvilje og -evne. Gode samarbeidsevner og kommunikasjonsferdigheter er viktige i arbeidslivet, i tillegg til gode fagspesifikke ferdigheter.»*

Utvalget viser i sin ferske tredje rapport<sup>15</sup> også til analyser av norsk utdanningssektor fra *OECD* (2018) som

*«anbefaler en rekke tiltak for å styrke arbeidslivsrelevansen i norsk høyere utdanning ytterligere, herunder styrking av samarbeidet mellom arbeidslivets parter og høyere utdanningsinstitusjoner, økt innslag av arbeidsrettet praksis i utdanningsløpene samt varierte læringsmetoder»*,

og poengterer at

---

<sup>13</sup> Se <http://www.samfunnsokonomisk-analyse.no/>

<sup>14</sup> Se [Fremtidige kompetansebehov II – Utfordringer for kompetansepolitikken \(NOU 2019:2\)](#)

<sup>15</sup> Se [Fremtidige kompetansebehov III – Læring i alle ledd \(NOU 2020:2\)](#).

*«norsk høyere utdanning bør utvikle aktive læringsmetoder og vektlegge ferdigheter som kreativitet, problemløsning og samarbeid, i tillegg til fagspesifikk kunnskap. Disse ferdighetene er etterspurt i arbeidslivet, og læres på andre måter enn gjennom tradisjonelle forelesninger.»*

KBUs tredje rapport peker dessuten spesifikt på et stort og økende behov for IKT-kompetanse på tvers av næringer og virksomhetstyper, både i privat og offentlig sektor. Dette ble forøvrig understreket allerede i Stortingsmeldingen [Digital agenda for Norge \(Meld. 27 2015 – 2016\)](#), som dokumenterte et økende behov både for avansert IKT-kompetanse (i meldingen definert som IKT-tunge studier fra bachelornivå og oppover<sup>16</sup>, med størst forventet økning i etterspørsel på master- og ph.d.-nivå), og for tverrfaglig kompetanse med betydelig IKT-innslag.<sup>17</sup>

Det samme behovet er også nylig omhandlet i den nasjonale og bredt forankrede strategiprosessen [DIGITAL21](#), som anbefaler at utdanningssektoren

- øker antall studieplasser i MNT-fagene generelt,
- øker utdanningskapasiteten mhp. IKT-kandidater spesielt,
- innfører en allmenn digital komponent i all høyere utdanning, og
- styrker satsingen på profesjonsfaglig digital kompetanse, bl. a. i etter- og videreutdanningstilbud.

DIGITAL21-rapporten anbefaler også at det etableres et partnerskap med basis i trepartssamarbeidet – men også med utdanningssektoren inkludert - med mål om å få til en koordinert satsing på digital kompetanse<sup>18</sup>, og at Norge satser spesielt på de muliggjørende teknologiene *kunstig intelligens, tingenes internett (IoT), autonome systemer og stordata*. Samtidig er ivaretagelse av *cybersikkerhet* identifisert som et essensielt underliggende premiss for alle digitale satsinger.

Overordnet sett kan vi konkludere med at Norges nasjonale kompetansebehov er godt i tråd med mer generelle globale kompetansebehov. Det er altså ingen grunnleggende motsetning mellom den type kompetanse fremtidens teknologikandidater fra NTNU bør ha for å være henholdsvis nasjonalt og internasjonalt etterspurte.

### 4.3 Forventninger fra sentrale interessenter

Stortingsmeldingen [Kultur for kvalitet i høyere utdanning \(Meld. St. 16, 2016-2017\)](#) («kvalitetsmeldingen») er et sentralt nasjonalt styringsdokument. Overordnede mål i denne meldingen er kunnskap for ny erkjennelse, samfunnsutvikling og konkurransekraft, og kompetanse,

---

<sup>16</sup> Meldingen slår fast at «På nasjonalt nivå er det derfor viktig å øke antallet kandidater innen avansert IKT-kompetanse. Det er en rekke utdanningsveier som gir ulike former for avansert IKT-kompetanse. Det gjelder studier som informasjonsteknologi- og informatikkstudier, ingeniør- og sivilingeniørstudier og andre IKT-studier innen humanistiske, estetiske-, økonomiske og samfunnsfag.»

<sup>17</sup> «I tillegg til rene IKT-spesialister, ser vi at tverrfaglig kompetanse – hvor IKT-kompetanse er kombinert med annen type fagkompetanse blir mer etterspurt. Utfordringer knyttet til utnyttelse og håndtering av store og komplekse datamengder (se kapittel 14 om stordata) fører for eksempel til behov for kompetanse innen statistikk og analyse.»

<sup>18</sup> Denne anbefalingen er helt i tråd med forslaget om et «firepartssamarbeid» rundt livslang læring som ble løftet frem under [FTS' og FHS' workshop sammen med NTNUs Råd for samarbeid med arbeidslivet 20/10-19](#).

utvikling og aktiv deltakelse i samfunnet. Disse overordnede målene suppleres med følgende forventninger til utdanningsinstitusjonene:

- alle studenter skal møte krevende og engasjerende studier
- alle studenter skal møtes som ansvarlige deltakere i egen læring og integreres godt i det sosiale og akademiske fellesskapet
- studieprogrammene skal ha tydelige læringsmål og god helhet og sammenheng
- alle studenter skal møte aktiviserende og varierte lærings- og vurderingsformer, der digitale muligheter utnyttes
- studieprogrammene skal utvikles i samarbeid med arbeidslivet
- alle studenter skal møte undervisere med god faglig og utdanningsfaglig kompetanse
- utdanning og undervisning skal verdsettes høyere i academia.

Meldingen sier også at «*Universitetene og høyskolene må tilby oppdaterte og relevante utdanninger som motiverer til læring og gjennomføring.*»

Flere konkrete forventninger til hvordan institusjonene skal forvalte og utvikle sine utdanninger er også uttrykt i forskrifts form – spesielt i KDs *Forskrift om kvalitetssikring og kvalitetsutvikling i høyere utdanning og fagskoleutdanning av 01.02.10*, og NOKUTs *Forskrift om tilsyn med utdanningskvaliteten i høyere utdanning av 07.02.17* (studietilsynsforskriften). Disse to forskriftene uttrykker forventninger til bl. a.

- kvalitetsutvikling gjennom systematisk kvalitetsarbeid
- periodiske evalueringer av utdanningene, der både eksterne og interne interessenter deltar
- utarbeidelse av læringsutbyttebeskrivelser på studietilbud-nivå
- tilpasning av innhold, oppbygging og infrastruktur til læringsutbyttet
- samsvar mellom læringsutbytte og lærings-, undervisnings- og vurderingsformer
- tilrettelegging for studentaktiv læring
- kobling til forsknings- og utviklingsarbeid
- internasjonalisering
- praksis (for studier der dette er relevant)
- faglig ledelse av studietilbudet
- forskning og vitenskapelig kompetanse i fagmiljøet
- utdanningsfaglig kompetanse i fagmiljøet.

Når det gjelder FTS-prosjektets *egen dialog med eksterne interessenter*<sup>19</sup> så har vi, i tråd med temaer som går igjen i de overordnede trend- og scenarionalysene, kartleggingene og fremtidsbildene vi har gjennomgått tidligere i rapporten (med utdypninger i vedlegg A – E), fokusert spesielt på temaene<sup>20</sup>

- Bærekraft
- Digitalisering og digital kompetanse
- Livslang læring
- Tverr- og flerfaglig kompetanse
- Ikke-tekniske profesjonelle ferdigheter

---

<sup>19</sup> Gjennom bl. a. felles workshop mellom FTS- og FHS-prosjektene og NTNUs Råd for samarbeid med arbeidslivet 30/10-19, FTS-workshop sammen med arbeidslivet på Hell 15/1-20, felles FTS- og FHS-intervjuer med sentrale samfunnsaktører i perioden 14/5-20 t.o.m. 26/6-20, og diverse dialogmøter med bl. a. *Konnekt – Nasjonalt kompetansesenter for samferdsel*, *Eggs Design*, *Trondheim Kommune*, og *Kompetanseutvalget hos Norsk Industri*.

<sup>20</sup> I tillegg tema som arbeidslivsrepresentanter selv på fritt grunnlag har trukket frem som viktige underveis i dialogen.

- Arbeidsrelevans og praksis
- Fremtidige yrkesroller
- Samarbeidsmodeller NTNU – arbeidsliv
- Innovasjon og entreprenørskap
- Internasjonalisering.

NTNUs *Råd for samarbeid med arbeidslivet (RSA)* har signalisert overfor FTS at de er opptatt av bred tverrfaglighet, samt økt fleksibilitet og strukturerte virkemidler for å legge til rette for tverrfaglig tilleggskompetanse. De fremhever også at alle studenter bør få anledning til å utvikle samhandlingskompetanse og selvinnsikt gjennom deltakelse i tverrfaglige prosjektteam, samt at alle studier bør gi anvendt digitaliseringskompetanse, og grunnleggende bærekraftkompetanse ut fra utdanningens faglige kontekst.

[Oppsummeringen av innspill fra FTS-workshopen «NTNU møter arbeidslivet»](#) på Hell 15/1-20 peker i samme retning. Arbeidslivets representanter understreket blant annet at fremtidens studenter må

- utvikle systemforståelse og systemanalytiske ferdigheter på bærekraftområdet, og lære å designe med bærekraftvurderinger integrert i designspesifikasjonene.
- utvikle forståelse for hvordan digitale teknologier og data endrer prosesser og verdikjeder, grunnleggende forståelse for hvordan store IT-systemer er bygd opp, og forståelse for muligheter og begrensninger i digitale verktøy og i nye digitale teknologier.
- ha mer bredde, men samtidig (minst) like god faglig spisskompetanse som i dag<sup>21</sup>.
- få opplæring i det som kjennetegner norsk næringsliv - den norske modellen, tre-partssamarbeid, flat organisasjonsstruktur etc.
- fortsatt være gode på teknologi, men også utvikle ikke-tekniske ferdigheter i studiet – bl. a. er kommunikasjon og teamjobbing, nysgjerrighet, og respekt for andre fag sentrale kompetanser og verdier.
- lære å tenke konsepter, løsninger og systemer, ta miljøhensyn, og tenke både livsløp og økonomi.
- forstå både teknologiutviklingen og de samfunnsmessige konsekvensene, være pådrivere for entreprenørskap og nyskapning i etablerte organisasjoner, og håndtere arbeid i multidisiplinære, tverrkulturelle og internasjonale team.

I løpet av mai og juni 2020 har FTS-prosjektet – sammen med *Fremtidens HumSam*-prosjektet – også gjennomført samtaler med en rekke sentrale personer fra UH-sektoren, arbeidslivet, kulturlivet og andre deler av norsk samfunnsliv. Temaene var de samme som i lista ovenfor (bærekraft, digitalisering, livslang læring, kompetansebehov, internasjonalisering m.fl.), og vi hadde gode og åpne diskusjoner. De vi snakket med var kunnskapsrike og engasjerte, og de satte tydelig pris på å bli involvert i dette arbeidet ved NTNU. Innspillene vi fikk var konstruktive og opplysende, og de vil bli til stor nytte i det videre arbeidet i prosjektet. Hovedinntrykket fra intervjurunden er en gjennomgående bekreftelse av prosjektets utfordringsbilde, og en støtte til den strategiske retningen prosjektet har valgt.

---

<sup>21</sup> Dette refererer til en såkalt «T-format» kandidatprofil, der kandidatene både har dybde- og breddekunnskap, kombinert med evne til å både utnytte og kommunisere sin kunnskap, i konstruktiv samhandling med andre, for å finne innovative løsninger på komplekse problemer. Det finnes flere ulike versjoner og tolkninger av begrepet, men fellestrekk er (iflg. Wikipedia) at «*The vertical bar on the letter T represents the depth of related skills and expertise in a single field, whereas the horizontal bar is the ability to collaborate across disciplines with experts in other areas and to apply knowledge in areas of expertise other than one's own.*»

Også NTNUs studenter<sup>22</sup> og egne ansatte<sup>23</sup> uttrykker et ønske om mer vekt på bærekraft i studiene, samt økt vekt på ikke-teknologiske ferdigheter som f. eks. evne til refleksjon over etiske problemstillinger, innovasjon og kreativitet. Studentene uttrykker også konkrete forventninger til mer fokus på team- og gruppearbeid fra starten av studiene, økt bruk av formative vurderingsformer, generelt styrket kontakt mellom faglærere og studenter, og at NTNU styrker sin evne til endring og forbedring av undervisning. Disse forventningene er overordnet på linje med det som uttrykkes både i *Kvalitetsmeldingen* og i KDs og NOKUTs forskrifter.

Vi vil til slutt nevne at det også finnes nasjonale strategier og planer som uttrykker tydelige forventninger knyttet til *faglig (kunnskapsmessig)* utvikling, prioritering og fornyelse i høyere utdanning. Teknologiområdet *kunstig intelligens* (KI) er ett område som i så måte står i en særstilling, etter at området i januar 2020 fikk sin egen nasjonale strategi. Den uttrykker at «*høyere utdanningsinstitusjoner bør vurdere hvordan temaer med relevans for kunstig intelligens kan bli en integrert del av utdanningene på områder som vil bli endret av kunstig intelligens fremover*» (hvilket vel er de fleste områder), og slår fast at Regjeringen vil «*ha tydelige forventninger til at studiestedene dimensjonerer og innretter studietilbudet innenfor KI i henhold til forventede behov i arbeidsmarkedet, og at KI integreres i etablerte studieprogrammer der det er relevant*».

#### **Boks 4.1 – Utdanningstilbud innenfor kunstig intelligens ved NTNU: Status og videre planer**

Kunstig intelligens (KI) og maskinlæring (ML) har på kort tid blitt den sterkeste endringsfaktoren innen både nærings- og samfunnsliv. Det er vanskelig å finne sektorer som ikke er eller forventes å bli sterkt påvirket av KI. Utdanningstilbudet på NTNU har derfor gjennomgått betydelige endringer. Spesialistutdanningen innen KI er utvidet, men enda viktigere er det at KI/ML inngår i et stort antall utdanninger utenfor studiespesialiseringen KI. Grunnkurset [«Introduksjon til KI»](#) har på kort tid økt fra 250 til 450 studenter. 65% av økningen skyldes studenter fra andre studieprogram enn datateknikk/informatikk. I tillegg er det mange slike studenter som følger kurset, men som ikke tar eksamen.

I tillegg til muligheten til å ta relevante KI-emner fra spesialistutdanningen har stadig flere studieprogram tilbud som er spesielt tilrettelagt for egne studenter. Nærliggende studieprogram som *Kybernetikk og robotikk* og *Elektronisk systemdesign og innovasjon* har en stor økning av studenter som tar emner spesielt rettet mot KI/ML, for eksempel [Maskinlæring for signalbehandling](#), samtidig som KI/ML har blitt et tydelig element i andre emner.

Studieprogram fra andre fakultet er i ferd med å inkludere KI/ML som viktig komponent i så vel nye emner som eksisterende emner. Ved IV-fakultetet kommer for eksempel [Machine Learning for Ship Autonomy](#) inn i studieplanen fra studieåret 2020/21.

I tillegg til endringer i studieplanene utvikles også andre tilbud. Et samarbeid mellom *Institutt for datateknologi og informatikk* og *Institutt for design* har ført til at disse miljøene samarbeider om et EVU-tilbud med tema «[AI + Design Thinking](#)», som fokuserer på mulighetene som oppstår som følge av teknologiutvikling, kunstig intelligens og digitalisering i fremtidens produkter og tjenester. I den andre enden av skalaen har NTNU tilpasset en norsk versjon av det nettbaserte [Elements of AI](#), som gir en grunnleggende innføring i KI for et bredt publikum.

<sup>22</sup> Se oppsummering fra FTS' [workshop for studenttillitsvalgte og representanter fra linjeforeninger](#) 30/1-20.

<sup>23</sup> Se oppsummering fra FTS' [«fremtidskafe»](#) for ansatte og studenter 28/11-19.

## 4.4 Oppsummering av internasjonal state-of-the-art innenfor teknologi- og ingeniørutdanning

I FTS-mandatet står det også at prosjektet skal bidra til at NTNUs utdanningsportefølje «skal holde høy internasjonal kvalitet og ta inn over seg internasjonale trender i utdannings- og arbeidsmarkedet». Prosjektet har derfor funnet det naturlig å foreta en kartlegging av *internasjonale trender og globalt beste praksis innenfor ingeniør- og teknologiutdanning*, som et utgangspunkt for drøfting og anbefalinger rundt videre kvalitetsutvikling i FTS-porteføljen.

Det følgende er en overordnet oppsummering av prosjektets funn hva angår beste praksis ved verdensledende tekniske utdanningsinstitusjoner, og i moderne teknologi- og ingeniørutdanninger. Det komplette kunnskapsgrunnlaget finnes i Vedlegg B. Vi finner at beste praksis internasjonalt per i dag er karakterisert av følgende særtrekk og trender:

- **Sterke kunnskaps- og forskningsmiljøer med høye krav til faglæreres faglige og vitenskapelige kompetanse – og egen forskning og utvikling som understøtter utdanningskvalitet**
  - Fagmiljøene som har ansvar for utdanningene bedriver forskning og utvikling (FoU) på høyt internasjonalt nivå, fra det grunnleggende og langsiktige til det anvendte og innovasjonsnære.
  - Høye krav til faglig kvalitet og dokumentert FoU-kompetanse ved rekruttering av faglærere.
  - Fokus på og forventninger til kontinuerlig videreutvikling av FoU-kompetanse gjennom at faglærere deltar aktivt i FoU-aktiviteter.
  - FoU som aktivt understøtter utdanningskvalitet gjennom å bidra bl. a. til oppdatert faglig innhold i utdanningene, samarbeid med næringsliv, FoU-baserte tema for studentprosjekter, integrasjon av studenter i fagmiljøene gjennom studentdeltakelse i FoU, og internasjonalisering.
- **Ambisjon om å utvikle helhetlig kompetanse og samfunnsansvar hos kandidatene**
  - Studentene skal utvikles til å bli «hele mennesker», ikke bare fag-eksperter.
  - Faglig kunnskap, tekniske og ikke-tekniske ferdigheter, holdninger og verdier, samt evne til livslang læring anses derfor alle å være viktige dimensjoner.
  - Utdanningene understøtter utvikling av samspill mellom disse dimensjonene gjennom helhetlig blikk på utforming, innhold og gjennomføring.
  - Utvikling av viktige ikke-tekniske ferdigheter er integrert i ordinære emner, ikke (bare) henvist til egne emner.
  - Faglig dybde, tverrfaglig bredde, innovasjonsevne, personlig utvikling (dannelse), arbeidsrelevans og bidrag til en bedre verden er alle tydelige mål for utdanningen.
  - Betydelig fokus på bærekraftig utvikling som konkret case og overordnet utfordring for studentene.
  - Tydelig studieprogramperspektiv i kvalitetsarbeidet, med vekt på god utdanningsledelse, god kobling mellom program og emner, og god innbyrdes koordinering mellom emner.
  - Fokus på tilrettelegging for relevante fremtidsroller for ingeniører og teknologer.
- **Kontekstuell læring, med fokus på det skapende i ingeniørers og teknologers virke**
  - Kontekstuell læring som læringsfilosofi er helt sentralt i bl. a. *The CDIO™ Initiative*<sup>24</sup> - verdens ledende internasjonale nettverk for utvikling og fornyelse av ingeniørutdanning.
  - Tidlig eksponering for hva teknologer og ingeniører gjør i yrkeslivet.

---

<sup>24</sup> Se [www.cdio.org](http://www.cdio.org), og nærmere omtaler av CDIO-nettverket og -filosofien i vedlegg B og C.

- I praksis innebærer dette betydelig fokus på å skape nye løsninger (produkter, systemer, prosesser, tjenester, forskningsresultater), på bruker- og samfunnsbehov, samarbeid og kommunikasjon, ressurser og bærekraft, innovasjonsevne og entreprenørielt tankesett.
- **Konstruktiv overenstemmelse (samstemt undervisning, [constructive alignment](#))** mellom kompetansemål, evalueringsmetoder og undervisnings- og læringsaktiviteter
  - Kompetanse- og læringsmål er utgangspunktet for utforming av, innhold i og gjennomføring av utdanningene.
  - Formative vurderingsformer og nyttige underveis-tilbakemeldinger til studentene, for å fremme mer effektiv læring, samt evne til å vurdere egen kompetanse og håndtere tilbakemeldinger.
  - CDIO-begrepene «*integrated learning*», «*mutually supporting courses*» og «*dual use of time*» er nøkler til effektiv utnyttelse av tidsressursen i utdanningene, og viktige verktøy for å nå kompetansemålene - ved at læringsaktiviteter i størst mulig grad designes for å *samtidig* understøtte utvikling av faglig kunnskap, profesjonelle ferdigheter og holdninger, og ved at flere emner samarbeider om å understøtte hvert kompetansemål.
- **Tillit til og tilrettelegging for studentenes ansvar for egen læring**
  - Derfor også fokus på god studentmedvirkning og anerkjennelse av studentenes kompetanse, og betydelig valgfrihet for studentene («student empowerment», økende grad av tilrettelegging for «personalized learning»).
  - Betydelig fleksibilitet for den enkelte student til å designe eget studieløp.
  - Frihet under ansvar – understreker studentenes ansvar for egen læring.
  - Ofte også betydelig valgfrihet i retning av HumSam-fag.
  - God studie- og karriereveiledning, og enkel, klar og tydelig kommunikasjon til studentenes fra universitetets side - for å markedsføre og tydeliggjøre fagtilbud og valgmuligheter, og konsekvenser av ulike valg.
- **Læringskultur og læringsaktiviteter som fremmer motivasjon, engasjement, initiativ, samarbeid, identitet og dyp læring**
  - Studentsentrert læring, interaktive og studentaktive læringsaktiviteter, samarbeidslæring, og variasjon i læringsaktiviteter.
  - Betydelige innslag av prosjekt-, case- og problembaserte læringsaktiviteter og [opplevelsesbasert \(experiential\) læring](#).
  - Spesiell vekt på «*design-implement*»-prosjekter – og i økende grad også store prosjekter på tvers av fagområder, institusjoner og landegrenser.<sup>25</sup>
  - Økende vekt på realistiske, åpne ([open-ended](#)) problemstillinger, designmetodikk, og «*challenge-based*» (utfordringsbasert) læring.
- **Programtilpasning (så mye som man kan få til innenfor tilgjengelige ressursrammer) av basis-/grunnlagsfag**
  - I økende grad integrert planlegging og gjennomføring av matematikk-, realfags-, IT- og programemner.
  - Tydelig kobling av generiske teorifag til ingeniørmessig/teknologisk praksis fra starten av studiet – dermed økende opplevd relevans av teorien for programområdet, noe som medfører økende motivasjon hos studentene og gir bedre forutsetninger for effektiv læring.
  - Økende vektlegging av beregningsorientert matematikk og algoritmisk tenkning, og anvendelse av dette.

<sup>25</sup> Cf. f. eks. [«megaproject»-konseptet](#) ved Aalborg universitet.

- **Aktiv tilrettelegging for bred og mangfoldig tverrfaglighet, også mot ikke-tekniske fag**
  - Nok fleksibilitet og «luft» i studieplanstrukturer/curriculum<sup>26</sup> til å muliggjøre reell og mangfoldig tverrfaglighet.
  - Nye og ambisiøse tverrfaglige tilbud og initiativer som går på tvers av studieprogram og fagmiljøer – og som i betydelig grad er prosjekt-, samhandlings- og utfordringsbaserte, og valgbare for en stor bredde av studentmassen.
  - Aktiv tilrettelegging og nye arenaer med fokus på tverrfaglig *samhandling* på tvers av studieområder - ikke bare fagtilbud som gir den enkelte mer komplementær kunnskap fra andre fagområder enn sitt eget.
- **Vektlegging av langsiktig arbeidsrelevans og samhandling med arbeidslivet**
  - I utforming, gjennomføring og videreutvikling av utdanningsløp.
  - I prosjekt- og praksistilbud for studentene.
  - I forskning og utvikling.
  - Tydelige grensesnitt og innganger til samarbeidsarenaer for eksterne partnere.
- **Kultur, system, og høye ambisjoner for kontinuerlig forbedring og kompetanseutvikling**
  - Både i utdanningsorganisasjonen og i studietilbudet.
  - Mhp både faglig innhold, pedagogikk og didaktikk, profesjons- og arbeidsrelevans, organisering og struktur.
  - Vekt på «trippelkompetanse» i faglærerstaben – med forventninger om og systematisk støtte til kompetanseutvikling både vitenskapelig, pedagogisk og profesjonelt.
  - Kvalitetsambisjoner som går ut over formelle akkrediteringskriterier.
- **God tilrettelegging, integrasjon og utnyttelse av digital og fysisk infrastruktur**
  - Campusløsninger og infrastruktur som muliggjør læringsaktiviteter, vurderingsformer og samhandlingsformer som effektivt understøtter læringsmål og ønsket strategisk utvikling forøvrig.
  - Omfatter bl. a. laboratorier, verksteder, fysiske og digitale læringsmiljøer og samhandlingsarenaer, identitetsarealer, arealer til studentorganisasjoner og -frivillighet, digitale støttesystemer og faglig programvare.
  - Bruk av MOOCs<sup>27</sup> og åpne digitale læringsressurser som strategiske verktøy ikke bare for å fremme livslang læring, men for å fremme innovasjon og kvalitet også i campusbasert undervisning.
- **Smidighet (agilitet) og fleksibilitet**
  - Evne til å snu seg fort rundt og svare på nye behov i samfunnet og arbeidslivet, eller nye forventninger fra studentene.
  - Evne til å ligge i forkant av utviklingen.
  - Evne til dynamisk eksperimentering og pilotering av nye initiativer.

Mange av trekkene som karakteriserer fremragende teknologiutdanninger internasjonalt finner vi også igjen i ulike deler av NTNU. NTNU legger for eksempel også gjennomgående stor vekt på forskningskvalitet og faglig kvalitet, og fokuserer på infrastruktur som ett viktig verktøy for å utvikle utdanningene, bl. a. gjennom campusutvikling og prioritering av avanserte laboratorier. Også ved

---

<sup>26</sup> Prosjektet har valgt å benytte det engelske begrepet «curriculum» fordi vi ikke har greid å finne en norsk oversettelse som vi mener fanger meningsinnholdet i dette ordet tilstrekkelig godt. Begreper som «pensum» og «faglig innhold» blir etter vårt syn for snevre, «læreplan» og «fagplan» for vage, og «kursplan» for instrumentelt og spesifikt. Vår forståelse er at begrepet curriculum har elementer i seg av alle de norske begrepene over, men at ingen av dem er fullt ut dekkende. Vi har derfor valgt å bruke det engelske begrepet der vi mener det best beskriver det meningsinnholdet vi vil ha frem.

<sup>27</sup> [Massive Open Online Courses](#).



NTNU er det mange studieprogrammer som legger stor vekt på systematisk samhandling med arbeidslivet, blant annet gjennom aktive næringslivsnettverk. Ett eksempel er Næringslivsringen for Bygg & Miljø (se boks 4.2) – andre eksempler er [Energikontakten](#), [KID – Næringslivsnettverket for kommunikasjonsteknologi, informatikk og datateknologi](#), og [Nettverket Elektronikk og Kybernetikk](#).

**Boks 4.2 – Et eksempel på strategisk samhandling med arbeidslivet i NTNUs studier:  
Næringslivsringen for bygg- og miljøteknikk**

[Næringslivsringen for bygg- og miljøteknikk ved NTNU](#) ble stiftet i oktober 1999 som et resultat av at byggstudiene ved NTNU på slutten av 1990-tallet opplevde en dramatisk nedgang i søkningen til studiet, og stadig svakere forkunnskaper hos studentene man tok inn. Hvis dette fortsatte ville byggnæringen stå overfor et betydelig problem i løpet av relativt kort tid, ikke bare når det gjaldt antall uteksaminerte sivilingeniører, men også i forhold til kvaliteten på det arbeidet de ville være i stand til å levere.

Etter over 20 år er etableringen fortsatt et viktig verktøy for samspillet mellom akademia og næringslivet. Her er det en symbiose som utvikles med gjensidig respekt og felles målsetting. Felles refleksjoner og utfordrende diskusjoner må til for å skape dynamikken som skal til for bringe byggområdet over i en mer moderne og bærekraftig modus.

Næringslivsringen bidrar til at NTNU utdanner kandidater med god og framtidsrettet kunnskap og kompetanse til byggnæringen i samspill med NTNU sin organisasjon. Næringslivsringen bidrar til at studieprogrammene på byggområdet ved NTNU sikrer rekruttering til byggnæringen. Dette handler om å ha søkelys på faglige ferdigheter, evne til anvendelse av kunnskap og innovasjon. Dette må skje gjennom faglig samspill, fleksibel tilrettelegging og et virkemiddelapparat som tilpasses endringene i samfunnet.

Medlemmene fra næringslivet i Næringslivsringens styre er også medlemmer i studieprogramrådet for studieprogrammene på byggområdet ved NTNU.

## 4.5 NTNUs egne strategiske ambisjoner

Det er et uttalt premiss for FTS-prosjektet at prosjektets anbefalinger skal legge til grunn NTNUs hovedstrategi og ønskede utvikling, og understøtte NTNUs eget strategiske målbilde. Vi oppsummerer her de viktigste føringene og målsettingene dette gir.

NTNU slår i sin hovedstrategi tydelig fast at det er en strategisk ambisjon for NTNU å «*bidra aktivt til å nå bærekraftmålene*», og at NTNU skal bidra til løsning av sammensatte problemstillinger, være en premissleverandør for omstilling og grønt skifte, og bidra til innovasjon i samfunn og arbeidsliv. Kandidater fra NTNU skal være svært attraktive og etterspurte på arbeidsmarkedet, både nasjonalt og internasjonalt, og skal være faglig sterke, tverrfaglig orienterte, med relevant kompetanse for arbeidslivet.

NTNU har derfor som mål å utvikle attraktive, forskningsbaserte, arbeidsrelevante og internasjonalt orienterte studieprogrammer som holder høy internasjonal kvalitet, og har solid forskningsfundament både faglig og utdanningsfaglig. Utviklingen av programmene skal være preget av god utdanningsledelse, kvalitetskultur og systematisk kvalitetsarbeid. Faglig og kompetansemessig sett understrekes det spesielt at

- alle programmer skal gi innsikt i kritisk tenkning og etikk,

- innovasjonskompetanse skal innarbeides i alle utdanninger,
- NTNUs kandidater skal gjennom studiet få innsikt i både arbeidsrelevante og globale problemstillinger,
- disiplinkunnskap skal være utgangspunktet for utvikling av tverrfaglig kompetanse i tråd med fremtidens behov,
- samhandlingskompetanse skal være et spesielt særtrekk ved NTNUs kandidater,
- samspillet mellom kunst, teknologi og vitenskap skal videreutvikles,
- formidlingskompetansen blant ph.d.-studenter skal styrkes, og
- alle kandidater fra NTNU skal ha «*verktøy, metoder og tilstrekkelig digital kunnskap til å møte fremtidens behov*».

Strategien slår videre fast at NTNUs studie- og læringsmiljøer skal være innovative, spennende, og anerkjente for sin høye kvalitet. Lærings- og vurderingsformer skal være aktiviserende og varierte, og bygge på forskningsbasert internasjonal kunnskap om læring, samt sterk utdanningsfaglig kompetanse. NTNUs campusutvikling skal legge til rette for fremragende læringsmiljøer og bidra til høy faglig kvalitet, samle studenter innenfor hvert fagområde, og legge til rette for samhandling mellom fagene, samarbeid med eksterne partnere, studentfrivillighet og studentkultur. Disse strategiske ambisjoner gjelder på likeverdig vis for alle de tre byene der NTNU har aktivitet.

I sum kan vi konkludere med at NTNUs egne strategiske styringsdokumenter på utdanningssiden gjør universitetet godt rigget for å kunne svare på både nasjonale og internasjonale utfordringer, forventninger og behov. De adresserer mange av de samme problemstillingene og identifiserer de samme utviklingstrendene som vi også finner i nasjonale og internasjonale scenario- og trendanalyser. De etablerer også klare ambisjoner knyttet til sentrale forventninger og råd som vi finner i nasjonale styringsdokumenter, politikker og strategier, og utgjør dermed et godt grunnlag for videre utvikling.

## 5 Kompetanseprofiler for ulike programtyper og -nivåer i NTNUs teknologiutdanninger

*«Students who are best prepared for the future are change agents. They can have a positive impact on their surroundings, influence the future, understand others' intentions, actions and feelings, and anticipate the short and long-term consequences of what they do.*

*To prepare for 2030, people should be able to think creatively, develop new products and services, new jobs, new processes and methods, new ways of thinking and living, new enterprises, new sectors, new business models and new social models. Increasingly, innovation springs not from individuals thinking and working alone, but through co-operation and collaboration with others to draw on existing knowledge to create new knowledge. The constructs that underpin the competency include adaptability, creativity, curiosity and open-mindedness ...*

*In a world characterised by inequities, the imperative to reconcile diverse perspectives and interests, in local settings with sometimes global implications, will require young people to become adept at handling tensions, dilemmas and trade-offs, for example, balancing equity and freedom, autonomy and community, innovation and continuity, and efficiency and the democratic process ...*

*To be prepared for the future, individuals have to learn to think and act in a more integrated way, taking into account the interconnections and inter-relations between contradictory or incompatible ideas, logics and positions, from both short- and long-term perspectives. In other words, they have to learn to be systems thinkers ...*

*Dealing with novelty, change, diversity and ambiguity assumes that individuals can think for themselves and work with others. Equally, creativity and problem-solving require the capacity to consider the future consequences of one's actions, to evaluate risk and reward, and to accept accountability for the products of one's work. This suggests a sense of responsibility, and moral and intellectual maturity, with which a person can reflect upon and evaluate his or her actions in light of his or her experiences, and personal and societal goals, what they have been taught and told, and what is right or wrong ...»*

[OECD, 2018](#)

### 5.1 Innledning

Basert på innsamlet kunnskapsgrunnlag og behovsanalyse<sup>28</sup> beskriver vi i dette kapitlet format og innretning for det som i FTS-mandatet ble benevnt som «ønskede kandidatprofiler for fremtidens

---

<sup>28</sup> Se kapittel 4, og spesielt Vedlegg B og Vedlegg C.

NTNU-teknologer», men som vi heretter velger å kalle *forslag på integrerte kompetanseprofiler for fremtidens NTNU-teknologer*.<sup>29</sup>

Denne bruken av «integrerte» kompetansemål – der hvert mål vil omfatte et *samspill* mellom bredde- og dybdekunnskap, ferdigheter, holdninger og verdier – er i tråd med kunnskapsgrunnlaget i Vedlegg C, og dermed i tråd med f. eks. UNESCOs og det nasjonale Kompetansebehovsutvalgets syn på hva som ligger i begrepet kompetanse.<sup>30</sup> Fremtidens kompetansebehov omfatter langt mer enn ren fagkunnskap: Dyp fagkunnskap er fremdeles stammen som alle andre dimensjoner av kompetanse må bygges rundt, men denne kunnskapen må *integreres og samspille* tett med et rikt sett av andre nøkkelkompetanser. Verden vil være avhengig av at det utdannes ingeniører og teknologer med ferdigheter, holdninger og verdier som bidrar til en økologisk, sosialt og økonomisk bærekraftig fremtid eller – som OECD uttrykker det i det innledende sitatet – *forandringsagenter* («change agents») i bred forstand. NTNU har fokus på utdanning av forandringsagenter allerede i dag – se boks 5.1 om *SFU Engage* for et eksempel.

---

<sup>29</sup> For en fullstendig oversikt over alle de utviklede profilforslagene - med tabeller som inneholder beskrivelse av alle kompetansemål på alle tre detaljeringsnivåer for alle programtyper vi har dekket - henviser vi til Vedlegg F.

<sup>30</sup> [Nasjonal kompetansepolitisk strategi 2017 – 2021](#) slår fast at «Kompetanse kan defineres som evnen til å løse oppgaver og mestre utfordringer i konkrete situasjoner, og inkluderer kunnskaper, ferdigheter og holdninger» mens *Kompetansebehovsutvalget* definerer kompetanse som summen av, og samspillet mellom, ferdigheter, kunnskap, forståelse, egenskaper, holdninger og verdier.

### Boks 5.1 – SFU Engage: Utdanning av forandringsagenter ved NTNU

[SFU Engage – Centre for Engaged Education through Entrepreneurship](#) – is contributing to the development of learning initiatives of an innovative character at both the national and international levels. One of the core goals for Engage has been to initiate and test, both in the centre and with other partners in higher education, learning initiatives that are of high quality and are research-based. Furthermore, many initiatives are experience-based and include authentic learning situations, enabling close collaborations and interactions between educational initiatives and the relevant societal and professional fields. This is important when educating students into being self-aware individuals that can identify their own need for knowledge and skills in different situations, and that have the ability to identify and meet potential needs for change in their context.

SFU Engage is enabling higher education to deliver learning initiatives that will provide students with the skills and mindset to become change agents. Change agents are individuals who identify opportunities in their contexts and exhibit entrepreneurial behaviour to act on opportunities, enabling them to change the status quo for the better. This entrepreneurial behaviour consists of identifying opportunities, mobilising resources, handling uncertainty, and acting given the premises of the situation and context. This implies that the individual needs to be able to analyse the opportunities at hand, ensuring that the potential for acting on the opportunity will be sustainable and create value for a better world. Examples of such opportunities could be organisational or production changes to decrease negative effects on the environment, new initiatives to reduce social inequality, or innovations that could improve the use and distribution of resources in the world.

Furthermore, the utilisation and identification of resources, to achieve the necessary changes, is also a central behaviour of the change agent. Meaning that the change agent not only needs to collaborate with others, such as co-workers, employers, customers, or other stakeholders, but also be able to collect other means to reach the desired goals, for instance financial, intellectual or tangible resources. Hence, the change agent needs skills in creative thinking, planning, management, and in ethical and sustainable thinking.

FTS vektlegger derfor at fremtidens teknologiutdanning ikke bare kan fokusere på å gi studentene faglig kunnskap, den må i tillegg være en dannelsesreise som bidrar til studentenes personlige utvikling mot hele, skapende mennesker, i tråd med NTNUs verdier: *Kreativ, konstruktiv, kritisk, respektfull*. Vi ser forøvrig ingen motsetning mellom dette «klassiske universitetsidealet» og et økende samfunnsmessig fokus på utdanningenes arbeidsrelevans – heller tvert imot.

FTS har valgt å utvikle forslag til slike integrerte kompetanseprofiler for ulike *programtyper*, på hhv. bachelor-, master- og ph.d.-nivå. Prosjektet har så langt utarbeidet profilforslag for programtypene

- Bachelor ingeniørfag (rammeplanstyrt)
- 5-årig integrert master
- Ph.d.<sup>31</sup>

Prosjektets hypotese er at kompetanseprofiler for flere av NTNUs eksisterende programtyper innenfor teknologi- og realfag også vil kunne utarbeides ved å ta utgangspunkt i disse profilene, da vi anser at flere av kompetansemålene vil være relativt sammenfallende uavhengig av studietype. I delkapittel 5.7 viser vi to eksempler på hvordan dette kan tenkes gjort i praksis (et utkast til full profil

---

<sup>31</sup> Forslagene vil bli sendt ut på bred åpen høring både internt og eksternt høsten 2020.

for bachelor i bioteknologi, NTNU i Ålesund, og en illustrasjon av prinsipielle forskjeller på overordnet nivå mellom en ingeniør-/teknologiprofil og en disiplinprofiler for realfagene).

Samtidig er bredden og diversiteten i programporteføljen når det gjelder *kunnskapsprofil* (for eksempel når det gjelder de ulike «frie» bachelorstudiene), og i mål og begrunnelser for de ulike programmene, så stor at det antakelig gir mest mening å gjøre slike tilpasninger *lokalt for det enkelte program*, istedenfor sentralt i FTS. Vi kommer tilbake til våre tanker rundt en videre prosess for dette mot slutten av dette kapitlet, i delkapittel 5.7.

Det er forøvrig viktig å se de tre utdanningsnivåene bachelor – master – ph.d. i sammenheng når man vurderer profilforslagene, for bedre å kunne «kalibrere» forventninger til læringsdybde for de ulike kompetansemålene på tvers av disse tre nivåene.

Det at FTS har tatt utgangspunkt i eksisterende programtyper impliserer forøvrig *ikke* noen anbefaling fra prosjektets side om at NTNU skal beholde eksisterende porteføljestruktur i fremtiden (eller ikke). *Dette har prosjektet så langt ikke tatt stilling til* – slike vurderinger hører hjemme i prosjektets neste fase. Vi har valgt å ta utgangspunkt i noen eksisterende programtyper ut fra en hypotese om at disse typene program eksisterer i dag fordi de er ansett for å være egnede virkemidler for å produsere kandidater med fremtidsrettet og arbeidsrelevant kompetanse og et tydelig NTNU-særpreget – og fordi det gir oss et konkret utgangspunkt for videre beskrivelse og diskusjon av kompetansebegrepet ved NTNU. Samtidig tror vi som sagt at profilforslagene med relativt lite innsats kan tilpasses til andre typer programmer, av fagmiljøene som kjenner det enkelte program.

Ved å utvikle fremtidsrettede utkast til kompetanseprofiler som kan skapes innenfor ulike eksisterende programtyper, håper vi etterhvert å få en overordnet oversikt over hvilket spenn i kompetanseprofiler NTNU ønsker, og er i stand til, å produsere innenfor eksisterende portefølje-/programstruktur. Dette vil i sin tur gi oss et bedre beslutningsgrunnlag i vurderinger av om NTNU for eksempel bør forenkle porteføljestrukturen, eller lansere helt nye typer studieprogram. Resultatene kan forhåpentligvis også komme til nytte i videre arbeid med å realisere kompetanseprofiler som man tror blir viktige i fremtiden, men som ikke understøttes godt av eksisterende strukturer.

For å kvalitetssikre at profilenes spenn og ambisjonsnivå også omfatter og oppfyller typiske krav som settes av både nasjonale lover og forskrifter og internasjonale akkrediteringsorganer har vi også vurdert og kalibrert innholdet opp mot

- kravene til [student outcomes](#) hos den amerikanske akkrediteringsorganisasjonen [ABET](#),
- det europeiske akkrediteringsystemet [EUR-ACEs](#) beskrivelse av det de betegner som [«minimum threshold» Programme Outcomes for hhv. bachelor- og masterprogrammer](#) innenfor ingeniørfag,
- Sveriges nasjonale examensordninger for hhv. ingeniør- og civilingenjörstudier,
- læringsutbyttebeskrivelsene foreskrevet for bachelor ingeniør i [Forskrift om rammeplan for ingeniørutdanning](#) (av 18/5-2018)<sup>32</sup>,
- de generiske (fag-uavhengige) læringsutbyttebeskrivelsene for hhv. bachelor-, master- og ph.d.-nivået i [Nasjonalt kvalifikasjonsrammeverk for livslang læring](#).

---

<sup>32</sup> | Stm. 16 «Kultur for kvalitet i høyere utdanning» antyder det at Regjeringen over tid vil «... redusere bruken av rammeplaner og i større grad overlate utviklingen av læringsutbyttet til et samarbeid mellom utdanningene og arbeidslivet» - men det er oss bekjent ikke klart om, eller eventuelt når, dette vil omfatte ingeniørutdanningene. Vi har derfor valgt å forholde oss til kravene til ingeniørkompetanse som uttrykkes i nasjonal rammeplan for ingeniørutdanning som fortsatt gjeldende nasjonale føringer. I tillegg har vi på tampen av FTS Fase 1 også vurdert arbeidet i FTS opp mot, og gitt innspill til, det arbeidet som over det siste året har foregått i UHR med reviderte *Nasjonale retningslinjer for ingeniørutdanning*. Vi finner overordnet sett meget godt samsvar mellom ønsket retning for utvikling uttrykt i foreliggende utkast til disse retningslinjene, og funn og anbefalinger fra FTS-prosjektet.

I tillegg har vi sammenholdt FTS-profilene med *Olin College of Engineering's* [12 læringsmål](#) for sine (bachelor-)kandidater.

Hver utarbeidede profil gjelder for én programtype, uavhengig av faglig spesialisering innenfor den aktuelle programtypen. Programtypene som dekkes av profilforslagene i denne delrapporten er som nevnt ovenfor

- *3-årig bachelor ingeniør (alle rammeplanstyrte ingeniørprogrammer)*
- *5-årig integrert teknologimaster (sivilingeniør, arkitekt, master i bioteknologi)*
- *Ph.d.-studiet (innenfor teknologi).*

## 5.2 Hva er profilene tenkt brukt til?

Profilene kan forhåpentligvis bli nyttige, etterhvert som de finner sin endelige form<sup>33</sup>, som:

- Et sett **forpliktende kompetansemål** på overordnet (programtype-)nivå, som utviklingen av studieprogrammets utforming, innhold og gjennomføring bør understøtte – og vurderes opp mot.
- En beskrivelse som **kommuniserer tydelig NTNUs utdanningsmessige særpreg** utad – til potensielle søkere, arbeidsgivere, myndigheter, samarbeidspartnere og andre. Profilene definerer hva som kjennetegner *alle* kandidater fra NTNUs hovedprofil (hva slags kompetanse NTNU har ambisjoner om å gi sine teknologikandidater), og hvilken kompetanse teknologistudentene kan forvente å gå ut med.
- Et **kompass** – et overordnet målbilde å orientere seg mot og benchmarke seg mot – **for studieprogramledere og studieprogramråd** i deres arbeid med å utforme konkrete læringsutbyttebeskrivelser på programnivå, og i å utforme, evaluere og videreutvikle studieprogram. Se boks 5.2 for et eksempel på dette ved NTNU.
- En tilsvarende **støtte til emneansvarlige, faglærere og instituttledelse**, i samarbeid med studieprogramledelse, i arbeidet med å utforme læringsutbyttebeskrivelser på emnenivå, og i utforming, evaluering og videreutvikling av de ulike emnenes innhold, læringsaktiviteter og vurderingsformer.
- En **målbeskrivelse som kan støtte utdanningsledelse og forvaltningsorganer på institusjons-, fakultets- og instituttnivå** i vurderinger av utviklingsbehov mhp studieportefølje og -programmer innenfor NTNUs hovedprofil.
- En tilsvarende **støtte i institusjonell vurdering og prioritering** når det gjelder nye initiativer og idéer til omstilling og utvikling på utdanningsområdet.
- Et mål som – i tråd med prinsippet om kontinuerlig forbedring - i seg selv skal være gjenstand for systematisk og jevnlig evaluering og videreutvikling, i dialog med relevante eksterne og interne interessenter og på den måten utgjøre en **plattform for strategisk utvikling** av NTNUs teknologistudier samlet sett.

---

<sup>33</sup> Dvs. etter høring blant og etterfølgende revisjon ihht. tilbakemeldinger fra NTNUs ansatte og utdanningsledelse, studentdemokratiet og eksterne interessenter.

### **Boks 5.2 – Eksempel på samhandling fakultet–FTS i strategisk utvikling av studietilbud: *Fremtidens arkitektstudier-prosjektet ved AD-fakultetet***

Fakultet for arkitektur og design (AD) gjennomfører en helhetlig strategisk revisjon av programporteføljen i perioden 2018-2023, der det utvikles en kompetanseprofil for arkitektur- og designfagene parallelt med prosessen i FTS. Kompetanseprofilen skal være utgangspunktet for studieplanutforming og læringsutbyttebeskrivelser for samtlige studieprogram som inngår i FTS-porteføljen ved AD, og anvendes som felles fundament i utviklingsarbeid med studieprogramporteføljen.

Målsetningen er at ADs fremtidige porteføljedesign og studietilbud skal ivareta samfunnets kompetansebehov og fakultetets faglige fundament, og utdanne kandidater som er best mulig rustet til å møte samfunnets omstillings- og bærekraftutfordringer. Det legges stor vekt på å utnytte NTNUs faglige bredde for å tilby våre kandidater unike og konkurransedyktige utdanningstilbud som er tuftet på tverrfaglighet. For eksempel har AD i et av pilotprosjektene i sin porteføljerevisjon tatt på seg det nasjonale ansvaret for å øke utdanningskapasiteten for offentlige planleggere, i tråd med behovet etterlyst i stortingsvedtak 708. Her satses det spesielt på samarbeid på tvers av disiplin- og fakultetsgrenser, og bygge en portefølje av programmer som utdanner flerfaglige profiler blant offentlige planleggere (arkitekter og fysiske planleggere ved AD, samfunnsplanleggere ved SU og infrastrukturplanleggere ved IV) ved NTNU.

Tilleggsprofiler (minors), tverrfaglige emnemoduler delt mellom studieprogrammer, felles «masterklasser» der studenter fra flere fagmiljøer på tvers av fakulteter jobber med samme problemstillinger knyttet opp til store forskningssatsinger, og samarbeidsprosjekter for livslangslæring er noen av de strukturelle elementer det legges til rette for i nye programdesign for å oppnå mål om å utnytte den tverrfaglige bredden ved NTNU.

### 5.3 Hvordan er kompetanseprofilene strukturert?

Hver profil består av 12 kompetansemål K1 – K12, der hvert kompetansemål søker å integrere elementer fra flere av dimensjonene *kunnskap* (Knowledge), *ferdigheter* (Skills), *holdninger* (Character), og *evne til å lære å lære* (Meta-learning). Hvert kompetansemål beskrives på tre detaljeringsnivåer: i) Overskrift, ii) 1-setnings sammendrag, og iii) et avsnitt med utdyping.

De tre detaljeringsnivåene er tenkt brukt for å kommunisere kompetansemålene i ulike kontekster, til ulike formål, og overfor ulike interessenter:

- For eksempel vil *overskriftsnivået* kunne gi en rask oversikt til interessenter og publikum som ikke har eller trenger dyp kjennskap til detaljene i NTNUs utdanninger.
- *Sammendragsnivået* vil sannsynligvis være tilstrekkelig for å forklare på overordnet nivå hva slags kompetanse de ulike studietypene gir til potensielle søkere.
- *Utdypingsnivået* vil forhåpentligvis kunne bli nyttig for å nyansere og presisere detaljene, f. eks. overfor studieprogramledere og emneansvarlige i arbeidet med å sette program- og emnespesifikke læringsmål, og i utformingen av konkrete studieløp og læringsbaner i henhold til disse.

Noen vil kanskje savne et eksplisitt fokus på *digital kompetanse* og *bærekraftkompetanse* i form av egne punkter i profilene. FTS anser da også at *dette er kompetanser som vil være essensielle for alle NTNUs teknologikandidater i fremtiden*. Vi vil derfor påpeke - med referanse til diskusjonen rundt



hvordan vi skal forstå begrepet bærekraftkompetanse i Vedlegg D, og tilsvarende diskusjon for digital kompetanse i Vedlegg E - at forslagene på kompetanseprofiler også er utarbeidet for å ivareta gjennomgående integrasjon av disse to kompetansene. Intensjonen har vært å «veve» bærekraftkompetanse og digital kompetanse – igjen, i den forstand begrepene er utviklet i Vedlegg D og E - dypt inn i profilbeskrivelsene på tvers av de 12 oppsatte kompetansemålene. Vi mener dette er mer hensiktsmessig, og reflekterer innholdet i og viktigheten av disse to kompetansene bedre, enn om vi hadde forsøkt å beskrive dem gjennom dedikerte punkter i profilene.

## Anbefaling 2

Prosjektet anbefaler at:

Alle kandidater fra NTNUs teknologiutdanninger skal ha bærekraftkompetanse og digital kompetanse på høyt nivå

### 5.4 Hva handler de 12 kompetansemålene K1 – K12 om?

En visualisering av de 12 kompetansemålene, og sammenhengen mellom dem, er vist i Figur 3. Figuren viser – på overskriftsnivå - de 12 kompetansemålene som er utformet for et 3-årig bachelor ingeniør-studium. De er – ikke tilfeldig - forsøkt visualisert i en T-format figur, gruppert etter følgende logikk:



Figur 3: T-format fremstilling av kompetanseprofilen for bachelor ingeniørfag.

- K1 – fagkunnskapen og det faglig funderte perspektivet - utgjør «*stammen*» som alle de andre målene springer ut fra og er avhengige av.
- K2, K4 og K7 - konkret metode- og verktøykompetanse, analysekompetanse, og evne til å finne og kritisk vurdere informasjon - kan sees på som «*verktøykassen*» for å kunne nå målene høyere opp i T'en.
- K3, K6 og K12 er «*kjernen*» i selve ingeniør-/teknologgjerningen; det konkrete resultat fra ingeniører og teknologers virke: Conceive-Design-Implement-Operate (CDIO), og bidrag til forskning, teknologiutvikling, og nyskaping.
- K5, K9, K10 og K11 er «*rammen*» rundt denne kjernen - hvordan ingeniører og teknologer bør arbeide i sitt daglige virke: Målrettet, samhandlende i mangfoldige team, med etisk bevissthet, med blikk på samfunnskonsekvenser og fremtidsutvikling, og aktivt kommuniserende med omverdenen.
- K8 - evnen til livslang læring - er «*taket*» over alle de andre kompetansemålene, som holder dem alle «varme» gjennom livet.

I det følgende gir vi en *utfyllende leseveiledning* til hvert av de 12 kompetansemålene. Vi søker å utdype, begrunne og forankre intensjonen bak hvert enkelt mål, og peker konkret på hvilke av fremtidens kompetansebehov samt forventninger fra ulike interessenter som er forsøkt svart ut gjennom målet. Vi gjør samtidig oppmerksom på at det ikke er helt vanntette skiller mellom de ulike kompetansemålene – det er gråsoner mellom enkelte av dem – og at det derfor vil kunne oppleves å være et visst overlapp noen steder.

### **K1: Vise fagkunnskap og faglig fundert perspektiv**

Punktet beskriver på overordnet nivå hvilke elementer av *fagkunnskap* som bør inngå i profilen til en ingeniør eller teknolog og ved behov kunne tas aktivt i bruk (virke som «*deep working knowledge*»<sup>34</sup>) i møte med ulike typer utfordringer og problemstillinger. Dette kompetansemålet er selve «*stammen*» som alle de andre målene må bygges på – selve den faglige substansen som gjør det mulig for en teknolog å bedrive analyse og kritisk tenkning, utvise kreativitet og skaperkraft, bidra til forskning og utvikling, kommunisere om sitt virke, bruke faglige verktøy, gjøre etiske vurderinger etc. Punktet understreker og bygger på det som fra flere hold fremheves som en av NTNUs styrker: Vår evne til å produsere kandidater med solid forskningsbasert fagkunnskap.<sup>35</sup>

K1 er prinsipielt tenkt som en «placeholder» for en konkret og rimelig detaljert beskrivelse av fagkunnskap som ansees relevant og viktig for det enkelte programområde<sup>36</sup>. *Selve detaljeringen her er det programledelsen, i samspill med de deltakende fagmiljøene og det relevante forvaltningsorganet, som må beskrive for det enkelte studieprogram.*<sup>37</sup>

<sup>34</sup> Definert som «*knowledge infused with skills, approaches and judgement*» av Crawley, Hegarty, Edström og Sanchez i *Universities as Engines of Economic Development: Making Knowledge Exchange Work* (publiseres på Springer i løpet av 2020).

<sup>35</sup> «*Rigour of engineering knowledge*» er som tidligere nevnt også det første av åtte «*Key Aspects*» for fremtidens ingeniørutdanning formulert av Aldert Kamp (Leder for 4TU. Centre for Engineering Education og medlem av Worldwide CDIO Initiative Council), og et trekk som iflg. Dr. Ruth Grahams rapport «Global state-of-the-art of engineering education» kjennetegner «*current leaders of engineering education*» internasjonalt.

<sup>36</sup> Tenkt på samme måte som når man i CDIO Syllabus kaller dimensjonen «*Technical Knowledge and Reasoning*» for en «placeholder».

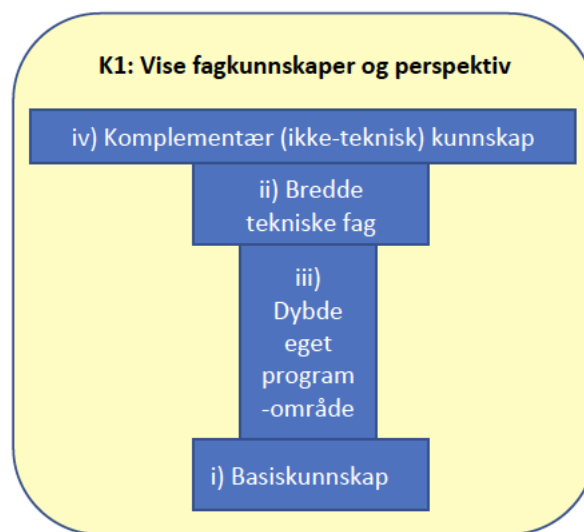
<sup>37</sup> Her er det viktig å minne om at bachelor ingeniør-utdanningene, i motsetning til 5-årig integrert master og ph.d.-studiet, er *rammeplanstyrte*. Ny [forskrift om rammeplan for ingeniørutdanning](#) ble sist fastsatt i mai 2018. Universitets- og høyskolerådets strategiske organ UHR-MNT har i parallell med FTS-prosjektet arbeidet

Profilene søker samtidig å differensiere tydelig mellom bachelor-, master- og ph.d.-nivået mhp. forventninger til og behov for *samlet dybde i og omfang av fagkunnskap*.

Vi skiller her prinsipielt mellom *fire kategorier* av (fag-)kunnskap:

- i) Nødvendig understøttende **basiskunnskap** innenfor matematiske fag, realfag, økonomi og samfunnsfag,
- ii) Nødvendig **breddekunnskap innenfor tekniske fag/ingeniørfag** generelt,
- iii) **Dybdekunnskap innenfor eget programområde**, og
- iv) **Komplementær kunnskap fra andre** (normalt ikke-tekniske) **fagfelt**, som skal bidra til å gi nødvendig perspektiv på eget fag, samt økt tverrfaglig kompetanse.

Tilsammen utgjør de fire underpunktene i) – iv) i seg selv det vi kan fremstille som en «*T-formet*» *profil for fagkunnskap* – se Figur 4. Vi kaller dette for en *kunnskapsprofil* (i motsetning til en *kompetanseprofil*, som altså omfatter langt mer enn kunnskapsdimensjonen).



Figur 4: Fremstilling av K1 som en T-formet kunnskapsprofil - med fire kategorier kunnskap.

Punkt K1 presiserer spesielt at målet med den samlede kunnskapen ikke bare er rent teknisk og vitenskapelig ekspertise, men også å bidra til forståelse for ingeniørens og teknologiens funksjon i samfunnet, historisk og i dag, og ikke minst forståelse for både økologiske, sosiale og økonomiske perspektiver. Det å utvikle en kunnskapsbase som er relevant for å *løse bærekraftutfordringene og bidra til bærekraftig utvikling* – fra ulike faglige perspektiv - blir spesielt viktig hos alle fremtidens teknologer og ingeniører.

*Om kategori i):* Når det gjelder den understøttende basisen i *matematiske fag og realfag* så er det viktig at denne bidrar til å gi et så robust og godt faglig fundament som mulig for kandidatens videre kompetanseutvikling innenfor eget programområde. Men heller ikke en faglig basis – om enn «robust» - bør være statisk over tid; den må også være faglig oppdatert, og presist og effektivt utformet for å understøtte de samlede kompetansemålene. Dette taler for jevnlig kritisk

---

med å revidere nasjonale retningslinjer til denne forskriften, og herunder foreslå læringsutbyttebeskrivelser for kunnskap innenfor de ulike ingeniørområdene. Forslagene går i langt mer detalj enn det FTS har gjort på dette området – men det er på overordnet nivå stor grad av sammenfall mellom retningen i FTS' anbefalinger, og retningen som pekes ut i [utkastet til reviderte nasjonale retningslinjer](#).

gjennomgang av både innhold, læringsaktiviteter og vurderingsmetoder også i disse understøttende fagene. For å sikre relevans og tilstrekkelig kontekstualisering og programtilpasning av generisk teori bør slik gjennomgang skje i tett dialog og samarbeid mellom disiplinmiljøene, programledelsen og teknologi-/brukermiljøene som gir programemnene.

Det må også være et mål å gi et best mulig disiplinlig fundament for teknologiutdanningene uten at man bruker mer tid og ressurser enn nødvendig på dette i studiet.<sup>38</sup> Mest mulig vekt bør derfor legges på utvikling av *dyp forståelse av generaliserbare konsepter* (høyere nivåer i [Blooms reviderte taksonomi](#)), og minst mulig på pugging og «grunn» læring («huske»-nivået i Blooms reviderte taksonomi). For å styrke studentenes engasjement, motivasjon og egen innsats i basisfagene – og dermed deres læringsutbytte, og evne til senere å kunne anvende disiplin kunnskapen - er det også viktig at disse fagene ikke undervises fullstendig generisk, men er så godt kontekstualisert, koordinert og integrert med teknologi- og ingeniørfagene som det er mulig å få til innenfor tilgjengelige ressursrammer, slik at basisfagenes relevans blir tydeliggjort best mulig for studentene.

Punktet peker også spesielt på at *grunnleggende forståelse for IKT-systemer, algoritmisk tenkning, og beregningsorientert matematikk* vil være essensielt for alle fremtidens ingeniører og teknologer. Vektlegging av algoritmisk tenkning har vist seg å kunne bidra til å styrke evne både til generell matematisk (analytisk, konseptuell) tenkning, kritisk tenkning og kreativitet – som alle er viktige «generiske» fremtidskompetanser. Å lære algoritmisk tenkning gjennom programmering kan styrke dybdelæring og øke kompetanse i matematikk, teknologiforståelse og generell problemløsning. Dette peker mot økende beregningsorientering av matematikkfagene, og taler samtidig for at *integreringen av IKT, matematikk og teknologiske fag i NTNUs ingeniør- og teknologiutdanninger bør styrkes*. Dette er forøvrig helt i tråd med anbefalingene fra det nylig avsluttede [FUS-prosjektet BOS – BeregningsOrientering av Sivilingeniørutdanningene ved NTNU](#), med det som allerede gjøres f. eks. ved Universitetet i Oslo [SFU CCSE](#) – og med ønsker uttrykt fra de NTNU-ansatte som deltok på FTS' «fremtidscafé» i november 2019. Det pågående NTNU Toppundervisning-prosjektet [ACT!](#) arbeider allerede med lignende problemstillinger – se boks 5.3.

---

<sup>38</sup> For eksempel på å kommunisere informasjon eller lære teknikker som tidligere har vært viktig å huske, men som over tid er blitt mindre relevant å bruke tid på i en digitalisert og datadrevet verden der «all» informasjon er tilgjengelig på internett.

### Boks 5.3 – ACT!-prosjektet ved NTNU – fornyelse av matematikkundervisningen

Matematikk har alltid vært et sentralt fag i teknologiutdanningen. Den første forelesningen som ble holdt på NTH var en matematikkforelesning. Etter hvert har statistikk også fått en svært viktig rolle i denne utdanningen. Med raskt økende tilgang på regnekraft, blir bruk av matematikk og statistikk viktig på stadig flere fagområder, og dermed for en stadig mer variert studentgruppe. Dette krever nytenking i måten de grunnleggende emnene i matematikk og statistikk presenteres på til studentene. Stikkord her er *kvalitet, tilgjengelighet og differensiering*.

Disse stikkordene var sentrale for [KTDiM-prosjektet](#), som er videreført i ACT!-prosjektet (*ACTive learning in core courses in mathematics and statistics for engineering education*). I ACT! arbeides det med å modernisere både form og innhold i de grunnleggende emnene i matematikk og statistikk. Gjennom ACT!, og KTDiM, er det utviklet et bredt utvalg av digitale læringsressurser og det er gjort viktige erfaringer med digital vurdering, særlig automatisk (databasert) vurdering av øvingsoppgaver. Utvikling av studentaktive læringsformer har vært en sentral oppgave, og det er gjort verdifulle erfaringer med bruk av interaktive læringsarealer. Mange emner i matematikk og statistikk, både grunnleggende og mer avanserte, er i større grad enn tidligere gjort beregningsorienterte med bruk av ulike programmeringsapplikasjoner.

I det siste har det blitt etablert, som del av ACT!, et prosjekt som omhandler studieprogramtilpasning av grunnleggende matematikkemner. I samarbeid med studieprogrammene MTELSYS og MTKJ vil det høsten 2020 settes i gang en pilot der man ønsker å få til en tettere kobling mellom matematikkemnene og de ingeniørfaglige emnene. Det har i lang tid vært et prinsipp ved NTNU at de grunnleggende emnene i matematikk og statistikk i hovedsak tilbys likt for alle studieprogram i sivilingeniørutdanningen. Denne piloten representerer et brudd med dette prinsippet.

ACT! hadde i utgangspunktet innretning mot de grunnleggende emnene i matematikk og statistikk i sivilingeniørutdanningen. Etter hvert har ideer fra prosjektet spredt seg både til videregående emner og til den treårige ingeniørutdanningen.

Teknologier som *kunstig intelligens og stordata-analyse* vil fortsette å bli viktigere på tvers av alle teknologi- og anvendelsesområder (domener). Den generelt økte bruken og viktigheten av *datadrevne metoder* og *statistisk basert maskinlæring* som ligger implisitt i dette tilsier at NTNU også bør vurdere om det er behov for å *øke innslaget av statistikk-emner* som basiskunnskap i teknologi- og ingeniørprogrammene. Vi henviser igjen til Vedlegg E for en mer detaljert drøfting.

Innenfor *økonomi og samfunnsfag* er det i løpet av FTS-prosjektet fra flere hold pekt på blant annet forretningsforståelse, teknologiledelse, organisasjonsforståelse, kunnskap om og forståelse for arbeidslivets spilleregler og trepartssamarbeidet («den norske modellen»)<sup>39</sup>, samt kunnskap om innovasjonsprosesser og entreprenørskap, som viktig kunnskap for de fleste teknologer og ingeniører. Mye av dette er selvfølgelig allerede sentralt i flere av NTNUs teknologi- og ingeniørstudier, men bør slik FTS ser det breddes ut ytterligere i forhold til i dag. Samtidig anser vi at det også bør være betydelig fleksibilitet til å gjøre tilpasninger til de enkelte programområders behov og særtrekk, og valgfrihet for den enkelte student til å følge sine interesser, ambisjoner og forutsetninger.

<sup>39</sup> Dette er konkret trukket frem generelt som et svakt punkt i dagens høyere utdanning bl. a. fra både Teknas og NHOs side, jfr. diskusjoner under FTS-workshop på Hell 15/1-20 samt under NTNU-arrangert frokostmøte om arbeidsrelevans i høyere utdanning 17/6-20.

*Om kategori ii):* Hva angår *breddekunnskap i tekniske fag* så vil blant annet *prosjektledelse, design og anvendelse av muliggjørende teknologier* kunne være viktige temaer, men også her må det være fleksibilitet til å gjøre hensiktsmessige tilpasninger til de enkelte programområders behov og særtrekk, og – igjen - ikke minst den enkelte students interesser, ambisjoner og forutsetninger.

*Om kategori iii):* Videre presisering av hva som er *nødvendig dybdekunnskap innen eget programområde* må også være opp til det enkelte programområde å avgjøre (programledelsen i samspill med de deltakende fagmiljøene og det relevante forvaltningsorganet) - basert på egen ekspertise og kontinuerlig oppdatert forskningsbasert kunnskap om fagets utvikling, samt dialog med relevante interessenter.

*Om kategori iv):* Det er et uttalt strategisk mål for NTNU at «*disiplinkunnskap skal være utgangspunktet for utvikling av tverrfaglig kompetanse i tråd med fremtidens behov*». Tverrfaglig kunnskap utenfor teknologi- og ingeniørfagene - her uttrykt gjennom begrepet «*komplementære kunnskaper*» - er også viktig blant annet for å utvikle helhetlig samfunnsforståelse (samfunnsperspektiv), og ikke minst for å kunne arbeide effektivt med bærekraftmålene.

Som ett eksempel på hva «komplementær kunnskap fra andre fagfelt» kan bety vil vi spesielt nevne *kunst- og humaniorafag*. Utforskning av gråsonene og grenseflaten mellom MNT-fagene, kunst og humaniora er kjent for å kunne styrke utvikling av flere kompetansedimensjoner som i økende grad etterspørres av samfunnet, og som forventes å bli bare viktigere også for teknologer og ingeniører<sup>40</sup>: Innovasjonsevne, kritisk tenkning, kreativitet, etisk bevissthet og designkompetanse er noen slike eksempler.<sup>41</sup> Det er forøvrig også et uttalt strategisk mål for NTNU at «*samspillet mellom kunst, teknologi og vitenskap skal videreutvikles*». FTS-prosjektet ser det da som naturlig at man søker å legge til rette for dette også i NTNUs utdanningstilbud.

For å kunne *utvikle et tilstrekkelig mangfold* i kompetanse over hele «befolkningen» av NTNUs teknologikandidater vil det generelt bli viktig å utvikle og tilgjengeliggjøre et *bredt, ambisiøst, godt kommunisert og praktisk vel tilrettelagt tverrfaglig/komplementært tilbud* for studentene – et tilbud som kan understøtte studentenes personlige utvikling og ulike interessefelt, tilby dem fleksibilitet og valgfrihet, tydeliggjøre spissing mot spesielt viktige samfunnsroller som kandidater fra NTNU forventes å skulle fylle i fremtiden, fremme faglig samarbeid og samhandling på tvers, og på best mulig vis spille på hele NTNUs tverrfaglige bredde. Medisin, helse, jus, økonomi, organisasjons- og kulturforståelse, psykologi, etikk og politikk er noen andre eksempler på ikke-tekniske kunnskapsområder (domener) som vil kunne være relevante for fremtidens teknologi- og ingeniørstudenter. Tilsvarende vil selvfølgelig også tverrfaglige tilbud mot teknologifag, og arenaer for samhandling med teknologi- og ingeniørstudenter, være viktig for studenter på ikke-teknologiske programmer.

FTS mener også at tilrettelegging for kompetansemessig mangfold bør være *spesielt viktig for NTNU* - rett og slett på grunn av universitetets dominerende nasjonale posisjon som den klart største

---

<sup>40</sup> En kompetanseprofil som kobler tung MNT-kompetanse med tilleggskompetanse innenfor kunst og humaniora betegnes internasjonalt ofte som [STEAM](#) – Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics.

<sup>41</sup> Leland Stanford, grunnleggeren av det i dag verdensledende tekniske universitetet Stanford University i California, sa det slik (med litteratur som eksempel) på slutten av 1800-tallet: «*I attach great importance to general literature for the enlargement of the mind and for giving business capacity. I think I have noticed that technically educated boys do not make the most successful businessmen. The imagination needs to be cultivated and developed to assure success in life. A man will never construct anything he cannot conceive.*» Cf. <https://exploreddegrees.stanford.edu/stanfordsmision/stanfordsmision.pdf>

utdanner av teknologer og ingeniører i Norge, på alle utdanningsnivåer. Mangfoldet av kompetanseprofiler som gjøres tilgjengelig for samfunnet vil i betydelig grad bestemmes av hvilket mangfold NTNU legger opp til å utvikle blant sine kandidater på «kohort-nivå». FTS mener at dette gir NTNU et spesielt ansvar for å ivareta mangfold over studentmassen, også innenfor hovedprofilen.

Vi vil til slutt peke på at det er en del grunnleggende teknisk, naturvitenskapelig og samfunnsmessig forståelse som det vil være naturlig å tenke at enhver ingeniør, teknolog eller realist bør ha, om enn på overordnet nivå, for å kunne forstå bærekraftproblematikk og bidra til bærekraftig utvikling gjennom sitt eget virke – det vil si, for å oppnå den bærekraftkompetansen FTS anbefaler at alle NTNUs kandidater fra teknologiutdanningene bør ha. En nærmere beskrivelse av den typen fagkunnskap slik forståelse bygger på er gitt i Vedlegg D.

## **K2: Analyse av (komplekse) problemstillinger og systemer**

Punktet understreker det som fra flere hold fremheves som en av NTNUs styrker: Vår evne til å produsere kandidater med *sterke analytiske evner*. Punktet omfatter samtidig elementer av de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk<sup>42</sup> kalles «Reasoning», «Analytical thinking», «Complex problem-solving» og «System analysis and evaluation», og som TU Delfts Aldert Kamp kaller «unstructured problem-solving» og «systems thinking».<sup>43</sup> Denne typen kompetanse er fra flere hold, blant annet fra det nasjonale Kompetansebehovsutvalget og OECD, pekt ut som en sentral fremtidskompetanse i en verden der de utfordringene som skal løses blir både stadig mer komplekse, og samtidig i økende grad preget av dilemmaer, interessekonflikter, raske endringer og usikre beslutningsgrunnlag.

Kompetansemålet kan inkludere både kvalitative, kvantitative og eksperimentelle metoder for analyse og problemløsning. For masternivået fremheves spesielt økende problemkompleksitet, med fokus på «wicked» (umedgjørilige) problemer karakterisert ved dilemmaer, konflikter og usikker, mangelfull eller motstridende informasjon.<sup>44</sup> I tillegg fremheves her evnen til *selvstendig* problemformulering og -analyse. For ph.d.-nivået fremheves i tillegg selvstendig evne til å identifisere og analysere relevante *nye* problemstillinger i forskningsfronten av eget fagfelt, og peke ut retning for videre forskning basert på resultatene.

Punktet kan sammen med K4 og K7 sies å utgjøre en essensiell «verktøykasse» (generell analysekompetanse, kompetanse på konkrete faglige metoder og verktøy, og evne til å innhente og kritisk vurdere informasjon) som en teknolog må ha for å sette sin faglige kunnskap i arbeid, og slik kunne skape løsninger og bidra til innovasjon, forskning og teknologiutvikling.

## **K3: Design og implementering av bærekraftige tekniske løsninger**

*Design brings forth what does not come naturally. While science is concerned with how things are, design is concerned with how things ought to be.*<sup>45</sup>

D. R. Clark.

---

<sup>42</sup> Alle referanser til World Economic Forum (WEF) refererer til rapporten «The Future of Jobs 2018» - cf. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>

<sup>43</sup> Se <https://chalmersuniversity.app.box.com/s/k984d74ciz7ovlyr1yd424c1h70h7lmk>

<sup>44</sup> Se f. eks. <https://research.chalmers.se/en/publication/250857>

<sup>45</sup> Clark, D.R. (2012). *Design Methodologies: instructional, thinking, agile, system, or x problem?* Retrieved from [http://nwlink.com/~donclark/design/design\\_models.html](http://nwlink.com/~donclark/design/design_models.html)

Dette punktet går til kjernen av en skapende ingeniørs eller teknologs virke, ved å beskrive og sette forventninger til kandidatens evne til å *skape tekniske løsninger* – i bred forstand – som bidrar til en *bærekraftig utvikling*. Her ligger det *kreative og skapende* elementet som er essensen i teknologens virksomhet – evnen til å *utvikle løsninger som ennå ikke finnes*. Samtidig understrekes *samfunnsansvaret* som teknologer og ingeniører har.

Intensjonen med punktet er å omfatte elementer av de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk kalles “Ideation”, «Creativity, originality and initiative» og “Technology design”. Kompetanseutvalget og OECD fremhever også kreativitet som en sentral ferdighet i sine rapporter. Internasjonalt er «Creativity» betegnet som en av «The 4 Cs of the 21st Century – Most important 21st Century Skills». Dette gjelder generelt, men også spesifikt for ingeniører og teknologer<sup>46</sup>.

Både fagkunnskap, ferdigheter, holdninger og verdier må tas i bruk for å realisere dette målet, som spenner fra det å unnfange idéer («Conceive»), via det å gjennomføre design- og prosjekteringsprosesser («Design»), implementere resultatene av designprosessen («Implement»), til å benytte og vedlikeholde («Operate»), og ved behov videreutvikle, tekniske løsninger. Begrepet «løsninger» omfatter her både fysiske og virtuelle (digitale) produkter, sammensatte systemer (som i økende grad vil være *cyber-fysiske* systemer), ulike typer prosesser, og *tjenester*.

Punktet beskriver med andre ord essensen i en teknologs «CDIO»-kompetanse – med CDIO-nettverkets ord, «*to conceive-design-implement-operate complex value-added engineering systems*» - i en kontekst der *bærekraft* settes opp som et tydelig underliggende premiss for utvikling av alle fremtidige tekniske løsninger. Dette er i tråd både med presserende samfunnsbehov, tydelige forventninger fra alle interessenter i samfunnet rundt oss, forventninger fra egne ansatte og studenter, rådende internasjonale trender innen teknologiutdanning (*challenge-based learning, responsible engineering, societal engineering*), og NTNUs uttalte strategiske mål.<sup>47</sup> Vi henviser til Vedlegg D for en mer detaljert utdypning av hva slags konkrete konsekvenser dette har for hva slags samlet kompetanse vi må søke å gi fremtidens kandidater, men vi vil nevne spesielt at UNESCOs såkalte *nøkkelkompetanser for bærekraft* er søkt integrert inn i alle forslagene på kompetanseprofiler, også i punkter der ordet «bærekraft» ikke er eksplisitt nevnt.

Punkt K3 vil ofte inngå i en «verdikjede» der en foregående (eller samtidig) *analyse* av problemstillinger og systemer – som beskrevet under K2 – er en forutsetning for videre utvikling som beskrevet i K3. Likevel er det viktig å understreke at dette ikke impliserer et «lineært» syn på

---

<sup>46</sup> [Stawiski et al. \(2016\)](#) kommenterer for eksempel: «*Engineering educators have been criticized for emphasizing scientific theory, knowledge production, and technical analysis over more applied skills (Farr and Brazil 2010). Russell and Yao (1996) wryly commented, “An engineer is hired for her or his technical skills, fired for poor people skills, and promoted for leadership and management skills” (p. 17). Technical knowledge is important, but not exclusively so. This is most apparent when considering employers’ opinions on students’ workforce preparedness. Employers perceive engineering graduates as generally bright and technically sound, but lacking skills related to effective teamwork, leadership, management, critical thinking, and collaborative problem-solving (Dudman and Wearne 2003; Ellis and Petersen 2011).*». Dette stemmer forøvrig godt overens med synspunkter som også NTNUs alumni gir uttrykk for når de retrospektivt evaluerer sin utdanning i [Kandidatundersøkelsen 2019](#): Færre enn 50 % av alumni fra masterprogrammene i FTS-porteføljen sier seg for eksempel helt eller delvis enig i at deres utdanning ga dem gode ferdigheter i kreativt arbeid, muntlig kommunikasjon og etisk refleksjon.

<sup>47</sup> Se Vedlegg A og Vedlegg B.



prosesser for utvikling av tekniske løsninger – dette vil ofte være «ulineære» kreative prosesser preget av iterasjoner mellom de ulike fasene og deltakerne i prosessene.<sup>48</sup>

Som vi allerede har sett er *design-dimensjonen* av teknologisk kompetanse fra flere hold blitt fremhevet som stadig viktigere – og de fleste ledende institusjoner i verden innenfor ingeniørutdanning legger i økende grad vekt på denne typen kompetanse. Punktet understreker derfor at utvikling av CDIO-kompetanse forutsetter at kandidaten kan gjøre bruk av de til enhver tid best egnede *designmetodikker*. Her er f. eks. «*design thinking*» ett relevant eksempel<sup>49</sup>, men begrepet designmetodikk er ikke begrenset til denne metodikken.<sup>50</sup> Viktige stikkord for gode designprosesser er blant annet *brukerorientering, behovsforståelse, agilitet, og samarbeid*. Det er essensielt å utvikle evne til å *kartlegge, sette seg inn i, og ta hensyn til behov og krav* fra brukere og interessenter, samtidig som man overholder etablerte faglige og etiske standarder.

For ph.d.-nivået legges mindre vekt på å kunne *implementere, benytte og vedlikeholde* løsninger, og mer vekt på evnen til å *langsiktig og systematisk kunne forutse behov og trender* («*foresight*»), og å kunne utnytte mulighetsrommet og vurdere potensialet i fremvoksende teknologier, faglige gjennombrudd og forskningsresultater.

#### **K4: Anvendelse av metoder og verktøy**

Punktet beskriver forventninger knyttet til *faglig metode- og verktøykompetanse* for ingeniører og teknologer.<sup>51</sup> Punktet er dermed blant annet ment å omfatte ferdigheter i *programmering*, i tillegg til bruk av fagrelevante verktøy og metodikker for bl. a. simulering, visualisering, prosjektplanlegging og -gjennomføring, og kommunikasjon. Videre omfatter punktet det å kunne arbeide effektivt – og helse- og miljømessig trygt – i relevante laboratorier og andre «*engineering workspaces*» (verksteder, evt. feltarbeid, m.m.). Generell digital brukerkompetanse er også tenkt omfattet av dette punktet.

Men punktet handler også om å være *oppdatert på faglige metoder og verktøy innenfor ens eget fag- eller programområde*, gjennom å *forstå og utnytte potensialet i de muliggjørende teknologiene* som er relevante for dette området. Her står *digitale muliggjørende teknologier* (IKT), og *relevante sikkerhets- sårbarhets- og personvernaspekter* knyttet til disse, i en særstilling: Den brede digitale transformasjonen av samfunnet gjør at slike teknologier i økende grad og med økende hastighet blir viktigere for ingeniører og teknologer, og også bidrar til å endre deres egne fagfelt, på tvers av alle teknologiområder. Samtidig øker samfunnets sårbarhet etterhvert som vi blir stadig mer avhengige av digitale løsninger og digital infrastruktur. Ekspertmiljøene innenfor hvert programområde (teknologiområde) på NTNU må forventes å være oppdatert på hva slags konsekvenser denne utviklingen har for deres eget område - og å sørge for jevnlig oppdatering av de utdanningene de har ansvar for i henhold til utviklingen.

Vi viser generelt til Vedlegg E for en bredere drøfting av disse temaene. Oppsummert er det på kort og mellomlang sikt å forvente at *kunstig intelligens, stor-data-analyse og datadrevne metoder, tingenes internett (IoT) og sensorteknologi* blir spesielt viktige digitale muliggjørende teknologier på tvers av domener og sektorer. Spesielt vil *kombinasjonen* av disse teknologiene, i samspill med dyp

---

<sup>48</sup> Se f. eks.

[https://www.researchgate.net/publication/265755092\\_A\\_DESIGN\\_PROCESS\\_FOR\\_CREATIVE\\_TECHNOLOGY/link/541ac2ea0cf25ebee988bfb1/download](https://www.researchgate.net/publication/265755092_A_DESIGN_PROCESS_FOR_CREATIVE_TECHNOLOGY/link/541ac2ea0cf25ebee988bfb1/download)

<sup>49</sup> Se f. eks. [http://www.olin.edu/sites/default/files/oct\\_15\\_design\\_thinking.pdf](http://www.olin.edu/sites/default/files/oct_15_design_thinking.pdf)

<sup>50</sup> En sammenlignende oversikt over ulike designmetodikker, deres karakteristika og bruk finnes her:

[http://www.nwlink.com/~donclark/design/design\\_models.html](http://www.nwlink.com/~donclark/design/design_models.html)

<sup>51</sup> Det er også et uttalt strategisk mål for NTNU at *alle* kandidater fra universitetet skal ha «*verktøy, metoder og tilstrekkelig digital kunnskap til å møte fremtidens behov*».

ingeniørmessig innsikt og domenekunnskap innenfor de enkelte sektorene (marin/maritim, bygg, samferdsel, energi ...), kunne bli en uhyre kraftig driver av endring. Denne utviklingen forsterkes av nye paradigmer for *beregningsteknologi*<sup>52</sup> og nye infrastrukturer for *elektronisk kommunikasjon*<sup>53</sup>, som over tid vil få en langt større kapasitet og utbredelse enn i dag, og inkludere helt nye bruksområder.

Denne kombinasjonen av muliggjørende teknologier og dyp ingeniørmessig innsikt vil over tid bl. a. kunne føre til økt anvendelse av *autonome systemer* på flere områder (landtransport, skip, undervannsfartøyer, droner), økt bruk av *digitale tvillinger* til fysiske produkter og systemer (se Boks 5.4 for et eksempel fra NTNU), og økt *robotisering og automatisering* av arbeidsoppgaver, inkludert mange oppgaver som i dag sees på som «avanserte». Dette vil endre også ingeniørenes arbeidsoppgaver og arbeidsform innenfor de fleste (alle?) sektorer og teknologiområder. Det vil gi økte muligheter for å forbedre, forenkle, effektivisere og gjøre sikrere mange arbeidsprosesser. Noen eksempler er

- økt bruk av prediktivt og tilstandsbasert vedlikehold av produkter og systemer (for eksempel turbiner, veistrekninger, broer, kabler, jernbaneskiner m.m.), basert på digitale tvillinger, IoT og avansert analyse av store mengder sensordata,
- generelt økt bruk av beslutningsstøtte og diagnostikk basert på stordata-analyse og kunstig intelligens,
- kontinuerlig datadrevet læring om og optimalisering av mange ulike typer systemer og prosesser (styresystemer, produksjonsprosesser m.m.),
- økt bruk av roboter, droner og autonome farkoster som erstatter manuelle operasjoner og menneskelig tilstedeværelse i helsefarlige, utilgjengelige og ubehagelige omgivelser,
- avansert simulering- og visualiseringsteknologi som delvis kan erstatte eller komplementere kostbare og langvarige fysiske forsøk og laboratorier.

---

<sup>52</sup> Edge computing, cloud computing, supercomputing, på sikt kanskje quantum computing.

<sup>53</sup> [5.](#) og etterhvert [6.](#) generasjons mobilkommunikasjon.

#### **Boks 5.4 – Eksempel på digitalisering i ingeniørdisipliner ved NTNU: Bruk av digitale tvillinger i ingeniørutdanning i marin teknikk**

Kan innlæring av ingeniør disiplin kunnskap forsterkes ved bruk av digitale tvillinger?

Dette var spørsmålet fem ingeniørstudenter fra de femårige studieprogrammene i Marin teknikk, Produktutvikling og produksjon, samt Ingeniørvitenskap og IKT fikk i oppgave å belyse som del av et Rektorstøttet prosjekt for Innovativ utdanning ved NTNU, gjennomført sommeren og høsten 2018 i samarbeid med DNV GL og Digitread. Utgangspunktet for prosjektet var en idé om at en digital tvilling av NTNUs forskningsfartøy FF Gunnerus kunne brukes til å forsterke innlæring av disiplin kunnskap i marinstrengen i studieprogrammet i Marin teknikk, og således være et innovativt bidrag i ingeniørdisiplin-utdanning. En digital tvilling av FF Gunnerus vil gi nye muligheter for studenter til å tilegne seg kunnskap, både disiplin kunnskap, gjennom økt innsikt i skipets sammensetning og funksjonalitet, samt kunnskap om sensorinstrumentering, dataanalyse og generell digital kompetanse.

Leveransene fra studentprosjektet inkluderte en digital 3D-modell av FF Gunnerus, utvikling av produktmodell for FF Gunnerus, oversikt over sensorinstrumentering, strukturering og etablering av tilgang til sensordata, samt integrasjon av disse elementene gjennom DNV GLs Veracity dataplattform.

For NTNU er FF Gunnerus et spesielt godt utgangspunkt ettersom NTNU besitter et fysisk skip i operasjon, og ved i tillegg å etablere en digital tvilling av det fysiske skipet vil NTNU ha tilgang og eierrettigheter til begge. Studentene dokumenterte prosjektet i en rapport, og i en videoanimasjon som kan finnes her: [Gunnerus Digital Twin Demo Video](#)

Samtidig vil samfunnets økende avhengighet av digitale infrastrukturer og teknologier også gi opphav til nye typer *sikkerhets- og sårbarhetsutfordringer og risikoer*.

Utvikling og anvendelse av nye verktøy, metoder og arbeidsformer vil i økende grad reflektere det ovenstående bildet for alle sektorer og anvendelsesområder, og dette må også reflekteres i de enkelte teknologiutdanningene. For å repetere et innspill fra FTS har fått under sine dialoger med arbeidslivet<sup>54</sup>: «Ikke alle skal bli «digitale eksperter», men alle bør ha kompetanse nok til å kunne samvirke med slike. Studentene må forstå samspillet mellom grunnleggende kunnskap og det anvendte, og utvikle forståelse for hvordan digitale teknologier og data endrer prosesser og verdikjeder i egen profesjonsutøvelse.» Fremtidens utdanninger må legge til rette for dette bl. a. ved å tydelig integrere oppdatert kunnskap om relevante digitale (og ved behov, andre muliggjørende) teknologiers betydning og potensiale inn i de ulike teknologi- og ingeniørområdene.

Andre muliggjørende teknologier som i økende grad vil bli relevante for flere ingeniører og teknologer, om enn kanskje ikke i samme fulle bredde som de digitale teknologiene, er *bioteknologi, nanoteknologi og materialteknologi*. Her må hvert enkelt programområde vurdere viktigheten for sin egen del. Det er samtidig også viktig å påpeke at man faglig og forskningsmessig ser en økende grad av *konvergens* mellom de ulike muliggjørende teknologiene, så bildet vil ikke være statisk når det gjelder hvilke muliggjørende teknologier som er de viktigste å følge med på og ta i bruk innenfor de ulike domenene.

Punktet skiller mellom bachelor- og masternivået ved å understreke at en kandidat med mastergrad må forventes å kunne trekke på dypere faglig innsikt, mer avansert kunnskap og større grad av selvstendig vurderingsevne enn det som er tilfellet for en bachelor ingeniør. Dette medfører at

<sup>54</sup> Under workshop på Hell 15/1-20.

masteren skal være i stand til å gjøre bruk av enda mer avanserte, eller bedre egnede, verktøy, metoder og muliggjørende teknologier - i kraft av sin større faglige dybde og mer avanserte basiskunnskap. For ph.d.-nivået fremheves i tillegg en forventning om at kandidatene selv skal kunne bidra til *videreutvikling* av avanserte verktøy og metoder innen sitt fagfelt.

Punkt K4 kan sammen med K2 og K7 sies å utgjøre en essensiell «verktøykasse» (analysekompetanse, kompetanse på faglige metoder og verktøy, og evne til å innhente og kritisk vurdere informasjon) som en teknolog må ha for å sette sin faglige kunnskap i arbeid, og slik kunne skape løsninger og bidra til innovasjon, forskning og teknologiutvikling.

## **K5. Konsekvensanalyse, risikovurdering og scenariotenkning**

Punktet handler om evnen til å drøfte ulike fremtidsscenarier, vise evne til konsekvenstenkning og risikovurdering, samt vurdere ulike løsningsalternativer opp mot gitte kriterier. Spesielt skal kandidaten kunne vurdere ulike tekniske løsninger opp mot fremtidige miljømessige, helsemessige, samfunnsmessige og økonomiske konsekvenser, og gjøre forsvarlig bruk av føre var-prinsippet.

Punktet svarer ut arbeidslivets tydelige innspill til FTS<sup>55</sup> om at «teknologer kan ikke (lenger) bare tenke disipliner og komponenter, men må i større grad tenke konsepter, løsninger og systemer – samtidig som de i større grad må ta miljøhensyn, og tenke både livsløp og økonomi. De må forstå både teknologiutviklingen og de samfunnsmessige konsekvensene ...». Dette er også helt i tråd med kompetansebehov som skisseres i internasjonale og nasjonale utredninger, scenarioanalyser og rapporter om bærekraftig utvikling.

Punktet omfatter elementer fra de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk kalles “Analytical Thinking”, «Critical thinking and analysis», «Leadership and social influence», “Emotional intelligence” og «Reasoning». UNESCOs nøkkelkompetanser for bærekraft “anticipatory thinking” og «strategic thinking» er også tenkt dekket her.

For masternivået er det foreslått at det bør stilles større forventninger til *selvstendig formulering* av scenarier, ikke bare drøfting ihht. gitte scenarier, og til en mer *systematisk analyse* enn det som kan forventes på bachelornivå. På ph.d.-nivået understrekes at scenariotenkning og scenarioanalyse bør beherskes som verktøy for å forstå, vise muligheter forbundet med, og effekter av innføring eller utvikling av *nye teknologiske muligheter* - og peke ut *lovende retninger for videre forskning* som understøtter og bidrar til en god fremtidig utvikling for miljø, helse, samfunn og økonomi.

## **K6: Bidrag til forskning og teknologiutvikling**

Det å kunne bidra til teknologisk utvikling i samfunnet er selvfølgelig en sentral kompetanse for ingeniører og teknologer, helt i kjernen av deres virke. Bidragene kan ligge på flere nivåer og foregå på flere måter, fra selv å skape nye teknologiske løsninger (se kompetansemål K3), til å delta i eller lede teambaserte utviklingsprosesser og -prosjekter i eksisterende organisasjoner (se bl. a. kompetansemål K10), eller etablere gründervirksomhet basert på utviklede produktidéer (se kompetansemål K12).

Én forutsetning for å kunne bidra til teknologiutvikling er uansett at man har, og evner å ta i bruk, *tilstrekkelig kjennskap til og forståelse for relevant og oppdatert forskning og kunnskapsutvikling*, innenfor det teknologiområdet man har ambisjoner om å bidra til. Med «tilstrekkelig» menes her «tilstrekkelig til å kunne *gi bidrag på forventet nivå*». Det er blant annet dette som søkes uttrykt i kompetansemål K6.

---

<sup>55</sup> Under [FTS-workshop på Hell 15/1-20](#).

Forventningene til dybde hva angår kjennskap til og forståelse for forskning er selvfølgelig sterkt varierende fra bachelornivået (hvor foreslått kompetansemål er at man kan vise *overordnet kjennskap til teknologifronten* innenfor eget fagfelt, og evner å *bidra inn i FoU-prosjekter*), via masternivået (hvor kompetansemålet er at man skal vise mer *inngående innsikt i teknologifronten*, kunne gi *selvstendige bidrag* inn i *forskningsprosjekter*, og *lede utviklingsprosjekter*), til ph.d.-nivået (hvor målet er at man skal kunne *lede og ta initiativ til forsknings- og utviklingsarbeid i fronten av eget fagfelt*, basert på *det fremste og mest oppdaterte av internasjonalt forsknings- og utviklingsarbeid* innen feltet).

For alle tre nivåene er det en forventning at kandidaten skal kunne gi sine bidrag til forskning og teknologiutvikling *i henhold til relevante forskningsetiske normer og regler, samt etiske normer innen eget fagfelt*.

Punktet omfatter forøvrig elementer av de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk kalles «Innovation», «Technology design» og «Problem-solving and ideation».

### **K7: Innhenting og kritisk vurdering av informasjon**

Punktet omfatter evnen til å finne, tilegne seg, og kritisk vurdere kvalitet, relevans og troverdighet av informasjon, ny kunnskap og nye data. Dette blir en stadig viktigere kompetanse i en verden som i økende grad preges av falske nyheter (fake news) og [«deep fakes»](#), der sosiale media uten redaktøransvar eller kvalitetssikringsmekanismer brukes for å promotere skulte agendaer av ulike slag, der vi ser sviktende tillit til vitenskap og forskningsbasert kunnskap i brede lag av samfunnet, og der det er enklere enn noen gang å publisere og spre kvasivitenskap og ukvalifiserte/ubegrunnede påstander uten å bli motsagt.

Punktet omfatter elementer av de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk kalles «Active learning», «Critical thinking and analysis», «Emotional intelligence» og «Reasoning». OECD og Kompetansebehovsutvalget fremhever også evne til kritisk tenkning som en sentral ferdighet i sine rapporter. Internasjonalt er «Critical Thinking» betegnet som en av «The 4 Cs of the 21st Century – Most important 21st Century Skills». Det er forøvrig et uttalt strategisk mål for NTNU at *alle studieprogrammer skal gi innsikt i kritisk tenkning*.

Punktet kan sammen med K2 og K4 sies å utgjøre en essensiell «verktøykasse» (analysekompetanse, kompetanse på faglige metoder og verktøy, og evne til å innhente og kritisk vurdere informasjon) som en teknolog må ha for å kunne sette sin faglige kunnskap i arbeid, og slik skape løsninger og bidra til innovasjon, forskning og teknologiutvikling. For masternivået fremheves spesielt evnen til å bruke *vitenskapelig tilnærming* for å utfordre påstander og etablerte sannheter. For ph.d.-nivået uttrykkes i tillegg høyere forventninger til kontinuerlig å kunne tilegne seg resultater fra *oppdatert vitenskapelig og teknologisk forskning*, vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i *publisert forskning*, og *kritisk ettergå – og ved behov, utfordre - forskningsresultater*.

### **K8: Evne og vilje til livslang læring**

Punktet ivaretar en kompetanse som også blir stadig viktigere i den «VUCA World»<sup>56</sup> vi nå lever i – der fagkunnskap og teknologier går stadig raskere ut på dato. Dette gir økende behov hos flere for å videreutvikle sin kompetanse i løpet av livet – både for de i jobb, og for de generasjoner som er under utdanning eller ennå ikke er i utdanning. K8 er kompetansemålet som skal ivareta at kompetanseprofilene forblir levende og dynamiske, og utvikler seg over kandidatens karriere, på tvers av alle de andre 11 kompetansemålene. Punktet omfatter primært de dimensjonene som i World Economic Forums språkbruk kalles «Active learning and learning strategies», og som i CCRs

---

<sup>56</sup> VUCA = Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity. Se også [https://en.wikipedia.org/wiki/Volatility,\\_uncertainty,\\_complexity\\_and\\_ambiguity](https://en.wikipedia.org/wiki/Volatility,_uncertainty,_complexity_and_ambiguity).

rammeverk kalles «Meta-learning». Alle kompetanse-rammeverk og -analyser vi har sett fremhever dette - med litt ulike ord - som en viktig fremtidskompetanse.

Evne og vilje til livslang læring handler ikke bare om evnen til å ta til seg mye ny informasjon raskt, eller å kunne lære seg avansert ny kunnskap raskt når man blir bedt om det. Det handler også om generell og selvstendig omstillingsdyktighet. Dette blir spesielt viktig i overgangen til et grønnere samfunn, og spesielt for Norge med vår oljeavhengighet, noe også bl. a. også Kompetansebehovsutvalget understreker. Kompetanse på livslang læring handler om å utvikle gode *læringsstrategier*, selvstendig *vurderingsevne (evaluative judgement<sup>57</sup>)*, og evne til å både gi, ta imot, og nyttiggjøre seg *tilbakemeldinger* på en konstruktiv og effektiv måte (*feedback literacy<sup>58</sup>*). Det handler om å kunne vurdere kvaliteten av eget og andres arbeid, reflektere rundt styrker og svakheter i egen kompetanseprofil, være bevisst på egne kompetansebehov, ta ansvar for egne læringsbehov, og aktivt søke kompetansemessig påfyll når situasjonen tilsier at det er behov for det. Derfor handler det også implisitt om evnen til å kunne se verdien i *andres* kompetanse, og kunne samspille konstruktivt med andres kompetanse når situasjonen tilsier det. God tilrettelegging og utvikling av egnede arenaer i studiene for *tverrfaglig samhandling over tid, mellom studenter med ulik kompetanse*, er ett grep som vil kunne bidra til å utvikle denne evnen.

For ph.d.-nivået omfatter dette punktet også evnen til å kunne bruke fagfellevurderinger fra det internasjonale forskersamfunnet konstruktivt for å forbedre og få publisert sin forskning - og også selv bidra med fagfellevurderinger som kan bidra til forbedring av andres forskning.

Et utdanningsløp kan legge aktivt til rette for å nå dette kompetansemålet bl. a. gjennom gode valg av læringsaktiviteter<sup>59</sup>, hensiktsmessige vurderingsformer (der vurdering også *for og som* læring vektlegges), god tilbakemeldingskultur (med underveis-tilbakemeldinger som studentene kan lære av og forbedre sitt arbeid på bakgrunn av), forventninger til - og rom for - egne selvstendige valg og vurderinger fra studentenes side («*student empowerment*»), og tydelig og god karriere- og studieveiledning underveis i studiet.

### **K9: Bruk og refleksjon over normer og helhetstenkning rundt etikk og bærekraft**

Alle fremtids- og behovsanalyser peker på at etiske dilemmaer og avveininger, både i teknologi-, samfunns- og forretningsutvikling kommer til å bli både mer komplekse, og enda viktigere, i fremtiden enn før. Økende problemkompleksitet, flere gjensidige avhengigheter mellom ulike samfunnsutfordringer, flere innebygde dilemmaer og interessekonflikter, og raskere endringstakt som gir økende behov for å kunne ta raske beslutninger under usikkerhet er blant faktorene som bidrar til dette behovet, som er tenkt svart ut via kompetansemål K9.

Punktet omfatter elementer av de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk kalles «Critical thinking and analysis», «Leadership and social influence», «Emotional intelligence» og «Reasoning». Dette er også ett av de kompetansepunktene som NTNUs egne studenter overfor FTS har fremhevet at de ønsker mer vekt på.<sup>60</sup> Det er dessuten et uttalt strategisk mål for NTNU at alle studieprogrammer skal gi innsikt i etikk.

---

<sup>57</sup> Definert som «*the ability to make decisions about the quality of work of self and others.*» i Boud et al. (ed.), *Developing Evaluative Judgement in Higher Education* (Routledge, 2018).

<sup>58</sup> Se D. Carless & D. Boud, «[The development of student feedback literacy: Enabling uptake of feedback](#)», *Assessment & Evaluation in Higher Education*, May 2018.

<sup>59</sup> Ett eksempel kan være å la studentene gi tilbakemeldinger til hverandre på rapporter og annet arbeid, et annet å utfordre studentene til selv å vurdere hvilke momenter i deres besvarelser, rapporter etc. de mener det er viktigst for dem å få tilbakemelding på fra faglærere og veiledere.

<sup>60</sup> Se oppsummering fra [FTS' studentworkshop 30/1-20](#).

Det understrekes at begrepet bærekraft også omfatter *likestilling, mangfold og inkludering*, både når det gjelder produktene som teknologene og ingeniørene lager, og arbeidsfelleskapene som teknologene og ingeniørene inngår i. Eksempelvis bør produkter være universelt utformet for å inkludere alle brukergrupper, og ingeniørstanden bør være mangfoldig sammensatt for bedre å kunne forstå behovene og lage løsninger for heterogene brukergrupper.

For ph.d.-nivået vektlegges i tillegg kjennskap til prinsippene for *ansvarlig forskning og innovasjon (Responsible Research and Innovation - RRI)* slik disse er formulert internasjonalt<sup>61</sup>, og evnen til å anvende disse i egen forsknings- og innovasjonsvirksomhet. Dette impliserer bl. a. «*holding research to high ethical standards, ensuring [gender equality](#) in the scientific community, investing policy-makers with the responsibility to avoid harmful effects of innovation, engaging the communities affected by innovation, and ensuring that they have the knowledge necessary to understand the implications by furthering [science education](#) and [Open Access](#)*».

### **K10: Måltetthet, samhandlingsevne og lederskap**

Punktet understreker viktigheten av å kunne arbeide effektivt mot konkrete mål innenfor gitte ressursmessige rammebetingelser (f. eks. i en prosjektsammenheng). Kandidaten skal både kunne arbeide selvstendig, og samarbeide godt med andre for å nå felles mål og løse komplekse utfordringer. Spesielt fremheves evnen til å samhandle og bidra konstruktivt i team og arbeidsmiljø karakterisert ved ulike former for mangfold (f. eks. kompetanse, språk, alder, kjønn, kultur, nasjonalitet, personligheter).

På masternivå understrekes evnen til også å kunne *lede* team, og ta selvstendig ansvar for fremdrift og leveranser i arbeidsprosesser. Vi snakker her først og fremst om *faglig ledelse*, ikke personalledelse. For ph.d.-nivåets del omhandler punktet i tillegg evnen til å arbeide effektivt med *åpne forsknings- og innovasjonsprosesser* (der et tydelig forhåndsdefinert mål ikke er angitt), evnen til å lede team og prosjekter i arbeid med *avanserte forskningsutfordringer*. Her kommer også evne til å ta *strategisk lederskap* inn – her definert som evnen til å reflektere over organisatoriske, økonomiske, økologiske og samfunnsmessige konsekvenser av ny teknologi, og utnytte dette til å ta beslutninger og gjøre valg som påvirker fremtiden i ønsket retning.

Punktet omfatter dermed elementer av de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk kalles «Initiative», «Complex problem-solving», «Leadership and social influence» og «Emotional intelligence». Det svarer også ut arbeidslivets tydelige innspill til FTS om at fremtidens teknologer må kunne «håndtere arbeid i multidisiplinære, tverrkulturelle og internasjonale team».

Kompetanseutvalget og OECD fremhever også samarbeidsevne som en sentral ferdighet i sine rapporter. Internasjonalt er «Collaboration» betegnet som en av «The 4 Cs of the 21st Century – Most important 21st Century Skills». Det er forøvrig også et uttalt strategisk mål for NTNU at «*samhandlingskompetanse skal være et spesielt særtrekk ved NTNUs kandidater*».

### **K11: Kommunikasjon, formidling og dialog**

Flere undersøkelser har vist at formidlingsevne og evne til å knytte kontakter er blant de ferdigheter arbeidsgivere mener er mest relevante både på bachelor- og masternivå. Kompetansebehovsutvalget fremhever også kommunikasjonskompetanse som en sentral ferdighet i sine rapporter.

Internasjonalt er «Communication» betegnet som en av «The 4 Cs of the 21st Century – Most important 21st Century Skills». Punkt K11 ivaretar nettopp disse kompetansedimensjonene.

Punktet handler om evnen til å formidle og diskutere kunnskap, problemstillinger, idéer og løsninger fra eget virke og fagfelt via ulike plattformer, og effektivt kommunisere og føre dialog med ulike målgrupper og interessenter, på tvers av ulikheter og mangfold bl. a. i kompetanse, språk og kultur.

---

<sup>61</sup> Se f. eks. [https://en.wikipedia.org/wiki/Responsible\\_Research\\_and\\_Innovation](https://en.wikipedia.org/wiki/Responsible_Research_and_Innovation) og <https://www.sisnetwork.eu/rri/>.

Dette omfatter også evnen til å sette seg i andres ståsted og aktivt søke å forstå andres perspektiver og synspunkter. Kommunikasjon med allmennheten og populærvitenskapelig fremstilling er også inkludert i dette punktet.

For masternivået er det uttrykt større krav til å kunne formidle *avansert kunnskap*, samt til kritisk vurdering av hva som den mest *effektive kommunikasjonsform* i det enkelte tilfelle. For ph.d.-nivået understrekes i tillegg evnen til å forklare og debattere innsikt, resultater og konklusjoner fra *egen forskning* til ulike målgrupper med ulik kompetanse - deriblant anerkjente kanaler og fora innenfor *fagområdet internasjonale forskningsmiljø – samt evnen til å forsvare sine forskningsresultater, og formidle forskningsideer* med tanke på å mobilisere ressurser til realisering av ideene.

Punktet omfatter elementer av de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk kalles «Social influence» og «Emotional intelligence». Dette er forøvrig også sentrale forutsetninger for å kunne *bidra aktivt og konstruktivt i samfunnsdebatten*, noe flere etterlyser at teknologer og ingeniører bør bli flinkere til.

Det er forøvrig et uttalt strategisk mål for NTNU at «*formidlingskompetansen blant ph.d.-studenter skal styrkes*».

## **K12: Nyskaping, entreprenørskap og forretningsforståelse**

Punktet omhandler evnen til å bidra til nyskaping i nye eller etablerte organisasjoner gjennom innovasjonsprosjekter, samt forståelse for entreprenørskap, entreprenørielt tankesett og teknologibasert forretningsutvikling.

For bachelornivået forventes kun overordnet kjennskap til entreprenørskap og teknologibasert teknologiutvikling, mens forventningen på masternivået høynes til at kandidaten skal kunne *initiere og lede teknologiske og ingeniørfaglige innovasjonsprosjekter, samt vise evne til entreprenørielt tankesett, vise forståelse for hvordan teknologibasert forretningsutvikling foregår, og vise generell forretningsforståelse*. For ph.d.-nivået understrekes i tillegg spesielt evnen til å initiere og lede *forskningsbasert innovasjon, og gjennomføre teknologibaserte nyskappingsprosesser tuftet på vitenskapelig metodikk, bærekraftig forretningsforståelse, og entreprenørielt tankesett*.

Punktet omfatter elementer av de ferdighetene som i World Economic Forums språkbruk kalles «Creativity, originality and initiative», «Innovation», «Technology design» og «Ideation». Utdanningsstrateg Aldert Kamp ved TU Delft fremhever «Innovation» som «*the key competence for future engineers*». Det er også et uttalt strategisk mål for NTNU at «*innovasjonskompetanse skal innarbeides i alle utdanninger*».

Punktet svarer også ut arbeidslivets innspill til FTS om at «*fremtidens teknologer må være pådrivere for entreprenørskap og nyskaping (også) i etablerte organisasjoner*» (*intraprenører*). Dette innebærer at det ikke bare er de som selv skal bli gründere som trenger denne kompetansen – den ansees også viktig for de som skal bli arbeidstakere i eksisterende bedrifter og etater.

## **5.5 Detaljerte kompetanseprofiler og komplette beskrivelser av kompetansemål**

For en detaljert oversikt over alle de utviklede profilforslagene, med beskrivelse av alle kompetansemål på alle tre detaljeringsnivåer, henviser vi til Vedlegg F. I dette kapitlet gir vi kun illustrerende eksempler på den komplette trenivå-beskrivelsen - for to utvalgte kompetansemål på bachelor ingeniørnivå, K1 og K3 – se Tabell 3.



<b>Overskrift</b>  <i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<b>K1: Vise fagkunnskaper og perspektiv</b>	<b>K3: Designe og implementere bærekraftige løsninger</b>
<b>Sammendrag</b>  <i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>... vise brede kunnskaper innen eget fagfelt, relevante kunnskaper i understøttende matematiske fag, realfag, økonomi- og samfunnsfag, samt tilstrekkelige kunnskaper i komplementære fag til å gi nødvendig perspektiv på eget fagfelt.</i>	<i>... vise kreativitet og skaperkraft gjennom å kombinere fagkunnskaper, ferdigheter og personlige egenskaper for å designe og implementere bærekraftige tekniske løsninger som oppfyller aktuelle behov og gitte krav</i>
<b>Utdyping</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandidaten skal vise bred kunnskap om ingeniørfaget, med fordypning innen eget fagfelt.</li> <li>• Kandidaten skal vise relevante kunnskaper i matematiske fag og realfag - herunder IKT, algoritmisk tenkning og beregningsorientert matematikk - samt økonomi- og samfunnsfag.</li> <li>• Kandidaten skal vise tilstrekkelige kunnskaper innen komplementære fagfelt, eksempelvis humaniora- og kunstfag, til å kunne se eget fagfelt i et bredere perspektiv.</li> <li>• Kandidaten skal kunne vise at hens samlede kunnskap bidrar til forståelse for ingeniørens rolle og teknologiens funksjon i samfunnet før og nå, i et økonomisk, sosialt og økologisk perspektiv.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandidaten skal kunne anvende sine fagkunnskaper i kombinasjon med profesjonelle ferdigheter, personlige egenskaper og evne til perspektiv, for å kartlegge behov hos brukere og andre interessenter.</li> <li>• Kandidaten skal vise kreativitet og skaperkraft gjennom å kunne utvikle idéer til løsninger ved bruk av relevant og egnet designmetodikk.</li> <li>• Kandidaten skal kunne designe, implementere, operere, vedlikeholde og videreutvikle tekniske produkter, prosesser, systemer eller tjenester, som dekker brukerbehov og bygger opp under samfunnets mål for økonomisk, sosial og økologisk bærekraftig utvikling, herunder likestilling, inkludering og mangfold.</li> <li>• Kandidaten skal i prosessen vise kjennskap til relevante ingeniørfaglige krav.</li> </ul>

Tabell 3: To eksempler på tre-nivå kompetansemål for bachelor ingeniørfag

## 5.6 Hvordan underbygger profilene NTNUs særpreg?

Etter FTS' oppfatning er det viktig at kompetanseprofilene, i tillegg til å reflektere generelt viktige behov, trender og forventninger i samfunnet, også kommuniserer et spesielt *NTNU-særpreg*. Vi mener det da er naturlig å knytte et slikt særpreg til NTNUs visjon, verdier, strategiske målbilde og spesielle oppdrag - slik disse er beskrevet i NTNUs hovedstrategi. Med bakgrunn i dette mener vi at de foreslåtte profilene fremhever NTNUs særpreg når de vektlegger at alle NTNUs teknologikandidater skal

- ha *tverrfaglig* kompetanse (både komplementære fagkunnskaper + samhandlingskompetanse på tvers av bl. a. fagområder) – med basis i tydelig fordypning i

eget fagfelt, men også med bredde og samfunnsmessig perspektiv oppnådd gjennom studier i komplementære fag. Denne profilen understrekes spesielt i K1 og i K10 – og svarer ut formuleringer i «Vårt spesielle oppdrag», «Vår utdanning og vårt læringsmiljø» og «Tverrfaglighet og samhandling» i NTNUs hovedstrategi.

- kunne *analysere sammensatte problemstillinger*: Understrekes spesielt i K2 – og svarer ut formuleringer i «Vårt spesielle oppdrag» i NTNUs hovedstrategi.
- *være kreative, skapende og løsningsorienterte*: Understrekes spesielt i K3 – og svarer ut formuleringer i «Våre verdier» og «Vårt spesielle oppdrag» i NTNUs hovedstrategi.<sup>62</sup>
- ha *oppdatert metode- og verktøykompetanse*: Understrekes spesielt i K4 – og svarer ut formuleringer i «Tverrfaglig samhandling» i NTNUs hovedstrategi.
- ha *oppdatert digital (IKT-)kompetanse*: Understrekes på ulike vis bl. a. i K1 og K4 – og svarer ut formuleringer i «Tverrfaglig samhandling» i NTNUs hovedstrategi.
- bidra til *bærekraftig utvikling*: Understrekes på ulike vis bl. a. i K3, K5 og K9 – og svarer ut formuleringer i NTNUs visjon og «Målbildet NTNU 2025» i NTNUs hovedstrategi.
- bidra til *forskning og teknologiutvikling*: Understrekes spesielt i K6 – og svarer ut formuleringer i «Vårt spesielle oppdrag» og «Vår utdanning og vårt læringsmiljø» i NTNUs hovedstrategi.
- bidra til *kritisk refleksjon, saklig debatt og dialog*: Understrekes på ulike vis i K7, K9, K11 – og svarer ut formuleringer i «Våre verdier» i NTNUs hovedstrategi.
- kunne *lære effektivt hele livet*: Understrekes spesielt i K8 – og svarer ut formuleringer flere steder i NTNUs hovedstrategi.
- ha *etisk bevissthet og refleksjonsevne*: Understrekes spesielt i K9 – og svarer ut formuleringer i «Våre verdier» og i «Vår utdanning og vårt læringsmiljø» i NTNUs hovedstrategi.
- ha *god samhandlingskompetanse på tvers av fag*: Understrekes spesielt i K10 – og svarer ut formuleringer i «Våre verdier» og «Tverrfaglig samhandling» i NTNUs hovedstrategi.
- være *internasjonalt orientert, og utnytte mangfold konstruktivt*: Understrekes spesielt i K10 – og svarer ut formuleringer i «Våre verdier», «Vår utdanning og vårt læringsmiljø» og «Internasjonalisering» i NTNUs hovedstrategi.
- ha *god formidlingsevne*: Understrekes spesielt i K11 – og svarer ut formuleringer i «Våre verdier» og «Vår formidling» i NTNUs hovedstrategi.
- kunne *bidra til innovasjon/nyskaping*: Understrekes spesielt i K12 – og svarer ut formuleringer i «Våre verdier», «Målbildet NTNU 2025» og «Vår innovasjon og nyskapingsevne» i NTNUs hovedstrategi.

### Anbefaling 3

Prosjektet anbefaler at:

Kompetanseprofil-forslagene fra FTS fase 1 danner utgangspunkt for utvikling av NTNUs teknologiutdanninger.

<sup>62</sup> Det skapende og løsningsorienterte ble forøvrig også kommunisert til oss som en spesiell forventning til kandidater fra NTNU under intervjurunden FTS og FHS gjennomførte med sentrale samfunnsaktører i perioden 14. mai – 24. juni 2020.

## 5.7 Hva med de andre programtypene i FTS-porteføljen?

Som nevnt innledningsvis i dette kapitlet er FTS-prosjektets hypotese at kompetanseprofiler for flere av NTNUs eksisterende programtyper i innenfor teknologi- og realfag også vil kunne utarbeides ved å *ta utgangspunkt i de profilforslagene prosjektet allerede har utarbeidet*. Vi anser at flere av kompetansemålene beskriver generiske fremtidskompetanser som vil være relativt sammenfallende uavhengig av studietype – samtidig som det også ligger muligheter for fleksibilitet i profilene som kan utnyttes til å vri dem mot andre programtyper med en annen type kunnskapsprofil.

I Vedlegg G har vi lagt ved ett tentativt eksempel på hvordan dette kan tenkes gjort i praksis, for studieprogrammet *Bachelor i bioteknologi* ved NTNU i Ålesund). Tilbakemeldingen fra dette programmet har vært at det utarbeidede profilforslaget for bachelor ingeniør relativt lett lot seg tilpasse til programmets behov, selv om det ikke er et ingeniørprogram. I tillegg ble det meldt at FTS-profilformatet oppfattes som bedre egnet enn det tradisjonelle NKR-formatet for å beskrive kompetansen man ønsker seg hos kandidatene ved programmet.

Vi drøfter her kort noen overordnede momenter som vi tror vil være viktige hvis/når prosjektets profilforslag skal tilpasses NTNUs «frie» (3+2-)studier innenfor realfag, teknologi og informatikk. Momentene er i hovedsak basert på tentative tilbakemeldinger fra et representativt utvalg fagmiljøer med ansvar for slike studier.

- Den største forskjellen mellom ulike «frie» program og programtyper (og mellom disse og de profesjonsrettede ingeniør-/teknologiprogrammene) kan antakelig forventes i *kompetansemål K1 Fagkunnskap og faglig fundert perspektiv*. De ulike programmene kan som sagt ha behov for til dels svært forskjellige kunnskapsprofiler, også på samme utdanningsnivå, fordi kandidatene fra de ulike programmene jo er tenkt å fylle til dels ganske ulike roller i samfunnet. Dette gjør at det i dag er betydelige forskjeller for eksempel når det gjelder hvordan de ulike programmene prioriterer i balansen mellom disiplinær dybde i eget programområde vs. breddekunnskap og komplementære kunnskaper, og også når det gjelder størrelse, innretning og dybde i disiplinær/realfaglig basis.
- Det vil også kunne bli betydelige forskjeller mellom ulike «frie» programmer på samme nivå for *kompetansemål K2 og K3*. De ulike programmene vil ha forskjellige behov når det gjelder relativ vekt på analyse vs. design, og også når det gjelder vekten på grunnleggende forståelse av naturfenomener (grad av naturvitenskapelig vinkling) og det å forske frem ny fagkunnskap, vs. det å skape nye teknologiske og ingeniørfaglige løsninger (grad av teknologisk vinkling)
- I tillegg forventer vi at det vil være forskjeller i krav til læringsdybde mellom ulike programmer når det gjelder *kompetansemål K6*. Noen bachelorprogrammer vil for eksempel ha mye vekt på forsknings-/fagutviklingsdimensjonen som et grunnlag for rekruttering til videre masterstudier, mens andre vil legge mer vekt på teknologiutvikling.
- Tilsvarende tror vi vil gjelde for *kompetansemål K12* – noen programmer vil ha behov for å legge betydelig vekt på innovasjon, nyskaping og forretningsforståelse, mens andre vil ha større behov for å prioritere dyp disiplin- og realfaglig kunnskap, analytisk tilnærming og spissing mot forskning.
- Når det gjelder kompetansemålene K4, K5, K7, K8, K9, K10, K11 så bør disse antakelig vektlegges ligge mye – og formuleres nokså likelydende for alle programmer på hvert nivå – for alle typer studier i FTS-porteføljen. FTS er av den oppfatning at det er behov for at alle kandidater fra NTNUs teknologiutdanninger, enten man skal bli disiplinéfaglig realfagseksperter, informatiker eller ingeniør, har gode metode- og verktøykunnskaper innenfor sine respektive felt, gode kommunikasjonsferdigheter, gode samhandlingsferdigheter, evne til etisk refleksjon, evne til kritisk tenkning, evne til konsekvensanalyse og scenariotenkning, og evne til livslang læring. Dette er generiske fremtidskompetanser som vil være relevante for alle.

- I tillegg vil det være behov for en god del mindre tilpasninger av ordbruk for at det enkelte program skal kunne kjenne seg igjen – det å bytte ut ord som «teknologi» og «ingeniørfag» med ord som «realfag», «disiplinfag» og «naturvitenskap» er opplagte eksempler.

I Figur 5 ser vi et annet eksempel på tilpasning av FTS-profilene til andre typer studieprogrammer. En gruppe av representanter fra de realfaglige disiplinmiljøene ved NV-fakultetet (fysikk og kjemi) har på anmodning fra FTS tentativt tilpasset ingeniør- og teknologi-profilen (på overskriftsnivå) fra Figur 3 til det de anser å være fremtidsrettede mål og behov for sine egne studieprogrammer. Vi ser at forskjellene nettopp kommer i målene K1, K2, K3, K6 og K12 – der disiplinfag-profilen som forventet bør ha større fokus på disiplinfaglig dybde og mindre på breddeperspektiver, mer fokus på observasjon og analyse av naturvitenskapelige fenomener, større fokus mot forskningsprosesser, og mindre fokus på innovasjon og nyskaping enn det ingeniør-/teknologprofilen har. De andre målene knyttet til metode- og verktøyferdigheter, kommunikasjonsferdigheter, samhandlingsferdigheter, etisk refleksjon, kritisk tenkning, konsekvensanalyse og scenariotenkning, og livslang læring ønskes sammenfallende for begge profilene – også mer eller mindre som forventet.<sup>63</sup>



Figur 5: Tilpasning av kompetanseprofilen for bachelor ingeniørfag til realfaglige (disiplinbaserte) bachelorprogrammer.

Samlet sett har FTS det inntrykk at bredden og diversiteten i den resterende programporteføljen (utover bachelor ingeniør, 5-årig master, og ph.d. i teknologi), spesielt når det gjelder hvilken *kunnskapsprofil* som er ønskelig for de ulike programmene, er så stor at det antakelig gir mest mening å gjøre videre tilpasninger lokalt for det enkelte program, istedenfor sentralt i FTS. Man har for eksempel ikke samme behov i NVs disiplin-/realfaglige bachelorutdanninger som man har i IEs informatikk-/IT-utdanninger på bachelornivå, som igjen er forskjellige fra bachelor Bioteknologi i Ålesund – og så videre. Ulike program har til dels svært ulike mål og begrunnelser, og det å utforme én sentral kompetanseprofil for alle vil ikke fungere.

<sup>63</sup> Vi presiserer at både den realfaglige disiplinprofilen vist i Figur 5 og bioteknologi-profilen lagt ved i Vedlegg G altså er foreløpige utkast, som ennå ikke er like gjennomarbeidet som ingeniør-/teknologprofilene i Vedlegg F.

Vi tror derfor det er viktig og riktig at fagmiljøene nå tar eierskap til videre prosess når det gjelder utforming av kompetanseprofiler, basert på arbeidet FTS har gjort så langt. Dette gjelder ikke bare de «frie» studiene i FTS-porteføljen, men også 3+2-løpet som fører frem til graden *master i ingeniørfag* ved NTNU. Dette løpet er (som ph.d.-studiet) nok mer komplisert å beskrive i form av en *samlet* kompetanseprofil som skal være et mål ved oppnådd mastergrad, i og med at kandidatene i 3+2-løpet vil ha et mangfold av ulike utdanningsbakgrunner fra bachelorstudiet – fra studenter som har gått på NTNUs egne bachelor ingeniør-studier eller frie bachelorstudier, via studenter som har tatt sin bachelorgrad ved en annen norsk utdanningsinstitusjon, til studenter som kommer til et 2-årig masterprogram ved NTNU med en bachelorgrad fra en utenlandsk institusjon. Dette gir et mangfold som i bunn og grunn er positivt, men som altså gjør det samlede kompetansemålet vanskeligere å beskrive presist. FTS vil i det videre arbeide ut fra en hypotese om at det er naturlig og ønskelig å 5-årig integrert master i teknologi og (3+2)-årig master i ingeniørfag er grader som bør gi noe ulik «gjennomsnittlig» kompetanse på «kohort»-nivå etter endt mastergrad. Med dette som bakgrunn, og igjen med de så langt utarbeidede profilforslagene som et utgangspunkt, ønsker prosjektet å gå i dialog med NTNUs fagmiljøer om *hvordan* vi bør beskrive de ønskede forskjellene i sluttkompetanse mellom disse to løpene. Dette kan så i sin tur være et utgangspunkt for å videreutvikle NTNUs portefølje av 2-årige masterprogrammer i teknologi- og ingeniørfag på et mer strategisk nivå.

Det er generelt FTS' håp at arbeidet gjort med kompetanseprofiler så langt kan være et bidrag til ytterligere bevisstgjøring og refleksjon i fagmiljøene når det gjelder mål og marked for, og tydeligere arbeidsdeling mellom, de ulike programmene og programtypene i FTS-porteføljen. Kanskje kan dette arbeidet på sikt også føre til forenklinger i og «strømlijeforming» av porteføljen - som jo i dag både er svært bred, inneholder betydelig overlapp mellom programmer, og samlet sett har stor kompleksitet - med de administrative kostnader og kommunikasjonsmessige utfordringer det innebærer.

#### Anbefaling 4

Prosjektet anbefaler at:

Kompetanseprofiler for «andre» studieprogrammer i FTS-porteføljen avledes fra profilforslagene i fase 1

## 6 På vei mot overordnede prinsipper for videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger

«Prinsipp er det som noe er oppstått ut fra eller i kraft av; grunn, urgrunn. Et prinsipp er dermed øverste grunnsetning eller forutsetning for tenkning eller handling overhodet.»

[Store norske leksikon](#)

### 6.1 Om tilnærmingen

I FTS-mandatets pkt d) står det at prosjektet skal:

«Anbefale fremtidig rammeverk for teknologistudiene ved NTNU, herunder:

- i. Ønskede kandidatprofiler for fremtidens NTNU-teknologer
- ii. **Overordnede prinsipper som teknologiutdanningene ved NTNU bør bygges på for å realisere ønskede kandidatprofiler**
- iii. Hensiktsmessige virkemidler og verktøy for å realisere prinsippene – herunder pedagogiske, strukturelle, organisatoriske og teknologiske virkemidler»

Punkt i. svares ut gjennom forslagene til kompetanseprofiler på programtypenivå i Vedlegg F.

Punkt iii. kan sees på som en direkte oppfølging og operasjonalisering av punkt ii., og hører hjemme i neste fase av prosjektet.

Når det gjelder punkt ii. om overordnede prinsipper, så opplever vi i prosjektet *stor grad av enighet om substansen* når det gjelder retningen prosjektet anbefaler å drive NTNUs teknologistudier i, men *større utfordringer med å formulere et kompakt og samtidig entydig sett med overordnede prinsipper* – i betydningen en «steintavle» som kan benyttes som «grunnsetninger» eller «forutsetninger» i den videre utviklingen av NTNUs teknologiutdanninger. Det har vært en reell utfordring å etablere en tydelig felles forståelse – også internt i prosjektorganisasjonen – av hva det er hensiktsmessig å legge i begrepet «prinsipp», og hvordan og hvorfor slike overordnede prinsipper skal anvendes i praksis av organisasjonen. Vi har også sett eksempler på at det som oppleves som et prinsipp av noen, kanskje oppleves mer som et *mål* eller et *premiss* av andre.

Vår vurdering er at denne typen kompleksitet kan øke ytterligere hvis prosjektet nå legger opp til å kommunisere et konkret, «ferdig» sett med overordnede prinsipper for videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger ut i organisasjonen. Vi tror det vil gi et bedre sluttresultat og en bedre forankring i organisasjonen om vi nå i første omgang fokuserer på *funn, konklusjoner og konkrete anbefalinger fra prosjektets Fase 1*. Basert på dette inviterer prosjektet organisasjonen til dialog om hvilke overordnede prinsipper og føringer NTNU bør legge til grunn for å videreutvikle sin studieportefølje for å kunne bidra best mulig i utviklingen av en bærekraftig fremtid og en bedre verden.

FTS har derfor, etter diskusjoner med og råd fra både prosjekteier, kjerneprosjektgruppen, den nordiske referansegruppen og styringsgruppen, kommet til at vi i denne delrapporten prioriterer å presentere *prosjektets konkrete anbefalinger så langt, som et drøftingsgrunnlag for videre arbeid*

*mot overordnede prinsipper.* I resten av dette kapitlet vil vi derfor primært fokusere på konkrete anbefalinger.

Vi vil så ta opp tråden i høstsemesteret 2020 ved å invitere organisasjonen til videre drøfting basert på dette grunnlaget. Prosjektet vil søke å fasilitere denne dialogen på best mulig vis, med mål om at et sett med forhåpentligvis tydelige, nyttige og godt forankrede overordnede prinsipper og føringer skal kunne formuleres og til slutt eventuelt vedtas i linjen.

## 6.2 Premisser for prosjektets anbefalinger

Med utgangspunkt i FTS-mandatet og prosjektets foreslåtte visjon for NTNUs teknologistudier har vi kommet frem til følgende fire grunnleggende premisser for vårt arbeid:

- Strategisk forankring
- Det skapende
- Bærekraft
- Kvalitet

Disse fire premissene tror vi også vil være godt egnet for det arbeidet som skal skje *etter* at prosjektet er avsluttet, når organisasjonen skal implementere resultatene fra prosjektet.

### Anbefaling 5

Prosjektet anbefaler at:

NTNUs teknologiutdanninger utvikles basert på premissene *strategisk forankring, det skapende, bærekraft og kvalitet.*

Hva legger vi så i dette – hvorfor foreslår vi disse premissene, og hva innebærer de egentlig når vi snakker om hvordan NTNU skal utvikle sine teknologistudier videre?

Nedenfor er prosjektets begrunnelse for å foreslå disse premissene beskrevet, for hvert av de fire premissene. Vi sier i hvert tilfelle litt om hva vi mener premisset *i det minste* vil innebære, uten at dette er ment som definisjoner eller uttømmende forklaringer. Målet med denne beskrivelsen er først og fremst å gi leseren hjelp til å forstå hvordan prosjektet har tenkt, og eksempler på hva vi konkret legger i de ulike premissene fra prosjektets side.

- 1. Videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger skal være *godt strategisk forankret.***  
Prosjektets anbefalinger, og videre utvikling av prinsipper og føringer, skal bidra til at NTNUs teknologiutdanninger videreutvikles i en retning som gjør at de bl.a.
  - bygger opp under målbildet i NTNUs hovedstrategi og fakultetenes strategier
  - understøtter de vedtatte kvalitetsområdene i NTNUs porteføljepolitikk
  - bygger på, og fremmer, NTNUs verdier: Kreativ, konstruktiv, kritisk og respektfull
  - har *faglig og økonomisk bærekraft* som mål<sup>64</sup>
  - understøtter rektors langsiktige prioriteringer: Bærekraft og kvalitet
- 2. Videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger skal understreke *det skapende i teknologers og ingeniørers virke.***  
Prosjektets anbefalinger, og videre utvikling av prinsipper og føringer, skal bidra til at kandidater fra NTNUs teknologiutdanninger bl.a. skal
  - kunne bidra kreativt og konstruktivt til en bedre verden og en bærekraftig fremtid

<sup>64</sup> I tråd med føringerne i NTNUs [Politikk for kvalitet i og utvikling av studieporteføljen](#).

- kunne stimulere til innovasjon og nyskaping i samfunnet – være forandringsagenter
  - skape merverdier – økonomisk, kulturelt, miljømessig og sosialt
  - bidra til å utvikle det teknologiske grunnlaget for fremtidens samfunn
- 3. Videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger skal understøtte bærekraftig utvikling.**  
Prosjektets anbefalinger, og videre utvikling av prinsipper og føringer, skal bl. a. bidra til at
- alle kandidater skal ha bærekraftkompetanse (se Vedlegg D for en utdypning av hva dette innebærer)
  - bærekraft blir et grunnleggende premiss for utforming, innhold og gjennomføring av hele utdanningsporteføljen
  - NTNUs teknologiutdanninger aktivt understøtter FNs bærekraftmål - inkludert likestilling, inkludering og mangfold som delmål (jfr. SDG 5 + 10)
  - rektors langsiktige prioritering av bærekraft som fokusområde understøttes
- 4. Videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger skal understøtte høy utdanningskvalitet i alle ledd.**  
Prosjektets anbefalinger, og videre utvikling av prinsipper og føringer, skal fokusere på utdanningskvalitet bl. a.
- som et mål for alt vi gjør i utdanningene - inkludert vitenskapelige, pedagogiske, infrastrukturelle, administrative og organisatoriske aspekter
  - som et bidrag til tydelig samfunns- og arbeidsrelevans i våre utdanninger
  - gjennom å basere seg på det beste av forskning og kunnskap (dvs. *forskningsbasert utdanning*) både hva angår faglig innhold, undervisningsmetoder og vurderingsformer<sup>65</sup> i utdanningene
  - for å gjøre NTNU konkurransedyktig og synlig – og styrke universitetets omdømme og attraktivitet – både nasjonalt og internasjonalt
  - for å understøtte rektors langsiktige prioritering av kvalitet som overordnet fokusområde ved NTNU

### 6.3 Anbefalinger for videre utvikling av teknologiutdanningene fra FTS

Ut fra premiss 4 – kvalitet – finner vi det naturlig å legge *internasjonal beste praksis* til grunn som et første utgangspunkt for drøfting av anbefalinger, prinsipper og føringer. Vi anser derfor at listen av identifiserte fellestrekk fra internasjonal state-of-the-art for ingeniør- og teknologiutdanning<sup>66</sup> i avsnitt 4.4 er et godt grunnlag å basere prosjektets anbefalinger – og en videre diskusjon av overordnede prinsipper og føringer for NTNUs teknologiutdanninger – på.

*Dette delkapitlet inneholder prosjektets anbefalinger for hvordan NTNU bør jobbe med videreutvikling av teknologistudiene fremover.* Selve anbefalingene er formulert på et overordnet nivå, og hver anbefaling ledsages av noen punkter som utdyper og konkretiserer hva prosjektet legger i anbefalingen. Disse er en integrert del av anbefalingen.

For noen av anbefalingene er det også tatt med noen punkter som anskueliggjør hva anbefalingen i tillegg *kan* innebære for NTNU. Disse punktene er tatt med for å stimulere til videre refleksjon og

<sup>65</sup> I Norge er det lovpålagt via UoH-loven at «*alle utdanninger er basert på det fremste innen forskning, faglig og kunstnerisk utviklingsarbeid og erfaringskunnskap*» - noe vi gjerne refererer til som kravet om forskningsbasert (eller FoU-basert) utdanning. I et [spesialnummer av NOKUTs publikasjon «SFU-magasinet»](#) om forskningsbasert utdanning understrekes det blant annet fra NOKUTs prosjektleder for SFU-ordningen at «*FoU-basert utdanning handler om mer enn innholdet i undervisningen og hvem som underviser. Det handler like mye om læringsprosessen og om hvordan studentene selv er med på å forme disse.*»

<sup>66</sup> Overordnet er disse fellestrekkene fra verdens ledende teknolog-utdannere også i tråd med anbefalinger og funn fra ledende internasjonal læringsforskning og med behov identifisert gjennom internasjonale (og nasjonale) scenarioanalyser.



diskusjon, og hensikten er på ingen måte å begrense diskusjonen til disse punktene – og det er heller ikke meningen å si at anbefalingen *må* implisere dette.

Tilsvarende er det også for enkelte av anbefalingene listet opp eksempler på mulige virkemidler. Vi understreker at disse kun er ment som illustrerende eksempler på muligheter, og ikke er noe prosjektet har tatt endelig stilling til.

Forhåpentligvis får vi på denne måten signalisert tydelig hva prosjektet står for og hva intensjonen med de enkelte anbefalingene er, samtidig som vi åpner opp for en bred dialog.

Nedenfor følger beskrivelser av de enkelte anbefalingene.

### Anbefaling 6

Prosjektet anbefaler at:

Målet for NTNUs teknologiutdanninger er at kandidatene skal opparbeide helhetlig og integrert kompetanse.

FTS legger i dette at:

- Målet skal ikke bare være å gi studentene fagkunnskap, men *kompetanse* i betydningen kombinasjon av – og samspill mellom – fagkunnskap, ferdigheter, holdninger, verdier, og evne til livslang læring.<sup>67</sup>
- Studentene skal utvikles til hele mennesker, ikke bare fageksperter. Utdannelsen skal være en dannelsesreise, og studentene skal forberedes til livet som aktive borgere i et demokratisk og mangfoldig samfunn.
- Bærekraftkompetanse<sup>68</sup> og digital kompetanse<sup>69</sup> integreres i kompetanseprofilen hos alle kandidater fra NTNUs teknologiutdanninger.<sup>70</sup>

Eksempler på mulige virkemidler kan være:

- Siden denne anbefalingen på mange måter er den sentrale og viktigste, anser vi de etterfølgende anbefalingene for å være virkemidler i den forstand at de skal understøtte denne.

Anbefalingen er i tråd med føringer og forventninger i stortingsmeldingen «Kvalitet for kultur i høyere utdanning», moderne kompetanserammeverk (se Vedlegg CA), CDIO Standards, og internasjonalt beste praksis.

<sup>67</sup> I tråd med tankegangen bak bl. a. *The CDIO Syllabus*, i henhold til kilder og drøfting i Vedlegg C.

<sup>68</sup> I henhold til beskrivelsen i Vedlegg D. Merk forøvrig at bærekraft også innebærer fokus på *likestilling, inkludering og mangfold*.

<sup>69</sup> I henhold til beskrivelsen i Vedlegg E.

<sup>70</sup> Forslagene på kompetanseprofiler i Kap. 5 er som tidligere nevnt utarbeidet med dette for øye – og er altså ment å ivareta slik integrasjon *på tvers av* de 12 kompetansemålene - selv om ikke ordene «bærekraftkompetanse» og «digital kompetanse» nødvendigvis nevnes eksplisitt i profilbeskrivelsen.

Prosjektet anbefaler at:

NTNUs teknologiutdanninger utvikles gjennom en programdrevet tilnærming

FTS legger i dette at:

- Studieprogramnivået er «grunnenheten» for all kvalitetsutvikling.
- Kompetansemål (læringsmål) på studieprogramnivå er utgangspunkt for programdesign – dvs en forpliktende føring for utforming, innhold og gjennomføring av programmet – i tråd med Anbefaling 6.
- Programkvalitet er et tydelig *kollektivt ansvar* for alle bidragsytere inn i programmene.
- Studieprogrammer designes med *integrert curriculum* – det vil si med gjensidig støttende emner, som alle er bevisste på sitt bidrag til helheten, og tar et medansvar for overordnet programkvalitet og programmets samlede læringsmål.

Videre kan anbefalingen f.eks. bety at:

- Studieprogrammene har tydelig, utviklingsorientert, og helst team-basert programledelse, med klart mandat og reell myndighet – og ressurser som gir den nødvendige kraft til utvikling.
- Studieprogramnivået legges til grunn ved fordeling av ressurser.

Anbefalingen er i tråd med CDIO Standards og nasjonale forskrifter.

Prosjektet anbefaler at:

NTNUs teknologiutdanninger foregår i en tydelig og profesjonsrelevant kontekst

FTS legger i dette at:

- Kontekstuell læring<sup>71</sup> er et gjennomgående pedagogisk prinsipp.
- Utdanningene fokuserer fra studiestart på hva teknologer og ingeniører *skal kunne gjøre med sin kunnskap* – ikke bare på kunnskapen i seg selv.
- Kontekstualisering reflekteres både i utforming av læringsmål, curriculum, læringsaktiviteter, vurderingsformer og læringsarealer.

Videre kan anbefalingen f.eks. bety at:

- Alle ingeniørprogrammer har betydelige innslag av «*design-implement*»-prosjekter som kobler teori og praksis, understøtter kreativitet, skaperkraft og samhandling, og fokuserer på typiske oppgaver i ingeniørers virke – fra starten av studiet.
- Det foretas hensiktsmessig programtilpasning av understøttende basis- og disiplinemner – innenfor forsvarlige ressursrammer.

<sup>71</sup> Se omtale av kontekstuell læring som prinsipp i Vedlegg B, avsnitt B.2.

- Sterkere orientering mot arbeidslivet (eksternt foreslåtte studentprosjekter, gjesteforelesninger fra arbeidsgivere, praksisopphold i bedrifter m.m.).
- Alle ingeniør- og teknologiutdanninger inneholder motiverende, profesjons- eller fagrelevante intro-emner som setter resten av studiet i en profesjons- eller fagrelevant kontekst.

Eksempler på andre mulige virkemidler kan være:

- Læringsaktiviteter som innebærer opphold hos bedrifter (dvs. praksis).

Anbefalingen er i tråd med CDIO Standards og forventninger uttrykt i Kvalitetsmeldingen.

#### Anbefaling 9

Prosjektet anbefaler at:

NTNUs teknologiutdanninger legger aktivt til rette for effektiv og dyp læring

FTS legger i dette at:

- Curriculum, læringsaktiviteter, vurderingsformer og tilbakemeldingspraksis utformes slik at de kontekstualiserer emnekunnskap, i tråd med Anbefaling 8.
- Curriculum, læringsaktiviteter, vurderingsformer og tilbakemeldingspraksis utformes slik at de skaper entusiasme og motivasjon for ingeniør-/teknologifaget, og engasjerer og aktiviserer studentene samtidig som studentenes ansvar for egen læring tydeliggjøres.
- «*Constructive alignment*» (samstemt undervisning, konstruktiv overenstemmelse) brukes som gjennomgående prinsipp – samstemt undervisning der vurderingsmetoder og læringsaktiviteter støtter opp om læringsmålene.
- *Integrert læring* brukes som prinsipp – læringsaktiviteter utformes slik at man kan utnytte «dual use of time» til *samtidig* å lære inn fagkunnskap, trene opp ulike typer ferdigheter, og mer generelt stimulere til personlig utvikling (dannelse). (Se boks 6.1 for et eksempel fra NTNU.)
- NTNU bruker *varierte* læringsmetoder som fremmer dyp læring, bidrar til etablering av gode læringsstrategier og god læringskultur, og stimulerer til aktivt samspill mellom forskning, utvikling og utdanning.
- NTNU gjør bruk av *formative vurderingsformer og nyttige underveis-tilbakemeldinger* til studentene, som fremmer effektiv læring samt evnen til å vurdere egen kompetanse og håndtere tilbakemeldinger, samtidig som oppnåelse av ønsket læringsutbytte dokumenteres.<sup>72 73</sup>

Videre kan anbefalingen f.eks. bety at:

<sup>72</sup> Ett relevant startpunkt for videre utvikling på dette området ved NTNU finnes i rapporten fra Toppundervisningsprosjektet «Alternative vurderingsformer» (2016), cf.

<https://www.ntnu.no/documents/1263030840/0/Gode+vurderingsformer+ved+NTNU+versjon+26+5.pdf/798bfb47-0ddb-4931-bd90-71838ca27e1f>

<sup>73</sup> Slik fornyelse av vurderingsformer i UoH-sektoren har også nasjonal oppmerksomhet: Temaet for [NOKUT-konferansen 2020](#) var «(Re-)vurdering».

- Videreutvikling av undervisningen skjer ved vitenskapelig tilnærming, i tråd med ledende «*Scholarship of Teaching and Learning*» (SoTL).<sup>74</sup>

Eksempler på mulige virkemidler kan være:

- Mer bruk av medstudentvurderinger.
- Fleksible læringsarealer som muliggjør integrert læring.

Anbefalingen er i tråd med CDIO Standards og Studietilsynsforordningen.

### **Boks 6.1 – Eksempel på integrert læring ved NTNU: Bruk av «strenger» i de nye 3-årige ingeniøruddanningene**

Høsten 2019 startet NTNU opp de nye ingeniøruddanningene som kom ut av faglig integrasjonsprosessen etter fusjonen. Disse studieprogrammene følger Forskrift om rammeplan for ingeniøruddanning. Forskriften har mange krav og læringsutbyttebeskrivelser (LUBer) som skal oppfylles. For å oppfylle disse kravene og skape en god og integrert ingeniøruddanning, er det ikke hensiktsmessig å opprette egne emner for alt som studenten skal ende opp med av kunnskap, ferdigheter og kompetanse. Det ble derfor opprettet tre såkalte «strenger» - for henholdsvis *etikk (E)*, *innovasjon (I)* og *digitalisering (D)* – i henhold til prinsippet om integrert læring. Dette innebærer at disse tre perspektivene inngår på en integrert måte i flere ulike tekniske og ingeniørfaglige emner gjennom hele utdanningen, heller enn å undervises generisk som egne emner.

E-strengen starter i innføringsemnet i 1. semester, og gir en grundig innføring i etikk, arbeid i grupper, rapportskrivning, lesing av andres tekst, tilbakemeldinger til/fra studenter, samt refleksjon rundt ingeniørfaglige problemstillinger. I hvert semester er det minst ett emne som bidrar til E-strengen. Dette skal være med på å danne studenter som er reflekterte, kritiske og tar bærekraft på alvor i produkter og løsninger.

D-strengen bør studenten møte i alle emner, slik at man over tid opparbeider en digital kompetanse gjennom for eksempel faglig relevant programvare, eller programmering for å lage egne løsninger/modeller. En vil gjennom dette kunne nå enda lengre også i faglig kunnskap og forståelse i mange emner. Den første grunnleggende programmeringskompetansen får en gjennom innføringsemnet, og de skal deretter benytte den allerede i samme semester, i det grunnleggende matematikkemnet (og videre deretter).

I-strengen starter i studienes programemne(r), og fortsetter også i minst ett emne pr semester. I-strengen avsluttes i systememnet, med hovedfokus på innovasjon og nyskaping. Formålet med I-strengen er å gi studentene kompetanse om hvordan nye produkter/tjenester kan skapes og gi nye arbeidsplasser. Økonomikunnskap inngår også i denne strengen.

<sup>74</sup> Se f eks. <https://www.idunn.no/uniped/2015/04/utdanningskvalitet-i-teknologi-og-realfag-en-vitenskapeli> og [https://en.wikipedia.org/wiki/Scholarship\\_of\\_Teaching\\_and\\_Learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Scholarship_of_Teaching_and_Learning)

Prosjektet anbefaler at:

NTNU stiller tydelige forventninger til og gir solid støtte for kompetanseutvikling hos faglærere

FTS legger i dette at:

- Det samlede fagmiljøet bak et studieprogram har såkalt *trippelkompetanse* - vitenskapelig, pedagogisk, og profesjonsrelatert – og dette tas i betraktning både ved rekruttering og kompetanseutvikling av ansatte.
- NTNU gir god støtte og setter forventninger til systematisk utvikling av *faglæreres profesjonsrelaterte kompetanse og pedagogiske kompetanse - i tillegg til at de gode ordninger NTNU allerede har opprettholdes for å sikre rekruttering og videreutvikling av faglærere med høy faglig kompetanse (forskningskompetanse, vitenskapelig kompetanse)*<sup>75</sup>.
- NTNU gir faglærere støtte til og rådgivning ifm utprøving av nye læringsmetoder, og til oppdatering på nye læringsteknologier og digitale undervisningsverktøy – i tråd med Anbefaling 9.

Eksempler på mulige virkemidler kan være:

- Utvikling av et synlig og bredt tilgjengelig kurstilbud innenfor pedagogikk og didaktikk for faglærere.
- Tydelig verdsetting av utdanningskompetanse og utvikling av undervisning ved opprykkssøknader, søknader om forskningstermin, og i forbindelse ved lønnsoppgjør.
- SO-midler til konkrete utviklingsløp av endelig varighet.
- Utvikling langs de retninger som anbefales fra FTS vil i en omstillingsperiode sannsynligvis kreve betydelige *strategi- og omstillingsmidler* til kompetanseutvikling.
- Etablering av en tydelig og kraftfull sentral kompetanseorganisasjon («NTNU Centre for teaching and learning», «NTNU Teaching lab» e.l.) som kan støtte lærere i utvikling av deres undervisning.
- Etablering av systematiske ordninger for utdanningstermin og arbeidslivstermin som komplementar til forskningstermin.
- Et meritteringssystem som gir en større bredde av NTNUs faglærere mulighet til å kvalifisere seg som «merittert underviser» eller lignende.
- Fagdidaktiker-stillinger integrert i flere fagmiljøer.
- Fagfelleveiledning knyttet til undervisningskvalitet (se boks 6.1 for et konkret eksempel på eksisterende slik aktivitet)
- Støtte til faglærere som ønsker å delta i internasjonale utdanningsnettverk (f. eks. CDIO).

Anbefalingen er i tråd med CDIO Standards og NTNUs strategi.

<sup>75</sup> Blant annet høye krav til vitenskapelig kompetanse ved rekruttering, tildeling av forskningstid og forskningstermin, investeringer i forskningsinfrastruktur, tildeling av SO-stillinger, støtte til forskningsprosjekter, lønnspolitikk, forskningsfokus ved opprykkssøknader.

### **Boks 6.2 – NTNU Toppundervisnings TettPÅ-prosjekt: Et eksempel på utdanningsmessig kompetanseutvikling for faglærere ved NTNU**

Undervisningskvalitet og kunnskap er gjensidig avhengig av hverandre. For å få en økning i kvaliteten på undervisningen i høyere utdanning, trengs det en økning i kunnskap omkring hva kvalitet i undervisning faktisk er blant dem som underviser. Høyere utdanning i Norge trenger et fokus på og bevisstgjøring omkring profesjonalisering av underviserrollen.

NTNU Toppundervisningsprosjektet TettPÅ har derfor utviklet en empirisk fagfelleveiledning for undervisere ved ingeniørfakultetene, hvor undervisere i team får en egen fasilitator som har ekspertise omkring nettopp undervisningskvalitet. Her får undervisere opplæring i relevant forskning omkring gode tilbakemeldingssituasjoner, interaktive undervisningsmetoder, formativ vurdering, effektiv samarbeidslæring, digitale læringsteknologier og sist, men ikke minst, studentmotivasjon.

Gjennom dialog, kollegasamarbeid, observasjon og tilbakemelding bygges det opp en verktøykasse med konkrete verktøy tilpasset den enkeltes undervisning som undervisere kan bruke til å øke kvaliteten i egen undervisning. Gjennom samarbeid om nye undervisningsverktøy vil undervisere komme nærmere hverandre som organisasjon og tettere innpå studentene.

#### *Anbefaling 11*

Prosjektet anbefaler at:

NTNU etablerer tydelige og kraftfulle virkemidler for å realisere universitetets ambisjoner for tverrfaglig mangfold og samhandling i teknologiutdanningene

FTS legger i dette at:

- NTNU setter av nødvendige ressurser på alle nivå i organisasjonen for å understøtte strategiske initiativer for tverrfaglig samhandling og kunnskapsutveksling innenfor utdanningsområdet.
- Studieplaner, timeplaner og campusløsninger utformes slik at den enkelte student, med utgangspunkt i en tydelig programfordypning, har både frihet og praktisk mulighet til å velge blant tverrfaglige tilbud og samarbeidsprosjekter over hele NTNUs bredde.
- NTNU legger til rette for å oppnå et betydelig mangfold i kompetanseprofiler over den samlede studentpopulasjonen, slik at både viktige fremtidige samfunns- og yrkesroller, såvel som spennet i studentenes interesser, reflekteres.

Videre kan anbefalingen f.eks. bety:

- Videreutvikling av dagens studieprogrammer (f. eks. nye læringsformer, mer fokus på bærekraft, nye former for arbeidslivssamarbeid, nye emner, innføring av praksis m.m.).
- Endringer i eksisterende programstrukturer for å synliggjøre ulike varianter av kompetanseprofiler og utnytte potensialet på NTNU bedre.
- Mer tverrfaglig samhandling og kunnskapsutveksling på tvers av f. eks. teknologi- og HumSam-programmer (f. eks. gjennom felles «minors» (tilleggsprofiler), nye tverrfaglige prosjektsatsinger, og mer strategisk bruk – evt. fornyelse – av *Ekspert i team*).

- Nye studietilbud innenfor dagens opptaksramme eller med ekstern finansiering (f. eks. nye tverrfakultære studieprogrammer).

Eksempler på mulige virkemidler kan være:

- Mobilisering av NTNUs tematiske satsningsområder (TSOer) for mer systematisk å stimulere til tverrfaglig orienterte utdanningstilbud organisert rundt TSO-relevante tematikker (merk at det vil kreve tydeligere mandat og utviklingsressurser til TSOene knyttet til utdanningsområdet hvis de skal ta en slik oppgave).
- Administrative ordninger som legger til rette for tverrfaglige emner, dvs emner som gis av to eller flere institutt i samarbeid.

Anbefalingen er i tråd med NTNUs strategi, forventninger i stortingsmeldingen om utdanningskvalitet, samt rapporter om fremtidige kompetansebehov nasjonalt og internasjonalt.

### Anbefaling 12

Prosjektet anbefaler at:

NTNU prioriterer utvikling av campus og annen infrastruktur som understøtter ønsket utvikling av teknologiutdanningene

FTS legger i dette at:

- Campus legger til rette for kontekstuell læring, samarbeidslæring, innslag av prosjektbasert læring i alle FTS-utdanninger, og studentrettede innovasjonsaktiviteter, i tråd med Anbefaling 8 og 9.
- Campus legger til rette for utvikling av studentlaboratorier av høy kvalitet.
- Campus legger til rette for større tverrfaglige utdanningssatsinger, i tråd med Anbefaling 11.
- Campus legger til rette for god integrasjon mellom digitale og fysiske læringsressurser og -aktiviteter.
- NTNU etablerer moderne digital og fysisk infrastruktur som er tilpasset ønskede læringsaktiviteter og vurderingsformer generelt, og utdanningssamarbeid og læringsaktiviteter på tvers av NTNUs campusbyer spesielt.

Denne anbefalingen kan f.eks. bety:

- Spesielt fokus på læringsarealer som muliggjør studentaktiv og interaktiv læring.
- Systematisk utvikling av profesjonsrelevante «engineering workspaces» som legger til rette for skapende «design-implement»-prosjekter, i henhold til CDIOs standarder.
- Læringsarealer som omfatter både studentarbeidsplasser, laboratorier, verksteder, og arealer for studentinnovasjon<sup>76</sup> («maker spaces»).

<sup>76</sup> Den nylige etableringen av prosjektet *Campuspilot for studentinnovasjon* i bygget *Oppredningen* er et initiativ som er helt i tråd med denne anbefalingen fra FTS' side.

- Arealer satt av til identitetsarealer og studentfrivillighet, inkludert arealer for fagrettede studentorganisasjoner<sup>77</sup>, som bidrar til å styrke læringsmiljø, trivsel, tverrfaglig samhandling, og «student empowerment».
- Revisjon av NTNUs arealpolitikk for å legge best mulig til rette for hensiktsmessig fordeling av arealressurser mellom ulike studieområder, og dynamisk tilpasning til endrede behov over tid.
- Modernisering og bedre utnyttelse av digitale støttesystemer og læringsressurser.

Anbefalingen er i tråd med CDIO Standards og målbildet for campusprosjektet.

### Anbefaling 13

Prosjektet anbefaler at:

NTNUs kvalitetsutvikling av teknologiutdanningene skjer gjennom systematisk og kontinuerlig forbedring

FTS legger i dette at:

- Alle aspekter som påvirker utdanningskvaliteten er gjenstand for systematisk og jevnlig evaluering og utvikling, i henhold til en veldefinert og helhetlig prosess.
- Ett hovedfokus for denne prosessen ligger på forbedring av studieprogramkvalitet, i tråd med Anbefaling 7.
- Evaluerings- og utviklingsarbeidet foregår i systematisk dialog med alle relevante interessentgrupper, og disse interessentene får systematiske tilbakemeldinger om og dokumentasjon av resultatene fra arbeidet.
- Ambisjonsnivået for utviklingsarbeidet er kalibrert mot det beste av ingeniør- og teknologiutdanninger internasjonalt.
- Det gjøres jevnlig strategiske vurderinger av behov for fornyelse og utvikling i den samlede studieporteføljen.

Denne anbefalingen kan f.eks. bety at:

- Anerkjent forskning, beste praksis og internasjonal state-of-the-art legges til grunn hva angår faglig innhold, pedagogiske metoder og programdesign.
- *Smidighet (agilitet) og fleksibilitet* (tilpasningsdyktighet og evne til å kunne svare raskt på endrede behov og viktige nye trender) vektlegges ved prioritering av tiltak<sup>78</sup>.
- Utviklingsarbeidet omfatter jevnlig innholdsmessig gjennomgang og fornyelse av disiplin- og realfaglige basisemner, og systematisk koordinering mellom basis- og programområde-emner i utdanningene.<sup>79</sup>

<sup>77</sup> Per i dag er blant annet [Ascend NTNU](#), [Fuelfighter](#), [NTNU Brain](#), [Orbit](#), [Propulse NTNU](#) og [Revolve NTNU](#) gode eksempler på slike organisasjoner. Disse representerer «extracurricular» studentdrevet aktivitet som i praksis gir viktige bidrag til både kontekstuell læring og tverrfaglig samhandling ved NTNU.

<sup>78</sup> F. eks. ved vurdering av om nye faglige initiativ bør ligge på studieprogramnivå, studieretningsnivå, hovedprofilnivå, emnepakkenivå eller prosjekt-/pilotnivå.

<sup>79</sup> Dette er viktig for å sikre at basis- og programemner samspiller best mulig, og for å reflektere endringer i faglige behov og prioriteringer i teknologi- og ingeniørfagene som kan oppstå raskt, bl.a. på grunn av digital



- Kontinuerlig forbedring ihht disse kriteriene vil bidra til å holde studienes kvalitet og arbeidsrelevans høy, og på sikt styrke grunnlaget også for utvikling av et større og mer dynamisk etter- og videreutdanningstilbud.

Eksempler på mulige virkemidler kan være:

- Alle evalueringer munner ut i konkrete tiltaksplaner som blir gjenstand for systematisk oppfølging
- Ved periodiske dyp-evalueringer av studieprogram bør internasjonale eksperter delta i evalueringskomiteen.
- Incentivmekanismer som på ulike nivå kan stimulere til kontinuerlig forbedring på utdanningsområdet.

Anbefalingen er i tråd med NTNUs hovedstrategi, NTNUs kvalitetssystem, NOKUTs studietilsyns forskrift og CDIO Standards.

#### Anbefaling 14

Prosjektet anbefaler at:

NTNU gir høy prioritet til internasjonalt samarbeid rundt utvikling av teknologiutdanning.

FTS legger i dette at:

- NTNU prioriterer strategisk samarbeid med ledende internasjonale institusjoner og nettverk for utvikling av teknologiutdanning.
- NTNU kontinuerlig søker å lære av internasjonalt beste utdanningspraksis, og dynamisk søke å tilpasse slik praksis til egne mål og rammebetingelser for å forbedre egen utdanningskvalitet.
- NTNU søker å lære av internasjonale evalueringer og utnytte internasjonale nettverk i arbeidet med å styrke kvalitet og relevans i utdanningene.

Denne anbefalingen kan f. eks. bety at:

- NTNU søker å tiltrekke, og gi et konkurransedyktig tilbud til, dyktige utenlandske søkere både til studieplasser og vitenskapelige stillinger.
- Internasjonal erfaring, mobilitet og synlighet styrkes innenfor utdanningsområdet, blant både studenter og ansatte.

Noen eksempler på mulige virkemidler:

- NTNU utnytter sitt medlemskap i det internasjonale nettverket *The CDIO™ Initiative* strategisk og systematisk, herunder bruk av CDIO-ressurser som bidrag og støtte i implementering av anbefalingene ovenfor, inkludert bruk av konkrete ressurser tilgjengelige via [www.cdio.org](http://www.cdio.org).
- Tettere samarbeid om utvikling av utdanning gjennom Nordic Five Tech-nettverket<sup>80</sup>.

transformasjon og annen disruptiv<sup>79</sup> teknologiutvikling. (Se f. eks. <https://whatis.techtarget.com/definition/disruptive-technology> for en beskrivelse og diskusjon av hva som ligger i begrepet «disruptiv teknologiutvikling».)

<sup>80</sup> Chalmers, DTU og KTH i Nordic Five Tech er medlemmer av CDIO-initiativet og gjør aktivt bruk av CDIO-standardene i utviklingen av sine utdanninger

Anbefalingen er i tråd med NTNUs strategi og NTNUs internasjonale handlingsplan 2018—21.

#### Anbefaling 15

Prosjektet anbefaler at:

NTNU benytter CDIO-standardene som konkret rettesnor for å operasjonalisere de andre anbefalingene

FTS legger i dette:

- Bruken av CDIO-standardene tilpasses NTNUs og det enkelte fagmiljøes tradisjon, oppdrag og særpreg, og spesielt den enkelte utdannings spesifikke kontekst.<sup>81 82</sup>

Anbefalingen er slik prosjektet ser det en naturlig konsekvens av de foregående anbefalingene, og er naturlig nok også i tråd med CDIO Standards.

## 6.4 Avsluttende kommentarer og mulige tiltak på kort sikt

I FTS-mandatet står følgende: «*Implementering av enkelttiltak kan påbegynnes under prosjektperioden.*» I dette delkapitlet drøftes kort noen idéer til slike tiltak som prosjektet tror kunne være interessante å starte en drøfting og idédugnad rundt allerede høsten 2020. Noen av disse idéene omhandler pilotprosjekter og samarbeid med FHS-prosjektet. Vi vil understreke at idéene som her legges frem er ment å stimulere til videre diskusjon – de er ikke modne nok til å bli formulert som konkrete anbefalinger fra prosjektet. Fokus ligger på en diskusjon av virkemidler for utvikling av tverrfaglighet og tverrfaglig samhandling, og spesielt knyttet til temaet bærekraft.

Prosjektet kommer i tillegg med én konkret FTS-anbefaling i dette delkapitlet, knyttet til livslang læring.

I tillegg knyttes noen korte refleksjoner til andre aspekter ved NTNUs teknologiutdanninger som er høyst relevante og viktige i lys av prosjektets samlede mandat, men som prosjektet ikke kommer med spesifikke anbefalinger (eller idéer til videre utredning av mulige tiltak) på i denne delrapporten: Praksis i studiene, samhandling mellom universitetet og arbeidslivet, og regionale perspektiv.

---

<sup>81</sup> Det er her viktig å understreke at de *grunnleggende prinsippene* bak CDIO-tankegangen ikke er begrenset til ingeniørutdanninger, men kan generaliseres også til annen høyere utdanning - inkludert ph.d.-utdanning. For igjen å sitere Crawley et al. (Springer, 2014): «*The principles and practice of the CDIO approach can be applied to most programs in higher education. At its most abstract level, the approach asserts the following: the education should be in the context of practice; that there is an identifiable list of knowledge, skills and attitudes in which students should gain proficiency; that by engaging with stakeholders, the desired level of proficiency can be determined; that curriculum and pedagogy should be constructed in an integrated manner to reasonably ensure meeting the desired learning outcomes; and that learner assessment and program evaluation should be aligned with learning outcomes that in turn should be used to inform faculty and students of progress, and serve as the basis of continuous improvement. What curriculum would not benefit from systematically applying this approach?*»

<sup>82</sup> For en diskusjon av hvordan CDIO-prinsippene kan generaliseres opp til ph.d.-nivå, se <https://www.researchgate.net/publication/322271592> Evolution of the CDIO approach BEng MSc and Ph D level.

### **Tverrfaglighet og tverrfaglig samhandling:**

Tverrfaglighet har vært ett av de sentrale temaene i den dialogen FTS har hatt med ulike interessenter gjennom prosjektets Fase 1. Spesielt har dette vært tydelig i de fellesintervjuene FTS og FHS har gjennomført med sentrale samfunnsaktører i næringsliv, interesseorganisasjoner og offentlig sektor i mai og juni 2020. Behovet for at fremtidens kandidater må ha tverrfaglig samhandlingskompetanse har vært trukket frem som spesielt sentralt, men også behov for et større mangfold i kunnskapsprofiler – med innslag av tverrfaglighet på tvers av teknologi- og HumSam-fag – har vært et viktig tema. I lys av dette stiller FTS følgende spørsmål: *Bør NTNU allerede høsten 2020 følge opp FTS og FHS Fase 1 med utredning og etterfølgende pilotering av nye virkemidler for å understøtte både tverrfaglig samhandling og nye tverrfaglige kunnskapsprofiler?*

Vår hypotese er at slik utredning og pilotering i alle fall bør bli ett viktig fokus på et eller annet tidspunkt i neste fase av, og i samarbeid mellom, FTS- og FHS-prosjektene. I den forbindelse ville det antakelig blant annet være klokt å utnytte mulighetene som ligger i neste utlysning på strategiske midler innenfor [NTNU Toppundervisning](#).

FTS håper uansett at de to prosjektene i neste fase kan gå sammen om å fasilitere en idédugnad i organisasjonen, for å få opp både gode konkrete idéer fra fagmiljøene til *tema* som bør inngå i et tverrfaglig tilbud på tvers av teknologi- og HumSam-studenter ved NTNU, og idéer til *konkrete virkemidler* for å realisere tverrfaglig samhandling og kunnskapsbygging i praksis. Slike virkemidler kan i prinsippet ligge på alle nivåer fra emne- til programnivå, og også på tvers av organisatoriske og programmessige skillelinjer. Noen eksempler kan være:

- Nye emner hvor man samarbeider på tvers av institutter og fakulteter
- Nye typer samarbeidsarenaer som fremmer samhandling på tvers av fag
- Nye felles prosjektsatsinger rundt tema av felles interesse og relevans
- Nye og mer tverrfaglig orienterte forslag på «minors» (tilleggsprofiler)
- Forslag på campuspiloter koblet til innovativ arealutnyttelse for tverrfaglig samhandling.
- Nye studieprogram på tvers av fakulteter.

FTS mener videre at det ville være interessant å utrede muligheten for et mer systematisk samarbeid med, og utnyttelse av, NTNUs [tematiske satsingsområder](#) og [satsinger på muliggjørende teknologier](#) rundt tverrfaglig samhandling på utdanningsområdet. Én konkret idé i denne sammenhengen kunne være: *Bør NTNU konkret utrede mulighet for en pilot på et større tverrfaglig, prosjektorientert "samhandlings-initiativ" (f. eks. à la MIT NEET, Chalmers Tracks, eller Aalborg Universitets mega-projects), med tema knyttet til ett eller flere av satsingsområdene?*

En opplagt kandidat til ett slikt tema, som både har relevans på tvers av de fleste av de ovennevnte satsingene, og der suksess er avhengig av tverrfaglig samhandling i hele NTNUs bredde, er *bærekraft*. FTS har i løpet av Fase 1 avdekket at dette temaet har stor interesse for og vekker betydelig engasjement hos alle utdanningenes interessentgrupper. Det er også sentralt i NTNUs strategi, og er definert av rektor som et langsiktig fokusområde for NTNU. FTS har derfor som en av sine anbefalinger at *alle kandidater fra NTNUs teknologiutdanninger skal ha bærekraftkompetanse på høyt nivå*.

Noen mulige eksempler på andre virkemidler (i tillegg til idéen om en pilot på et tverrfaglig, prosjektorientert "samhandlings-initiativ" rundt temaet bærekraft, som nevnt over) for å understøtte denne anbefalingen kunne være<sup>83</sup>:

- Utvikling av nye emner knyttet til bærekraft, valgbare for en stor bredde av NTNUs kandidater
- Utvikling av en generisk «minor» (tilleggsprofil) i bærekraftig utvikling
- Innføring av bærekraft som ett underliggende integrert perspektiv i alle programemner.

### **Kompetanseutvikling i organisasjonen:**

Som understreket av prof. Kristina Edström under FTS-workshopen på Hell 15/1-20, så er det uhyre viktig, hvis et universitet skal kunne realisere anbefalinger i den retning som FTS kommer med, at man styrker «*lärarnas kompetens och kapacitet för utveckling, även organisationens.*» Tilrettelegging for kompetanseutvikling er med andre ord en sentral suksessfaktor.

I lys av dette ønsker FTS å løfte følgende problemstillinger til diskusjon:

- *Bør NTNU allerede nå forberede seg på å følge opp FTS Fase 1 med en videre utredning av konkrete virkemidler for støtte både til pedagogisk og profesjonsmessig kompetanseutvikling i organisasjonen?*<sup>84</sup>
- *Bør NTNU konkret utrede muligheten for å utvikle et tydelig «NTNU Centre for advancement of teaching and learning» sentralt plassert på ny campus?*

Vi håper at begge disse spørsmålene kan bli temaer som diskuteres i organisasjonen i prosjektets Fase 2. I lys av at temaet *bærekraft* er så sentralt for videre utvikling av NTNUs utdanninger, finner FTS dessuten at følgende spørsmål også kan være interessant å diskutere:

- *Bør det utvikles et kurs i grunnleggende bærekraft som kan tilbys alle NTNUs faglærere?*

### **Livslang læring:**

I FTS-mandatet står det at «*perspektivet om livslang læring skal legges til grunn*» for arbeidet i prosjektet, og prosjektet har i løpet av arbeidet i Fase 1 definitivt fått bekreftet at det er et stort og økende behov for gode utdanningstilbud som legger til rette for livslang læring i arbeidslivet.

FTS opplever det samtidig som vanskelig å komme med konkrete anbefalinger knyttet til livslang læring. Utredningen *Lærekraftig utvikling – Livslang læring for omstilling og konkurransevne (NOU 2019: 12)*, også kjent som «Markussen-utvalget», identifiserer følgende utfordringer når det gjelder å

---

<sup>83</sup> I tillegg vil det i løpet av prosjektets første fase kommet opp en idé om utvikling av en «*folke-MOOC*» på bærekraftig utvikling, etter modell av AI-kurset «*Elements of AI*». Ideen kommer ikke fra FTS, men prosjektet mener dette kunne være et interessant grep, som har potensiale til å plassere NTNU tydeligere på kartet som en aktør som tar sitt samfunnsoppdrag på alvor også når det gjelder å formidle kunnskap om bærekraft bredt i befolkningen.

<sup>84</sup> Dette vil også være i tråd med ønsker og forventninger uttrykt fra et flertall av NTNU-respondentene i den nylige spørreundersøkelsen [Teaching Cultures Survey](#).

få norske utdanningsinstitusjoner til å utvikle et tilbud som kan ivareta det voksende behovet for livslang læring:

- Snevre unntak i egenbetalingsforskriften
- Det er billigere å ha store emner enn små
- Kandidatindikatoren virker mot livslang læring
- Avkortning av resultatmidler gjør det vanskelig å sette i gang tilbud.

Regjeringen varslet i pressemelding om «Lære hele livet»-reformen 22/4-20 at «*systemet for egenbetaling i høyere utdanning skal gjennomgås med tanke på å tilpasse dette for personer i arbeid, samtidig som gratisprinsippet for ordinære utdanninger skal ligge fast*». Men beslutninger vedr. endringer i politiske og juridiske rammebetingelser og inntektsfordelingsmodeller for å imøtekomme ovennevnte utfordringer (i tråd med anbefalinger på tiltak fra Markussen-utvalget) er ennå ikke tatt. Dette kompliserer arbeidet i FTS-prosjektet med å gi råd og anbefalinger knyttet til nye forretningsmodeller og strategier som kunne styrke NTNUs tilbud for livslang læring, blant annet gjennom en mer effektiv utnyttelse av eksisterende emneportefølje. Prosjektet er ennå ikke modent for å komme med konkrete anbefalinger på dette området.

Prosjektet finner dog at følgende momenter, kanskje ikke overraskende, kan oppsummeres som entydige ønsker fra «markedet» (både arbeidsgivere og arbeidstakere):

- Mer modularitet i tilbudet (flere små moduler som kan tas uavhengig av hverandre)
- Mer fleksibilitet (evne til å tilpasse seg markedets behov)
- Mer skreddersøm (evne til å tilpasse seg enkeltaktørers behov)
- Økt bruk av digitale plattformer og nye leveransemetoder
- Anledning til å ta EVU tettere på arbeidsplassen (men gjerne med universitetet som aktør).

NTNUs *Råd for samarbeid med arbeidslivet* er blant de som overfor FTS spesielt har pekt på behovet for modulariserte, dynamiske tilbud og ulike leveranseformer som kan dekke svingninger i behov og etterspørsel. De har også gitt uttrykk for at NTNU bør fokusere på etterutdanningstilbud som gir formell kompetanse (dvs. studiepoenggivende tilbud).

Under FTS-workshopen «NTNU møter arbeidslivet» på Hell 15/1-20 ble det spesielt understreket at NTNU må finne virkemidler og modeller som gjør at etter- og videreutdanning bedre kan kombineres med jobb, blant annet via digitale plattformer. Det ble også uttrykt ønske om at NTNU må bli mer dynamiske, fleksible og markedsorienterte, kunne gi raskere svar på behov fra arbeidslivet, markedsføre EVU-tilbud tydeligere, og tenke tettere integrasjon mellom grunn- og videreutdanning slik at tilbud kan gjenbrukes. Økt modularisering av tilbud, større bredde av nettbaserte tilbud, flere kortere kurs/foredrag, og mer bruk av problem- og prosjektbasert undervisning ble trukket frem som gode virkemidler.

NTNU selv har, som arbeidslivet, også vært opptatt av at universitetet bør få mulighet til å integrere grunn- og etterutdanning tettere. Universitetet skriver i sitt [høringssvar til Markussen-utvalgets utredning](#) bl. a.:

*«Gratisprinsippet, lik rett til utdanning, er viktig å verne om. Alle må ha rett til gratis førstegangsutdanning opp til høyeste nivå (master og ph.d.). Satsing på livslang læring må ikke gå ut over den ordinære utdanningsaktiviteten. Sett i et samfunnsperspektiv er «avkastningen» på gradsgivende utdanning større jo tidligere i livet utdanningen fullføres.*

*Når det er sagt, har NTNU ambisjoner om å øke aktiviteten innenfor livslang læring, både formell og ikke-formell opplæring, og spesielt å utvikle flere fleksible*

*tilbud rettet mot individer som er i arbeid. Dagens regelverk gjør det vanskelig å finne bærekraftige modeller for finansiering av slike tilbud, og vi imøteser derfor endringer i egenbetalingsforskriften som gjør det mulig å gjenbruke emner fra studiekatalogen og tilpasse dem for nye grupper.*

*Vi støtter utvalgets forslag om å klargjøre både dagens regelverk for egenbetaling og for utdanning som tilbys innenfor BOA-regelverket (rundskriv F-07-13). NTNU har arbeidet for dette gjennom UHR og vi ser frem til avklaringer på de spørsmål som UHR har sendt departementet.»*

NTNU er altså opptatt blant annet av å utnytte sine eksisterende tilbud mer effektivt, ved å blande betalende og ikke-betalende studenter i samme klasserom. Begrunnelsen er både mer effektiv ressursbruk og at dette vil bidra til læring på tvers av erfarne og ikke-erfarne studenter. FTS oppfatter dette som å være i tråd med ønsker også fra arbeidslivet, og stiller seg bak NTNUs syn i høringsuttalelsen.

Sett i lys av den vedvarende usikkerheten omkring hva slags økonomisk-juridisk regime som vil gjelde for egenbetaling i fremtiden, anser FTS at det mest fornuftige universitetet kan gjøre i denne fasen er å proaktivt ta initiativ til å etablere en tydelig arena for dialog, samhandling og forventningsavklaring mellom *alle* de ulike interessentene i livslang læring: Myndighetene, arbeidsgivere, arbeidstakere, og utdanningssektoren. På denne arenaen bør universitetenes rolle og rammebetingelser knyttet til livslang læring være ett sentralt tema.

Vi ser på dette som en konkret oppfølging av følgende råd fra NTNUs Råd for samarbeid med arbeidslivet (RSA) under [felles-workshop for FTS, FHS og NTNUs RSA 30/10-19](#):

*«Livslang læring i Norge bør baseres på trepartssamarbeidet (arbeidsgiverorganisasjonene, arbeidstakerorganisasjonene, staten), utvidet til også å omfatte universitetene – slik at det blir et firepartssamarbeid.»*

FTS mener dette er et svært godt råd, og kommer derfor med følgende anbefaling:

#### Anbefaling 16

Prosjektet anbefaler at:

NTNU tar initiativet til en formell samhandlingsarena mellom myndigheter, arbeidsgiverorganisasjoner, arbeidstakerorganisasjoner og UH-sektoren, i den hensikt å bidra til nasjonal dialog, samhandling og forventningsavklaring som et grunnlag for å styrke Norges samlede tilbud innenfor livslang læring.

I tillegg ønsker FTS å løfte følgende relaterte problemstillinger til videre diskusjon i organisasjonen:

- *Bør NTNU vurdere økt satsing på MOOCs – primært med en strategisk begrunnelse à la den de har ved TU Delft – dvs. MOOCenes rolle i å bidra til både forbedring av campusundervisning og markedsføring av universitetets campusbaserte tilbud internasjonalt?<sup>85</sup>*

<sup>85</sup> Se nærmere omtale av dette i Vedlegg B, avsnitt B.3 s. 110.

- *Bør NTNU vurdere tydeligere «Charitable–Sustainable–Profitable»-tenkning à la MIT<sup>86</sup> – med kryss-subsidiering mellom disse tre ulike kategoriene av tilbud for livslang læring? Dette vil kunne svare på FNs bærekraftsmål 4 «Utdanning for alle», gjennom økt tilgjengeliggjøring av åpne digitale læringsressurser nettopp «for alle». Det vil også være i tråd med NTNUs strategiske ambisjon om å være en «pådriver for deling av læringsressurser».*
- *Bør NTNU konkret utnytte den post-korona-digitaliseringen som nå uansett gjøres av læringsressurser, som en mulighet til å tilby mer «Open Courseware» digitalt?*

### **Praksis, arbeidsrelevans og samhandling med arbeidslivet:**

FTS oppfatter at arbeidslivet er generelt interessert i enda tettere og mer gjensidig forpliktende samarbeid rundt utvikling av NTNUs utdanninger. FTS ser på dette som positivt, og ser på samhandling med arbeidslivet som ett viktig verktøy for å sikre relevans og kvalitet i studietilbudet, spesielt i lys av prosjektets anbefaling om *kontekstuell læring* som et gjennomgående prinsipp i teknologiutdanningene.

Blant de interessante konkrete innspill som er kommet i løpet av prosjektets Fase 1, uten at prosjektet ennå er modent for å komme med mer konkrete anbefalinger eller forslag når det gjelder samhandlingsmodeller på alle disse områdene, kan vi nevne:

- NTNUs Råd for samarbeid med arbeidslivet er opptatt av man bør få til gjensidig forpliktende avtaler mellom universitetet og arbeidslivet for å styrke *praksisordninger og arbeidsrelevans* i studiene. Dette kan både handle om praksis for studenter og om hospitering for NTNU-ansatte i bedrifter.
- Under workshopen på Hell 15/1-20 ble det etterspurt bedre arenaer for å skape kontakt mellom næringsliv - spesielt små bedrifter - og professorer ved NTNU. Flere i arbeidslivet opplever det p.t. som vanskelig å finne døråpnere ved NTNU for prosjekter som haster. Det er også et ønske om å introdusere næringslivets vinklinger og problemstillinger i utdanningene fra dag én – og det er ønskelig å få studentene tidlig ut i bedriftene.
- Næringslivet uttrykte på Hell også at de er positive både til at ansatte ved NTNU arbeider eller hospiterer i deres virksomheter i varierende omfang, og til at næringslivsrepresentanter kan ta deltidsstillinger ved NTNU.
- Arbeidslivet understreket videre at de gjerne bidrar med både prosjekt- og hovedoppgaver, case-studier, rollemodeller, deling av infrastruktur, praksis-muligheter og innsikt i innovasjonsmetodikk inn i utdanningene.

### **Regionale perspektiv:**

FTS-porteføljen av studieprogrammer spenner som tidligere nevnt over rundt 140 studieprogram, på tvers av alle NTNUs tre campusbyer. «Ett universitet i tre byer» er et motto for NTNU, og NTNUs overordnede strategiske ambisjoner og politikk for utvikling av studieporteføljen gjelder på tvers av alle campusbyene. Derfor har også FTS i denne fasen søkt å legge vekt på aspekter som *forener NTNUs fagmiljøer og utdanninger på tvers av byene*, heller enn å legge spesifikke regionale perspektiv inn i arbeidet. Anbefalinger og analyser spisset mot regionale forhold har med andre ord ikke vært et spesielt fokus i denne fasen. FTS håper og tror at prosjektets anbefalinger og forslag til kompetanseprofiler skal være relevante for videre utvikling av NTNUs teknologiutdanninger på tvers av Gjøvik, Trondheim og Ålesund.

---

<sup>86</sup> Se nærmere omtale av dette i Vedlegg B, avsnitt B.3 s. 110.

## DEL 3 – Hvor står vi?

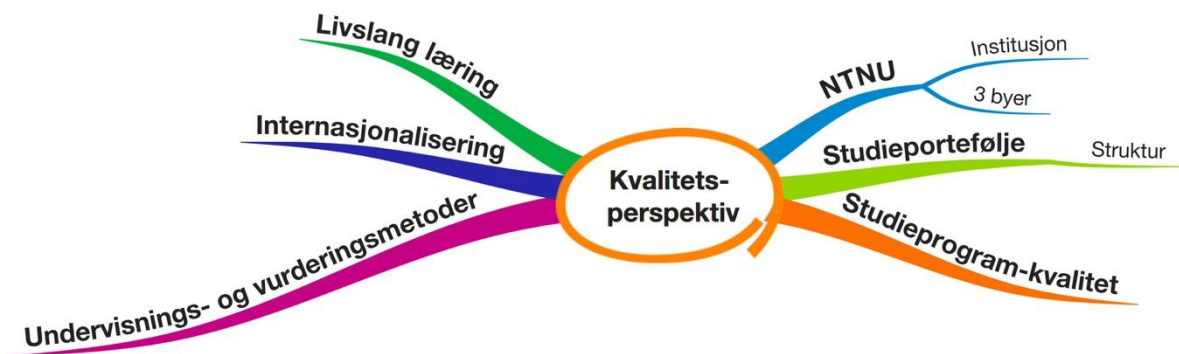
Del 3 starter med en beskrivelse i kapittel 7 av hvor NTNUs teknologiutdanninger står i dag. Dessverre ble delprosjekt 1, som hadde dette som sitt oppdrag, kraftig rammet av koronakrisa. Arbeidet ble forsinket, og planen nå er å legge frem DP1-resultatene som en egen delrapport rundt 1. oktober 2020.

Kapittel 8 omhandler ressursbruken knyttet til NTNUs teknologistudier. Fokuset er på inntektssiden og mulighetene for økte inntekter gjennom kvalitetsutvikling som leder til bedre resultater. Beregninger fra en regnearkbasert modell legges frem og drøftes. En overordnet beskrivelse av kostnadsbildet for utdanningsområdet avslutter kapitlet.



## 7 Styrker og svakheter ved dagens studieportefølje

[Delprosjekt 1 Styrker og svakheter ved dagens studieportefølje](#) har gjennom sitt arbeid identifisert seks kvalitetsperspektiv som man finner har særlig stor relevans for å vurdere tilstanden innen de delene av NTNUs studietilbud som faller innenfor FTS-mandatet. Disse perspektivene er illustrert i Figur 6.



Figur 6: Prioriterte kvalitetsperspektiver ved vurdering av FTS-porteføljen.

Arbeidet var ikke kommet like langt innen alle de ulike perspektivene da delprosjektet ble meget hardt rammet av koronavirus-pandemien i begynnelsen av mars. Til forskjell fra [delprosjekt 2](#) har dette delprosjektet kun hatt prosjektressurser som har vært sterkt involvert i omlegging og gjennomføring av studietilbudene ved NTNU i forbindelse med pandemien. Det har derfor ikke vært mulig å gjennomføre aktivitetene som planlagt, og delprosjektets annonserte heldags workshop med studieprogramledere 1. april måtte også avlyses som følge av smittevernbegrensninger.

I overskuelig fremtid vil delprosjektgruppen fortsatt ha betydelig redusert arbeidskapasitet. Det vil derfor være nødvendig å begrense delprosjektets ambisjoner til de delene som anses å være aller viktigst for FTS-prosjektets videre arbeid.

For ikke å forsinke neste fase i FTS-prosjektet mer enn nødvendig, har delprosjektleder og prosjektleder sammen kommet frem til at delprosjekt 1 forlenges frem til månedsskiftet september/oktober, og at delprosjektet frem til da skal prioritere å levere vurderinger knyttet til følgende kvalitetsperspektiver:

- *Styrker og svakheter ved NTNU som institusjon.*
- *Samlet studieprogramportefølje og studieprogramkvalitet (slått sammen til ett kvalitetsperspektiv)*
- *Undervisnings- og vurderingsmetoder*
- *Internasjonalisering.*

I tillegg avgrenses prosjektet til studietilbud på bachelor- og masternivå. Vurderinger rundt ph.d.-utdanningen gjøres i en senere fase av FTS-prosjektet.

Når det gjelder livslang læring-perspektivet har delprosjektet vært nødt til å prioritere dette ned fordi kapasiteten til å arbeide med dette perspektivet p.t. er bundet opp i operativt arbeid med nye EVU-tilbud. Dette er en følge av betydelig økt aktivitet innen EVU-området knyttet til ekstraordinære behov skapt av pandemien. Med tanke på styrker og svakheter når det gjelder etter- og videreutdanning innen FTS-området, har delprosjektet dog allerede avdekket at det samlede omfanget av denne aktiviteten er påfallende liten, sammenlignet med aktiviteten i ordinære

studietilbud (grunnutdanning). Delprosjektet har derfor allerede nå konkludert med at *det foreligger et stort behov for å arbeide mer strategisk med livslang læring, og å integrere videre arbeid med livslang læring tettere med det arbeidet som gjøres i forbindelse med ordinære studietilbud.* Delprosjektet anbefaler at slikt strategisk arbeid bør inngå som en viktig og integrert del av FTS-prosjektets neste faser.

Selv om det selvfølgelig ikke er en ønsket situasjon at Delprosjekt 1 er forsinket, så er det én fordel knyttet til forsinkelsen: Den gjør det mulig for delprosjektet å bruke det anbefalte fremtidsbildet for NTNU mer aktivt som en «linse» å vurdere dagens styrker og svakheter gjennom. Forsinkelsen gjør det med andre ord mulig for delprosjektet å benchmarke dagens styrker og svakheter tydeligere i lys av de anbefalinger for fremtidig utvikling av NTNUs teknologiutdanninger som ligger i denne rapporten.

## 8 Ressursbruk i NTNUs teknologistudier

### 8.1 Tilnærming

I mandatets pkt c) heter det at prosjektet skal:

*«Vurdere dagens ressursbruk knyttet til NTNUs teknologistudier i den hensikt å etablere en forståelse av handlingsrommet for endringer og de ressursmessige konsekvensene av prosjektets anbefalinger»*

Prosjektet legger til grunn at det i denne sammenheng primært er de *økonomiske* ressursene som er interessante å se på, siden de er førende for all annen ressursbruk (bygg, ansatte m.m.).

Selv om begrepet *ressursbruk* er brukt i mandatet ble det tidlig klart at en mer fruktbar tilnærming ville være å se på hvordan NTNU kan *påvirke ressurstilgangen*, dvs. se nærmere på inntektssiden – og spesielt på mulighetene for å øke inntektene gjennom kvalitetsøkende tiltak som kan bidra til å minske frafall og forbedre gjennomstrømning. Noe av bakgrunnen for dette valget var at kostnadene er vanskelig å analysere: Det er en stor andel indirekte kostnader og disse er det vanskelig å fordele på studieprogram, emner osv. Direkte kostnader kan også være krevende å henføre.

Videre er det slik at ulike miljøer ved NTNU estimerer og følger opp kostnader på utdanningsområdet på ulike måter – det er ingen felles NTNU-praksis rundt dette.

Et tredje kompliserende forhold er knyttet til kvaliteten og tilgjengeligheten av dataene for å gjøre slike kostnadsanalyser.

På denne bakgrunnen, og i forståelse med prosjekteier og Avdeling for virksomhetsstyring, har prosjektet valgt følgende tilnærming: *Fokus på inntektssiden, og på beregning av potensial for resultatmessig inntjening som grunnlag for å investere i utdanningskvalitet - siden kostnader er vanskelig å fordele, og fordi miljøene erfaringsvis «bruker det de får» på utdanning.*

Nedenfor følger en diskusjon av inntekter og kostnader knyttet til NTNUs teknologistudier, der det altså er lagt størst vekt på inntektssiden.

### 8.2 Om NTNUs inntekter knyttet til teknologistudiene

NTNUs inntekter knyttet til teknologistudiene består i all hovedsak av årlige tildelinger fra Kunnskapsdepartementet. Eksternfinansiering av vitenskapelige stillinger som bidrar i utdanning utgjør såpass lite i det store bildet at de ikke regnes med her.

Rammebevilgningen til NTNU fra KD er todelt:

- En basisdel som utgjør ca 70%
- En resultatdel som utgjør ca 30%

Innenfor basisdelen bestemmer NTNU selv antall studieplasser og fordelingen mellom de ulike studieprogrammene (rammestyring). Basisdelen ligger i utgangspunktet «fast», men øker når KD tildeler NTNU nye fullfinansierte studieplasser.

Resultatdelen er basert på åtte indikatorer som reflekterer NTNUs resultater. Tre av disse er knyttet til utdanningsområdet:

- Antall studiepoeng avlagt
- Antall kandidater uteksaminert
- Antall utvekslingsstudenter.

Studiepoeng har vært brukt som indikator og inntektsdriver i mange år, mens kandidatproduksjon ble innført i 2017. Indikatoren knyttet til utvekslingsstudenter er relativt svak og vil bli sett bort fra i det følgende.

Ser man bort fra tildeling av nye studieplasser, kan NTNU altså øke sine utdanningsinntekter på to måter – gjennom å produsere *flere studiepoeng* og *flere kandidater*.

Nivået på inntektene bestemmes av KDs finansieringskategorier, som gjenspeiler at ulike typer studier har ulike kostnadsnivåer. Det er seks kategorier A–F, der A er dyrest og F er billigst – se Tabell 4. Kategori DG er for ph.d.-studier. Videre er det slik at 3-årig bachelor og 2-årig master gir enkel uttelling på kandidatkomponenten, mens 5-årig master gir dobbel uttelling.

2-årig master tilhører kategori C, 5-årig master (sivilingeniør) tilhører kategori D, mens bachelor ingeniørfag tilhører kategori E.

Her er noen eksempler som viser hvordan dette fungerer (basert på 2019-satser):

- Hvis en ingeniørstudent består alle emnene ett år vil NTNU få 40 150 kr i resultatbevilgning for produserte studiepoeng. Tilsvarende hvis bare noen emner består: Hvis studenten består f.eks. halvparten, vil NTNU få halvparten så mye, dvs. 20 075 kr.
- For hver sivilingeniør NTNU uteksaminerer, får NTNU en resultatbevilgning for kandidatproduksjon på 76 100 kr (2 x 38 050 kr).
- For hver ph.d. kandidat får NTNU 387 950 kr.

Kategori	Basis pr årsenhet	Studiepoeng pr årsenhet	Kandidat (enkel) pr grad	Kandidat (dobbelt) pr grad	Sats ph.d.
A	242 850	132 750	100 850	201 700	
B	183 150	101 850	76 150	152 300	
C	124 500	67 900	50 400	100 800	
D	87 450	49 400	38 050	76 100	
E	75 100	40 150	30 850	61 700	
F	62 750	33 950	25 700	51 400	
DG					387 950

Tabell 4: KDs finansieringskategorier A-F 2019 i kr. 1 årsenhet = 60 studiepoeng.

Av de to inntektsdriverne er det studiepoeng som veier tyngst: For FTS-porteføljen i 2019 utgjorde studiepoengkomponenten ca 78% av resultatdelen, mens kandidatkomponenten utgjorde ca 22%.

I kroner og øre utgjorde resultatdelen summert over alle studieprogrammene i FTS-porteføljen i 2019 om lag 805 mill. kr. Dette er et stort beløp, og i tillegg kommer altså basisdelen, som er mer enn dobbelt så stor.

### 8.3 Om potensialet for inntektsøkning

Men det store spørsmålet er: *Hvor mye større kunne inntektene ha blitt hvis NTNU hadde forbedret sine resultater på utdanningsområdet?* Og selvfølgelig: *Hvor mye vil det koste NTNU å forbedre sine resultater?* For å svare på det første spørsmålet, har Avdeling for virksomhetsstyring (VIRK) og FTS-prosjektet sammen utviklet en regnearkbasert modell som sammenligner faktiske og «teoretisk maksimale» inntekter fra utdanningsvirksomheten. Dette kan gjøres både på studieprogramnivå og på ulike porteføljnivåer, f. eks. for hver programtype. Modellen kan anvendes på alle NTNUs studieområder, ikke bare på FTS-området.

De faktiske inntektene beregnes ut fra inntektsdriverne (dvs. studiepoeng og kandidater), mens de «teoretisk maksimale» inntektene legger til grunn en «perfekt verden» med følgende forutsetninger:

- At antall studenter som starter på et studieprogram er lik antallet studieplasser (opptaksrammen) for programmet
- At alle studenter følger normert progresjon, dvs 60 studiepoeng pr år
- At ingen studenter stryker

Dette er gode mål som NTNU generelt skal arbeide for å nå, men det er samtidig verken mulig eller ønskelig å oppnå dem fullt ut. For eksempel vil sykdom, permisjoner og planlagte deltidsstudier kunne gi nedsatt studieprogresjon, og det er vel heller ikke ønskelig å legge opp til at alle studenter alltid skal bestå alle eksamener. Men hva er så en *realistisk* maksimalt oppnåelig inntekt? Det er et godt spørsmål som ikke er utredet ennå.

Det går likevel an å gjøre noen enkle betraktninger som er nyttige. Én tilnærming er å ta utgangspunkt i en gitt resultatforbedring i forhold til dagens situasjon (f.eks. 10% eller 20% forbedring), og se på hvor stor inntektsøkning dette gir. Her er det viktig å være klar over at forbedringsrommet er begrenset oppad til «den perfekte verden», altså at den faktiske inntekten ikke kan overstige den teoretisk maksimale. *Maksimal forbedringsprosent* avhenger av forholdet mellom faktisk inntekt og teoretisk maksimal inntekt – et forhold vi kan kalle *resultatgraden*. Hvis resultatgraden er 60%, vil maksimal forbedringsprosent være  $(100 - 60)/60 = 67\%$ . Og hvis resultatgraden er 80%, vil maksimal forbedringsprosent være  $(100-80)/80 = 25\%$ . Jo bedre utgangspunktet er, jo mindre rom er det for forbedring – naturlig nok.

Tabell 5 viser noen modellresultater for FTS-porteføljen, både for porteføljen totalt sett og pr. hovedkategori av studieprogram. Faktisk og teoretisk maksimal inntekt er beregnet, likeså forholdet mellom dem (resultatgraden), maksimal forbedringsprosent og den teoretisk maksimale inntektsøkningen – altså hvor mye mer NTNU ville tjent i en «perfekt verden». Tabellen viser så hvor stor inntektsøkningen ville vært ved henholdsvis 10 og 20% resultatforbedring.

Vi ser at for hele FTS-porteføljen viser modellen en resultatgrad på 80%, maksimal forbedringsprosent på 26% og en teoretisk maksimal inntektsøkning på 206 mill. kr. Ved 10% resultatforbedring ville inntektsøkningen blitt 81 mill. kr., og ved 20% 161 mill. kr.

Tilsvarende resultater ser vi på hovedkategorinivå av programtyper, men det er noe variasjon i resultatgrad. Høyest ligger 5-årig master med 82% og lavest er bachelor med 78%.

	Faktisk inntekt	Teoretisk maksimal inntekt	Resultatgrad	Maksimal forbedringsprosent	Teoretisk maksimal inntektsøkning	Inntektsøkning ved 10% resultatforbedring	Inntektsøkning ved 20% resultatforbedring
Bachelor	207	266	78 %	29 %	59	21	41
2-årig master	139	182	76 %	31 %	43	14	28
5-årig master	459	563	82 %	23 %	104	46	92
<b>Hele FTS-porteføljen</b>	<b>805</b>	<b>1011</b>	<b>80 %</b>	<b>26 %</b>	<b>206</b>	<b>81</b>	<b>161</b>

Tabell 5: Estimerte inntektsøkninger for FTS-porteføljen i millioner kr, totalt og fordelt på hovedkategorier av studieprogramtyper. Kilde: Regnearkmodell fra VIRK/FTS

Siden modellen fremdeles er under utvikling og uttesting, og det er identifisert flere forbedringsmuligheter, så må de foreløpige resultatene tas med en klype salt. Prosjektet presiserer at dette er en grov modell og vil henstille om at resultatene ikke må oppfattes som offisielle eller presise tall, men som grove anslag for å illustrere noen viktige sammenhenger. Modellen ansukeliggjør etter prosjektets syn tre viktige poenger, nemlig at:

- Det er et betydelig potensial for inntektsøkning knyttet til NTNUs teknologistudier
- Det burde være mulig for NTNU å ta ut en betydelig del av dette potensialet gjennom kvalitetsforbedrende tiltak
- Potensialet varierer mellom programtyper, og også mellom ulike studieprogram innad i hver programtype.

De neste store spørsmålene blir da: *Hvordan kan NTNU forbedre sine teknologistudier på en slik måte at studiepoengproduksjonen og kandidatproduksjonen – og dermed inntektene – øker? Og ikke minst: Vil det være verdt det – ikke bare i økonomisk forstand (ved at de økte inntektene vil overstige kostnadene ved de kvalitetshevende tiltakene) – men ut fra en helhetsvurdering?*

Slike spørsmål kan ikke besvares nå, men vil være naturlig å komme tilbake til senere i prosjektet når ulike virkemidler skal vurderes som investeringer i utdanningskvalitet. Modellen illustrerer at handlingsrommet for å kunne iverksette tiltak som både er kvalitetsforbedrende og potensielt lønnsomme er betydelig – trolig større enn de de fleste ville antatt.

#### Anbefaling 17

Prosjektet anbefaler at:

Modellen for beregning av potensialet for inntektsøkning på utdanningsområdet videreutvikles og tas i bruk i ressursmessige vurderinger rundt NTNUs teknologitidutdanninger

Vi understreker her at FTS-prosjektets holdning til kvalitetsutvikling er tuftet på en «positiv spiral»-tenkning: Jo høyere kvalitet studiene har, og jo bedre de oppleves av studentene, jo mindre frafall, bedre gjennomføring og også bedre rekruttering vil det mest sannsynlig bli, fordi studentene blir mer motiverte, mer engasjerte, jobber mer, trives bedre, og i større grad søker seg til studiene pga. godt omdømme. Dette vil gi økte inntekter for NTNU - som altså igjen forutsettes satt inn på kvalitetsøkende tiltak. Slik kan man oppnå enda høyere kvalitet, som medfører enda lavere frafall, osv. En slik holdning representerer dog et visst «leap of faith», fordi man må velge å investere i tiltak som man tror vil føre til økt kvalitet og dermed mindre frafall *før* man har fått de forhåpentligvis økte inntektene.

## 8.4 Om kostnader på utdanningsområdet ved NTNU

Som forklart innledningsvis i kapitlet, så har prosjektet etter råd fra flere parter valgt å ikke gå nærmere inn på kostnadssiden ved å gjøre analyser av f.eks. kostnadsbildet på programtypenivå – dels fordi det er en krevende oppgave, og dels fordi nytteverdien av en slik øvelse er uklar.

Som eksempel kan vi se på den største kostnaden som er lønnskostnader: For å kunne beregne lønnskostnader per programtype, så må først lønnskostnadene beregnes for alle studieprogrammer av denne typen. Disse beregningene krever at alle programmer har en tydelig og oppdatert oversikt over alle som bidrar – vitenskapelig ansatte, innleide forelesere, laboratoriepersonell, sensorer m.fl. – og ikke minst, hvor mye de bidrar (hvor stor andel av deres stilling som kan regnes som bidrag inn i programmet). Videre kreves det at disse dataene effektivt kan kobles mot opplysninger om lønn eller honorar for den enkelte.

Prosjektets forståelse etter dialog blant annet med Avdeling for virksomhetsstyring er at datagrunnlaget for de programvise oversiktene er fragmentert, bare delvis oppdatert og preget av ulik praksis i fagmiljøene (noen normerer antall emner, andre antall timer) Likeledes antar prosjektet at det vil være en del utfordringer knyttet til å kunne hente ut data om lønn og honorar på individnivå knyttet til personvern hensyn, datagrunnlag m.m., men dette er ikke undersøkt nærmere.

Det som kan være nyttig er dog å få en bedre oversikt over det samlede kostnadsbildet på utdanningsområdet. Spesielt vil det være interessant å få god oversikt over hvilke ulike faktorer som inngår, og hva slags handlingsrom som finnes med tanke på å omprioritere ressurser innenfor det samlede kostnadsbildet.

Boks 8.1 viser de utdanningsrelaterte kostnadsdriverne ved NTNU på overordnet nivå. Disse kostnadsdriverne er delt inn i to kategorier – indirekte og direkte kostnader.

### Boks 8.1 – Kostnadsdrivere på utdanningsområdet ved NTNU

Indirekte kostnader:

- Studieadministrasjon (rekruttering, opptak, eksamen) – sentralt og lokalt
- Studentenes andel av sentrale IT-tjenester
- Arbeidsplass sats ansatte (areal, HR, ansattes andel av IT, mv.)
- Undervisningslokaler, studentarbeidsplasser og studentlaboratorier (felles ved NTNU)
- Bibliotek (allokert studenter)

Direkte kostnader:

- Lønn til vitenskapelig ansatte, faglig ledelse, innleide forelesere, læringsassistenter, laboratoriepersonell, sensorer
- Undervisning/veiledning per studiepoeng (porteføljebredde, timeplanlagt undervisning)
- Undervisning/veiledning per student (gruppestørrelse, timeplanlagt undervisning)
- Leiested
- Prosjektansatte teknisk-administrative (koordinering, laboratorier)
- Driftsmidler (studieturer, mm)

Kilde: Avdeling for virksomhetsstyring, NTNU

Tabell 6 viser fordelingen mellom direkte og indirekte kostnader pr fakultet.

	Direkte kostnader	Indirekte kostnader
ØK	63 %	37 %
AD	74 %	26 %
HF	76 %	24 %
IE	68 %	32 %
IV	68 %	32 %
MH	68 %	32 %
NV	82 %	18 %
SU	75 %	25 %
Vitenskapsmuseet	0 %	0 %
Fellesadministrasjonen	0%	100%
<b>NTNU</b>	<b>51%</b>	<b>49%</b>

Tabell 6: Fordeling av direkte og indirekte kostnader på utdanningsområdet på nivå 2. Kilde: Økonomiavdelingen NTNU



De indirekte kostnadene bestemmes i stor grad sentralt, så her har fagmiljøene liten påvirkningsmulighet utover det dekanene har i PBO-prosessen. De direkte kostnadene har fagmiljøene større mulighet til å påvirke. For eksempel vil både ulikheter i undervisnings- og vurderingsformer og variasjoner i antall emner som skal undervises og gruppestørrelse, kunne gi betydelige variasjoner i tidsbruk per ansatt, og mellom ulike fagmiljøer - og dermed lønnskostnader knyttet til utdanning. Når det er sagt, så er selvfølgelig ikke et ensidig fokus på kostnadsreduksjon veien å gå – kostnader må hele tiden vurderes opp mot nytten. Poenget her er at fagmiljøene har et betydelig handlingsrom, også når det gjelder å påvirke sitt kostnadsbilde på utdanningsområdet.

Målet må, slik FTS ser det, være å utnytte det økonomiske handlingsrommet man har til å få best mulig utdanningskvalitet og -relevans igjen for de ressursene man bruker – noe som igjen i seg selv kan føre til at det økonomiske handlingsrommet øker over tid.

# VEDLEGG

Vedleggene utgjør en viktig og integrert del av denne rapporten.

Vedleggene A, B, C, D og E utdyper – og beskriver kunnskapsgrunnlaget for – kapitlene 4–6.

Vedlegg F er en del av *essensen* i rapporten. Det inneholder prosjektets konkrete forslag til helhetlige og integrerte kompetanseprofiler for bachelor ingeniørfag, 5-årig master i teknologi og ph.d. (i teknologi). Vedlegget utgjør altså leveransen på resultatmål 4 for prosjektet – *Ønskede kandidatprofiler for fremtidens NTNU-teknologer*.

Vedlegg G gir et konkret eksempel på tilpasning av profilene til et studieprogram av en annen programtype.

Vedlegg H inneholder en oversikt over de eksisterende studieprogram som inngår i FTS-porteføljen, mens Vedlegg I gir en oversikt over de viktigste lov- og regelverk som påvirker utvikling av teknologiutdanningene ved NTNU. Til slutt følger i Vedlegg J en visualisering av de viktigste prosjektrelaterte aktivitetene som er gjennomført i prosjektets Fase 1, dvs. i perioden august 2019—juni 2020.

## Vedlegg A Omverden-analyse og drivere

«Despite the best-laid plans, the future is inherently unpredictable.»

Kilde: OECD-rapporten "Trends Shaping Education 2019"

### A.1 Bærekraftutfordringer i en globalisert og urbanisert verden gir økende kompleksitet og usikkerhet – og økende behov for samhandling på tvers av sektorer, fag og aktører

Den kanskje viktigste av alle internasjonale megatrender er at det globale utfordringsbildet frem mot 2030 vil være dominert av *bærekraftutfordringene*, som utfordrer hele verden klima-, miljø- og artsmangfoldsmessig, energi- og ressursmessig, politisk, sosialt og økonomisk, og – som korona-krisen har vist – også folkehelsemessig. FNs bærekraftmål<sup>87</sup> er verdens felles måltavle for å gi retning til arbeidet mot en bærekraftig fremtid. For en utdanningsinstitusjon som NTNU er det spesielt verdt å merke seg mål 4 - *God utdanning* – som skal "*sikre inkluderende, rettferdig og god utdanning og fremme muligheter for livslang læring for alle*". Ett av delmålene her er forøvrig å «*innen 2030 sikre at alle elever og studenter tilegner seg den kompetanse som er nødvendig for å fremme bærekraftig utvikling*».

FN-rapporten *The future is now: Science for Achieving Sustainable Development*<sup>88</sup> fra 2019 advarer samtidig tydelig om at utviklingen på mange områder dessverre går feil vei i forhold til å nå FNs bærekraftmål. Den peker også på de *gjensidige avhengighetene* (både positive og negative) mellom de ulike bærekraftmålene, og den store kompleksiteten i den samlede bærekraftutfordringen, som kan karakteriseres som et «(super-)wicked problem», noe som bl. a. gjør at det ikke gir mening å arbeide for hvert bærekraftmål uavhengig av de andre. Dette gir behov for *transformative* endringer<sup>89</sup> gjennom tverrfaglig og tverrsektoriell innsats, sterkere strategisk fokus på bærekraft hos alle relevante aktører gjennom tydeligere prioriteringer av og økte ambisjoner for innsatsen, og nye innovative partnerskap: «*The true transformative potential of the 2030 Agenda can be realised through a systemic approach that helps identify and manage trade-offs while maximising co-benefits.*» Under [sitt foredrag](#) under bærekraftkonferansen i Bergen i februar 2020 trakk medredaktør professor Peter Messerli konkret frem følgende tre utfordringer som de aller største når det gjelder å legge til rette for en bærekraftig fremtid:

- Stoppe/snu klimaendringene
- Stoppe/snu tap av biologisk mangfold
- Stoppe/snu økning i sosial/økonomisk ulikhet (innad i land)

Følgende seks «entry points» identifiseres i FN-rapporten som de viktigste aksene å arbeide langs for å kunne nå det samlede målbildet på en best mulig måte:

- Strengthening human well-being and capabilities

---

<sup>87</sup> <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

<sup>88</sup> [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR\\_report\\_2019.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR_report_2019.pdf)

<sup>89</sup> FN-rapporten definerer "transformation" som "*a profound and intentional departure from business as usual*".

- Shifting towards sustainable and just economies
- Building sustainable food systems and healthy nutrition patterns
- Achieving energy decarbonization and universal access to energy
- Promoting sustainable urban and peri-urban development
- Securing the global environmental commons

Dette impliserer blant annet at verden må ha fokus på gradvis utfasing av fossil energi og innfasing/utbygging av ren og fornybar energi, energieffektivisering, og generell tilrettelegging for nullutslippssamfunnet gjennom bl. a. økt bruk av trippel bunnlinje-tenkning (økonomisk, økologisk, sosialt), livsløp-analyser av produkter, prosesser og tjenester, bærekraftig bruk av stadig knappere naturressurser, og sirkulær økonomi. Videre må verden fortsette å håndtere en økende urbanisering, gjennom å skape byer som er smarte og bærekraftige – og i tillegg løpende gjøre kloke tilpasninger til «uunngåelige» konsekvenser av klimaendringer og miljøbelastning: Ekstremvær, flom, tørke, skogbranner, klimaflyktninger, utbredelse av uønskede arter, fall i matproduksjon, mangel på rent vann, utfall i kritisk infrastruktur, håndtering av avfall og forurensning, m.m.

Rapporten peker dessuten på at følgende fire «levers» (spaker) er de aller viktigste å «dra i» - og at de må benyttes i samspill - for å realisere en bærekraftig utvikling:

- *Governance*<sup>90</sup>
- *Economy and finance*
- *Individual and collective action*
- *Science and technology*

Utvikling av utdanningstilbud som bidrar til økt kompetanse på hvert av de ovennevnte områdene, og på forståelse for samspillet mellom dem (helhetlig samfunnsforståelse), blir dermed viktig for å kunne bidra til en bærekraftig utvikling. Tverrfaglighet og evne til tverrfaglig samhandling på tvers av disse fire samfunnsområdene blir også kompetanser som øker i viktighet. For teknologiområdet er det samtidig også viktig å merke seg at rapportens kapittel om “Science and technology” uttrykker optimisme med tanke på konkrete teknologiers bidrag: “*Rapid technological advances in computer sciences, artificial intelligence and biotechnologies*<sup>91</sup> hold the promise of providing solutions to many of the challenges facing the Sustainable Development Goals, including those that involve difficult trade-offs.”

OECDs rapporter “[Trends Shaping Education 2019](#)” og «[The Future of Education and Skills. Education 2030](#)» slår blant annet fast at utdanning har en viktig rolle å spille i å utruste studentene med ferdighetene som trengs for å lykkes i den globale framtida, herunder i bekjempelsen av klimaendringene, som også her karakteriseres som vår tids største utfordring<sup>92</sup>. Videre fremheves at utdanning har en viktig rolle å spille for å øke den politiske deltakelsen i samfunnet og for å fremme demokratisk statsborgerskap, herunder også større sosial samhörighet og tillit – samt i å hjelpe til å forstå, forhindre og redusere sikkerhetsrisikoer. Utdanning spiller også en avgjørende rolle i å utruste mennesker med nødvendige ferdigheter, kunnskaper og holdninger for å kunne trives i det moderne livet de lever, både privat og profesjonelt.

Rapportene reflekterer videre over hvordan utdanning, som så ofte blir sett på som først og fremst for de unge, kan komme eldre til gode: Hva er den beste måten å fremme en kultur for læring gjennom hele livet på – og hvordan kan dette utvides til ikke bare å omfatte livslang læring, men også

<sup>90</sup> «Styresett» på norsk.

<sup>91</sup> I Norge kalles disse gjerne «muliggjørende teknologier».

<sup>92</sup> Oversatt oppsummering er hentet fra [Ola Furres notat for FTS- og FHS-prosjektene](#).

berøre alle aspekter av livet, til trivsel mer generelt? Det påpekes også at når verden blir stadig mer digitalisert, så må utdanningssystemet tilpasse og utvikle seg for å dra nytte av verktøyene og styrkene til nye teknologier, samtidig som man adresserer bekymringer knyttet til potensielt misbruk.

Rapportene diskuterer så begrepet «kompetanse» i lys av disse refleksjonene, og foreslår et konkret rammeverk («OECD Learning Framework 2030») der kompetanse beskrives som et komplekst samspill mellom dybde- og breddekunnskap, ferdigheter, holdninger og verdier, samt evnen til å mobilisere alle disse dimensjonene i løsning av komplekse problemer.

## A.2 Teknologidrevet utvikling og digital transformasjon gir raskere endringer og økt usikkerhet

I rapporten [«The future of jobs 2018»](#) fra World Economic Forum (WEF) rangeres de ti kompetansene (ferdighetene) som antas å øke mest i viktighet i det globale arbeidslivet frem mot 2022 som følger:

1. Analytisk tenkning og innovasjon
2. Aktiv læring og læringsstrategier
3. Kreativitet, originalitet og initiativ
4. Teknologi-design og programmering
5. Kritisk tenkning og analyse
6. Kompleks problemløsning
7. Lederskap og evne til sosial innflytelse
8. Emosjonell intelligens
9. Resonnering, problemløsning og unnfangelse av idéer («ideation»)
10. Analyse og evaluering av systemer

For Vest-Europa er WEFs bilde det samme, men med noe ulik innbyrdes vektning av viktighet («Kreativitet, originalitet og initiativ» på topp, fulgt av «Analytisk tenkning og innovasjon», og deretter «Aktiv læring og læringsstrategier»).

Bakgrunnen for denne prognosen ligger i trendanalyser (både i regi av WEF og andre) som viser at maskiner, roboter og kunstig intelligens vil ta over en stadig økende andel av oppgaver som i dag gjøres av mennesker, noe som skyver menneskets unike bidrag og merverdi i jobbsammenheng oppover i «næringskjeden» av oppgavekompleksitet. Av samme grunn antas også at bl. a. behov for manuell dyktighet og presisjon, god hukommelse, evne til styring av finansielle og materielle ressurser, kompetanse på installering og drift av teknologi, lese- og skriveferdigheter, kompetanse på kvalitetskontroll og «safety awareness», samt evne til koordinering og tidsstyring vil gå ned. Andelen nye yrkesroller som ikke er kjent da rapporten ble skrevet (2018) antas i samme rapport å være 27 % i 2022, mens andelen av daværende yrkesroller som vil være overflødige i 2022 ble antatt å ligge på 21 %.

De fremvoksende teknologiene som i størst grad bidrar til denne utviklingen (og i størst grad forventes å bli tatt i bruk av industri og næringsliv på tvers av bransjer og sektorer) er ifølge WEFs undersøkelser stordata-analyse, tingenes internett (IoT), maskinlæring, app- og web-basert markedstilgang, cloud computing, AR/VR, digital handel, kryptering, og nye materialer. Teknologibildet er med andre ord dominert av ulike digitale teknologier.

Flere internasjonale kilder peker på at såkalt [algoritmisk tenkning](#) («computational thinking») er en kompetansedimensjon som forventes å bli stadig viktigere etter hvert som digitale løsninger,

automatisering, kunstig intelligens og datadrevet metodikk griper mer og mer om seg med stadig høyere hastighet. Å lære algoritmisk tenkning (f. eks. gjennom programmering, men ikke nødvendigvis) innebærer at man lærer *generell tankegang og konsepter* som ligger bak informasjonsteknologi, og dermed utvikler mer generell forståelse, ikke bare evne til å bruke konkrete digitale verktøy som snart vil kunne være utdaterte. Det å lære algoritmisk tenkning ser (iflg. bl. a. OECDs bok [OECD Skills Outlook 2019: Thriving in a Digital World](#) og analyser fra [Center for Curriculum Redesign](#), bl. a. i boken [Four-dimensional Education](#)) også mer generelt ut til å kunne styrke viktige fremtidskompetanser som matematisk (analytisk, konseptuell) og kritisk tenkning, samt kreativitet. Å lære algoritmisk tenkning gjennom programmering ser dessuten ut til å kunne styrke dybdelæring og øke kompetanse også i matematikk, teknologiforståelse og generell problemløsning. Dette taler for at integreringen av IT, matematikk og teknologiske fag i ingeniør- og teknologiutdanninger bør styrkes.

### A.3 Nasjonale særtrekk og trender

Nedenfor oppsummeres noen viktige *nasjonale* særtrekk og trender som prosjektet mener direkte eller indirekte vil påvirke, eller bør hensyntas i, strategisk utvikling innenfor utdanningssektoren generelt – og NTNU og NTNUs teknologistudier spesielt:

- Norge har et høyt velferdsnivå, og scorer høyt på internasjonale undersøkelser om levekår og livskvalitet.
- Norges økonomi og velferd er p.t. fremdeles svært avhengig av inntekter fra olje- og gassnæringen.
- Den «norske modellen», trepartssamarbeidet i arbeidslivet, og et politisk stabilt og demokratisk samfunn med relativt små ulikheter, høy tillit mellom aktører og en kultur for kunnskapsbasert debatt har vist seg å være produktivets-, innovasjons- og omstillingsmessige fortrinn som bidrar til samarbeid og kunnskapsdeling.
- Norge scorer generelt høyt på digital modenhet og penetrasjon.<sup>93</sup> Norsk offentlig sektor er blant verdens mest digitaliserte, og er i kraft av sin størrelse også en betydelig driver av samfunnsutvikling – stat, regioner og kommuner har stor bestillermakt og store ressurser.
- Norges befolkning har et høyt utdanningsnivå, og Norge har lovfestet rett til gratis utdanning for alle. Universitetene er i hovedsak offentlige.
- Norge har et høyt lønns- og prisnivå i internasjonal sammenheng, spesielt i det som gjerne regnes som lavtlønnsyrker.
- Norsk næringsliv er dominert av små og mellomstore bedrifter.
- Norge har, bl. a. gjennom olje- og gassnæringen, vist evne til å utvikle verdensledende generisk teknologi med betydelig overføringsverdi til andre bransjer.
- Norge har sterke forsknings- og utviklingsmiljøer og verdensledende industri bl. a. innenfor IKT, industriell økologi, smart/automatisert produksjon, kjemisk prosess teknologi, marin og maritim teknologi, autonome fartøy, elektrisk energi, mikroelektronikk og forsvarsteknologi.
- Norge har i Statens Pensjonsfond Utland («Oljefondet») et av verdens største investeringsfond – ca 10.000 milliarder kroner før korona-krisen inntraff.
- Norge har nasjonal kontroll over store naturressurser (hav, vannkraft, olje og gass, fisk, mineraler, skog), god og stabil tilgang på ren, billig energi og elektrisitet via vannkraft, og er verdensledende på elektrifisering av blant annet bilparken.
- Norge sitter på store og viktige datasett (bl. a. innenfor helsesektoren, energisektoren, transportsektoren), som kan bidra til verdiskaping, samfunnsutvikling og industriell utvikling i en mer datadrevet fremtidsøkonomi.

---

<sup>93</sup> Norge var nr. 4 i verden i WEFs kåring over verdens mest IKT-modne nasjoner i 2016.

- Norge har en liten og åpen økonomi og er avhengig av gode handelsforbindelser og internasjonale markeder – og har full tilgang til EUs indre marked gjennom EØS-avtalen.
- Norges CO<sub>2</sub>-utslipp per capita (2017: 8.4 tonn) ligger betydelig over snittet for verdens land (2017: 4.8 tonn).
- Norge har så langt kommet bedre fra korona-krisen enn de fleste land i verden – vi har «penger på bok» gjennom Statens Pensjonsfond Utland, og kontroll på smitten med lave dødstall så langt – men SSB forventer likevel en betydelig krymping av norsk økonomi og en potensielt langvarig økonomisk nedgangstid.
- Norge står foran betydelige demografiske endringer i form av en kommende eldrebølge.

De ovennevnte særtrekkene har blant annet som konsekvens at

- Norge har et stort og økende behov for å erstatte inntekter og verdiskaping fra olje- og gassvirksomhet med inntekter og verdiskaping fra mer bærekraftige næringer – gjennom å utvikle nye lønnsomme, bærekraftige eksportnæringer og skape nye trygge arbeidsplasser.
- Det er behov for en betydelig nasjonal omstilling for at Norges bidrag til verdens klimamål skal kunne realiseres.
- Det er et betydelig behov for kompetanse- og forretningsmessig omstilling hos mange viktige næringslivsaktører og innen mange sektorer.
- For å opprettholde velferdsnivået med en aldrende befolkning må flere stå lenger i jobb, noe som øker behovet for livslang læring.
- Norges samfunnsmessige særtrekk ligger godt til rette for utvikling av tettere samarbeid mellom myndigheter, arbeidstakere, arbeidsgivere og utdanningsinstitusjoner rundt bl. a. livslang læring.
- Norge har samtidig (fremdeles) et samfunnsmessig, økonomisk og utdanningsmessig godt utgangspunkt for videre utvikling etter oljealderen - og har (fremdeles) økonomiske muskler til å kunne gjøre nødvendige investeringer i forskning, utdanning, ny kunnskap og ny teknologi.
- Norge er kompetanse- og infrastrukturmessig godt posisjonert til å kapitalisere på digital transformasjon (og fortsatt elektrifisering) av samfunnet.
- Norge bør som samfunn være attraktivt for utenlandsk arbeidskraft og kompetanse i fremtiden.
- Norge bør satse spesielt på avanserte næringer som krever høy teknologisk kompetanse.

Hvilke konsekvenser har så disse særtrekkene og trendene for *kompetansebehovene* i et fremtidig Norge?

#### A.4 Nasjonale analyser av kompetansebehov

[Nasjonal kompetansepolitisk strategi 2017 – 2021](#), utviklet på oppfordring fra OECD, har som mål «å bidra til at enkeltmennesker og virksomheter har en kompetanse som gir Norge et konkurransedyktig næringsliv, en effektiv og god offentlig sektor, og gjør at færrest mulig står utenfor arbeidslivet». Strategien slår fast at sentrale utfordringer i utviklingen av en kompetansepolitikk er å

- Inkludere flere i et næringsintensivt næringsliv
- Ivareta den norske arbeidslivsmodellen som fremmer læring og produktivitet
- Benytte innvandreres kompetanse bedre
- Utnytte mulighetene som følger av global konkurranse og teknologisk utvikling
- Sikre kompetansen<sup>94</sup> som trengs for å utvikle fremtidens løsninger<sup>95</sup>.

<sup>94</sup> Strategien slår forøvrig fast at «Kompetanse kan defineres som evnen til å løse oppgaver og mestre utfordringer i konkrete situasjoner, og inkluderer kunnskaper, ferdigheter og holdninger».

<sup>95</sup> Inkludert å møte også «ukjente kompetansebehov» i fremtiden.

Strategien peker ut utviklingstrekkene *klima- og miljøutfordringer, teknologisk utvikling (spesielt digitalisering) og internasjonalisering* som hoveddrivere for fremtidens kompetansebehov, og peker på behovet for løsninger basert på kompetanse i hele bredden av teknologi, realfag, økonomi, humaniora og samfunnsfag, oppdatert kunnskap knyttet til digitalisering og avansert produksjon, kompetanse som bidrar til å utvikle og vedlikeholde kritisk infrastruktur, og kompetanse knyttet til økende samhandling over språk- og kulturgrenser.

Strategien peker også på at raskere utvikling og økende krav til omstillingsevne gir økt behov for karriereveiledning for den enkelte gjennom utdannings- og karriereløpet, og at det både er behov for å styrke samarbeidet mellom utdanningssektoren og arbeidslivet for å fremme utdanningenes kvalitet og relevans, og ikke minst å forstå fremtidens kompetansebehov bedre. Det er videre formulert strategiske mål rundt å utvikle fleksible EVU-tilbud med kvalitet og relevans og med god kobling til arbeidslivets behov – og styrking og videreutvikling av digital kompetanse spesielt.

Som en oppfølging av kompetansestrategien ble [Kompetansebehovsutvalget \(KBU\)](#) satt ned, med mål om å kartlegge fremtidige behov for kompetanse (definert av KBU som summen av, og samspillet mellom, *ferdigheter, kunnskap, forståelse, egenskaper, holdninger og verdier*) i Norge. Så langt har KBU utgitt tre rapporter: [Fremtidige kompetansebehov I – Kunnskapsgrunnlaget \(NOU 2018:2\)](#), [Fremtidige kompetansebehov II – Utfordringer for kompetansepolitikken \(NOU 2019:2\)](#) og [Fremtidige kompetansebehov III – Læring i alle ledd \(NOU 2020:2\)](#). KBU er forøvrig nylig (23/4-20) blitt besluttet videreført - med [justert mandat](#) og sammensetning.

Overordnet slår utvalget i sin første rapport fast at

- *Kompetansenivået i Norge er bra, men det bør bli bedre.*
- *Det er betydelige rekrutteringsproblemer for noen yrker<sup>96</sup>.*
- *Tilgangen på kompetent arbeidskraft følger bare delvis etterspørselen.*
- *Arbeidslivet er en sentral læringsarena.*
- *Kompetansebehov er vanskelige å forutse på lang sikt<sup>97</sup>*
- *Digitalisering og automatisering endrer kompetansebehovene<sup>98</sup>.*

Disse punktene peker samlet sett i retning av at fremtidens utdanninger bør ha betydelig fokus på «robuste» kompetanser, det vil si unikt menneskelige og personlige kompetansedimensjoner som ikke enkelt kan overlates til maskiner, samt relevante basiskunnskaper med «tidløse» kvaliteter. I tillegg indikerer de (helt i tråd med den nasjonale kompetansestrategien) at det samtidig blir viktig med en tydelig strategi for å bidra dynamisk til livslang læring - og at utdanningsinstitusjonene bør legge vekt på å opprettholde en løpende dialog med arbeidslivet og samfunnet forøvrig, omkring både innhold og kompetanseutvikling i utdanningene, livslang læring, og dimensjonering av ulike typer studieområder.

---

<sup>96</sup> Spesielt nevnt blir bl. a. teknisk-vitenskapelig spesialistkompetanse innen områder som kryptologi og datasikkerhet, sivilingeniører innenfor bygg og anlegg, og programvareutviklere.

<sup>97</sup> Fremskrevet tilgang på arbeidskraft med høyere utdanning forventes samlet sett å øke mer enn fremskrevet etterspørsel etter arbeidskraft med høyere utdanning, men SSB forventer likevel ikke økt arbeidsledighet for arbeidstakere med høyere utdanning, pga. at noen arbeidstakere med høyere utdanning vil utkonkurrere arbeidstakere med lavere utdanning.

<sup>98</sup> Økt bruk av teknologi gir økt etterspørsel etter høyt utdannet arbeidskraft, og teknologiske, sosiale, emosjonelle, og høyere kognitive ferdigheter blir samtidig viktigere.



KBU har i sitt videre arbeid med kompetansebehov på lang sikt benyttet *scenarietenkning*. *Samfunnsøkonomisk analyse (SØA)*<sup>99</sup> har på oppdrag fra utvalget utviklet scenarier basert på en modell med fem sentrale endringskrefter:

- Grad av aksept for å ta i bruk nye teknologiske løsninger
- Grad av prioritering av eksportrettede teknologinæringer
- Grad av internasjonal proteksjonisme
- Befolkningens preferanse for klima- og miljøvennlige løsninger
- Befolkningens preferanse for egen fritid.

Selv om KBU karakteriserer oppgaven med å kartlegge kompetansebehov på lang sikt som kompleks, og minner om at *«usikkerheten taler for betydelig varsomhet ved bruk av fremskrivningene som grunnlag for vurderinger av fremtidige kompetansebehov»*, så er det noen trender og konklusjoner som fremstår relativt robuste på tvers av de ulike scenariene som er utviklet. I og med at ingen av scenariene er fremhevet som mer sannsynlige enn de andre fokuserer vi derfor på disse robuste trendene her fremfor å gå inn på enkeltscenarier.

I alle scenariene *øker sysselsettingen av personer med lang høyere utdanning sterkt*, og mer enn i SSBs fremskrivninger<sup>100</sup> - fra under 300 000 personer i 2017, til mellom 350 000 - 600 000 i 2040. Sysselsettingen av personer med henholdsvis *kort høyere utdanning eller doktorgrad øker også* i alle tre scenarioene. Behovet for sysselsatte med doktorgrad øker fra 30 000 personer i 2017 til mellom 50 000 og 85 000 i 2040.<sup>101</sup> Sysselsettingen av personer med *utdanning innen naturvitenskapelige fag, håndverksfag og teknologi vil øke* under alle scenarier, men hvilket nivå og mer spesifikke fag det særlig vil bli vekst innenfor, avhenger av hvilket spesifikt scenario man er i. Generelt finner man dog også her at *teknologisk utvikling vil føre til at enkelte arbeidsoppgaver automatiseres og jobber fases ut*, mens det vil bli *økt behov for spesialisert teknologisk arbeidskraft*. Hvor rask utviklingen er og hvilket omfang av kompetansebehov det er snakk om varierer dog mellom scenariene.

KBUs ferske tredje rapport ser også på kompetansemangler og drivere for endrede kompetansebehov i arbeidslivet og – mer generelt – i samfunnet.<sup>102</sup> Den analyserer

---

<sup>99</sup> Se <http://www.samfunnsokonomisk-analyse.no/>

<sup>100</sup> Denne utviklingen underbygges i et 5-års perspektiv også av tall fra [NHOs Kompetansebarometer 2019](#), som slår fast at etterspørselen etter høyere utdanning frem mot 2024 generelt er økende, og at 80 % av de største bedriftene i perioden vil ha behov for ansatte med master, bachelor og fagutdanning, mens 20 % har behov for ansatte med doktorgrad. Ser man på alle bedrifter er det i alt 43 % som har behov for ansatte med bachelorgrad, 34 % ansatte med mastergrad og 6 % ansatte med doktorgrad i samme periode.

<sup>101</sup> NHOs Kompetansebarometer 2019 har også undersøkt bedrifters *motivasjon for å ønske seg ansatte med doktorgrad*, noe som kan være interessant i forhold til å kartlegge forventninger til doktorandenes kompetanse. *Eget forsknings- og utviklingsarbeid (FoU)* er det hyppigst oppgitte formålet med å hente inn ansatte med doktorgrad, men over en tredel svarer også at de har behov for doktorander uten at de har egen FoU-aktivitet. En generell styrking av bedriftens kompetanse oppgis som formål av rundt halvparten av bedriftene, mens rundt 45 % oppgir de trenger doktorander til samarbeid med eksterne forskningsmiljøer (universiteter, høyskoler og forskningsinstitutter mv.) og som konkurransefortrinn ovenfor konkurrenter og oppdragsgivere. Dette skulle indikere at bedriftene ser behov for flere typer kompetanse (bl. a. formidlings- og kommunikasjonsevne, samarbeidsevne, forretningsforståelse, brukerforståelse) enn ren faglig ekspertise også hos doktorander.

<sup>102</sup> For å sitere KBU: *«Samfunnets kompetansebehov er mer enn arbeidslivets kompetansebehov. Det krever kunnskaper og ferdigheter å forholde seg til offentlige debatter, forståelse for politiske beslutningsprosesser og kjennskap til hvordan man fremmer sin sak og gjør sin stemme hørt. Medborgerskap forutsetter i tillegg at alle*

arbeidslivsrelevans, gjennomføring og kjønnsfordeling i høyere utdanning, samt ser nærmere på forskjeller i deltakelse i læringsaktiviteter i arbeidslivet. Innenfor teknologiområdet pekes det spesielt på *mangel på IKT-utviklere* som et kompetansemessig problem. Dette trekkes frem som ett eksempel på et fenomen som utvalget peker på som et mer strukturelt problem: Mismatch mellom *dimensjonering* av utdanningstilbudet - som er delvis søkerstyrt, og delvis (som i tilfellet IKT-utviklere) begrenset av tilgjengelig kapasitet i utdanningssystemet – og *behovene* i arbeidsmarkedet.

Overordnet peker utvalget på at det så langt ikke ser ut til å være fare for at antall jobber samlet sett faller som en konsekvens av teknologiutviklingen – heller tvert om – men at raskere endring i kompetansebehov, med påfølgende økt behov for, men også styrket *evne til* livslang læring, er en mulig konsekvens. Utvalget slår også fast at arbeidslivet og samfunnet vil ha behov for en stor variasjon av fag- og kompetanseprofiler, men at det for alle typer arbeidsgivere vil være viktig at de ansatte har solide grunnleggende (kognitive), etiske, digitale, sosiale og emosjonelle ferdigheter *i tillegg til* nødvendig faglig kompetanse – og god samfunnsforståelse. De kognitive, digitale, sosiale og emosjonelle ferdighetene betegnes som selve fundamentet for kompetanse, og det påpekes at de vil få større betydning i fremtiden, at de påvirker hverandre, at de gir enkeltpersoner evne til å tilpasse seg kompetansebehov i stadig endring, og derfor sammen utgjør en verdifull og fremtidsrettet kompetanse.

Utvalget finner generelt at arbeidslivsrelevansen i høyere utdanning er god, men at varierende kvalitet i praksis er en særlig utfordring. Det påpekes samtidig også at det finnes vedvarende kunnskapshull knyttet til vurdering av kompetanse, deriblant manglende innsikt i hvordan bruk av digitale læremidler og teknologiplatformer faktisk påvirker læringsutbytte, manglende kartlegging av forventede kompetanseendringer pga. grønt skifte, lite innsikt i kvalitetsforskjeller knyttet til praksis i høyere utdanning, og manglende kunnskap om hvordan læring skjer i arbeidslivet.

Som mange påpeker, i en raskt omskiftende verden kan spesifikke kompetansebehov langt frem i tid være utfordrende å beskrive. Men for å sitere KBU: *«Uansett fremtidige kompetansebehov er det viktig at høyere utdanningsinstitusjoner utdanner kandidater som har gode grunnleggende ferdigheter, er omstillingsdyktige, og har god læringsvilje og -evne. Gode samarbeidsevner og kommunikasjonsferdigheter er viktige i arbeidslivet, i tillegg til gode fagspesifikke ferdigheter.»* Dette underbygges bl. a. av tall fra undersøkelser (Støren m fl 2017) som viser at på bachelor- og masternivå er de mest relevante ferdighetene - iflg. arbeidsgivere i Norge – rangert til å være i) Formidlingsevne, ii) IT-kompetanse, iii) Evne til å knytte kontakter, iv) Analytiske ferdigheter, v) Evne til å utføre spesifikke yrkesoppgaver og vi) Innovasjonsevne.

KBUs tredje rapport viser også til analyser fra OECD (2018) som *«anbefaler en rekke tiltak for å styrke arbeidslivsrelevansen i norsk høyere utdanning ytterligere, herunder styrking av samarbeidet mellom arbeidslivets parter og høyere utdanningsinstitusjoner, økt innslag av arbeidsrettet praksis i utdanningsløpene samt varierte læringsmetoder»*, og *«poengterer at norsk høyere utdanning bør utvikle aktive læringsmetoder og vektlegge ferdigheter som kreativitet, problemløsning og samarbeid, i tillegg til fagspesifikk kunnskap. Disse ferdighetene er etterspurt i arbeidslivet, og læres*

---

*evner å vurdere informasjon og påstander kritisk. Informasjonstilfanget i samfunnet øker. Kunnskap og forståelse om å kunne vurdere kilder, og verdier, holdninger og etiske vurderinger av formidling og deling av informasjon, er blitt stadig viktigere. Innbyggerne i Norge trenger stadig mer avanserte digitale ferdigheter for å kommunisere med myndighetene og for å kunne forholde seg til offentlige og private tjenesteytere.»*

Om høyere utdanning kommenteres at *«Høyere utdanningsinstitusjoner skal også bidra til å løse samfunnets fremtidige kompetanseutfordringer, kunnskapsutvikling og dannelse i form av kritiske og reflekterte samfunnsborgere, for å nevne noe. Klima- og miljøutfordringene er et eksempel på et område hvor høyere utdanningsinstitusjoner spiller en nøkkelrolle i form av utvikling og formidling av kunnskap og innsikt om hvordan disse kan løses.»*

*på andre måter enn gjennom tradisjonelle forelesninger. OECD fremhever også at viktige kompetanser i det 21. århundre er evne til kritisk tenkning, kreativitet og samarbeidskompetanse.»*

Om *digital kompetanse (IT-kompetanse)* sier KBU at dette begrepet omfatter «*evnen til å ta i bruk digitale teknologier, men også forståelse av personvern, informasjonssikkerhet og andre forhold knyttet til problemløsning i et digitalt miljø.*» Blant arbeidsgivere dokumenterer utvalget at mer enn syv av ti virksomheter som har ansatt nyutdannede bachelorer eller mastere oppgitt at IT-kompetanse har vært ganske viktig eller svært viktig for ansettelsen, mens kun 8 % sier at det ikke er viktig overhodet. I kommunesektoren oppgir nær 95 % av alle råd- og fylkesrådmenn at de har behov for å utvikle IKT-ferdigheter/digital kompetanse hos sine medarbeidere. Digital kompetanse er også den typen kompetanse som flest av dagens arbeidstakere (67 %) føler behov for påfyll av, noe som indikerer et stort behov for velfungerende EVU-tilbud innenfor digitaliseringsområdet.

Når det gjelder rekruttering av digital kompetanse i offentlig sektor har over halvparten av statlige virksomheter, fylkeskommuner og kommuner med mer enn 20 000 innbyggere forsøkt å rekruttere IKT-spesialistkompetanse i løpet av det siste året, og mer enn 70 % av disse igjen har hatt vanskeligheter med å rekruttere. Andelen statlige virksomheter som har hatt slike vansker har nær doblet seg siden 2016, fra 38 % til 73 %. Alt dette peker i retning av et stort og svært raskt økende behov for IKT-kompetanse på tvers av næringer og virksomhetstyper både i privat og offentlig sektor. Dette ble forøvrig understreket allerede i Stortingsmeldingen [Digital agenda for Norge \(Meld. 27 2015 – 2016\)](#), hvor det pekes på økende behov både for avansert IKT-kompetanse (definert som IKT-tunge studier fra bachelornivå og oppover<sup>103</sup>, med størst forventet økning i etterspørsel på master- og ph.d.-nivå), og for tverrfaglig kompetanse med betydelig IKT-innslag.<sup>104</sup>

Fremtidige kompetansebehov innenfor digitalisering og digitale teknologier er også nylig omhandlet i den nasjonale og bredt forankrede strategiprosessen [DIGITAL21](#) (som NTNU forøvrig bidro betydelig til). Her slår man fast at utdanningssystemet så langt har vist utilstrekkelig tilpasningsevne til å svare på det raskt økende behovet for digital kompetanse. Videre påpekes også her at behovet for «påfyll» av digital kompetanse blant arbeidstakerne er stort. Man minner om at arbeidsgiverne, blant annet gjennom undersøkelser i regi av Abelia og IKT-Norge, har dokumentert både at det utdannes for få kandidater innenfor IKT-fag, at tilførte ekstra studieplasser så langt ikke er tilstrekkelig til å kompensere for denne underdekningen, og at det finnes mange godt kvalifiserte og motiverte søkere som ikke får plass på denne typen utdanninger. Utdanningsinstitusjonene oppfordres derfor til å vise større fleksibilitet knyttet til (om-)disponering innenfor sine egne ressursrammer mellom ulike utdanningsretninger. Helt konkret anbefaler DIGITAL21 at utdanningssektoren

- øker antall studieplasser i STEM-fagene generelt
- øker utdanningskapasiteten mhp. IKT-kandidater spesielt
- innfører en allmenn digital komponent i all høyere utdanning, og
- styrker satsingen på profesjonsfaglig digital kompetanse, bl. a. i etter- og videreutdanningstilbud,

---

<sup>103</sup> Meldingen slår fast at «*På nasjonalt nivå er det derfor viktig å øke antallet kandidater innen avansert IKT-kompetanse. Det er en rekke utdanningsveier som gir ulike former for avansert IKT-kompetanse. Det gjelder studier som informasjonsteknologi- og informatikkstudier, ingeniør- og sivilingeniørstudier og andre IKT-studier innen humanistiske, estetiske-, økonomiske og samfunnsfag.*»

<sup>104</sup> «*I tillegg til rene IKT-spesialister, ser vi at tverrfaglig kompetanse – hvor IKT-kompetanse er kombinert med annen type fagkompetanse blir mer etterspurt. Utfordringer knyttet til utnyttelse og håndtering av store og komplekse datamengder (se kapittel 14 om stordata) fører for eksempel til behov for kompetanse innen statistikk og analyse.*»

og til slutt at det etableres et partnerskap med basis i trepartssamarbeidet – men også med utdanningssektoren inkludert - med mål om å få til en koordinert satsing på digital kompetanse.<sup>105</sup> Strategien anbefaler forøvrig at Norge satser spesielt på de muliggjørende teknologiene *kunstig intelligens, tingenes internett (IoT), autonome systemer og stordata*, samtidig som *cybersikkerhet* identifiseres som et essensielt underliggende premiss for alle digitale satsinger.

Kunstig intelligens (KI/AI) er forøvrig det eneste digitale teknologiområdet som så langt har fått sin egen [nasjonale strategi](#). Strategien, som ble lansert 14/1-20, slår fast at «Norge skal ha avansert kompetanse, også innenfor grunnleggende IKT-forskning og KI-forskning, for å kunne forstå og dra nytte av endringer i teknologiutviklingen. Til det kreves gode studietilbud som samsvarer med de ulike sektorenes behov for både avansert kompetanse i kunstig intelligens og kompetanse i grunnleggende fag som statistikk, matematikk og informatikk.» Videre sies det at «høyere utdanningsinstitusjoner bør vurdere hvordan temaer med relevans for kunstig intelligens kan bli en integrert del av utdanningene på områder som vil bli endret av kunstig intelligens fremover» og det slås fast at Regjeringen vil «ha tydelige forventninger til at studiestedene dimensjonerer og innretter studietilbudet innenfor KI i henhold til forventede behov i arbeidsmarkedet, og at KI integreres i etablerte studieprogrammer der det er relevant». Om livslang læring og kompetanseutvikling i arbeidsmarkedet knyttet til KI sier strategien blant annet at Regjeringen vil «støtte utvikling av fleksible videreutdanningstilbud, slik at universiteter og høyskoler kan søke om midler til å utvikle tilbud innenfor KI», og «utarbeide en strategi for digital kompetanse i offentlig sektor». Så vidt vi vet p.t. har det dog ikke kommet flere detaljer om dette etter lanseringen av strategien.

## A.5 Forventninger til norske høyere utdanningsinstitusjoner generelt, og NTNU spesielt

Vi oppsummerer her de forventninger FTS via ulike kilder og undersøkelser har kartlagt fra de viktigste gruppene interessenter i høyere utdanning: samfunnet (uttrykt gjennom signaler fra myndighetene), arbeidslivet, studentene, og universitetets egne ansatte.

### Fra norske myndigheter og «storsamfunnet»

[Ola Furres rapport](#) til FTS og FHS (høst 2019) oppsummerer hovedtrekkene i en del sentrale nasjonale policydokumenter, deriblant den nasjonale [Langtidsplan for forskning og høyere utdanning 2019-2028](#). Planen har tre overordnede mål, og tilsammen 10 delmål under disse:

- 1) *Styrket konkurransekraft og innovasjonsevne*
  - a) stimulere forskning og utvikling som grunnlag for grønn omstilling, konkurransekraft og innovasjonsevne
  - b) legge til rette for forskningsbasert næringsliv, bedre samspill mellom akademia, næringslivet og offentlig sektor
  - c) legge til rette for økt digitalisering og bruk av ny teknologi
- 2) *Møte store samfunnsutfordringer*
  - a) satse på utdanning, forskning og teknologiutvikling som bidrar til å nå klima- og miljømålene

---

<sup>105</sup> Denne anbefalingen er helt i tråd med forslaget om et «firepartssamarbeid» rundt livslang læring som ble løftet under FTS' og FHS' workshop sammen med NTNUs Råd for samarbeid med arbeidslivet 20/10-19.

- b) legge til rette for forskning og innovasjon for økt kvalitet og effektivisering i offentlig sektor
- c) øke kunnskapen om hva som kan bidra til at færre faller utenfor arbeidslivet og at flere står lenger i arbeid, samt belyse utfordringer knyttet til migrasjon og en aldrende befolkning

### 3) Utvikle fagmiljøer av fremragende kvalitet

- a) satse på unge talenter for å bygge fremtidens fremragende fagmiljøer
- b) legge til rette for at norske fagmiljøer samarbeider med og er del av de beste miljøene internasjonalt
- c) bidra til at studenter, undervisere og forskere har tilgang til vitenskapelig utstyr og infrastruktur i verdensklasse
- d) legge til rette for økt mangfold, større åpenhet og høy etisk standard i forskning og utdanning

Langsiktige faglige prioriteringer i planen er innenfor hav; klima, miljø og miljøvennlig teknologi; fornyelse i offentlig sektor og bedre offentlige tjenester; muliggjørende og industrielle teknologier; samfunnsikkerhet og samhørighet i en globalisert verden. 250 MNOK settes av til satsing på utdanningskvalitet. I tillegg vil regjeringa satse videre på campusutvikling, med noen overordnede mål, deriblant utdanningskvalitet.

I utredningen [Lærekraftig utvikling – Livslang læring for omstilling og konkurranseevne \(NOU 2019: 12\)](#) defineres **kompetanse** til å omfatte «*en persons kunnskaper, ferdigheter, evner og holdninger og hvordan disse brukes i samspill*», mens begrepet **livslang læring** viser til «*det utdanningspolitiske prinsippet om at alle skal ha mulighet til å tilegne seg ny kunnskap og utvikle evnene sine gjennom hele livet.*» Utredningen identifiserer følgende utfordringer når det gjelder å få norske utdanningsinstitusjoner til å utvikle et tilbud som kan ivareta det voksende behovet for livslang læring:

- Snevre unntak i egenbetalingsforskriften
- Det er billigere å ha store emner enn små
- Kandidatindikatoren virker mot livslang læring
- Avkortning av resultatmidler gjør det vanskelig å sette i gang tilbud

Regjeringen har nylig (i pressemelding om «Lære hele livet»-reformen 22/4-20) varslet at «*systemet for egenbetaling i høyere utdanning skal gjennomgås med tanke på å tilpasse dette for personer i arbeid, samtidig som gratisprinsippet for ordinære utdanninger skal ligge fast*», men utover dette oppfatter vi fremdeles at beslutninger vedr. endringer i politiske og juridiske rammebetingelser og inntektsfordelingsmodeller for å imøtekomme ovennevnte utfordringer (i tråd med anbefalinger på tiltak på utvalget bak utredningen) ikke er avklarte. Dette har så langt komplisert arbeidet i FTS-prosjektet med å gi konkrete råd knyttet til nye forretningsmodeller/-strategier som kunne styrke NTNUs tilbud for livslang læring gjennom mer effektiv utnyttelse av eksisterende portefølje.

Stortingsmeldingen [Kultur for kvalitet i høyere utdanning \(Meld. St. 16, 2016-2017\)](#)

(«Kvalitetsmeldingen») er et sentralt nasjonalt styringsdokument for høyere utdanning. Den bygger på en erkjennelse av at kvalitet i utdanningen i hovedsak skapes lokalt og er kulturavhengig, samtidig som tiltak og rammebetingelser fra myndighetene kan legge til rette for lokalt arbeid for kvalitet. Overordnede mål i meldingen er

- Kunnskap for ny erkjennelse
- Samfunnsutvikling og konkurransekraft
- Kompetanse, utvikling og aktiv deltakelse i samfunnet.

For å nå disse overordnede målene uttrykkes en forventning om at alle fagmiljøer ved utdanningsinstitusjonene legger til rette for at studentene

- oppnår best mulig læringsresultater og personlig utvikling
- møter relevante utdanninger som forbereder dem godt for aktiv deltagelse i et demokratisk og mangfoldig samfunn og for en fremtidig yrkeskarriere
- gjennomfører utdanningen mest mulig effektivt.

Det slås videre fast at utdanningsinstitusjonene må «sikre at studentene uteksamineres ikke bare med den kompetansen som etterspørres på arbeidsmarkedet i dag, men også med evnen til å omstille og fornye seg».

De ovenstående overordnede målene suppleres også med følgende mer konkrete mål for (eller forventninger til) utdanningsinstitusjonene:

- alle studenter skal møte krevende og engasjerende studier
- alle studenter skal møtes som ansvarlige deltakere i egen læring og integreres godt i det sosiale og akademiske fellesskapet
- studieprogrammene skal ha tydelige læringsmål og god helhet og sammenheng
- alle studenter skal møte aktiviserende og varierte lærings- og vurderingsformer, der digitale muligheter utnyttes
- studieprogrammene skal utvikles i samarbeid med arbeidslivet
- alle studenter skal møte undervisere med god faglig og utdanningsfaglig kompetanse
- utdanning og undervisning skal verdsettes høyere i academia

Konkret sies det også at *"Universitetene og høyskolene må tilby oppdaterte og relevante utdanninger som motiverer til læring og gjennomføring."*

Alt i alt kan vi konkludere med at overordnede nasjonale mål og forventninger uttrykt i denne stortingsmeldingen er i meget god overensstemmelse med fremtidsbehov identifisert via andre kilder, og med det FTS oppfatter som internasjonal state-of-the-art innenfor teknologiutdanning.

[Perspektivmeldingen \(Meld. St. 29, 2016-2017\)](#)<sup>106</sup> er et annet sentralt nasjonalt styringsdokument. Utdanning (forventninger til, viktighet av, rammebetingelser for, innretning av, oppgaver for, inkl. EVU) er et sentralt tema som er eksplisitt eller implisitt relevant for, eller vil bli påvirket av, blant annet følgende momenter og mål i meldingen:

- Petroleumsvirksomheten og norsk økonomi: «*Overføring av kompetanse*: Kompetansen som norsk olje- og gassnæring har utviklet gjennom 50 års virksomhet må overføres til andre næringer.»
- Produktivitet og omstilling i privat sektor: «*Høy kompetanse*: Et godt utdanningssystem og høy forsknings- og utviklingsinnsats er avgjørende. *God omstillingsevne*: Det kreves en arbeidsstyrke som er mobil mellom bedrifter, næringer og geografiske områder. *Legge til rette for digitalisering*: Regjeringen vil legge til rette for digitalisering gjennom gode, tilpassede rammebetingelser og ved å fjerne hindringer for digitalisering. *En åpen økonomi*: En åpen

---

<sup>106</sup> Finansdepartementet legger hvert 4. år frem en stortingsmelding, kalt perspektivmeldingen, hvor fremtidens utfordringer for landet og regjeringens strategi for å møte dem blir presentert. Her drøftes viktige utfordringer og valgmuligheter for norsk økonomi og offentlige finanser de neste 50 årene. I Perspektivmeldingen 2017 trekkes det frem at det er nødvendig med tydeligere prioriteringer av mål og en aktiv, systematisk og kontinuerlig innsats for å øke effektiviteten i offentlig sektor.

økonomi og et høyt kompetansenivå bidrar til at Norge kan dra nytte av teknologiutviklingen. *God infrastruktur*: Effektiv ressursutnyttelse avhenger av god kvalitet på infrastruktur som veier, jernbane, kraftnett, telenett, bredbånd og vannforsyning.»

- Ulikhet og livskvalitet: «*Høy sysselsetting og lav ledighet*: Høy deltakelse i arbeidslivet og et fleksibelt arbeidsliv er viktig for samlet verdiskaping, og avgjørende for å bekjempe fattigdom. *God kvalitet i utdanningssystemet*: Skolesystemet skal gi alle en god grunnutdanning og den nødvendige kompetansen for å delta i arbeidslivet.»
- En stor og kompetent arbeidsstyrke: «*Økt deltakelse i arbeidslivet*: Færre i arbeidsdyktig alder må stå utenfor arbeidsmarkedet. *Bedre utdanning*: Integrering av grupper i randsonen av arbeidsmarkedet krever at deres kompetanse økes.»
- Prioritering og effektivisering av offentlig sektor: «*Strengere prioriteringer*: Effektiv ressursbruk er både å gjøre tingene riktig og å prioritere de riktige tingene. *Utnytte digitaliseringens muligheter*: Offentlig sektor må legge til rette for å utnytte nye verktøy, herunder digitalisering og automatisering av oppgaver. *Strukturreformer*: Det skal legges til rette for nødvendige strukturreformer i offentlig sektor.»
- Utfordringer og muligheter for fremtidens velferdsordninger: «*Mer effektiv offentlig ressursbruk og klare prioriteringer*: Organisering av offentlig virksomhet hensiktsmessig. Det kreves en systematisk, kontinuerlig og aktiv innsats for å øke effektiviteten i offentlig sektor. Innretningen av offentlig budsjetter må målrettes, slik at vi får mest mulig velferd ut av pengene. *Økt deltakelse*: Når levealderen øker, må avgangsalderen fra arbeidslivet øke. Flere må bli bedre integrert i arbeidsmarkedet. *Økt kompetanse* er viktig.»

Disse punktene skulle i sum tilsi *fokus på livslang læring, tverrfaglighet, digitalisering og digital kompetanse, samt effektiv ressursbruk*, i norsk utdanningssektor.

Vi vil også nevne her at flere sentrale forventninger til hvordan institusjonene skal forvalte og utvikle sine utdanninger også er uttrykt i forskrifts form – spesielt KDs *Forskrift om kvalitetssikring og kvalitetsutvikling i høyere utdanning og fagskoleutdanning av 01.02.10* og NOKUTs *Forskrift om tilsyn med utdanningskvaliteten i høyere utdanning av 07.02.17* (studietilsynsforskriften). Vi gir en utfyllende oversikt over alle de mest sentrale lover, regler og forskrifter som berører FTS-prosjektet i Vedlegg I. Vi vil her trekke spesielt frem at de to nevnte forskriftene uttrykker konkrete forventninger til bl. a.

- kvalitetsutvikling gjennom systematisk kvalitetsarbeid
- periodiske evalueringer av utdanningene, der både eksterne og interne interessenter deltar
- utarbeidelse av læringsutbyttebeskrivelser på studietilbud-nivå
- tilpasning av innhold, oppbygging og infrastruktur til læringsutbyttet
- samsvar mellom læringsutbytte og lærings-, undervisnings- og vurderingsformer
- tilrettelegging for studentaktiv læring
- kobling til forsknings- og utviklingsarbeid
- internasjonalisering
- praksis (for studier der dette er relevant)
- faglig ledelse av studietilbudet
- forskning og vitenskapelig kompetanse i fagmiljøet
- utdanningsfaglig kompetanse i fagmiljøet.

## **Fra arbeidslivet - arbeidsgivere og arbeidstakere**

*Arbeidstakere:*

Kompetansebehovsutvalget (KBU) gjengir i sin andre rapport resultater fra en nasjonal NIFU-undersøkelse (Støren m fl, 2018) blant kandidater som hadde vært i jobb 2-3 år etter endt utdanning, der kandidatene ble spurt om hvilke ferdigheter (blant praktisk kompetanse, yrkes- og fagspesifikke ferdigheter, teoretisk kunnskap, eller kunnskap om vitenskapelig metode) de mente deres studium burde lagt *mer* vekt på, i lys av hva som kreves i deres nåværende jobb. Resultatene er sortert på fagområde, og for FTS' del er det kategoriene «Master i teknologi» og subsidiært «Realister/naturvitere» som er de relevante kategoriene. Resultatene viser at «praktisk kompetanse» og «yrkes- og fagspesifikke ferdigheter» er de to ferdighetene som scorer klart høyest for begge kategorier, mens «teoretisk kunnskap» scorer lavest for begge kategorier.

#### *Arbeidsgivere:*

Basert på de overordnede trend- og scenarioanalysene, kartleggingene og fremtidsbildene vi har gjennomgått tidligere i rapporten har FTS i sine egne prosjektaktiviteter valgt å fokusere spesielt på dialog med arbeidslivet rundt temaene<sup>107</sup>

- *Bærekraft*
- *Digitalisering og digital kompetanse*
- *Livslang læring*
- *Tverr- og flerfaglig kompetanse*
- *Ikke-tekniske profesjonelle ferdigheter*
- *Arbeidsrelevans og praksis*
- *Fremtidige yrkesroller*
- *Samarbeidsmodeller NTNU – arbeidsliv*
- *Innovasjon og entreprenørskap*
- *Internasjonalisering.*

Medlemmer i NTNUs tre Råd for samarbeid med arbeidslivet (RSA) og prosjektgruppene for Fremtidens teknologistudier (FTS) og Fremtidens HUMSAM-studier (FHS) møttes til workshop 30. oktober 2019 for å diskutere arbeidslivets kompetansebehov og arbeidsrelevans i fremtidens studier innen teknologi, humanistiske- og samfunnsvitenskapelige fag, samt innen helse- og sosialfagene ved NTNU. Mål for dagen var å utarbeide konkrete råd til NTNU om relevante problemstillinger og muligheter for godt samspill mellom arbeidsliv og NTNU for å møte framtidens kompetansebehov og fremme livslang læring. Samarbeidsformer og arbeidsdeling, tverrfaglighet, digitalisering, bærekraft og livslang læring var viktige tema. Rådene til NTNU fra RSAene viser at:

- RSAene er opptatt av man bør få til gjensidig forpliktende avtaler mellom universitetet og arbeidslivet for å styrke *praksisordninger og arbeidsrelevans* i studiene. Dette kan også handle om hospitering for NTNU-ansatte i bedrifter.
- RSAene er svært opptatt av *livslang læring*, og peker spesielt på behovet for modulariserte, dynamiske tilbud, og ulike leveranseformer, som kan dekke svingninger i behov og etterspørsel. De mener at NTNU bør fokusere på etterutdanningstilbud som gir formell kompetanse (studiepoenggivende tilbud), og er spesielt opptatt av at NTNU bør få mulighet til å integrere grunn- og etterutdanning tettere, og utnytte sine eksisterende tilbud mer effektivt, ved å blande betalende og ikke-betalende studenter i samme klasserom.
- RSAene er opptatt av *bred tverrfaglighet*, og ønsker seg *økt fleksibilitet* og strukturerte virkemidler i studieplanene og -programmene, for å legge til rette for tverrfaglig tilleggskompetanse. De fremhever også at alle studenter bør få anledning til å utvikle *samhandlingskompetanse og selvinnsikt* gjennom *deltakelse i tverrfaglige prosjektteam*.

---

<sup>107</sup> I tillegg tema som arbeidslivsrepresentanter selv på fritt grunnlag har trukket frem som viktige underveis i dialogen.



- RSAene mener at alle studier bør gi *anvendt digitaliseringskompetanse*, og *grunnleggende bærekraftskompetanse* ut fra utdanningens faglige kontekst.

FTS gjennomførte 15/1-20 en bred [heldags «by-invitation-only» workshop sammen med arbeidslivet](#). Tilsammen 90 deltakere fra både arbeidslivet, NTNU, og FTS' nordiske referansegruppe diskuterte alle temaene nevnt ovenfor, samt også disiplinfagenes rolle i teknologiutdanning, designprinsipper for studieprogrammer, muliggjørende teknologier, og diverse åpne problemstillinger fremlagt av deltakerne. [Oppsummeringen av innspill fra workshopen](#) viser blant annet følgende tydelige forventninger og råd til NTNU fra deltakerne, hva angår

- *Bærekraft*: Bærekraft må gjennomsyre alle NTNUs utdanninger og utdanningsaktiviteter, og studentene må få mulighet til å bruke og utvikle sitt bærekraftengasjement gjennom fleksible utdanningsløp. NTNU må sikre at teknologistudiene utvikler systemforståelse og systemanalytiske ferdigheter på bærekraftområdet, og studentene må lære å designe med bærekraftvurderinger integrert i designspesifikasjonene.
- *Digital kompetanse*: Ikke alle skal bli «digitale eksperter», men alle bør ha kompetanse nok til å kunne samvirke med slike. Studentene må forstå samspillet mellom grunnleggende kunnskap og det anvendte, og utvikle forståelse for hvordan digitale teknologier og data endrer prosesser og verdikjeder i egen profesjonsutøvelse. Studentene må erverve en grunnleggende forståelse for hvordan store IT-systemer er bygd opp, og forstå muligheter og begrensninger i digitale verktøy og i nye digitale teknologier. De må utvikle «computational thinking» og «datalogisk tenkemåte», forstå oppbygning av og lage systemer basert på algoritmer, og kunne sette data sammen på en verdiskapende måte. IKT-sikkerhet blir også viktig.<sup>108</sup> Gode EVU-tilbud blir spesielt viktig innenfor området digitalisering, pga. høy endringstakt.
- *Tverr- og flerfaglighet*: Dette er nødvendig for å løse fremtidens komplekse utfordringer. NTNU må sikte mot å gjøre studentene til hele mennesker, ikke bare teknologer. I fremtiden ønskes kandidater med mer bredde, men samtidig (minst) like god faglig spisskompetanse som i dag. Kommunikasjon og teamjobbing, nysgjerrighet, og respekt for andre fag er sentrale kompetanser og verdier for å realisere tverr- og flerfaglig samarbeid. Studentene bør også få opplæring i det som kjennetegner norsk næringsliv - den norske modellen, trepartssamarbeid, flat organisasjonsstruktur etc.
- *Ikke-tekniske profesjonelle ferdigheter*: Teknologene må fortsatt være gode på teknologi, men fremover må det legges større vekt (også) på utvikling av ikke-tekniske ferdigheter i studiet. Dette bør primært integreres i hvordan vi underviser, ikke legges til som egne emner - studentene bør tilegne seg ikke-tekniske ferdigheter i en realistisk setting, gjerne også i samarbeid med arbeidslivet.
- *Fremtidige yrkesroller*: Teknologer kan ikke (lenger) bare tenke disipliner og komponenter, men må i større grad tenke konsepter, løsninger og systemer – samtidig som de i større grad må ta miljøhensyn, og tenke både livsløp og økonomi. De må forstå både teknologiutviklingen og de samfunnsmessige konsekvensene, være pådrivere for entreprenørskap og nyskapning i etablerte organisasjoner, og håndtere arbeid i multidisiplinære, tverrkulturelle og internasjonale team.
- *Samarbeidsmodeller NTNU – arbeidsliv*: Det etterspørres bedre arenaer for å skape kontakt mellom næringsliv - spesielt små bedrifter - og professorer. Det oppleves p.t. som vanskelig å finne døråpnere ved NTNU for prosjekter som haster. Det er også et ønske om å introdusere næringslivets vinklinger og problemstillinger fra dag én – og det er ønskelig å få studentene

---

<sup>108</sup> Det bemerkes her at det nasjonale «Sårbarhetsutvalget» (NOU 2015:13) i 2015 anbefalte at alle norske bachelorutdanninger innen IKT burde inneholde 15-20 studiepoengs fordypning innen informasjons- og IKT-sikkerhet, og at Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) anbefaler at alle IKT-utdanninger bør inneholde minst ett obligatorisk kurs innen IKT-sikkerhet.

tidlig ut i bedriftene. Næringslivet er også positive både til at ansatte ved NTNU arbeider eller hospiterer i deres virksomheter i varierende omfang, og til at næringslivsrepresentanter kan ta deltidsstillinger ved NTNU. Arbeidslivet bidrar også gjerne med prosjekt- og hovedoppgaver, case-studier, rollemodeller, deling av infrastruktur, praksis-muligheter og innsikt i innovasjonsmetodikk.

- *Livslang læring*: NTNU må finne virkemidler og modeller som gjør at etter- og videreutdanning bedre kan kombineres med jobb, blant annet via digitale plattformer. NTNU må bli mer dynamiske, fleksible og markedsorienterte, kunne gi raskere svar på behov fra arbeidslivet, markedsføre EVU-tilbud tydeligere, og tenke tettere integrasjon mellom grunn- og videreutdanning slik at tilbud kan gjenbrukes. Økt modularisering av tilbud, større bredde av nettbaserte tilbud, flere kortere kurs/foredrag, og problem- og prosjektbasert undervisning er gode virkemidler.
- *Innovasjon og entreprenørskap*: Det viktigste er at studentene har dyp fagkunnskap innen sitt fagfelt og har evne til kritisk tenkning. De fleste trenger (kun) basis innovasjonskompetanse, men bør ha prøvd (minst) en innovasjonsprosess i løpet av studiet. Basis innovasjonskompetanse omfatter evne til å være brukerorientert (løse reelle problemer), erfaring med å teste og feile tidlig og lære av sine feil, basis økonomiforståelse, og formidlingsevne. NTNU må også bidra til å skape en sterkere innovasjonskultur på campus – «gjøre innovasjon kult».
- *Internasjonalisering*: NTNU kan (bør?) utvikle et emnetilbud som bygger opp en generisk grunnforståelse av kultur (med innslag av språk, teamarbeid, m.m.) hos studentene – men bør samtidig også vurdere å utvikle mer spissede tilbud knyttet til spesifikke fagfelt og marked. Praksisopphold i utlandet anses som høyst relevant for arbeidslivet, mens det refereres til mer blandede erfaringer med både det faglige, språklige og kulturelle utbyttet av studentutveksling.

## Fra studenter

FTS gjennomførte 30/1-20 en [workshop for studenttillitsvalgte og representanter fra linjeforeninger](#). Det ble gjennomført gruppearbeid hvor studentene jobbet med tre problemstillinger:

- i) Hva er bra og må beholdes ved dagens studietilbud?*
- ii) Hva bør endres eller forbedres ved dagens studietilbud?*
- iii) Hva nytt krever fremtiden, og hvordan får vi det best inn i studiene?*

Responser på de to første spørsmålene er dekket i kapitlet «Styrker og svakheter ved dagens utdanninger». Når det gjelder iii) kan vi oppsummere studentenes respons som følger:

- *Kompetansemessig* ønsker studentene (mer) vekt på bærekraft i studiene, og på ikke-teknologiske ferdigheter som f. eks. evne til refleksjon over etiske problemstillinger.
- *Undervisningsmessig* ønsker de mer fokus på team- og gruppearbeid fra starten av studiene, økt bruk av formative vurderingsformer, og generelt styrket kontakt mellom faglærere og studenter.
- *Campusmessig* trekker de frem at det er viktig for studentene på et studieprogram å ha arealer som fungerer både som faglig og sosial møteplass, og at det er viktig at campus understøtter studentfrivilligheten.
- *Kvalitetsmessig* ønsker de at NTNU styrker sin evne til endring og forbedring av undervisning, og peker på at flere studieprogrammer bør ta i bruk grep av samme type som siden 2014 er innført i sivilingeniørprogrammet [Elektronisk systemdesign og innovasjon \(EISys\)](#).<sup>109</sup>

---

<sup>109</sup> Flere av disse grepene kan forøvrig sies å være på linje med den beste internasjonale praksis identifisert gjennom FTS, f. eks. i CDIO Standards.

I 2020 gjennomførte universitetslektor Ronny Kjelsberg ved Institutt for fysikk ved NTNU er undersøkelse blant 567 studenter ved bachelor ingeniørfag-programmene ved NTNU. Målet var å finne svar på spørsmålene «Hva er det som motiverer studentene til å bli ingeniører?» og «Hvordan kan studentene best engasjeres i dannelsesrelaterte fag?» Resultatene er beskrevet i artikkelen [«From Building to Bildung – Engineering Students’ Motivation Towards Interacting with Society»](#). Undersøkelsen viste bl.a. at 89% studentene er helt eller delvis drevet av indre motivasjon, og at 25% ønsker å bidra til samfunnet. På spørsmål om hvilke ikke-tekniske temaer som er viktigst for ingeniørstudenter kom teknologi og etikk som nr. 1, klima/miljø som nr. 2, og nyere teknologi-/vitenskapshistorie som nr. 3.

Hva så med *fremtidens* studenter? De vil nok være noe annerledes enn dagens studenter, og i hvert fall svært forskjellige fra studentene den gangen sivilingeniørstudiene sist ble gjennomgått («[Virksomhetskomiteen i 1993](#)»). Opptaket til de første FTS-studieprogrammene skjer høsten 2023 – det betyr at det er ungdom født i 2004 og senere vi snakker om. Mye er sagt og skrevet om de ulike generasjonene (baby boomers, generasjon X, Y og Z) og deres verdier og adferd. I boka [iGen: why today's super-connected kids are growing up less rebellious, more tolerant, less happy - and completely unprepared for adulthood \(and what this means for the rest of us\)](#) (2017) gir Jean M. Twenge en grundig beskrivelse av hva som karakteriserer ungdom født etter 1995, dvs. den første generasjon som vokser opp etter at smarttelefon ble allemannseie. Hun identifiserer 10 hovedtrender (alle med forbokstav «i» på engelsk – derav generasjonsnavnet «iGen»):

- *In no hurry (extended childhood)*
- *Internet*
- *In person no more*
- *Insecure (mental health)*
- *Irreligious*
- *Insulated but not intrinsic (more safety; less civic involvement)*
- *Income insecurity*
- *Indefinite (relationships, family)*
- *Inclusive (equality)*
- *Independent (political views)*

Som vi ser er det et bredt spekter av momenter som trekkes opp, og det vil føre for langt å gå inn i disse her.<sup>110</sup> Å forstå hva de nye studentgenerasjonene er opptatt av, hva som motiverer dem, hvilke måter de kommuniserer og samhandler på osv. er en krevende øvelse, men det vil kunne være svært verdifullt å gjøre det når NTNU skal utvikle fremtidens teknologistudier. Studentene er den primære «brukergruppen» av studiene – vi må ikke glemme at de er *hovedpersonene*.

### Fra NTNUs ansatte

FTS avholdt 28/11-19 en [åpen «fremtidskafé»](#) hvor over 60 ansatte og studenter fra alle NTNUs tre campuser deltok i gruppearbeider og diskusjoner. To problemstillinger ble spesielt diskutert: i) *Hvis jeg skulle forbedre én ting ved dagens teknologiutdanninger ved NTNU, hva ville det vært?* Og ii) *Hva er de viktigste styrkene å beholde ved dagens teknologiutdanninger ved NTNU?* Svarene til ii) er oppsummert i kapitlet «Styrker og svakheter ved dagens utdanninger». Når det gjelder i) kan vi oppsummere de viktigste ønskene som følger:

---

<sup>110</sup> For en nærmere omtale av konklusjonene i Twenges bok, se f. eks. Dagens Næringsliv: <https://www.dn.no/magasinet/boker/anmeldt/teknologi/iphone/generasjon-iphone-fra-to-ulike-vinkler/2-1-196030>.

- Mer innovasjon og kreativitet (integrert) i studiene
- Bærekraft må tas (skikkelig) inn i studiene – gjerne sammen med etikk
- IT og digitalisering må integreres i flere emner
- Større variasjon i undervisnings- og vurderingsformer (f.eks. ‘flipped classroom’)
- Tenke helhetlig om tverrfaglighet vs dybde
- Mer fleksible læringsarealer
- Styrke faglærernes pedagogiske kompetanse
- Bedre og mer integrerte ordninger for praksis/arbeidslivserfaring/internship.

Vi kan konkludere med at det er nesten overraskende godt samsvar mellom innspillene som kom (fra i hovedsak ansatte, men også noen studenter) under dette arrangementet, og de innspillene som kom på studentworkshopen 30/1-20. Innspillene er også grovt sett i samsvar med viktige endringsbehov som utkrystalliserer seg ut fra trend- og scenarieanalysene gjennomgått tidligere, og med ovennevnte innspill fra arbeidslivet.

## A.6 NTNUs egne strategiske ambisjoner innenfor teknologiutdanning

NTNU slår i sin hovedstrategi tydelig fast at det er en strategisk ambisjon for NTNU å «*bidra aktivt til å nå bærekraftmålene*», og at NTNU i 2025 skal ha «*bidratt til kunnskap for en bedre verden gjennom tydelig å prioritere innsats og ressurser i tråd med FNs bærekraftmål.*». NTNU skal bidra til løsning av sammensatte problemstillinger, være en premissleverandør for omstilling og grønt skifte, og bidra til innovasjon i samfunn og arbeidsliv – spesifikt til et konkurransedyktig næringsliv og en god offentlig sektor. NTNU har en spesiell nasjonal rolle i utvikling av teknologisk grunnlag for fremtidens samfunn.

På *utdanningssiden* understrekes det at man ønsker å tiltrekke seg de beste utdannings søkerne, og at kandidater fra NTNU skal være svært attraktive og etterspurte på arbeidsmarkedet, både nasjonalt og internasjonalt. Kandidatene skal være faglig sterke, tverrfaglig orienterte, og ha relevant kompetanse for arbeidslivet (dette gjelder også ph.d.-studentene). Det er også uttalte mål om å hindre frafall og studieforsinkelse, og å sikre trivsel og god mestring blant studentene.

Som en konsekvens har NTNU som mål å utvikle – i nær dialog med arbeidslivet, og med tydelig samhandling med og involvering fra studentene – attraktive, forskningsbaserte, arbeidsrelevante og internasjonalt orienterte studieprogrammer. Programmene skal holde høy internasjonal kvalitet, og ha solid forskningsfundament både faglig og utdanningsfaglig. Utviklingen av programmene skal være preget av god utdanningsledelse, kvalitetskultur og systematisk kvalitetsarbeid. Faglig og kompetansemessig sett understrekes det spesielt at

- alle programmer skal gi innsikt i kritisk tenkning og etikk,
- innovasjonskompetanse skal innarbeides i alle utdanninger,
- NTNUs kandidater skal gjennom studiet få innsikt i både arbeidsrelevante og globale problemstillinger,
- disiplinkunnskap skal være utgangspunktet for utvikling av tverrfaglig kompetanse i tråd med fremtidens behov,
- samhandlingskompetanse skal være et spesielt særtrekk ved NTNUs kandidater,
- samspillet mellom kunst, teknologi og vitenskap skal videreutvikles,
- formidlingskompetansen blant ph.d.-studenter skal styrkes, og
- alle kandidater fra NTNU skal ha «*verktøy, metoder og tilstrekkelig digital kunnskap til å møte fremtidens behov*».

Strategien slår videre fast at NTNUs studie- og læringsmiljøer skal være innovative, spennende, og anerkjente for sin høye kvalitet. Lærings- og vurderingsformer skal være aktiviserende og varierte, og bygge på forskningsbasert internasjonal kunnskap om læring, samt sterk utdanningsfaglig kompetanse - som skal heves ytterligere gjennom systematisk satsing. NTNU skal ta i bruk ny læringsteknologi, og være en pådriver for deling av læringsressurser. Undervisning, forskning og arbeidspraksis skal kobles, og NTNUs studieportefølje skal både være relevant for og gi god tilgang til livslang læring. Det er et uttalt mål å utvikle nye tverrfaglige studietilbud.

NTNUs campusutvikling skal legge til rette for fremragende læringsmiljøer og bidra til høy faglig kvalitet, samle studenter innenfor hvert fagområde, og legge til rette for samhandling mellom fagene, samarbeid med eksterne partnere, studentfrivillighet og studentkultur.

NTNUs ovenstående strategiske ambisjoner gjelder på likeverdig vis for alle de tre byene der NTNU har aktivitet.

NTNUs Utviklingsplan for Fremtidens studietilbud og livslang læring og Politikk for kvalitet i og utvikling av studieporteføljen bygger på hovedstrategien, og reflekterer og konkretiserer det samme strategiske mål- og utfordringsbildet. Målet med politikkdokumentet er å «bidra til å sikre høy kvalitet i studieporteføljen som helhet, i studietilbudene og stimulere til studentens dannelse ... understøtte NTNUs strategi og være et grunnlag for å ta gode strategiske valg som styrker kvaliteten i studieporteføljen og i hvert enkelt studietilbud. Politikken skal fremme kvalitetskultur på områder som er vesentlig for studentens læringsutbytte.» For å legge til rette for dette definerer politikken fem prioriterte kvalitetsområder der NTNU skal ha spesielt høye ambisjoner: *strategisk betydning, ett universitet i tre byer, læringsmiljø, faglig bærekraft, og økonomisk bærekraft.*

## Vedlegg B Internasjonal state-of-the-art innenfor teknologiutdanning

### B.1 Hvem er internasjonalt ledende på høyere utdanning innen ingeniørfag og teknologi?

I mars 2018 kom [Dr. Ruth Grahams](#) rapport «[The Global State of the Art in Engineering Education](#)» ut. Rapporten var kommisjonert av [MIT School of Engineering's](#) pilotprogram [MIT NEET – New Engineering Education Transformation](#), og søkte – gjennom intervjuer med et større antall «thought leaders» på ingeniør- og teknologiutdanning verden over – å besvare følgende fem spørsmål (med spesielt fokus på «undergraduate»-fasen av utdanning):

1. **Which institutions are considered to be the ‘current leaders’ in engineering education?** Her gikk spesielt Olin College of Engineering og MIT, og deretter Stanford University, Aalborg University og TU Delft, igjen i svarene.
2. **Which institutions are considered to be ‘emerging leaders’ in engineering education?** Her var Singapore University of Technology and Design, Olin College of Engineering, University College London, the Pontifical Catholic University of Chile og Iron Range Engineering i USA de fem oftest nevnte institusjonene, mens TU Delft også kom med på topp 10.
3. **What features distinguish the ‘current leaders’ and ‘emerging leaders’ in engineering education?** Utdanningsmessige særtrekk som går igjen hos “current leaders” er “*user-centered design, technology-driven entrepreneurship, active project-based learning, and a focus on rigor in the engineering fundamentals.*” Hos “emerging leaders” blir følgende fellestrekk trukket frem: “*work-based learning, multidisciplinary programs, and a dual emphasis on engineering design and student self-reflection.... Strong and visionary academic leadership, a faculty culture of educational innovation, and new tools that support educational exploration and student assessment.*”
4. **What key challenges are likely to constrain the progress of engineering education in the future?** Følgende ble funnet å være de viktigste begrensende faktorene: «*... aligning government and higher education goals, the challenge of delivering student-centered active learning to large student cohorts, the siloed monodisciplinary structure of many engineering schools, and faculty appointment and promotion systems that are not perceived as rewarding teaching achievement*».
5. **What is the future direction for the engineering education sector?** Tre globale hovedtrender ble funnet: i) “*... a tilting of the global axis of engineering education leadership*” – fra nord til sør, og fra vestlige land til Asia og Sør-Amerika, ii) «*... a move towards socially-relevant and outward-facing engineering curricula. Such curricula emphasize student choice, multidisciplinary learning and societal impact, coupled with a breadth of student experience outside the classroom, outside traditional engineering disciplines and across the world*», og iii) “*the emergence of a new generation of leaders in engineering education that delivers integrated student-centered curricula at scale ... through a connective spine of design projects*”.

Det er verdt å merke seg at [Olin College of Engineering](#) som eneste institusjon er nevnt blant topp 5 både blant «current» og «emerging» ledende institusjoner.<sup>111</sup> [TU Delft](#) utmerker seg ved å være det eneste store, veletablerte, rendyrket tekniske universitetet i Europa som kom med på topp 10 over «emerging leaders», noe som tilskrives deres kombinasjon av «*deep disciplinary knowledge*», «*design-centered learning*» og «*ambitious student culture of initiative and hands-on learning*».

## B.2 CDIO: Et internasjonalt rammeverk og nettverk for utvikling av moderne ingeniørutdanning

[Kristina Edström](#)<sup>112</sup> fra [FTS' nordiske referansegruppe](#) ga under [FTS' workshop på Hell 15/1-20](#) et foredrag over temaet «*Hvordan designe arbeidsrelevante studieprogrammer i teknologi- og ingeniørfag?*». Hun formulerte da følgende designprinsipper:

1. *Formulera visionen för vad studenten ska kunna göra, i dialog med utbildningens intressenter*
2. *Planera program med både ämneskurser och projekt (disciplinens och praktikens logik)*
3. *Skapa stark koppling mellan program och kurser, och kurserna sinsemellan*
4. *Integrera kunskap och förståelse med färdigheter och förhållningssätt, i både ämneskurser och projekt*
5. *Designa kurser där läraktiviteterna och examinationen speglar lärandemålen*
6. *Etablera bredd och tillåt valfrihet inom programmet, och även inom kurserna*

... og i tillegg følgende prinsipp som en forutsetning for å kunne realisere de andre seks:

0. *Stärk lärarnas kompetens och kapacitet för utveckling, även organisationens.*

De ovennevnte sju prinsippene avspeiler det FTS oppfatter som internasjonal state-of-the-art for studieprogramdesign innenfor ingeniør-/teknologifag. De kan avledes fra de 12 såkalte [CDIO Standards](#), hvor CDIO står for *Conceive-Design-Implement-Operate* – som er et uttrykk for den typiske arbeidssyklusen for utøvende ingeniører/teknologer, og som dermed blir en naturlig *kontekst* å utvikle ingeniør- og teknologiutdanning innenfor.

[CDIO-initiativet](#) oppstod for rundt 20 år siden på initiativ fra MIT, KTH, Chalmers Tekniska Högskola og Linköping Universitet, og er i dag et nettverk bestående av rundt 120 universiteter fra hele verden, hvorav mange regnes som verdensledende<sup>113</sup>. Nettverkets visjon er å fremme «*an innovative educational framework for producing the next generation of engineers*», og gjennom dette skape:

*«An education that stresses the fundamentals, set in the context of Conceiving – Designing – Implementing – Operating systems and products:*

- *A curriculum organized around mutually supporting courses, but with CDIO activities highly interwoven*

---

<sup>111</sup> Merk dog at Olin kun har undergraduate (bachelor)-studier, og er en liten og raust finansiert privat institusjon som kun tar opp 90 studenter i året.

<sup>112</sup> Edström er bl. a. associate professor i «Engineering Education Development» ved KTH, Editor-in-Chief for [SEFI's European Journal of Engineering Education](#), og en sentral person i [The CDIO Initiative](#).

<sup>113</sup> Blant medlemmene finner vi blant annet, i tillegg til de fire allerede nevnte, *Stanford University, Duke University, University of Michigan, Tsinghua University, Wageningen, University of Sydney, TU Delft, Penn State, University of Bristol* og *RWTH Aachen*, som alle ligger blant de 100 best rangerte på THES-rankingen 2019. Andre godt rangerte nordiske universiteter som er med teller blant annet *Aalborg Universitet, Aarhus Universitet* og *DTU*.

- *Rich with student design-build-test projects*
- *Integrating learning of professional skills such as teamwork and communication*
- *Featuring active and experiential learning*
- *Constantly improved through quality assurance process with higher aims than accreditation».*

Nettverket har gjennom 20 års eksistens utviklet bl.a.

- [CDIO Standards](#) – 12 godt begrunnede prinsipper som god og moderne ingeniør-/teknologiutdanning bør bygge på og måles opp mot
- [CDIO Syllabus](#) – en grundig flernivå-beskrivelse av hvilke kompetansemål som bør inngå i en slik utdanning (på «undergraduate»-nivå)
- Et «[Implementation Kit](#)» for bruk av CDIO-standardene i utdanninger
- Årlige konferanser og møtearenaer for gjensidig læring, erfaringsutveksling og samhandling

De 12 eksisterende CDIO-standardene (CDIO Standards 2.0, 2.1) omhandler hhv.

1. [The Context](#)
2. [Learning Outcomes](#)
3. [Integrated Curriculum](#)
4. [Introduction to Engineering](#)
5. [Design-Implement Experiences](#)
6. [Engineering Workspaces](#) (p.t. under omarbeidelse for å favne læringsarealer mer generelt)
7. [Integrated Learning Experiences](#)
8. [Active Learning](#)
9. [Enhancement of Faculty Competence](#)
10. [Enhancement of Faculty Teaching Competence](#)
11. [Learning Assessment](#)
12. [Program Evaluation](#).

Fire kommende *valgfrie* standarder knyttet til bærekraft, simuleringsbasert matematikk, entreprenørskap, samt internasjonalisering og mobilitet er foreslått med tanke på inkludering i kommende *CDIO Standards 3.0* – se disse to artiklene om [oppdatering til CDIO Standards 3.0](#) og [nye, valgfrie CDIO-standarder](#).

Helt sentralt i CDIO er prinsippet (CDIO Standard 1) om at den profesjonsrettede syklusen *conceive – design- implement – operate* skal være en tydelig *kontekst* for ingeniørutdanninger. Dette er uttrykt i *CDIO Standard 1*:

*Adoption of the principle that **product, process, and system lifecycle development and deployment** - Conceiving, Designing, Implementing and Operating - are the context for engineering education.<sup>114</sup>*

Kilde: CDIO

Vi vil nå gi et litt dypere innblikk i og begrunnelse for dette prinsippet, som har en tydelig pedagogisk begrunnelse i såkalt *kontekstuell (eller kontekstualisert) læring*<sup>115</sup>, med røtter bl.a. i *konstruktivistisk*

<sup>114</sup> E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur og K. Edström, *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, 2nd. Ed* (Springer, 2014).

<sup>115</sup> Opphavsmann John Dewey, 1916.



*læringsteori*<sup>116</sup>. Sentralt er konseptet om at innlæring av ny kunnskap skjer mest effektivt når studenter møter den nye kunnskapen *i en kontekst som de oppfatter som relevant for seg selv*:

*«Contextual learning is a proven concept that incorporates much of the recent research in cognitive science. According to contextual learning theory, learning occurs when students process new knowledge in such a way that it makes sense to them in their own frames of reference. This approach to learning and teaching assumes that the mind naturally seeks meaning in context, that is, in relation to the person's current environment, and that it does so by searching for relationships that make sense and appear useful.»*<sup>117</sup>

Kilde: CDIO

Karakteristika ved kontekstuell læring er:

- *«New concepts are presented in real-life situations and experiences that are familiar to students*
- *Concepts in problems and exercises are presented in the context of their use*
- *Concepts are presented in the context of what students already know*
- *Examples include believable situations that students recognize as being important to their current or possible future lives*
- *Learning experiences encourage students to apply concepts and skills in useful contexts, projecting students into imagined futures, e.g., possible careers in unfamiliar workplaces»*<sup>118</sup>

*Fordelene* med å basere ingeniør- og teknologiutdanninger på kontekstuell læring er blant annet vist å være at det<sup>119</sup>

- styrker motivasjon og motvirker frafall - ved at studentene allerede fra starten av studiet ser en tydeligere kobling mellom utdanningen og senere karrieremuligheter
- styrker arbeidsinnsats og bidrar til utvikling av effektive læringsstrategier
- stimulerer til studentaktiv læring og økt grad av refleksjon hos studentene
- stimulerer evnen til selvregulert læring
- styrker innlæring av ikke-tekniske profesjonelle ferdigheter
- tydeliggjør koblinger mellom ulike konsepter og kunnskapsområder i utdanningen.
- styrker studentenes evne til å ta kunnskap i bruk – dvs. bidrar til å gjøre kunnskap til *arbeidende kunnskap (working knowledge)*.

FTS mener derfor at kontekstuell læring (profesjonsmessig kontekstualisering) bør reflekteres tydelig i alle NTNUs fremtidige ingeniør- og teknologiutdanninger. Dette impliserer bl. a. at det bør være fokus på at målet for ingeniører og teknologers virke er å skape tekniske «løsninger» (produkter, systemer, prosesser, tjenester, nye forskningsresultater), på bruker- og samfunnsbehov, på

---

<sup>116</sup> Se [https://en.wikipedia.org/wiki/Constructivism\\_\(philosophy\\_of\\_education\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Constructivism_(philosophy_of_education))

<sup>117</sup> E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur og K. Edström, *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, 2nd. Ed* (Springer, 2014).

<sup>118</sup> E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur og K. Edström, *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, 2nd. Ed* (Springer, 2014).

<sup>119</sup> E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur og K. Edström, *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, 2nd. Ed* (Springer, 2014).

samarbeid og kommunikasjon, på ressurser og bærekraft, og på innovasjon og entreprenørielt tankesett.

Merk at tanken *ikke* er at slik kontekstualisering skal *erstatte* innlæring av teknisk, naturvitenskapelig og teoretisk dybdekunnskap, men tvert imot skal sette studentene i stand til å erverve disse typene kunnskap både *mer effektivt* og med *dypere forståelse*.

Se boks B.1 for et eksempel på kontekstuell læring ved NTNU.

#### **Boks B.1 – Et eksempel på bruk av kontekstuell læring ved NTNU: ELSYS-programmet**

Det 5-årige studieprogrammet [Elektronisk systemdesign og innovasjon](#) («ELSYS») ble opprettet i 2014 og har fra starten benyttet kontekstuell læring gjennom [Ingeniørstigen](#), en streng av fire påfølgende emner gjennom de fire første semestrene.

I ingeniørstigen foregår kontekstualisering langs tre dimensjoner:

- **Erfaringsdimensjonen:** Alle studenter har sitt eget laboratoriestyr, slik at egne erfaringer med aktuelle fenomener kan etableres før, under og etter teoretisk behandling i forelesninger og litteratur.
- **Designdimensjonen:** All teori i elektronikkemnene omsettes i praksis gjennom 8-10 korte, individuelle designprosjekter.
- **Brukerdimensjonen:** Gjennom de to første årene arbeider hvert kull med en ekstern partner med en problemstilling som skal løses med elektronisk teknologi. Studentene, som arbeider i grupper, øves da i å forstå sammensatte utfordringer fra brukerperspektiv mens de utarbeider løsninger med oppfølging fra partneren.

Tilbakemelding fra studenter har vært entydig positiv, noe som har brakt ELSYS-programmet [på topp blant lignende integrerte masterprogram](#) i Studiebarometeret de siste fire år.

Et annet trekk ved CDIO-tankegangen er at utdanningene utvikles etter en *programdrevet tilnærming*, der kompetansemålene for programmet er førende for utforming, innhold og gjennomføring av programmet. Dette følger av CDIO Standard 2. Figur 7 (s. 90, Crawley et al.<sup>120</sup>) illustrerer den typiske gangen i å designe et studieprogram i henhold til CDIO-prinsippene.

---

<sup>120</sup> E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur og K. Edström, *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, 2nd. Ed* (Springer, 2014).

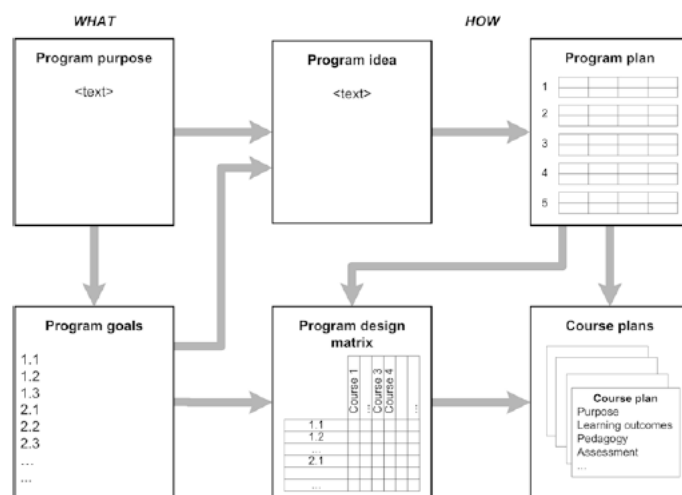


Fig. 4.1 Components of an integrated program description

Figur 7: Programdesign iht CDIO-prinsippene

En grundig innføring i CDIO-tankegangen finnes i boka «*Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*» (Edward F. Crawley, Johan Malmqvist, Sören Östlund, Doris R. Brodeur & Kristina Edström, Springer, 2nd. Ed. 2014), hvor det også diskuteres hvordan rammeverket kan generaliseres til andre utdanninger enn rene ingeniøruddanninger. I et nylig [spesialnummer](#) av *European Journal of Engineering Education* diskuteres blant annet også hvordan CDIO-prinsippene kan tenkes generalisert opp til ph.d.-utdanning, og hvordan CDIO kan bidra som et rammeverk for forskning på teknologiutdanning. Nettverket har også - med bidrag blant annet fra NTNU - gjort arbeid på [hvordan CDIO Syllabus kan benyttes som et rammeverk for å fremme UNESCOs åtte nøkkelkompetanser for bærekraftig utvikling](#).

## NTNU og CDIO

NTNU har vært CDIO-medlem siden 2016, men har så langt ikke utnyttet sitt medlemskap, eller CDIOs prinsipper og ressurser, strategisk tungt i videreutvikling av sine teknologiutdanninger.

I selvevalueringen NTNU gjorde ved søknad om opptak i nettverket ble NTNUs teknologiutdanninger på aggregert nivå vurdert til å være svakest (1 på en 5-punktsskala, der 5 er best) målt opp mot standardene 8 «*Active learning*» (dvs. NTNU gjør for lite bruk av aktive læringsformer) og 11 «*Learning Assessment*» (summativ, skriftlig sluttteksamen dominerer). Evalueringen var nest svakest (2 på 5-punktsskalaen) i forhold til standardene 5 «*Design-implement experiences*» (NTNU har samlet sett lite innslag av designe-og-implementere-prosjekter – et sentralt element for å sette kunnskap i en CDIO-kontekst – spesielt tidlig i utdanningene), 7 «*Integrated learning experiences*» (NTNU har få læringsaktiviteter som bygger opp systematisk opp under helhetlige kompetanseprofiler, men har tradisjonelt fokusert mest på faglig kunnskap), 9 «*Enhancement of Faculty Competence*» (NTNU har ikke et tydelig system for å ivareta og utvikle faglæreres profesjonskompetanse) og 10 «*Enhancement of Faculty Teaching Competence*» (NTNU har ikke et tydelig system for ivareta og utvikle faglæreres pedagogiske kompetanse). Dette er alle sentrale dimensjoner for å realisere fremragende teknologiutdanninger i en internasjonal kontekst.

FTS oppfatter CDIO-nettverket som et svært godt eksempel på internasjonalt, kunnskaps- og erfaringsbasert samarbeid for å utvikle verdensledende og fremtidsrettet teknologiutdanning, og vi

anser CDIO-standardene å være et konkret og velbegrunnet sett av state-of-the-art prinsipper å bygge utvikling av slike utdanninger på.

FTS anbefaler derfor at NTNU gjør mer aktivt og ambisiøst bruk av sitt CDIO-medlemskap for å styrke sitt utdanningstilbud innenfor hovedprofilen, og at anvendelse av (en hensiktsmessig tilpasset versjon av) CDIO-standardene inngår i videreutviklingen av fremtidens teknologistudier ved NTNU.

### B.3 Funn og observasjoner fra FTS' egne studieturer og dialoger

FTS har siden april 2019 gjennomført tre studieturer til en rekke anerkjente utdanningsinstitusjoner, både i Europa og i Boston-området i USA. Noen inntrykk, funn, data og observasjoner fra de to mest omfattende av disse turene er oppsummert i egne rapporter:

- [ETH, TU Delft, DTU og Chalmers](#)<sup>121</sup>
- [MIT, Olin College of Engineering, Northeastern University, Boston University, Dartmouth College, Babson College og Harvard School of Engineering](#)

Det vil føre for langt å gå inn i detaljer om alle funn fra disse studieturene her, men vi presenterer og drøfter noen elementer vi anser spesielt interessante i det følgende. I tillegg vil vi også diskutere noen relevante aspekter knyttet til andre dialoger vi har hatt med og innspill vi har fått fra representanter fra verdensledende institusjoner, blant annet med medlemmene i FTS' nordiske referansegruppe.

#### **Tverrfaglig samhandling - med basis i prosjekt-, problem- og utfordringsbasert læring:**

Tilrettelegging for tverrfaglig samhandling gjennom tverrgående, i stor grad prosjektbaserte initiativer knyttet til samfunnsutfordringer utgjør en viktig del av studiet ved flere av institusjonene vi har besøkt. To interessante konkrete eksempler på strategiske utdanningsinitiativer som utforsker mulighetene for mer tverrfaglig, prosjektbasert, studentsentrert, fleksibel og individualisert læring innenfor eksisterende studieprogramstrukturer kan nevnes spesielt:

- det før nevnte pilotprogrammet ("certificate program") [MIT NEET – New Engineering Education Transformation](#) ved MIT School of Engineering, og
- initiativet [Tracks](#) ved Chalmers Tekniska Högskola.

Målet med MIT NEET er «*to reimagine and rethink undergraduate engineering education—what students learn and how they learn—in a fundamental way across MIT*». Satsingen er studentfokuseret (baserer seg på individuelle læringsbaner for den enkelte student) og baseres på fire prinsipper:

---

<sup>121</sup> Studietur i regi av FUS.

- *New Machines and Systems*
  - *An engineering education should focus on the new machines and systems students will build in the 21st century.*
- *Makers and Discoverers*
  - *Students should be prepared to act as makers and discoverers, with fundamentals as a foundation for careers in research and practice.*
- *The Way Our Students Learn Best*
  - *An education should be built around the way our students learn best by engaging them in their learning and finding the best balance of classroom, project, and digital learning.*
- *NEET Ways of Thinking*<sup>122</sup>
  - *The NEET Ways of Thinking are conceived specifically to help students thrive in an atmosphere of rapid scientific and technological development.*

MIT er organisert i tematiske «tråder» (threads) som går over de tre siste år i studiet, som studentene kan velge på tvers av alle gradsgivende ingeniørprogrammer (majors), og der fokus for hver tråd er en type «*new machine and system*».<sup>123</sup> Deltakelse i MIT NEET skal gi studentene «*a host of transferable technical and interpersonal skills through a variety of hands-on projects, research, classes, seminars, events, socials, and career development opportunities*».

Chalmers uttrykker målet med *Tracks*-satsingen som følger:

- *Allow students to create cross-disciplinary competencies,*
- *Meet the students' expectations and need for a more individualized study plan*
- *Shorten the lead times for changing the education offer*

Satsingen er motivert av følgende trender:

- *Complex societal challenges with greater demands on competence for work over disciplinary boundaries*
- *Changed expectations among and of the students, including lifelong learning*
- *Ever-shorter lead times for (digital) technology development*

Videre beskrives hvordan satsingen, gjennom samtidig fokus på læring og læringsmiljø, søker å legge til rette for at dyp teknisk disiplin kunnskap utviklet *via ordinære studieprogrammer* kan utvikles i samspill med viktige ikke-tekniske kompetansedimensjoner. Studenter med ulike utdanningsbakgrunner skal på fleksibelt vis kunne skape individuelle, personlige utdanningsløp, og møtes på tvers i valgbare emner og prosjekter som fokuserer på store samfunnsutfordringer («tema»), med *minst ett valgbart emne per tema tilgjengelig per år fra 2. årskurs*. Igjen utformer man altså en valgfri tverrfaglig samhandlingsarena basert på relevante tversgående tema og samfunnsutfordringer - uten å bryte med den disiplinære programstrukturen.

---

<sup>122</sup> The [NEET Ways of Thinking](#) er: *Learning how to learn – Making – Discovering – Interpersonal Skills – Personal Skills and Attitudes – Creative Thinking – Systems Thinking – Critical and Metacognitive Thinking – Analytical Thinking - Computational Thinking – Experimental – Humanistic*. Denne listen dekker samlet sett alle relevante kompetansedimensjoner i de ulike kompetanserammeverkene vi diskuterer i Vedlegg C, og er også helt i tråd med CDIO-filosofien for utvikling av fremtidsrettet ingeniørutdanning.

<sup>123</sup> For tiden har NEET-trådene følgende temaer: *Advanced Materials Machines, Autonomous Machines, Digital Cities, Living Machines og Renewable Energy Machines*.

I denne sammenhengen er det også betimelig å nevne [Aalborg Universitets](#) pågående videreutvikling av sin anerkjente problembaserte læringsfilosofi (PBL) gjennom initiativet «[megaprojects](#)» (mega-prosjekter). Dette er et eksempel ikke bare på problembasert, men også på tverrfaglig, team-basert og utfordringsbasert (*challenge-based*) læring, i tett samarbeid med arbeidslivet, på tvers av landegrensar, og med innslag av online-læring. Mega-prosjekter defineres som «*interdisciplinary projects ranging across the whole University and involving a large number of students working together. All projects are based on global problems as formulated in the UN's 17 Sustainable Development Goals.*» Alle prosjektene utføres i samarbeid med eksterne partnere fra næringsliv eller offentlig sektor.

Visjonen for AAUs mega-prosjekter og studentenes læringsutbytte fra disse er “*to provide interdisciplinary solutions to current sustainability and societal issues – in Denmark and the rest of the world. Megaprojects will contribute to solving challenges and problems jointly, at AAU, across campuses, as well as across universities and national borders. By participating in a megaproject, you will:*

- *Address and work actively with the 17 UN Sustainable Development Goals*
- *Contribute to solving major issues identified by external stakeholders*
- *Upgrade your own skills and knowledge through input from other disciplines*
- *Build up competencies in interdisciplinarity, sustainability and collaboration”*

Hvert prosjekt er organisert som en overgripende paraply over studentenes ordinære studieløp og -aktiviteter. Heller ikke denne satsingen representerer altså noe brudd med organisering i ordinære studieprogram og disipliner, men forener studenter i tverrfaglig samhandling rundt viktige samfunnsutfordringer på tvers av de eksisterende strukturene.

### **Bærekraftfokus:**

Et eksplisitt fokus på bærekraftig utvikling er tydelig både hos Chalmers, DTU, TU Delft, Olin, Aalborg Universitet med flere. For eksempel er, som nevnt over, FNs bærekraftutfordringer et felles fokus for alle Aalborgs mega-prosjekter, og hos Chalmers er bærekraft et overgripende strategisk mål for hele virksomheten. Ved TU Delft tilbys spesialiseringen «[Technology in Sustainable Development](#)» innenfor alle masterprogrammer. Og selv ved institusjoner der bærekraftfokuset ikke er så eksplisitt uttalt (som f. eks. hos Harvard School of Engineering, Dartmouth College og Boston University), så ser vi et sterkt fokus på samfunnsutfordringer og samfunnsansvar, og et tydelig perspektiv på at det å «do good for the world», «change the world», eller «make the world a better place» er et sentralt mål for utdanningene.

### **Designfokus:**

Som nevnt innledningsvis i dette vedlegget peker Ruth Grahams rapport *The Global State of the Art of Engineering Education* på at ett fellestrekk ved «current leaders» innenfor ingeniørutdanning er «*user-centered design*». Dette er i tråd med det inntrykket FTS har fått under sine studieturer. Både [TU Delft](#), [Olin College of Engineering](#), [Thayer School of Engineering ved Dartmouth College](#) og [DTU](#) har på ulike vis (illustrert via innholdet i ovenstående hyperlenker) en tydelig vektlegging av design i sine ingeniørstudier, og det er også et sentralt tema i CDIO-filosofien. MIT, som tradisjonelt kanskje har vektlagt analyse mer enn design i sin ingeniørutdanning<sup>124</sup>, har gjennom [MIT NEET – New Engineering Education Transformation](#) - også et økende fokus på design. Selv om det kan ligge mange

---

<sup>124</sup> Iflg. instituttleder Daniel E. Hastings, MITs *Aeronautics and Astronautics Department*, under intervju med FTS-ledelsen, oktober 2019.

ulike nyanser i ordet «design», er det gjerne et fellestrekk at man fokuserer på utvikling av konkrete løsninger, fra idéstadiet til konkret produkt. Utviklingsprosessen er typisk basert på en analyse av brukerbehov og kravspesifikasjoner, gjerne knyttet til en bestemt kunde, brukergruppe eller oppdragsgiver, eller – mer fremtidsrettet - på et definert ønskemål for fremtidig utvikling. Ulike typer metodikker kan eller må tas i bruk i kombinasjon underveis, deriblant *design thinking*, og prosessene krever ofte tverrfaglig kompetanse og samhandling. Se boks B.2 for et eksempel fra NTNU.

### **Boks B.2 – *Fremtidens designstudium* ved NTNU: Et eksempel på videreutvikling av designdimensjonen i NTNUs teknologiutdanninger**

I løpet av de siste tiårene har designprofesjonens roller og arbeidsoppgaver endret og utvidet seg raskt. Man kunne forventet at denne endringen er drevet av praksis, men den er egentlig drevet av utviklingen innen designteori. Det gjør det mulig for andre fagfelt å koble designtenkning og - handling til sitt eget felt. Institutt for design (ID) ønsker å utdanne studentene til å lede organisasjoner og det profesjonelle designfeltet inn i fremtiden. ID vil at praksisverdenen skal holde tritt med utdanningen, ikke omvendt.

I dette prosjektet bringes tre perspektiver sammen som et grunnlag for å skape en ny designutdanning:

- En grunnleggende forståelse av de kunnskapstyper som er relatert til det å designe: Kunnskap om hvordan man legger til rette for designtenkning, kunnskap om hvordan man designer for fremtidig påvirkning på mennesker, organisasjoner og natur, og kunnskap om selve designet (teknologi og estetikk)
- En pedagogisk modell – adaptiv læring – som tar sikte på å lære studentene hvordan de kan komme seg gjennom stagnasjon når de blir konfrontert med kompleksitet. Studentens emosjonelle velvære og motstandskraft blir dermed sentralt for å utfylle sin rolle som designer i et fremtidig samfunn
- En holdning som er fremtidsrettet: i stedet for å løse dagens problemer, ønsker vi at studentene våre skal kunne definere en ønsket, men realistisk fremtid.

ID erkjenner at hver student kommer inn i studiet med et unikt sett med talenter og interesser, og ID ønsker å gjøre det mulig for hver enkelt å velge og skape sin egen utdanningsreise. Med andre ord, med et studieprogram basert på disse tre perspektivene ønsker ID å frigjøre studentens potensial.

### **Valgfrihet, mangfold og fleksibilitet – frihet under ansvar:**

Vi finner *betydelig fokus på valgfrihet, mangfold og fleksibilitet* for studentene i studieplanen hos de fleste av de besøkte lærestedene. Vi vil samtidig understreke at dette er en valgfrihet som overfører mer av ansvaret for læring til studenten selv – altså en frihet som er ment å bidra til å ansvarliggjøre studentene (som i seg selv gir et bidrag til personlig utvikling, herunder utvikling av «evaluative judgement»). Som noen eksempler kan vi nevne:

- [DTUs «flaggmodell»](#) med 25 % valgfrie emner (Electives) i masterprogrammene (resten likt fordelt på kategoriene Competence – Technical Specialization – Project).
- TU Delfts lignende struktur, med 30 valgfrie ECTS («*Master yourself*»), og et samtidig strategisk fokus på tilrettelegging av utdanningen for et spektrum av viktige fremtidige yrkesroller.

- MITs AeroAstro-institutt har også krav om minst 25 % «humanities, social science and arts» hos sine undergraduate-studenter.
- Ved MIT og Chalmers er det mulig for studentene å velge å delta i store tverrfaglige, prosjektorienterte initiativer på tvers av studieprogrammer - i tidligere beskrevne *MIT NEET* og *Chalmers Tracks*.
- Olin College har et fullstendig integrert curriculum uten disipliner eller institutter.
- Det er betydelig «liberal arts»-fokus + bruk av tverrfaglig major/minor-struktur både hos Olin, Dartmouth College og Harvard School of Engineering.

### Institusjonell støtte til pedagogisk kompetanseutvikling:

Det er også et sterkt institusjonelt fokus på, og god støtte til, kunnskapsbasert pedagogisk utvikling hos flere av de omtalte institusjonene. Det mest typiske er tydelig plassert sentralt ansvar, og helhetlige oppdrag/mandater hos de støttende enhetene, noe som gir god synlighet og kritisk masse. Noen eksempler er:

- [TU Delfts Teaching Academy](#) og [Teaching Lab](#) (begge inngår i [Leiden-Delft-Erasmus Centre for Education and Learning](#))
- Northeastern Universitys [Center for Advanced Teaching and Learning Through Research](#)
- Ved Chalmers Tekniska Högskole har [Institutionen for pedagogik og livslångt lärande](#) fått mandat til «att fungera som ett pedagogiskt nav och drivkraft på Chalmers. Via gemensam kunskapsbildning och meritering utvecklas ett akademiskt lärarskap som genomsyras av ett reflekterande arbetssätt och ett kontinuerligt förbättringsarbete.»

Det kan også nevnes her at [Aarhus Universitet](#) er i ferd med å samle alle sine ulike fagspesifikke pedagogiske ressursmiljøer, som i dag inngår i et [universitetspedagogisk nettverk](#), i ett fysisk samlet pedagogisk senter på tvers av fagområder. Dette senteret vil organisatorisk ligge under prorektor for utdanning.

### Livslang læring og digitalisering av undervisning:

- MIT er verdensledende på «Open Learning» og nettbasert livslang læring. Alle faglærere er oppfordret til å legge alt læringsmateriale fra ordinære emner gratis og åpent ut på nett (Open CourseWare – OCW) – og deres Open Learning Office hjelper til med det praktiske. De skiller mellom såkalte «profitable» tilbud (XPRO - spesialtilpassede, eksklusive tilbud som går i pluss), «sustainable» tilbud (MITX/edX – tilbud som går i null, eksempelvis MOOCs (gratis tilgang til innhold, betaling for deltakerbevis) og Micromasters) og «charitable» tilbud (gratis nettbaserte tilbud som f. eks. OCW). De baserer seg på kryss-subsidiering fra «profitable» til «charitable» tilbud, men Open Learning Office og livslang læring-aktivitetene går totalt sett i pluss.
- TU Delft har en lignende inndeling som MIT i ulike typer tilbud. Benytter MOOCs som strategisk verktøy, først og fremst for å styrke pedagogisk kvalitet på campusundervisning, internasjonal rekruttering, synlighet og omdømme – og mener satsingen på MOOCs som en konsekvens har forbedret kvaliteten på campusbasert undervisning.

### Arbeidsrelevans og praksis:

- FTS finner Northeastern Universitys modell<sup>125</sup> for «[cooperative education](#)» svært interessant:

<sup>125</sup> En [tilsvarende modell](#) finner vi hos [University of Waterloo](#) i Canada.



Modellen, som er utviklet gjennom en periode på over 100 år, integrerer utdanning og arbeidserfaring gjennom at studentene kan ta pauser fra studiet for å gjøre lønnede fulltids internships i et organisert nettverk av bedriftspartnere verden over – for så å komme tilbake og fortsette studiet der de slapp. Ett internship varer i 4-8 måneder, med snittvarighet på 6 måneder, og studentene kan ta opp til tre slike internships i løpet av studiet.

Cooperative education er et ikke-obligatorisk og ikke-studiepoeng-givende tilbud ved Northeastern, men man får «credit» på vitnemålet for å ha deltatt i *opplevelsesbasert læring (experiential education)*. Tilbudet gjelder i alle studieprogrammer, og er så populært at 95 % av studentene benytter seg av det på tross av at det ikke er obligatorisk. Universitetet har over tid utviklet et nettverk av flere hundre arbeidsgivere i rundt 30 land, og har etablert en tydelig intern organisasjon for å administrere og videreutvikle denne aktiviteten.

I intervjuer fremhever Northeasterns representanter følgende fordeler universitetet har erfart ved denne modellen:

- Studentene får praktisk erfaring med teamarbeid, bedre kommunikasjonsferdigheter, og også sterkere motivasjon for sin studiespesialisering<sup>126</sup>
- Studentene tar med seg nyeste praksis fra industri og næringsliv tilbake til universitetet, slik at også professorene lærer fra dem (oppdaterer sin profesjonskompetanse)
- Universitetets emner blir dermed også mer relevante og tettere på arbeidspraksis
- Det skjer læring på tvers i klasserommet også mellom studenter med og uten arbeidserfaring
- For de studentene som gjør internships hos arbeidsgivere i utlandet gir det også verdifull internasjonal erfaring (kan være et alternativ til tradisjonell studentutveksling)
- Universitetet utvikler og vedlikeholder en relasjon til et nettverk av arbeidslivspartnere som over tid også bidrar til utvikling av forsknings- og prosjektaktivitet
- Studentene blir kjent med konkrete arbeidsgivere, som gjør at de lettere får jobb etter studiet, i tillegg til lønn i løpet av studiet.

En ikke ubetydelig praktisk ulempe er at noen emner må undervises både i høst- og vårsemesteret, på grunn av at studentenes internships typisk varer i ett semester – og at timeplanleggingen dermed også blir mer kompleks. Det var likevel stor enighet i intervjuene – også blant de professorene som i følge seg selv kom fra det de kalte en «ivory tower culture» - om at fordelene ved «cooperative education» mer enn oppveier ulempene.

I og med at organisering og finansiering av høyere utdanning i USA er nokså forskjellig fra den norske modellen, er det kanskje ikke opplagt at en «cooperative education»-modell à la Northeastern University vil være verken politisk ønskelig, eller enkel å implementere, i Norge. FTS anbefaler likevel at NTNU vurderer nærmere om elementer fra modellen kan være relevant og realistisk å innføre, for eksempel basert på erfaringer fra en pilot.

---

<sup>126</sup> Inntrykket er dermed at ordningen virker positivt inn på frafall og gjennomføring, heller enn negativt pga. at studenter får jobb og hopper av studiene.

En modell for arbeidspraksis som kanskje er mer tilpasset de nordiske landenes modeller og tradisjon er [Lunds Universitets](#) modell for ingeniørrettet yrkestrening ([poängsatt praktik](#)). Sentrale trekk ved denne modellen, utviklet siden 2008, er<sup>127</sup>:

- 10 uker arbeid av teknisk karakter, hvorav 8 uker på en arbeidsplass
- Kan velges som del av 30 valgfrie ECTS-poeng innenfor studentenes (tekniske) programområde i masterdelen av sivilingeniørstudiet (årskurs 4 eller 5)
- Gir 15 ECTS-poeng
- Krav til forkunnskap: 150 ECTS-poeng må være fullført i utdanningen før yrkestreningen påbegynnes
- Er utviklet som et svar på vanskelighetene for studenter i Sverige med å få teknisk relevante sommerjobber
- Tas av 27 % av Lunds sivilingeniørstudenter, men med stor variasjon mellom programmer.
- Vurdering ihht. læringsmålene gjøres ut fra loggbok med ukentlige rapporter, en kort skriftlig rapport med refleksjoner omkring arbeidsoppgaver, arbeidsform og kobling til utdanningen, og en muntlig presentasjon.
- Erfaringene så langt viser at studenten får bra veiledning på arbeidsplassen, blir inkludert, og opplever relevans og økt motivasjon i forhold til sin utdanning. Det er også indikasjoner på at studentene som har gjennomført studiepoenggivende praksis gjør det bedre i teoretiske fag i utdanningen etterpå.

Boks B.3 beskriver hvordan industripraksis er integrert i ph.d.-studiene ved et NTNU-senter.

### **Boks B.3 – Senter for Digitalt Liv Norge – et eksempel på industripraksis i ph.d.-studier ved NTN**

Senter for Digitalt Liv Norge (DLN) har som målsetting å utvikle ny kunnskap innen digital transdisiplinær bioteknologi for å skape verdier og svare på samfunnets utfordringer. Viktige ledd i dette arbeidet er utdanning av yngre forskere med solid fagkunnskap, samt å bygge bruer for god samhandling og samarbeid mellom industri og akademia.

DLN har derfor utviklet et program for industripraksis med mål om å gi senterets ph.d.-stipendiater en mulighet til å oppleve industrien fra innsiden. Stipendiatene er ansatt hos senterets partnerinstitusjoner (NTNU, UiO, UiB, UiT, NMBU, SINTEF, og OUS) på prosjekter som har fått finansiering gjennom Forskningsrådets Digitalt Liv-satsning. DLN har tatt ansvar for å finne passende vertsbedrifter, og kobler disse sammen med kandidater som blitt valgt ut til å delta i programmet basert på egne søknader. DLN har også utviklet en kontrakt som regulerer industripraksis mht. forventninger begge veier, samt IPR.

Industrioppholdet har en varighet på 3 måneder hvor kandidaten har permisjon fra sitt ph.d.-arbeid, og lønn dekkes i sin helhet av DLN. I 2020 ble syv ph.d.-stipendiater tildelt plass hos ulike bedrifter i Norge og Sverige i en pilot av programmet, og neste runde av programmet planlegges gjennomført i 2021.

<sup>127</sup> Se kursplan på [https://kurser.lth.se/kursplaner/19\\_20/IYT000.html](https://kurser.lth.se/kursplaner/19_20/IYT000.html).

## Olin College of Engineering – en “living lab” for å forbedre verdens ingeniørutdanning:

*Remember that we are role models no matter what we do. Cynical faculty create cynical students.*

Rick Miller, rektor ved Olin College under  
FTS' besøk i oktober 2019

Olin College of Engineering er en institusjon som på de fleste måter er svært forskjellig fra NTNU, men de er likevel interessante, kanskje spesielt på grunn av deres vekt på ingeniør-etikk, verdier og studentengasjement, deres uttrykte filosofi om at det primære målet for utdanningen er evne til å forbedre verden for mennesker, og det noe «mykere» synet på ingeniørprofesjonen som det resulterer i.<sup>128</sup> Olin ser på seg selv som en «living lab» for forbedring av ingeniørutdanning verden over, og vektlegger spesielt å fremme god lærings- og samarbeidskultur basert på de fem pilarene *Joy – Trust – Courage – Openness - Community and Connection*.<sup>129</sup> De uttrykker en sterk tro på unge menneskers evner og på verdien av å vise studentene tillit fra dag 1, og deres vektlegging av samfunnsutfordringer, etikk, empati, kreativitet, tverrfaglighet, samarbeid, brukerorientert design og prosjektbasert læring (maker projects) er etter FTS' oppfatning relevant også for institusjoner som (som altså NTNU) i utgangspunktet er svært forskjellige fra Olin selv.<sup>130</sup> Det allment overførbare i Olin-filosofien kan konsist summeres opp i følgende fire «læresetninger»<sup>131</sup>:

1. *Only study things that matter*
2. *Only study things in teams*
3. *Only study things in context*
4. *Do everything with a vision.*

### Fremtidens ingeniørroller ved TU Delft:

Ved TU Delft og 4TU.Centre for Engineering Education (4TU.CEE) har man gjort interessant arbeid på å definere hva som forventes å bli de viktigste *samfunnsrollene for ingeniører* i fremtiden, hva som forventes å *motivere fremtidens ingeniørstudenter* – og hvilke konsekvenser dette bør få for de *ulike utdanningsprofilene* vi legger til rette for i ingeniørutdanningene. I 2016 brukte de *designtenkning* til å forsøke å si noe om hvordan ingeniørfaget vil se ut om 20 til 30 år, ved å arbeide frem fire

---

<sup>128</sup> Se f. eks. nylig avgåtte Olin-president Rick Millers 2015-artikkel om «*Why the Hard Science of Engineering is No Longer Enough to Meet the 21<sup>st</sup> Century Challenges*»:

[http://www.olin.edu/sites/default/files/rebalancing\\_engineering\\_education\\_may\\_15.pdf](http://www.olin.edu/sites/default/files/rebalancing_engineering_education_may_15.pdf)

<sup>129</sup> Se D. E. Goldberg & M. Sommerville, *A whole New Engineer: The Coming Revolution in Engineering Education* (ThreeJoys Associates, 2014) for en nærmere diskusjon av grunnverdiene i Olin-filosofien.

<sup>130</sup> Det kan i denne forbindelse nevnes at MITs tidligere nevnte satsing MIT NEET har blitt omtalt som «*an attempt at Olinizing MIT*», og at MITs *Department of Aeronautics and Astronautics* nylig har [engasjert avtroppende Olin-president Rick Miller som visiting professor](#), blant annet med begrunnelsen “*We have identified a number of educational priorities to focus on in the coming years that align particularly well with Richard’s expertise on engineering education reform.*”

<sup>131</sup> Intervju med daværende Olin-president Rick Miller under FTS' studietur til Boston, oktober 2019.

arketypiske ingeniørroller som samfunnet kommer til å forvente og trenge.<sup>132</sup> Arbeidet ble i 2017-2018 tatt videre av Klaassen, Van Dijk et al.<sup>133</sup>, noe som resulterte i et sett av åtte ulike profiler - der de primære driverne for studieløp-utforming ikke lenger er ingeniørdisipliner, men den *ingeniøradferden* som det forventes å være behov og motivasjon for i 2030 «and beyond», basert på ti identifiserte underliggende drivkrefter. De tre mest sentrale rollene ble funnet å være «*origineering*» - med serieentreprenør-lignende karakteristika, «*fundamentaneering*» - med fokus på dyp, langsiktig kunnskapsbygging, og «*tinkineering*» - med fokus på lekenhet, eksperimentering og praktisk sans. De ulike rollene er tenkt understøttet ved å designe ulike varianter av utdanningsløp innenfor ett og samme disiplinære masterprogram.

4TU.CEEs leder Aldert Kamp gir i sitt CAESAR-diskusjonspaper fra des. 2019 følgende motivasjon for hvorfor man har gjort dette arbeidet:

*«There is a clear trend of an increasing demand for differentiation, not only from the students but also from the job market. The integration in curricula of different roles in the engineering profession (Kamp, 2017) that are orientated towards future professional needs, may function as magnets to which students feel attracted and motivated, and guides the individual student. Engaging students with specific roles an engineer can play in real-world open-ended complex problems, makes them more adventurous, develops their self-awareness, motivates them to take ownership of their study, and helps them to develop into leaders in society, not just engineers.»*

FTS vil påpeke at et slikt utdanningsmessig fokus på tydeligere tilrettelegging for ulike typer viktige roller i samfunnet – og dermed større mangfold og valgfrihet for studentene, som samtidig kan kobles mot langsiktig samfunnsrelevans og tydeligere karriereveiledning – også synes å være i tråd med følgende anbefaling fra Kompetansebehovsutvalgets andre rapport:

*«Universitetene har stor faglig bredde, og det ville være mulig å sette sammen mange ulike typer utdanningsprofiler, som kombinerer kunnskap fra helt ulike fagområder. Det ville gi fordeler ved at studentene i større grad vil kunne ha mulighet til å følge sine interesser, og det ville gi større variasjon i fagprofilen til de kandidater som uteksamineres fra universitetene.»*

FTS anbefaler at NTNUs fagmiljøer i oppfølgingen av FTS-prosjektet oppfordres til å gjøre sine egne kartlegginger av hvilke «robuste» fremtidsroller de forventer vil bli de mest relevante og motiverende for deres kandidater på lang sikt. Dette med tanke på å legge så godt som mulig til rette for disse rollene - og slik skape ytterligere mangfold over studentmassen, samtidig som man kan svare på langsiktige samfunnsutfordringer, og tilby studentene både mer valgfrihet og tydeligere karriereveiledning.

## Oppsummering

Det følgende er en overordnet oppsummering av prosjektets funn hva angår beste praksis ved verdensledende tekniske utdanningsinstitusjoner, og i moderne teknologi- og ingeniørutdanninger. Vi finner at slik beste praksis per i dag er karakterisert av følgende særtrekk og trender:

---

<sup>132</sup> Se [Kamp & Klaassen \(2016\)](#). De fire identifiserte rollene, såkalte «Future proof profiles 2030» som man da fant at ingeniørutdanning burde legge spesielt til rette for, var *Specialist*, *System Integrator*, *Front-end Innovator*, og *Contextual Engineer*.

<sup>133</sup> Se «[A design-based vision on future roles in engineering](#)», *Proc. 14<sup>th</sup> International CDIO Conference*, 2018.

- **Sterke kunnskaps- og forskningsmiljøer med høye krav til faglæreres faglige og vitenskapelige kompetanse – og egen forskning og utvikling som understøtter utdanningskvalitet**
  - Fagmiljøene som har ansvar for utdanningene bedriver forskning og utvikling (FoU) på høyt internasjonalt nivå, fra det grunnleggende og langsiktige til det anvendte og innovasjonsnære.
  - Høye krav til faglig kvalitet og dokumentert FoU-kompetanse ved rekruttering av faglærere.
  - Fokus på og forventninger til kontinuerlig videreutvikling av FoU-kompetanse gjennom at faglærere deltar aktivt i FoU-aktiviteter.
  - FoU som aktivt understøtter utdanningskvalitet gjennom å bidra bl. a. til oppdatert faglig innhold i utdanningene, samarbeid med næringsliv, FoU-baserte tema for studentprosjekter, integrasjon av studenter i fagmiljøene gjennom studentdeltakelse i FoU, og internasjonalisering.
- **Ambisjon om å utvikle helhetlig kompetanse og samfunnsansvar hos kandidatene**
  - Studentene skal utvikles til å bli «hele mennesker», ikke bare fag-eksperter.
  - Faglig kunnskap, tekniske og ikke-tekniske ferdigheter, holdninger og verdier, samt evne til livslang læring anses derfor alle å være viktige dimensjoner.
  - Utdanningene understøtter utvikling av samspill mellom disse dimensjonene gjennom helhetlig blikk på utforming, innhold og gjennomføring.
  - Utvikling av viktige ikke-tekniske ferdigheter fullt integrert i ordinære emner, ikke henvist til egne emner.
  - Faglig dybde, tverrfaglig bredde, innovasjonsevne, personlig utvikling (dannelse), arbeidsrelevans og bidrag til en bedre verden er alle tydelige mål for utdanningen.
  - Betydelig fokus på bærekraftig utvikling som konkret case og overordnet utfordring for studentene.
  - Tydelig studieprogramperspektiv i kvalitetsarbeidet, med vekt på god utdanningsledelse, god kobling mellom program og emner, og god innbyrdes koordinering mellom emner.
  - Fokus på tilrettelegging for relevante fremtidsroller for ingeniører og teknologer.
- **Kontekstuell læring, med fokus på det skapende i ingeniørers og teknologers virke**
  - Kontekstuell læring som læringsfilosofi er helt sentralt i bl. a. *The CDIO™ Initiative*<sup>134</sup> - verdens ledende internasjonale nettverk for utvikling og fornyelse av ingeniørutdanning.
  - Tidlig eksponering for hva teknologer og ingeniører gjør i yrkeslivet.
  - I praksis innebærer dette betydelig fokus på «engineering design» - å skape nye løsninger (produkter, systemer, prosesser, tjenester, forskningsresultater), på bruker- og samfunnsbehov, samarbeid og kommunikasjon, ressurser og bærekraft, innovasjonsevne og entreprenørielt tankesett.
- **Konstruktiv overenstemmelse (samstemt undervisning, [constructive alignment](#))** mellom kompetansemål, evalueringsmetoder og undervisnings- og læringsaktiviteter
  - Kompetanse- og læringsmål er utgangspunktet for utforming av, innhold i og gjennomføring av utdanningene.
  - Formative vurderingsformer og nyttige underveis-tilbakemeldinger til studentene, for å fremme mer effektiv læring, samt evne til å vurdere egen kompetanse og håndtere tilbakemeldinger.
  - CDIO-begrepene «*integrated learning*», «*mutually supporting courses*» og «*dual use of time*» er nøkler til effektiv utnyttelse av tidsressursen i utdanningene, og viktige

<sup>134</sup> Se [www.cdio.org](http://www.cdio.org), og nærmere omtaler av CDIO-nettverket og -filosofien i kapittel 6 samt i vedlegg B og C.

verktøy for å nå kompetansemålene - ved at læringsaktiviteter i størst mulig grad designes for å *samtidig* understøtte utvikling av faglig kunnskap, profesjonelle ferdigheter og holdninger, og ved at flere emner samarbeider om å understøtte hvert kompetansemål.

- **Tillit til og tilrettelegging for studentenes ansvar for egen læring**
  - Derfor også fokus på god studentmedvirkning og anerkjennelse av studentenes kompetanse, og betydelig valgfrihet for studentene («student empowerment», økende grad av tilrettelegging for «personalized learning»).
  - Betydelig fleksibilitet for den enkelte student til å designe eget studieløp.
  - Frihet under ansvar – understreker studentenes ansvar for egen læring.
  - Ofte også betydelig valgfrihet i retning av «liberal arts» og HumSam-fag.
  - God studie- og karriereveiledning, og enkel, klar og tydelig kommunikasjon til studentenes fra universitetets side - for å markedsføre og tydeliggjøre fagtilbud og valgmuligheter, og konsekvenser av ulike valg.
- **Læringskultur og læringsaktiviteter som fremmer motivasjon, engasjement, initiativ, samarbeid, identitet og dyp læring**
  - Studentsentrert læring, interaktive og studentaktive læringsaktiviteter, samarbeidslæring, og variasjon i læringsaktiviteter.
  - Betydelige innslag av prosjekt-, case- og problembaserte læringsaktiviteter og [opplevelsesbasert \(experiential\) læring](#).
  - Spesiell vekt på «*design-implement*»-prosjekter – og i økende grad også store prosjekter på tvers av fagområder, institusjoner og landegrenser.<sup>135</sup>
  - Økende vekt på realistiske, åpne ([open-ended](#)) problemstillinger, designmetodikk, og «[challenge-based](#)» (utfordringsbasert) læring.
- **Programtilpasning (så mye som man kan få til innenfor tilgjengelige ressursrammer) av basis-/grunnlagsfag**
  - I økende grad integrert planlegging og gjennomføring av matematikk-, realfags-, IT- og programemner.
  - Tydelig kobling av generiske teorifag til ingeniørmessig/teknologisk praksis fra starten av studiet – dermed økende opplevd relevans av teorien for programområdet, noe som medfører økende motivasjon hos studentene og gir bedre forutsetninger for effektiv læring.
  - Økende vektlegging av beregningsorientert matematikk og algoritmisk tenkning, og anvendelse av dette.
- **Aktiv tilrettelegging for bred og mangfoldig tverrfaglighet, også mot ikke-tekniske fag**
  - Nok fleksibilitet og «luft» i studieplanstrukturer/curriculum til å muliggjøre reell og mangfoldig tverrfaglighet.
  - Nye og ambisiøse tverrfaglige tilbud og initiativer som går på tvers av studieprogram og fagmiljøer – og som i betydelig grad er prosjekt-, samhandlings- og utfordringsbaserte, og valgbare for en stor bredde av studentmassen.
  - Aktiv tilrettelegging og nye arenaer med fokus på tverrfaglig *samhandling* på tvers av studieområder - ikke bare fagtilbud som gir den enkelte mer komplementær kunnskap fra andre fagområder enn sitt eget.
- **Vektlegging av langsiktig arbeidsrelevans og samhandling med arbeidslivet**
  - I utforming, gjennomføring og videreutvikling av utdanningsløp.
  - I prosjekt- og praksistilbud for studentene.
  - I forskning og utvikling.
  - Tydelige grensesnitt og innganger til samarbeidsarenaer for eksterne partnere.

---

<sup>135</sup> Cf. f. eks. [«megaproject»-konseptet](#) ved Aalborg universitet.

- **Kultur, system, og høye ambisjoner for kontinuerlig forbedring og kompetanseutvikling**
  - Både i utdanningsorganisasjonen og i studietilbudet.
  - Mhp både faglig innhold, pedagogikk og didaktikk, profesjons- og arbeidsrelevans, organisering og struktur.
  - Vekt på «trippelkompetanse» i faglærerstabten – med forventninger om og systematisk støtte til kompetanseutvikling både vitenskapelig, pedagogisk og profesjonelt.
  - Kvalitetsambisjoner som går ut over formelle akkrediteringskriterier.
- **God tilrettelegging, integrasjon og utnyttelse av digital og fysisk infrastruktur**
  - Campusløsninger og infrastruktur som muliggjør læringsaktiviteter, vurderingsformer og samhandlingsformer som effektivt understøtter læringsmål og ønsket strategisk utvikling forøvrig.
  - Omfatter bl. a. laboratorier, verksteder, fysiske og digitale læringsmiljøer og samhandlingsarenaer, identitetsarealer, arealer til studentorganisasjoner og -frivillighet, digitale støttesystemer og faglig programvare.
  - Bruk av MOOCs og åpne digitale læringsressurser som strategiske verktøy for å fremme innovasjon og kvalitet også i campusbasert undervisning.
- **Agilitet og fleksibilitet**
  - Evne til å snu seg fort rundt og svare på nye behov i samfunnet og arbeidslivet, eller nye forventninger fra studentene.
  - Evne til å ligge i forkant av utviklingen.
  - Evne til dynamisk eksperimentering og pilotering av nye initiativer.

## Vedlegg C Om kompetanse – og fremtidens kompetansebehov

*«Målsettingen med innføringen av Nasjonalt kvalifikasjonsrammeverk (NKR) for livslang læring i 2011 var en fundamental endring i perspektivet på utdanningsvirksomheten. Studiene skal nå beskrives gjennom krav til læringsutbytte, det vil si hva slags kunnskap, ferdigheter og generell kompetanse studentene skal tilegne seg gjennom studiet. Vekten legges dermed på læring fremfor undervisning, det vil si hva kandidaten kan ved avslutning av utdanningen, fremfor hva kandidaten har vært gjennom for å komme dit, jf. kapittel 3. Denne endringen er fortsatt ikke fullført i tilstrekkelig grad til at den gjennomstyrer planleggingen og gjennomføringen av all utdanning.» (s 18)*

*«Studentene skal få utvikle og utnytte sitt potensial for læring, oppnå gode kunnskaper, ferdigheter og generell kompetanse basert på oppdatert internasjonal forskning. Dette innebærer at studentene skal lære kunnskap, ferdigheter og analytisk forståelsesramme som er spesifikke for faget de studerer, men også at de skal utvikle mer generiske ferdigheter, som evne til kritisk tenkning, analytisk vurdering og kontinuerlig læring. Det må legges til rette for dybdelæring og transformativ læring der studentene gjennom å tilegne seg nye perspektiver utvikler kvalitativt ny forståelse av fenomener og sammenhenger, og utvikler kunnskapsbasert og kritisk evaluerende skjønn. Videre må studentene få innsikt i hvordan ny kunnskap utvikles og valideres i de ulike fagene, og hva som kjennetegner anerkjent akademisk og vitenskapelig praksis til forskjell fra ulike former for kvasivitenskap.» (s 16)*

*«Ifølge rapporten The Future of Jobs vil de fleste yrkene i 2020 kreve kompetanse som ikke regnes som avgjørende i dag. I et arbeidsmarked som i stadig større grad preges av et høyere kompetansenivå og mindre rutinearbeid, er det behov for fagfolk som kan utøve etisk refleksjon, kreativ problemløsning og kritisk tenkning, og som kan håndtere kompleks og tvetydig informasjon samt samarbeide på tvers av geografiske, faglige og kulturelle grenser. Disse generiske kompetansene er i godt samsvar med universitetenes klassiske dannelsesidealer. Utdanningen må legge vekt på læring som stimulerer slike ferdigheter. Det vil gjøre studentene bedre rustet til å møte et samfunns- og arbeidsliv som krever kontinuerlig omstilling.» (s 14)*

Kultur for kvalitet i høyere utdanning (Meld. St. 16, 2016-2017)

### C.1 Fra kunnskap til kompetanse: Hva mener vi med kompetanse – og hva slags kompetanse krever fremtiden?

Når vi ser samlet på alle internasjonale og nasjonale analyser av kompetansebehov for fremtiden (se Vedlegg A) og sammenligner ulike formelle rammeverk som er utviklet for å kunne beskrive



fremtidens kompetanseprofiler på en strukturert måte, så blir det klart at den type kompetanse som fremtidens utfordringer krever er kompleks og *flerdimensjonal*, altså at kompetansen består av mer enn ren kunnskap. De ulike dimensjonene i kompetansebegrepet er tett koblet, og det gir derfor ikke fullgod mening å beskrive isolerte mål for hver dimensjon.

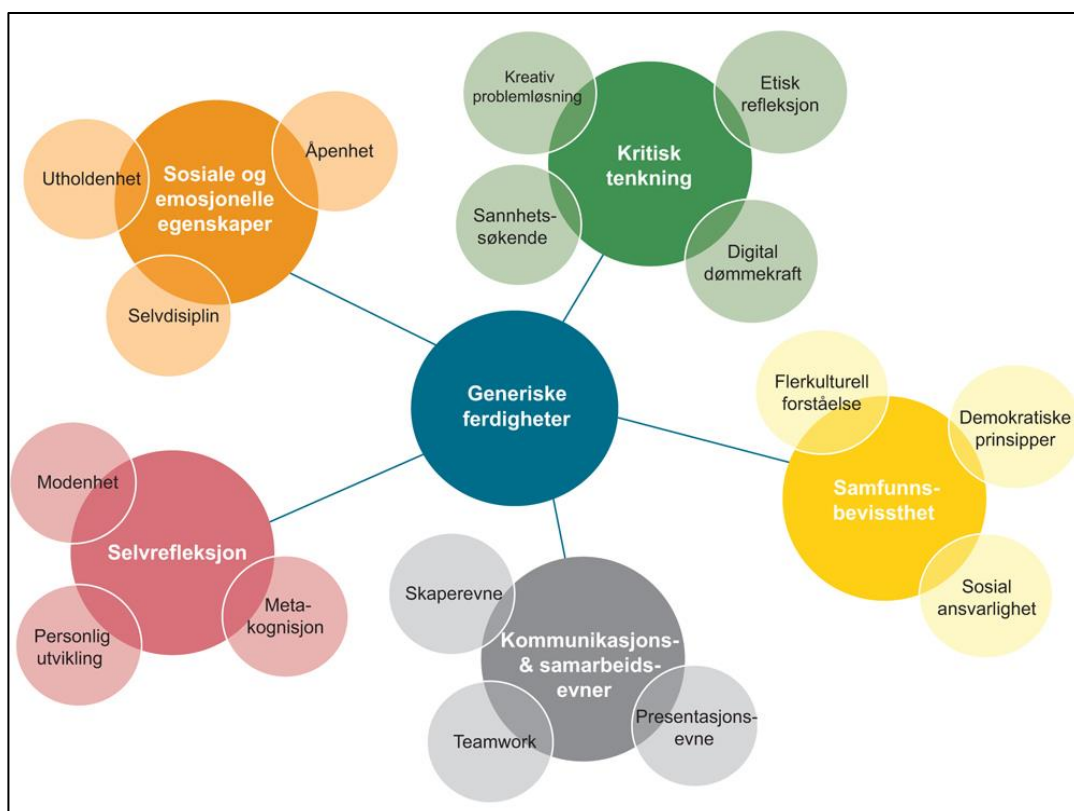
OECD skriver i sin rapport [The Future of Education and Skills: Education 2030](#) at «The concept of competency implies more than just the acquisition of knowledge and skills; it involves the mobilisation of knowledge, skills, attitudes and values to meet complex demands.» [Nasjonal kompetansepolitisk strategi 2017 – 2021](#) uttrykker omtrent det samme: «Kompetanse kan defineres som evnen til å løse oppgaver og mestre utfordringer i konkrete situasjoner, og inkluderer kunnskaper, ferdigheter og holdninger». Det ligger derfor også et element av *integrasjon av og interaksjon mellom* ulike dimensjoner i begrepet «kompetanse». Det er i denne betydningen vi vil benytte begrepet «kompetanse» i denne rapporten.

Dersom vi legger til grunn at høyere utdanning bør ha som ett av sine hovedmål<sup>136</sup> å *frembringe kompetente kandidater*, så følger det derfor at fremtidens utdanninger bør legges opp slik at de understøtter både *begrepet kompetanse* generelt, og *fremtidens kompetansebehov* spesielt, på en helhetlig og integrert måte. Dette innebærer at fremtidsrettede utdanninger ikke kan fokusere bare på å overføre faglig kunnskap til kandidatene, slik det kanskje tradisjonelt har vært i mange tilfeller. Figur 8 søker å illustrere (noen av) de mange viktige dimensjonene av kompetanse som *ikke* lar seg fange i det tradisjonelle kunnskapsbegrepet.

---

<sup>136</sup> Stortingsmeldingen «Kultur for kvalitet i høyere utdanning» gjengir de fire hovedmål Europarådet har fastsatt for høyere utdanning – alle er helt eller delvis knyttet til kompetanseutvikling hos den enkelte kandidat:

- *forberedelse for bærekraftig deltakelse i arbeidslivet*
- *forberedelse til livet som aktive borgere i demokratiske samfunn*
- *personlig utvikling*
- *utvikling og vedlikehold, gjennom undervisning, læring og forskning, av en bred, avansert kunnskapsbase*



Figur 8: Generiske ferdigheter. Kilde: Stortingsmelding "Kultur for kvalitet i høyere utdanning"

Samtidig er det ingen tvil eller uenighet om at dyp faglig kunnskap (innsikt, ekspertise) fremdeles er og vil fortsette å være «reisverket», «grunnmuren» eller «stammen» som andre kompetansedimensjoner må bygges rundt/på eller springe ut fra. Stadig økende kompleksitet i problemstillingene som skal løses – jfr. Vedlegg A - gir om noe mer, ikke mindre, behov for dyp faglig innsikt.<sup>137</sup> En dreining av fokus i retning av helhetlig kompetanse betyr altså ikke at kravet til faglig fordypning eller faglig kvalitet blir mindre.<sup>138</sup> Men en slik dreining kan komme til å få betydelige konsekvenser for hvordan vi designer studieprogrammer og emner, legger opp læringsbaner for studentene, og velger pedagogiske metoder (læringsaktiviteter, vurderingsformer,

<sup>137</sup> Eksakt hva vi skal legge i begrepet «faglig innsikt» er dog ikke nødvendigvis statisk, eller opplagt, når søkemotorer, algoritmer, roboter og kunstig intelligens i raskt økende grad blir tilgjengeliggjort som verktøy og endringsdrivere for å løse oppgaver (også tilsynelatende komplekse oppgaver som krever avansert kunnskap) som inntil nå har vært løst av mennesker. Det er selvfølgelig nødvendig også å ha fokus på behovet for fornying av faglig innhold i studiene.

<sup>138</sup> Aldert Kamp, direktør for 4TU.Centre for Engineering Education i Nederland, sier det slik ([CESAER discussion paper, des. 2019](#)): «There can be no doubt that mastering depth in technical engineering disciplines and logical thought has always been, and will always remain, necessary for successfully analysing problems, designing solutions and advancing knowledge, now and in the future. To prepare students for the knowledge-based economy, engineering education has to focus on the acquisition and development of core knowledge and capabilities in the domain of the engineering sciences: to discover, analyse, conceptualise, design, develop, operate and innovate complex products, systems and processes. These attributes are hard-won and only come with practice and experience.»

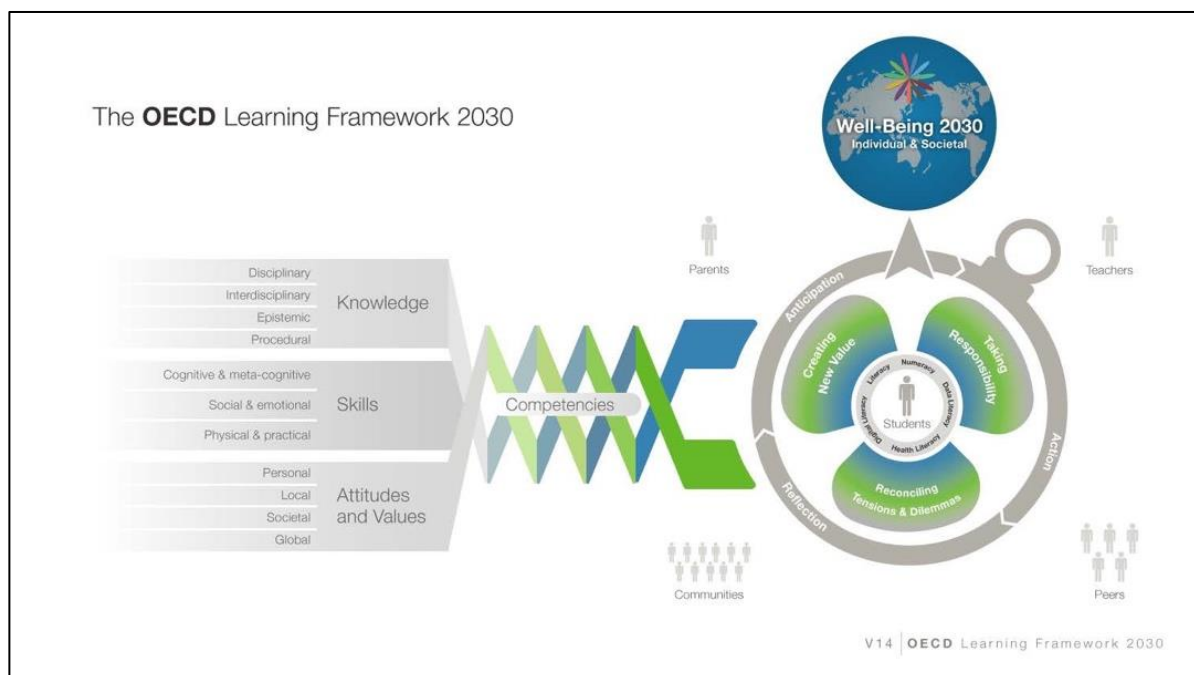
samhandlingsformer) og teknologiske verktøy – for å støtte mest mulig effektivt opp om utvikling av en mer helhetlig kompetanse uten at man må lage lengre studieprogram.

Samtidig er det også grunn til å minne om at man bør se helhetlig på kompetanseutvikling som en prosess som skjer ikke bare i løpet av et gradsgivende utdanningsløp, men også gjennom *livslang læring* – i arbeidslivet så vel som gjennom videreutdanning - etter fullført grad. Et utdanningsløp bør derfor også gi kandidatene *kompetansemessige forutsetninger for å kunne lære effektivt livet ut*.

## C.2 Internasjonale rammeverk («curriculum frameworks») for å beskrive og forstå begrepet kompetanse

Internasjonalt finnes det mange rammeverk – såkalte «*curriculum frameworks*» - som søker å beskrive begrepet kompetanse, og å sette fremtidens kompetansebehov inn i en logisk struktur. Flere av disse er utformet basert på analyser av hvilke egenskaper som blir viktigst i en fremtidig verden preget av store, sammensatte (komplekse) og umedgjørilige («wicked») problemer, rask endringstakt, stor grad av usikkerhet, stort behov for innovasjon, og økende grad av digitalisering, robotisering og automatisering av tradisjonelle arbeidsoppgaver. Vi går her kort gjennom noen av de viktigste av disse rammeverkene, med fokus på å identifisere fellestrekk.

OECD har i samspill med relevante interessenter på utdanningsområdet utviklet et «Learning Framework 2030» – se Figur 9.



Figur 9: OECDs rammeverk for læring.  
Hentet fra rapporten [The Future of Education and Skills: Education 2030](#).

OECD understreker i sin diskusjon av dette rammeverket viktigheten av samspill mellom dyp disiplinær kunnskap, evne til tverrfaglig samhandling, kunnskap om vitenskapelig tankegang, kompetanse i praktisk problemløsning, et bredt sett av ulike ferdigheter, samt holdninger og verdier, når kompetanse for fremtidens behov skal utvikles:

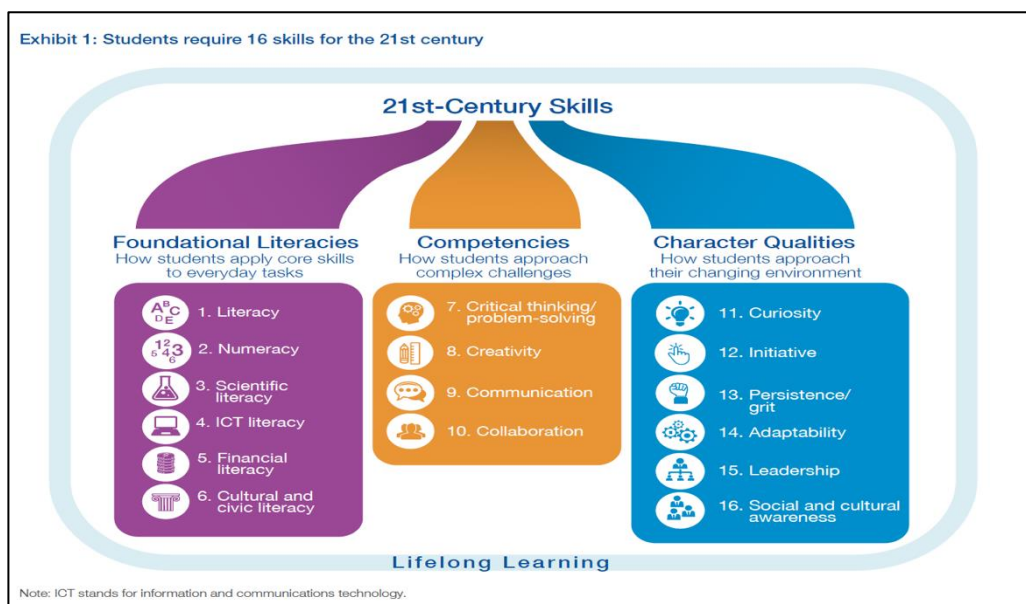
*«Future-ready students will need both broad and specialised knowledge. Disciplinary knowledge will continue to be important, as the raw material from which new knowledge is developed, together with the capacity to think across the*

boundaries of disciplines and “connect the dots”. Epistemic knowledge, or knowledge about the disciplines, such as knowing how to think like a mathematician, historian or scientist, will also be significant, enabling students to extend their disciplinary knowledge. Procedural knowledge is acquired by understanding how something is done or made – the series of steps or actions taken to accomplish a goal. Some procedural knowledge is domain-specific, some transferable across domains. It typically develops through practical problem-solving, such as through design thinking and systems thinking.

Students will need to apply their knowledge in unknown and evolving circumstances. For this, they will need a broad range of skills, including cognitive and meta-cognitive skills (e.g. critical thinking, creative thinking, learning to learn and self-regulation); social and emotional skills (e.g. empathy, self-efficacy and collaboration); and practical and physical skills (e.g. using new information and communication technology devices).

The use of this broader range of knowledge and skills will be mediated by attitudes and values (e.g. motivation, trust, respect for diversity and virtue). The attitudes and values can be observed at personal, local, societal and global levels. While human life is enriched by the diversity of values and attitudes arising from different cultural perspectives and personality traits, there are some human values (e.g. respect for life and human dignity, and respect for the environment, to name two) that cannot be compromised.»

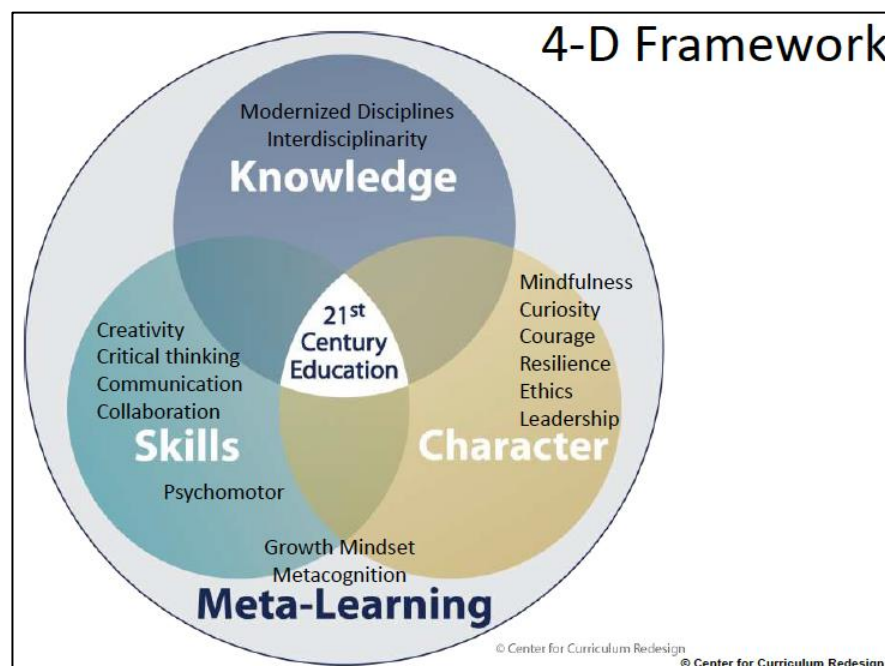
[World Economic Forum](#) (WEF) introduserte i sin rapport «[New Vision for Education: The Potential of Technology](#)» (2015) også et rammeverk for fremtidens kompetanse som de betegner «21st-Century Skills» – se Figur 10.



Figur 10: World Economic Forums rammeverk for kompetanse

I WEFs rammeverk identifiseres 16 ulike kompetanseområder i tre ulike dimensjoner (*Foundational Literacies, Competencies, og Character Qualities*), rammet inn av en fjerde dimensjon som betegnes (og må forstås som evne til) “Lifelong Learning”. I oppfølgerrapporten [«New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology»](#) (2016) understrekes det at “competencies and character qualities do more than simply deepen 21st-century skills ... they ... are every bit as important as the foundational skills required for traditional academic learning.»

[Centre for Curriculum Redesign](#) i Boston, USA er en ideell («non-profit») organisasjon med mål om å bidra til å forbedre fremtidens utdanning på alle nivåer fra grunnskole til og med høyere utdanning. Også de har over flere år utviklet et kompetanse-rammeverk, som de kaller [«Four-Dimensional Education»](#), og som sammenfatter og syntetiserer hele 32 ulike studerte kompetanse-rammeverk utviklet av forskjellige aktører verden over. Figur 11 illustrerer dette rammeverket på overordnet nivå, mens en mer detaljert oversikt over hva de ulike komponentene omfatter finnes [her](#):



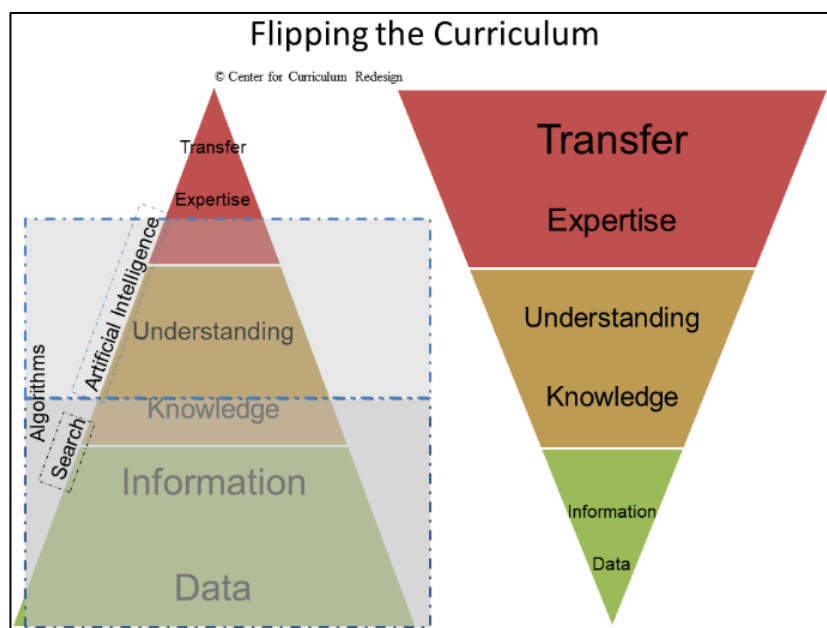
Figur 11: CCRs rammeverk for kompetanse

Vi ser av figuren at også CCR har identifisert fire grunnleggende kompetansedimensjoner, som de oppfatter som felles for alle de ulike rammeverkene de har studert: *Knowledge (kunnskap), Skills (ferdigheter), Character (personlighetstrekk, holdninger) og Meta-Learning (bevissthet om egen læring og utvikling)*<sup>139</sup>. Det er altså «unionen» av alle disse trekkene som utgjør samlebegrepet *kompetanse*.

Et hovedpoeng fra CCR er at fremtidens curriculum på alle utdanningsnivåer trenger et fundamentalt «redesign», hvis denne innsikten om hva kompetanse består av skal legges til grunn for hvordan studieprogram, emner, lærings- og vurderingsmetoder utvikles. Ett viktig mål for denne «redesign»-prosessen vil være å dreie fokus for (tid og ressurser brukt i) utdanningene bort fra ren overføring av

<sup>139</sup> Donald B. Maudsley var den som først brukte begrepet “[meta-learning](#)” (1979), og definerte det som “the process by which learners become aware of and increasingly in control of habits of perception, inquiry, learning, and growth that they have internalized”. John Biggs definerte i 1985 meta-læring som “being aware of and taking control of one’s own learning”.

informasjon, data og boklig kunnskap fra lærer til student (slik tilfellet f. eks. er i en enveis auditorieforelesning) – over mot studentsentrert læring med fokus på utvikling av dyp forståelse, ekspertise, og evne til å generalisere og overføre (*transfer*) – dog fremdeles basert på faglig kunnskap som et fundament. Denne dreiningen kaller CCR «*flipping the curriculum*» – se Figur 12. En slik dreining impliserer at det vil være behov for en kritisk gjennomgang av alle læringsmål, tema og undervisningsformer i alle emner som undervises, for å rydde plass for læringsaktiviteter og tema som kan gi dypere innsikt og forståelse, og helhetlig kompetanseutvikling.<sup>140</sup> Utvikling av *fleksibilitet* – og derigjennom «resilience» (motstandsdyktighet, robusthet, evne til å klare seg gjennom endringer) – hos kandidatene fremheves også som et nøkkelmål for fremtidens utdanninger, både her og i andre analyser av fremtidige kompetansebehov.



Figur 12: CCRs visualisering av "Flipping the Curriculum"

Felles for alle de så langt omtalte rammeverkene er at de på noenlunde samme vis beskriver den type kompetanse fremtiden krever som et komplekst samspill mellom flere dimensjoner, både faglige og ikke-faglige, profesjonelle og menneskelige. Det kan samtidig virke forvirrende at de ulike rammeverkene benytter ulike begreper og klassifiseringer – f. eks. svarer det som kalles «Skills» hos CCR mer eller mindre til det som kalles «Competencies» hos WEF – og omvendt. *I og med at CCRs rammeverk er utviklet som en overordnet, samlende syntese av flere ulike rammeverk fra verden over, velger vi å benytte deres begrepsapparat i det videre.*

<sup>140</sup> En annen måte å uttrykke dette på er i kontekst av den mye brukte [Blooms reviderte taksonomi for læring](#): Fremtidens utdanninger både kan og bør legge mindre vekt (bruke mindre tid) enn mange tradisjonelt har gjort på de tre lavere/mindre avanserte trinnene (= *huske, forstå, anvende*) i denne taksonomien, og mer på de tre høyere/mer avanserte (= *analysere, evaluere, skape*). Vi kan si at den tradisjonelle «pyramideformen» som gjerne brukes for å visualisere de seks trinnene i Blooms taksonomi «snus på hodet» (flippes), for å symbolisere at de tre øverste trinnene bør få en større plass i målbildet for utdanningen enn de tre nederste. Se også <https://www.coloradocollege.edu/other/assessment/how-to-assess-learning/learning-outcomes/blooms-revised-taxonomy.html> og <https://embridgeconsulting.com/blooms-taxonomy-place-modern-learning/>.

Alle kompetanse-rammeverkene vi har beskrevet så langt er generelle, i den betydning at de ikke er tilpasset et bestemt fag- eller utdanningsområde, eller for den saks skyld utdanningsnivå. Finnes det også rammeverk eller studier som er mer spesifikke for ingeniør- og teknologiutdanning, og/eller realfagsutdanning (STEM, MNT), og spesifikke på bachelor- til ph.d.-nivå? Holder de mer generelle konklusjonene om hva fremtiden krever også når vi fokuserer spesifikt på disse utdanningsområdene og -nivåene? Er f. eks. «ikke-tekniske» kompetansedimensjoner som kreativitet, kommunikasjonsevne, samarbeidsevne, og evne til kritisk tenkning, etisk refleksjon og lederskap holdt for å være like viktige for fremtidens ingeniører og teknologer, som de er mer generelt?

Svaret er *ja*.

### C.3 Kompetanserammeverk rettet inn mot ingeniører og teknologer

#### CDIO Syllabus

Vi har allerede nevnt det internasjonale [CDIO-nettverket](#) i kapittel 4 (om omverden-analyse og drivere), og nevnte da også deres arbeid med å utvikle en [CDIO Syllabus](#). CDIO Syllabus er nettopp CDIOs rammeverk for å beskrive det som ansees for å være essensiell ingeniørkompetanse (på undergraduate-nivå), på ulike detaljeringsnivåer: «*It offers rational, complete, universal and generalizable goals for undergraduate engineering education*». Bruksområdene for den nyeste versjonen, [CDIO Syllabus v 2.0](#), er beskrevet som følger:

*“The general objective of the CDIO Syllabus is to summarize formally a set of **knowledge, skills and attitudes that alumni, industry and academia desire** in a future generation of young engineers. The Syllabus can be used to define expected outcomes in terms of learning objectives of the personal, interpersonal and system building skills necessary for modern engineering practice. Further, the Syllabus can be used to design new educational initiatives, and it can be employed as the basis for a rigorous outcomes-based assessment process.”*

Her er det forøvrig også verdt å merke seg at metodikken man har brukt for å *utarbeide CDIO Syllabus* i seg selv følger [CDIO Standard 2 Learning Outcomes](#), som anbefaler at det på kandidatnivå utarbeides “*Specific, detailed learning outcomes for personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as disciplinary knowledge, consistent with program goals and validated by program stakeholders*”.<sup>141</sup>

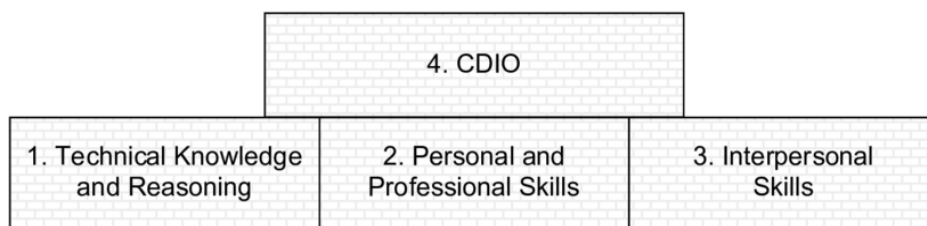
Konteksten for CDIO Syllabus (uttrykt i [CDIO Standard 1](#), som et premiss for videre utvikling av CDIO-rammeverket) er uttrykt slik:

*“Graduating engineers should be able to conceive-design-implement-operate complex value-added engineering systems in a modern team-based environment.”*

Kompetansemålene er avledet i lys av dette overordnede målet. På øverste (det minst detaljerte, av i alt fire) nivå er CDIO Syllabus delt inn i fire dimensjoner – se Figur 13.

---

<sup>141</sup> Med «program stakeholders» menes her både samfunnet generelt, arbeidsgivere, alumni/arbeidstakere, universitetsansatte og studenter.



Figur 13: Strukturen i CDIO Syllabus.

Dimensjon 1 dekker det vi kan kalle *kunnskapsdimensjonen* – nødvendig faglig kunnskap om underliggende matematikk og annen vitenskap, fundamental kjernekompetanse som i stor grad er felles for ingeniører, og avansert spesialistkunnskap innenfor eget ingeniørfelt, inkludert metode- og verktøykunnskap. Spesialistdelen av denne dimensjonen er i betydelig grad fagavhengig, og det er derfor i stor grad overlatt til hvert enkelt fagområde eller studieprogram å utdeltalere innholdet.<sup>142</sup>

De tre neste dimensjonene er i større grad fagavhengige: Dimensjon 2 favner vidt, og handler om det som av CDIO-rammeverket er karakterisert som *personlige og profesjonelle ferdigheter og egenskaper*. Dette omfatter evne til analytisk tenkning og problemløsning, evne til å gjennomføre eksperimenter, undersøkelser og kunnskapsinnhenting, systemtenkning, og personlige og profesjonelle egenskaper og holdninger. I denne dimensjonen ligger dermed bl. a. tankesett (herunder kreativitet og kritisk tenkning) og evne til (livslang) læring, samt profesjonelle egenskaper og holdninger knyttet til etikk, samfunnsansvar, profesjonell integritet, mangfold, tillit, lojalitet m.m.

Dimensjon 3 handler om *mellommenneskelige ferdigheter* – evne til å arbeide i og utøve lederskap i tverrfaglige team, kommunikasjonsevne, og flerspråklige evner. Og til slutt kommer dimensjon 4, som handler om å evne til å *unnfange ideer, designe, implementere og operere systemer*, og lede større prosjekter, innenfor en samfunnsmessig, miljømessig, virksomhetsmessig og forretningsmessig kontekst – som kan inkludere globale, kulturelle, og historiske aspekter.

Vi kan konkludere med at også CDIO Syllabus inneholder alle de dimensjonene av kompetanse som er dekket og fremhevet som viktig i de mer generelle rammeverkene – bare strukturert på en litt annen måte. Fremtidens ingeniører og teknologer trenger med andre ord også å utvikle *helhetlig, flerdimensjonal* kompetanse gjennom sin utdanning.

#### UNESCO International Bureau of Education (IBE) om MNT-kompetanse for det 21. århundre

UNESCO International Bureau of Education (IBE) publiserte i Februar 2019 artikkelen [«Exploring STEM Competences for the 21st Century»](#). Her defineres STEM<sup>143</sup>-kompetanse slik:

*«...an individual's ability to apply STEM knowledge, skills and attitude appropriately in his or her everyday life, workplace or educational context. It should not be confined or developed within the traditional boundaries of discrete bodies of knowledge (e.g. physics competence or computing competence).»*

*“STEM competence covers both the “know-what” (the knowledge, attitudes and values associated with the disciplines) and the “know-how” (the skills to apply that knowledge, taking account of ethical attitudes and values in order to act*

<sup>142</sup> Dimensjon 1 i CDIO Syllabus betegnes også som en «placeholder for the more detailed description of the disciplinary fundamentals necessary for engineering education».

<sup>143</sup> STEM = Science, Technology, Engineering and Mathematics – den engelske betegnelsen på det vi på norsk kaller “MNT-fagene” (MNT = Matematikk, Naturvitenskap, Teknologi).



*appropriately and effectively in a given context)... In an educational and work context, students need to interact and explore the different elements of technology, skills and appropriate values in order to 'act' to solve problems and make decisions."*

Det følger så en utdypning av hva som ligger i dimensjonene "STEM Knowledge", "STEM Skills" (som omfatter bl. a. kognitive ferdigheter, evne til tolking og analyse av data, algoritmisk tenkning og IKT-ferdigheter, designtenkning, kreativitet og innovasjon, kommunikasjons- og samarbeidsferdigheter), og «STEM Attitudes and Values». Utdypningen gjenspeiler med andre ord det samme helhetlige og integrerte syn på fremtidige kompetansebehov for STEM-fagene (på alle utdanningsnivåer) som andre kilder uttrykker mer generelt.

### **Andre kilder som underbygger og utdyper et helhetlig, flerdimensjonalt kompetansebegrep for fremtidens ingeniører og teknologer**

Se for eksempel kap. 6 i boken «Curriculum Models for the 21st Century: Using Learning Technologies» (M. Gosper & D. Ifenthaler, (ed.), Springer, 2014), «Personalized Engineering Education for the 21<sup>st</sup> Century» – og spesielt seksjon 6.2 "Competencies and Meta-Competencies for 21<sup>st</sup> Century Engineers". Se også artikkelen "[Development of 21st Century Skills and Engineering Confidence](#)" (M. Abdulhawed, Proc. Int'l Conf. Frontiers in Education; CS and CE, 2017). Og til slutt, merk spesielt Aldert Kamp (Leder for 4TU. Centre for Engineering Education, medlem av Worldwide CDIO Initiative Council) sine «8 key aspects» for ingeniørutdanning frem mot 2030, i hans pamflett "[Engineering Education in a Rapidly Changing World: Rethinking the Vision for Future Engineering Education](#) (2nd ed., 2016):

- 1 Rigour of engineering knowledge
- 2 Critical thinking and unstructured problem solving
- 3 Interdisciplinary and systems thinking
- 4 Imagination, creativity, initiative
- 5 Communication and collaboration
- 6 Global mind-set: diversity and mobility
- 7 Ambitious learning culture: student engagement and professional learning community
- 8 Employability and lifelong learning

## **C.4 Om formatet for kompetansebeskrivelser**

Vi avslutter denne gjennomgangen av rammeverk for beskrivelse og forståelse av kompetanse som begrep – i lys av fremtidens kompetansebehov – med å minne om at norske utdanningsinstitusjoner, i sine beskrivelser av læringsutbytte, er pålagt av [NOKUTs studietilsynsforskrift](#) §2-2 (1) å forholde seg til formatet spesifisert i [Nasjonalt kvalifikasjonsrammeverk for livslang læring](#)<sup>144</sup>. Her benyttes kategoriene *kunnskap*, *ferdigheter* og *generell kompetanse*, men uten at formatet er veldig tydelig på kravene til interaksjon mellom disse kategoriene for å løse komplekse utfordringer. Dette gjør etter vår mening at NKR-formatet egentlig ikke er spesielt godt egnet til å fange kompleksiteten i begrepet kompetanse slik vi her definerer det, eller til å beskrive fremtidens kompetansebehov slik disse fremgår fra nasjonale og internasjonale utredninger og rapporter (eller for den saks skyld i FTS' dialoger med arbeidsgivere og samfunnsaktører). For å sitere [Kompetansebehovsutvalgets \(KBUs\) rapport Fremtidige kompetansebehov II – Utfordringer for kompetansepolitikken \(NOU 2019:2\)](#):

<sup>144</sup> NKR er i sin tur avledet fra [det europeiske kvalifikasjonsrammeverket](#).

«... kompetanse er mer enn samlingen eller summen av dens bestanddeler. Bestanddelene er komplementære, og kompetansebegrepet inkluderer også samspillseffektene fra bestanddelene.»

Det samme understrekes også svært tydelig i det ovennevnte UNESCO-papere (og da spesifikt for MNT-feltet):

«In the information age of the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution, the ‘know-what’ and the ‘know-how’ of STEM encompasses the traditional components of knowledge, skills, values and attitudes and the all-important expansion of information, big data and technology. **It is important not to view these components as isolated or ‘stand-alone’, but rather, in a connected, contextualized and holistic manner.** For instance, in an educational and work context, students need to interact and explore the different elements of technology, skills and appropriate values in order to ‘act’ to solve problems and make decisions. The various components that comprise STEM competence, therefore, need to be integrated into students’ learning processes to enable and encourage students to engage with issues and become more reflective in addressing societal challenges.»

Ved en verdensledende og innovativ institusjon for bachelor ingeniør-studier som amerikanske [Olin College of Engineering](#) har man tatt konsekvensen av dette og valgt å beskrive læringsutbytte for sine kandidater i form av [12 “integrerte” kompetansemål](#), som evalueres og eventuelt revideres årlig. Hvert punkt lar seg ikke umiddelbart karakterisere som enten kunnskap, ferdighet eller generell kompetanse, men går på tvers av disse dimensjonene. Det samme er tilfelle for kravene til [student outcomes](#) hos den amerikanske akkrediteringsorganisasjonen [ABET](#) – der med et spesielt fokus på en ingeniørs «ability» (evne) til å utføre ulike typer oppgaver – og i det europeiske akkrediteringsystemet [EUR-ACEs](#) beskrivelse av det de betegner som «[minimum threshold](#)» [Programme Outcomes for bachelor- og masterprogrammer](#) innenfor ingeniørfag.

FTS har på bakgrunn av dette kommet til at det er en god filosofi å tenke mest mulig *integrert* omkring kompetanse når man skal uttrykke kompetansemål for fremtidens ingeniører og teknologer, og har derfor valgt å følge denne linjen i den videre utformingen av kompetanseprofiler for NTNU-kandidater.

## Vedlegg D Om bærekraftkompetanse

*“Most engineering education today does not adequately prepare students to contribute to sustainability. For example, engineering students often do not learn how to address complex and ill-structured sustainability problems that involve different stakeholders, value conflicts, and uncertainty; such problems are also called wicked problems. Efforts to improve engineering education in this regard are hampered by a lack of research on how engineering education can prepare students to address wicked problems.”*

*Kilde: Johanna Lönnngren i sin ph.d.-avhandling<sup>145</sup>*

### D.1 Bakgrunn

Alle interessentgruppene prosjektet har vært i dialog med, samt alle scenarioanalyser, undersøkelser og styringsdokumenter (både nasjonalt og internasjonalt) som er blitt gjennomgått, fremhever på ulike måter *bærekraftutfordringene* i bred forstand som verdens kanskje mest alvorlige og mest presserende utfordringer. Utfordringene står også sentralt i NTNUs strategi.

Bærekraftutfordringene spenner over en rekke svært komplekse utfordringer – i videste forstand et *wicked problem*<sup>146</sup> – med mange gjensidige avhengigheter og innebygde dilemmaer, noe som vil kreve utstrakt samarbeid både mellom ulike fagområder, samfunnsområder og samfunnsaktører. Utdanningssektoren er i dette bildet en av de sentrale aktørene, som hovedleverandør av kompetanse som kan bidra til å skape en bærekraftig fremtid.

De konkrete forventningene knyttet til bærekraft i NTNUs utdanninger som ble uttrykt fra avtagerne av NTNUs teknologistudenter under FTS-workshopen på Hell 15. januar 2020, bygger også tydelig opp under dette bildet (se boks D.1).

Det er derfor naturlig å slå fast som et tydelig kompetansemål for fremtidens teknologiutdanninger ved NTNU at alle uteksaminerte kandidater fra NTNUs teknologiutdanninger skal – fra sine ulike faglige ståsted – ha kompetanse som gjør at de kan bidra aktivt og konstruktivt til en bærekraftig

#### **Boks D.1 – Innspill om bærekraftkompetanse fra FTS-workshop 15. januar 2020**

- Bærekraft må gjennomsyre alle NTNUs utdanninger og utdanningsaktiviteter.
- Bærekraftsspørsmål er svært komplekse – gode løsninger krever samarbeid mellom disipliner. Fagområdene må fremsnakke og ha forventninger til hverandre.
- Studentene er en viktig ressurs, og de må få mulighet til å bruke og utvikle sitt bærekraftengasjement gjennom fleksible utdanningsløp.
- NTNU må sikre at teknologistudiene utvikler systemforståelse og systemanalytiske ferdigheter på bærekraftområdet.
- Sirkulærøkonomi må inn – både grunnkunnskap og studieprogramspesifikk kunnskap.
- Studentene må lære å designe mot bærekraft – bærekraftvurderinger må være integrert i designspesifikasjoner.

<sup>145</sup> Lönnngren, J. (2017): Wicked Problems in Engineering Education: Preparing Future Engineers to Work for Sustainability, Chalmers Tekniska Högskola, 2017

(<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/250857/250857.pdf>)

<sup>146</sup> «Umedgjørlig problem» på norsk. Se forøvrig Wikipedias definisjon:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Wicked\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Wicked_problem)

fremtid for Norge og verden. I Sverige er dette allerede tydelig formulert som krav i den nasjonale eksamensordningen for både høyskoleingenjör- og civilingenjörgraden.

I det videre vil begrepet *bærekraftkompetanse* benyttes om slik kompetanse. Men hva innebærer egentlig dette begrepet for teknologer og ingeniører? Noen ulike innganger til dette spørsmålet er beskrevet nedenfor.

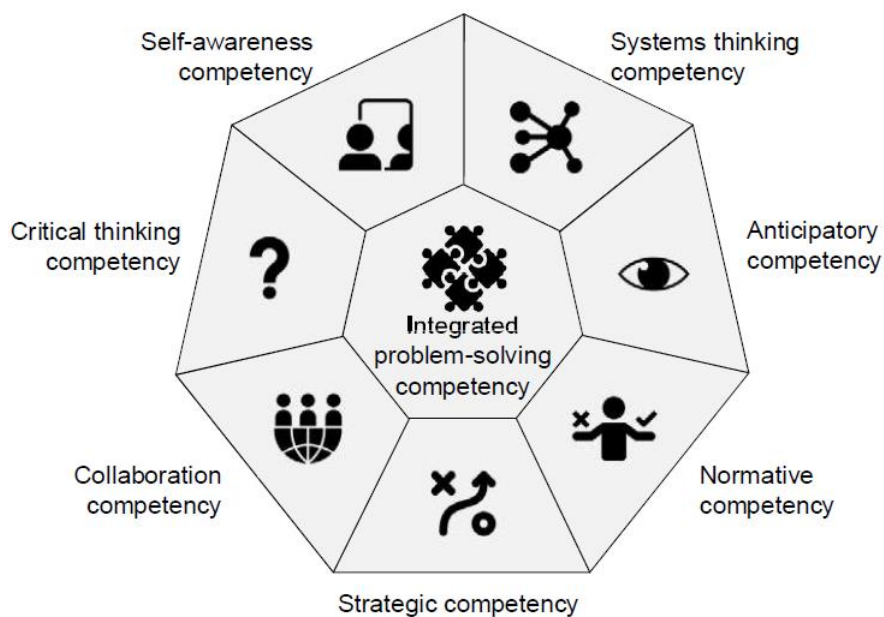
## D.2 UNESCOs nøkkelkompetanser

Én inngangsvinkel til å definere bærekraftkompetanse nærmere er å ta utgangspunkt i de åtte såkalte *key competencies for sustainability* (nøkkelkompetanser for bærekraft) som UNESCO har utarbeidet<sup>147</sup>.

*«Key competencies [for sustainability] represent cross-cutting competencies that are necessary for all learners of all ages worldwide (developed at different age-appropriate levels). Key competencies can be understood as transversal, multifunctional and context-independent. They do not replace specific competencies necessary for successful action in certain situations and contexts, but they encompass these and are more broadly focused.»*

*Kilde: UNESCO*

Disse åtte nøkkelkompetansene kan med andre ord forstås som en nødvendig generisk kompetanseplattform – også for teknologer og ingeniører – som man kan bygge mer fag- og kontekstavhengig bærekraftekspertise oppå. Sammenhengen mellom de åtte nøkkelkompetansene er fremstilt i Figur 14, mens Boks D.2 viser en oversikt over alle nøkkelkompetansene (med FTS sin egen tolkning på norsk i parentes).



Figur 14: UNESCOs åtte nøkkelkompetanser sett i sammenheng. Nøkkelkompetanse nr 8 'Integrated problem-solving competency' integrerer de andre syv kompetansene. Kilde: Rosén et al

<sup>147</sup> UNESCO (2017): Education for Sustainable Development Goals: learning objectives (<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>)

## **Boks D.2 – Key competencies for sustainability (UNESCO)**

**Systems thinking competency** (*evne til systemtenkning og analyse av komplekse sammenhenger under usikkerhet*): the abilities to recognize and understand relationships; to analyse complex systems; to think of how systems are embedded within different domains and different scales; and to deal with uncertainty.

**Anticipatory competency** (*evne til scenariotenkning og risiko- og konsekvensvurdering*): the abilities to understand and evaluate multiple futures – possible, probable and desirable; to create one's own visions for the future; to apply the precautionary principle; to assess the consequences of actions; and to deal with risks and changes.

**Normative competency** (*evne til etisk og verdimesig refleksjon, og til å balansere dilemmaer, motsetninger og interessekonflikter*): the abilities to understand and reflect on the norms and values that underlie one's actions; and to negotiate sustainability values, principles, goals, and targets, in a context of conflicts of interests and trade-offs, uncertain knowledge and contradictions.

**Strategic competency** (*evne til å handle strategisk og innovativt*): the abilities to collectively develop and implement innovative actions that further sustainability at the local level and further afield.

**Collaboration competency** (*evne til å samhandle konstruktivt og empatisk med andre i problem- og konfliktløsning*): the abilities to learn from others; to understand and respect the needs, perspectives and actions of others (empathy); to understand, relate to and be sensitive to others (empathic leadership); to deal with conflicts in a group; and to facilitate collaborative and participatory problem solving.

**Critical thinking competency** (*evne til å stille kritiske spørsmål, reflektere kritisk, og ta stilling*): the ability to question norms, practices and opinions; to reflect on own one's values, perceptions and actions; and to take a position in the sustainability discourse.

**Self-awareness competency** (*evne til å reflektere over egen rolle, motiver og følelser*): the ability to reflect on one's own role in the local community and (global) society; to continually evaluate and further motivate one's actions; and to deal with one's feelings and desires.

**Integrated problem-solving competency** (*evnen til integrere alle ovenstående kompetanser i anvendelse av ulike problemløsningsteknikker, for å finne gode løsningsalternativer for komplekse problemer*): the overarching ability to apply different problem-solving frameworks to complex sustainability problems and develop viable, inclusive and equitable solution options that promote sustainable development, integrating the above-mentioned competences.

FTS mener at det bør være et konkret mål for NTNU å integrere UNESCOs åtte nøkkelkompetanser, som grunnlag for kunnskap om samt forståelse og håndtering av bærekraftutfordringene, tydelig (om ikke nødvendigvis med samme innretning, eller på samme nivå, for alle) og på et nivå tilpasset høyere utdanning<sup>148</sup>, i kompetanseprofilene til alle fremtidige kandidater fra NTNUs teknologiutdanninger.

<sup>148</sup> I den nylig publiserte (januar 2020) rapporten *SDG – Quality in Higher Education: Developing a platform for sharing of ideas and practices within the universities* er det foreslått (3.2, s. 12) et mer spesifikt sett med *Key Competencies for Higher Education for Sustainable Development* som bygger direkte på UNESCO-

### D.3 CDIO og bærekraft

Innenfor CDIO-nettverket<sup>149</sup> har et team fra Nordic Five Tech-universitetene arbeidet med hvordan UNESCOs nøkkelkompetanser for bærekraft kan mappes inn i CDIO Syllabus<sup>150</sup> med tanke på oppdatering til en fremtidig versjon 3.0 av sistnevnte. Flere fagpersoner fra NTNU har også bidratt inn i dette arbeidet. Hovedkonklusjonen er at dagens CDIO Syllabus er velegnet som et utgangspunkt for videre arbeid med bærekraftkompetanse, men at det er både mulighet og behov for videreutvikling for å styrke læringsmålene i denne retningen. Artikkelen kommer med en del konkrete forslag i så måte, og det pågår for tiden også arbeid rundt dette i CDIO-nettverket.

Ett viktig poeng fra denne artikkelen, som er verdt å understreke spesielt, er at bærekraft og utvikling av bærekraftkompetanse skal være integrert i utdanningen (FTS' uthevninger):

*«Just like we reason with regards to the generic engineering skills, sustainable development and therewith related competencies should not be treated as an add-on in isolated courses, but instead, be **thoroughly integrated into education program curricula** in line with the CDIO philosophy of integrated learning. Enhanced integration of sustainable development will contribute to improving the relevance and future compliance of engineering educations and could also contribute to students' and teachers' motivation.»*

Forfatterne foreslår også konkret at CDIO bør justere sin overordnede visjon til å omfatte bærekraft:

*«We suggest that the CDIO community can adopt the aim to educate students to conceive, design, implement and operate complex value-added engineering products, processes, systems and services **for a sustainable society.**»*

### D.4 Faglig kunnskap med relevans for bærekraftkompetanse

I tillegg til de generiske nøkkelkompetansene fra UNESCO, er det en del grunnleggende teknisk, naturvitenskapelig og samfunnsmessig forståelse som det vil være naturlig å tenke at enhver ingeniør, teknolog eller realist bør ha - om enn på overordnet nivå – for å kunne forstå bærekraftproblematikk og bidra til bærekraftig utvikling gjennom sitt eget virke. Dette omfatter:

- Forståelse av de tre pilarene innenfor bærekraft – den 3-delte bunnlinjen<sup>151</sup> (økologisk, økonomisk og sosial bærekraft)

---

kompetansene. Presiseringen for høyere utdanning ligger i at *Collaboration Competency* er erstattet med **Transdisciplinary collaboration competency** (*“the abilities to learn from others and to transcend the traditional boundaries of one’s own discipline or profession; to understand and respect the needs, perspectives and actions of others (empathy); to understand, relate to and be sensitive to others (empathic leadership); to deal with conflicts in a group; and to facilitate collaborative and participatory co-creation for problem solving”*), og at man også har tatt inn et ekstra punkt, **Creativity Competency** (*«the ability to combine anticipatory, transdisciplinary collaborative and critical thinking competencies to be innovative and to think creatively about solutions to complex problems»*).

<sup>149</sup> Se Avsnitt B.2 i Vedlegg B for en nærmere beskrivelse av CDIO-nettverket, og Vedlegg C for en nærmere beskrivelse av CDIO Syllabus.

<sup>150</sup> Rosén, A. et al (2019), Mapping the CDIO Syllabus to the UNESCO key competencies for sustainability (<http://www.cdio.org/files/document/file/171.pdf>)

<sup>151</sup> Elkington, John (1999). *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone. ISBN 9780865713925. OCLC 963459936.

- Hva er de store utfordringene – klima og ressursknapphet<sup>152</sup>
- Teknologi- og systemgrenser – fra det lokale til det globale
- Miljøanalysemetodikker for ulike systemnivåer<sup>153</sup>
- Designmetodikk og sirkulære modeller
- Ledelsesprinsipper og HMS, hva angår miljøet
- Verdikjedetenkning/globalisering
- Hvordan påvirker teknologi de ulike bærekraftmålene
- Historisk utvikling – grønne strategier<sup>154</sup>

Ingeniører og teknologer – i samarbeid med andre yrkesgrupper – kan gjennom sitt virke dessuten bidra til bærekraftig utvikling *på flere nivåer*. Det NTNU-ledede Erasmus+-prosjektet CapSEM (*Capacity Building in Sustainability and Environmental Management*)<sup>155</sup> – har utviklet en *Sustainability Toolbox* som formaliserer fire ulike nivåer slike bidrag kan ligge på, og som derfor kan være ett aktuelt strukturerende verktøy i forbindelse med utvikling av utdanningstilbud som tar mål av seg til å gi studenter bærekraftkompetanse – fra det grunnleggende til det avanserte og faglig spissede. Metodene som er behandlet i CapSEM-prosjektet har spesielt hatt fokus på den økologiske dimensjonen av bærekraft – som er noe av det mest nærliggende for å skape bærekraftige løsninger fra et ingeniørperspektiv – på fire ulike nivåer av økende kompleksitet (se boks D.3).

---

<sup>152</sup> Se rapporter fra The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (<https://www.ipcc.ch>) og The International Resource Panel (<https://www.resourcepanel.org>)

<sup>153</sup> Fet, Annik Magerholm; Knudson, Haley. Environmental Management from a Systems Perspective. I: Encyclopedia of Sustainable Technologies. Elsevier 2017 ISBN 9780128046777. s. 165-173

<sup>154</sup> Fet, Annik Magerholm. "CSR & Sustainability - A Life Cycle Perspective", in *CSR and Beyond, A Nordic Perspective*. Cappelen Damm. Oslo 2013

<sup>155</sup> Fet, Annik Magerholm. «CapSEM – Capacity Building in Sustainability and Environmental Management», NTNU, 2019 (<https://capsem.files.wordpress.com/2019/11/capsem-summary-report.pdf>)

### Boks D.3 – CAPSEM-modellens fire ulike ambisjonsnivåer innen bærekraftproblematikk

**L1: Process-level improvements (prosessfokus):** Fokus på forbedringsmuligheter for produksjonsprosesser i et miljøperspektiv, bl. a. gjennom mer sparsom bruk av materialer. Metoder for forbedringer inkluderer bl. a. I/O-analyse, analyse av materialflyt og ressursbruk, tekniske løsninger som bidrar til renere produksjon og mindre avfallsproduksjon lokalt, m.m.

**L2: Product-level and value chain improvements (produkt- og verdikjedefokus):** Fokus på forbedringsmuligheter for produkter og verdikjeder i et globalt miljøperspektiv. Anvendelser i f. eks. Supply Chain Management. Metoder for forbedringer inkluderer bl. a. livssyklus-analyse (LCA) og livsløps-regnskap (LCI) for produktsystemer, designprinsipper for miljøhensyn (DFE), design for demontering, og sirkulær økonomi-tenkning. Industriell økologi er et sentralt fagfelt her, som allerede bidrar sterkt til utdanningstilbud som gir bærekraftkompetanse ved NTNU.

**L3: Organizational-level improvements (organisasjonsfokus):** Fokus på forbedringsmuligheter for hele organisasjoner i et globalt miljøperspektiv – med både miljø- og interessentfokus. Metoder for forbedringer inkluderer styringsmodeller for implementering, metoder for livsløps- og sirkulærtenkning i praksis, verktøykasse for strategisk beslutningsstøtte, benchmarking-metodikk m.m.

**L4: Systems-level change improvements (helhetlig systemfokus):** Fokus på forbedringsmuligheter på overordnet systemnivå, med fokus på involvering av, og samarbeid og samhandling mellom, de ulike interessentene som må være involvert for å skape gode løsninger. Industriell økologi er et sentralt fagfelt her, og et styrkeområde for NTNU, som allerede bidrar sterkt til utdanningstilbud som gir bærekraftkompetanse.

CapSEM-modellen kan altså benyttes til å adressere bærekraftmålene etter fire nivåer. En overordnet observasjon hva angår disse nivåene er at jo høyere ambisjonsnivå man setter for forbedringer i et helhetlig bærekraftperspektiv, jo mer komplekse og sammensatte blir problemstillingene, og jo større behov blir det dermed for bred systemtenkningskompetanse, tverrfaglig kompetanse, tverrfaglig samhandling, og ikke-teknisk forståelse, som f. eks. kultur-, organisasjons-, politisk og forretningsrelatert forståelse, for å finne gode løsninger og ikke minst få til vellykket implementering.

For NTNUs del peker dette på et behov for å utvikle *flere og enda mer ambisiøse tverrfaglige studietilbud rettet inn mot å gi bred bærekraftkompetanse, og mer samarbeid på tvers av NTNUs hovedprofil og øvrige fagområder, spesielt HumSam-fagene, omkring bærekraftutfordringer*. Kan for eksempel resultatene og samarbeidsmodellene utviklet gjennom NTNUs tverrfaglige forskningscenter CenSES (*Centre for Sustainable Energy Solutions*)<sup>156</sup> – være et utgangspunkt å bygge videre på også i utdanningssammenheng? Det er også naturlig å tenke seg at NTNUs tematiske satsningsområde Bærekraft<sup>157</sup> kunne spille en nøkkelrolle i videre diskusjoner rundt utviklingen av tverrfaglige utdanningstilbud som gir bærekraftkompetanse. Et nystartet prosjekt som NTNU deltar i, GoForIT<sup>158</sup>, ser spesielt på hvordan bærekraft kan integreres i IT-studier, og resultatene herfra vil også være relevante – se Boks D.4.

<sup>156</sup> CenSES' hjemmeside: <https://www.ntnu.no/censes>

<sup>157</sup> TSO Bærekrafts hjemmeside: <https://www.ntnu.no/barekraft>

<sup>158</sup> GoForITs hjemmeside: <https://www.ntnu.no/excited/goforit>



#### **Boks D.4 – GoForIT-prosjektet**

Digitalisering og bærekraft henger tett sammen, og Norges IT-bedrifter får i økende grad behov for studenter og kandidater som har kompetanse på bærekraft i tillegg til IT og teknologi. IKT-Norge har i samarbeid med Institutt for datateknologi og informatikk og SFU Excited ved NTNU, Universitetet i Agder og Bouvet derfor nylig tatt initiativ til et prosjekt, GoForIT, som skal bidra til at IT- og teknologistudiene i Norge blir blant de beste i verden på bærekraft. Prosjektet er nylig startet og det er ennå for tidlig å si eksakt hva som vil komme ut av initiativet, men det viser at IT-miljøene ved NTNU, i partnerskap med andre sentrale aktører, allerede er i aktiv prosess og har høye ambisjoner for å integrere bærekraft i utdanningen.

### **D.5 Avslutning**

Dette vedlegget startet med et sitat fra Johanna Lönnngrens doktoravhandling om behovet for å fokusere mer på *wicked problems* – umedgjørlige problemer – i ingeniørutdanning. Lönnngren peker på at siden de globale bærekraftutfordringene fundamentalt har karakter av å være nettopp denne type problemer, så vil det å kunne formulere og håndtere slike problemer være en viktig kompetanse for fremtidens ingeniører og teknologer for at de skal kunne bidra godt til en bærekraftig utvikling.

Avhandlingen kommer med en rekke konkrete råd og anbefalinger vedrørende hvordan håndtering av umedgjørlige problemer best kan integreres i en ingeniørutdanning. Den inneholder også konkrete og detaljerte forslag både på hva som kan være gode læringsmål, og egnede undervisnings-, veilednings- og vurderingsmetoder, knyttet til denne type problemstillinger. Samtidig peker avhandlingen også på behovet for mer forskning på hvordan ingeniørutdanning best kan adressere umedgjørlige problemer.

## Vedlegg E Om digital kompetanse, digital transformasjon og muliggjørende teknologier

*«Hva digitaliseringen vil ha å si for høyere utdanning, har vi såvidt begynt å ane konturene av. Den skaper nye forutsetninger og muligheter i undervisning og læring, i fagenes innhold og organisering, og i former for kommunikasjon og organisering. I tillegg til faglig relevant digital kompetanse og avansert IKT-kompetanse er det behov for mer overordnet informasjonskompetanse, eller digital dømmekraft, som er relevant på tvers av fagområder. Hverdagen vår styres i økende grad av algoritmer og data, og det påvirker måten vi tar beslutninger på. I et informasjonslandskap som blir mer og mer komplekst, blir kildekritikk og kritisk tenkning desto viktigere.»*

Stortingsmeldingen «Kultur for kvalitet i høyere utdanning»

*«Digitalisering ventes å få store konsekvenser for kompetansebehovene fremover. Etter hvert som oppgavene blir stadig mer komplekse, og digitaliseringen omfatter stadig flere yrker og oppgaver, vil trolig tverrfaglig samarbeid, sosial og emosjonell kompetanse kunne bli viktigere ... Digitale omstillinger vil kreve nye kompetanser både hos ledere og ansatte. Digitaliseringen kan gi stadig nye oppgaver og utfordringer til eksisterende yrkesgrupper ... (og) kan også skape helt nye yrker, som applikasjonsprogrammerere.»*

Kompetansebehovsutvalget (KBU) i sin første rapport

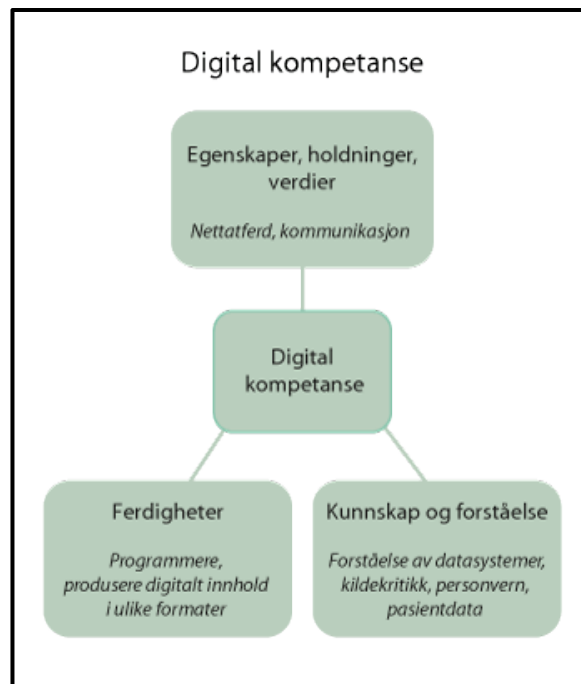
### E.1 Hva er digital kompetanse?

Under FTS' workshop med arbeidslivet på Hell 15/1-20 opplevde vi at begrepet «digital kompetanse» var blant de mer kompliserte temaene å få et tydelig grep om. Tilbakemeldingen fra gruppearbeidene over dette temaet var blant annet at digital kompetanse oppfattes som et diffust begrep i dag – og bør defineres tydeligere. Man slo fast at digital kompetanse inkluderer programmeringskompetanse – men også mye mer. Det virker utover dette å være mange ulike oppfatninger om hva man skal forstå med og inkludere i begrepet, og den raske utviklingen innen digitalisering og digitale teknologier gjør det nok også mer utfordrende å definere samtidig presist og generelt hva som ligger i det.

Stortingsmeldingen *Digital agenda for Norge (Meld. St. 23 (2012–2013): 18)* og *Kompetansebehovsutvalget* definerer digital kompetanse slik:

*«Digital kompetanse er evnen til å forholde seg til og bruke digitale verktøy og medier på en trygg, kritisk og kreativ måte. Digital kompetanse handler både om kunnskaper, ferdigheter og holdninger. Det dreier seg om å kunne utføre praktiske oppgaver, kommunisere, innhente eller behandle informasjon. Digital dømmekraft, slik som personvern, kildekritikk og informasjonssikkerhet, er også en viktig del av den digitale kompetansen.»*

Denne definisjonen er illustrert i Figur 15.



Figur 15: Visualisering av digital kompetanse.  
Kilde: Stortingsmeldingen «Digital agenda for Norge»

Den svenske digitaliseringskommisjonen la i 2015 følgende definisjon av digital kompetanse til grunn:

«Digital kompetens utgøres av i vilken utsträckning man är förtrogen med digitala verktyg och tjänster samt har förmåga att följa med i den digitala utvecklingen och dess påverkan på ens liv. Digital kompetens innefattar: kunskaper att söka information, kommunicera, interagera och producera digitalt, färdigheter att använda digitala verktyg och tjänster, förståelse för den transformering som digitaliseringen innebär i samhället med dess möjligheter och risker, samt motivation att delta i utvecklingen.»

[Digitaliseringskommissionen SOU 2015:28](#)

Både disse beskrivelsene og [EUs rammeverk for digital kompetanse](#) (se nedenfor) indikerer at digital kompetanse - for ikke-IKT-spesialister – først og fremst er en *kritisk viktig muliggjører for andre kompetansedimensjoner* i en gjennomdigitalisert verden. Digital kompetanse vil være et essensielt verktøy for å forstå og bidra til samfunnsutviklingen – for effektivt å kunne utvikle for eksempel kommunikasjonsevne og samhandlingsevne, analyse- og problemløsningskompetanse, designkompetanse, evne til risikovurdering, effektiv bruk av faglige verktøy og metoder, og forretningsforståelse, samt for aktiviteter knyttet til informasjonsinnhenting og -behandling, livslang læring, og innovasjon – alle sentrale fremtidskompetanser for teknologer og ingeniører. Vi velger i FTS derfor å se på digital kompetanse *som en integrert del av alle andre kompetansemål, heller enn å liste dette som et eget kompetansemål i FTS-kompetanseprofilene.*

[EUs rammeverk for digital kompetanse](#) identifiserer fem elementer i det vi her vil kalle *digital brukerkompetanse*, og tre ulike kompetansenivåer (*basisbruker – selvstendig bruker – dyktig bruker*) for hver av dem:

- **Informasjonsbehandling:** Søking og filtrering av informasjon og digitalt innhold; evaluering av informasjon og behandling av data; informasjon om digitalt innhold.

- **Kommunikasjon:** Deling og deltakelse gjennom digitale teknologier og plattformer; nettnett og forståelse og forvaltning av ens digitale identitet.
- **Innholdsproduksjon:** Produksjon og redigering av digitalt innhold, som tekst, tabeller, bilder og lydfiler. Forståelse for opphavsrett og lisenser. På et høyere nivå inngår å kunne bruke programmeringsspråk og å bruke avanserte formateringsfunksjoner.
- **Sikkerhet:** Beskytte digitale enheter, innhold, personlige og private data i digitale omgivelser.
- **Problemløsning:** Holde seg oppdatert på den digitale utviklingen, identifisere behov og problemer, problemløsning i et digitalt miljø.

FTS mener det må være et mål at alle NTNUs teknologikandidater etter endt studium skal være *(minst) på nivå «dyktig bruker» for alle disse fem dimensjonene.*

Det er samtidig viktig å understreke at digital kompetanse ikke – heller ikke på spesialistnivå - er en ren teknologisk kompetanse. Konkrete undersøkelser fra bl. a. OECD (Spiezia m. fl., 2016) viser at jo mer det brukes IKT på jobben, jo flere arbeidsoppgaver vil også kreve kompetanse på samarbeid, samhandling og problemløsning. Man finner også at jo mer man bruker IKT på jobben, jo oftere er man involvert i aktiviteter som krever gode kognitive ferdigheter (som lesing, skriving, regning). Evne til å lede, kommunisere, planlegge, koordinere og prioritere viser seg også å bli viktigere når IKT-intensiteten på arbeidsplassen øker. Et generelt økt fokus på disse «ikke-tekniske» kompetansedimensjonene i teknologiutdanningene vil dermed også styrke kandidatenes forutsetninger for å utvikle, og kontinuerlig videreutvikle, god digital kompetanse.

Det nylige arbeidet gjort på å definere digital spisskompetanse i Sverige (Gulliksen et al., 2020, på oppdrag fra Infrastrukturdepartementet og Utbildningsdepartementet) [understreker også dette:](#)

*”Vår definition inbegriper nio olika dimensioner; vilken kunskap man har (breddkunskap, djupkunskap, allmän bildning och domänkunskap), vilka färdigheter och förmågor man har, vilka framtidskompetenser (21st Century skills) man besitter, vilken disposition eller känsla för ansvarstagande man har, hur rörlig och utvecklingsbar man är samt vilken praktiskt reflekterad erfarenhet man besitter. I litteraturstudier och intervjuer med de som anställer nya medarbetare och för lärosäten kan man konstatera att kraven på vad man förväntar sig är så omfattande att man osökt för tanken till renässansmänniskan, som skulle ha toppfärdigheter inom i stort sett alla områden.”*

I mer detalj ser Gulliksen et al.'s [definisjon av digital spisskompetanse](#) (på engelsk oversatt til ”digital excellence”) slik ut:

*«Digital excellence is characterised by the extent to which a person demonstrates:*

- **Knowledge of relevant theory and practice associated with the digitalisation of society and related phenomena. Of which the constituents are:**
  - *general knowledge – possessing a breadth of knowledge including awareness of philosophy, ethics, gender mainstreaming and aspects of the humanities.*
  - *digital breadth – well developed awareness of computing and systems development concepts and processes (ICT literacy).*
  - *specialisation – a unique mastery of a specialist area in one or more emerging cutting-edge domains (e.g. quantum computing, AI, expert systems, cybersecurity etc.).*

- *domain specific knowledge – in an area where digitalisation is taking place (e.g. healthcare, power generation, transport industries, computer gaming, etc. ).*
- **Capacity and capability to apply and develop digital products and assess their advantages and limitations.**
- **21st Century skills including critical thinking, creativity, collaborative capacity, communication skills, information literacy, media literacy, technological literacy flexibility, leadership, capacity to take initiatives productivity and social skills.**
- **Disposition meaning, attitudes, and value systems, commitment to gender equality, professional ethics, and an understanding of the impact of technology on society.**
- **Mobility meaning the ability to rapidly acquire knowledge, track change and acquire new knowledge, in conjunction with a motivation to contribute to digital development of society.**
- **Reflective insight resulting from active participation in digital transformation.»**

Bredden i denne definisjonen gjør at man i den svenske rapporten har benyttet betegnelsen «de nye renessansemenneskene» om digitalt spisskompetente personer. Dette understreker igjen kompleksiteten i det digitale kompetansebegrepet.

## E.2 Hva slags faglig og teknologisk fornyelse kreves i teknologi- og ingeniørutdanninger på grunn av digitalisering og digital transformasjon?

De digitale teknologienes transformerende kraft i samfunnet gjør at også de ulike «tradisjonelle» domener, fagfelt og disipliner over tid vil måtte endre fokus, innhold og arbeidsmetoder. Det vil derfor bli et økende behov også for *endringer i disiplin- og domenefag i utdanningene* for fullt ut å kunne imøtekomme og utnytte den digitale utviklingen. Hvordan påvirker egentlig digital transformasjon av samfunnet fremtidens faglige og teknologiske kunnskapsbehov?

Leder for nederlandske [4.TU Centre for Engineering Education](#), TU Delfts Aldert Kamp, sier det slik i sitt [CESAER discussion paper](#) fra desember 2019 (FTS' uthevninger):

*«Apart from the engineering fundamentals, the exponentially growing domain-specific body of knowledge and fluency in analytical reasoning and problem solving, **technological literacy will get new accents.** There can be no doubt that **any engineer, any professional, shall be data literate.** The **integration of physical and cyber systems shall get the highest priority** in engineering education, research and innovation... Many universities are struggling with the question of what data literacy skills have to be taught at what levels. **Graduates will need a good working knowledge of and excellent skills in mathematics, algorithmic thinking and programming, statistics, predictive analytics, domain knowledge about smart manufacturing, sensors, Internet of Things, Artificial Intelligence (AI), machine learning, data visualisation techniques, cloud platform, cybersecurity, etc.** It ensures that they can operate successfully in an increasingly 'data-rich' engineering environment. **The inclusion of these Industry 4.0 and innovation related skills must be a driving force for change in all engineering educational programmes.»***

Dette stemmer godt overens med de innspill FTS har fått direkte fra arbeidslivets side når det gjelder hva slags digital kunnskap som vil bli viktig for fremtidens teknologer og ingeniører flest (FTS-workshop på Hell, 15/1-20):

- A. Forståelse av muligheter og begrensninger i **digitale verktøy**, og i nye **teknologier** som f. eks. kunstig intelligens, maskinlæring, og tingenes internett
- B. «Computational thinking» (**algoritmisk tenkning**) og «datalogisk tenkemåte»
- C. Forståelse for oppbygning (ikke nødvendigvis programmering) av **algoritmer**
- D. **Systemering** (å lage systemer fra algoritmer)
- E. Evne til å sette data sammen på en **verdskapende** måte
- F. Kompetanse på **IKT-sikkerhet**

I det følgende vil vi knytte utdypende kommentarer til punktene A – C, E og F.

### A - Digitale verktøy og nye digitale teknologier

Når det gjelder hva slags plass *spesifikke digitale verktøy* og *nye digitale teknologier* skal ha i NTNUs teknologiutdanninger, utover de rene spesialist-IKT-utdanningene, så er dette selvsagt et tema som hvert enkelt fagmiljø og teknologiområde ved NTNU må være kontinuerlig oppdatert på, ta ansvar for, og ta aktivt stilling til – i dialog med sine respektive interessenter og avtagermiljøer. Vi vil likevel peke på følgende overordnede momenter vi mener er viktige å ta med seg inn i diskusjonen når en slik vurdering skal gjøres for de ulike programområdene:

- [DIGITAL21](#)-strategien peker på at digitaliseringen endrer arbeidsinnhold og kompetansekrav for de fleste yrkesgrupper, og peker på økende behov for digital kompetanse blant annet innenfor forskning og undervisning, i arbeid med samfunns- og næringssikkerhet, i utvikling av samfunnets infrastruktur, og i helse- og omsorgssektoren.
- Strategien anbefaler at Norge satser spesielt på langsiktig kompetansebygging innenfor de muliggjørende teknologiene *kunstig intelligens*, *tingenes internett (IoT)*, *autonome systemer* og *stordata*, samtidig som den identifiserer *cybersikkerhet* som et essensielt underliggende premiss for alle digitale satsinger. Kriteriene for prioritering av akkurat disse fire teknologiene er – i tillegg til det faktum at Norge allerede har sterke fagmiljøer knyttet til disse områdene - teknologienes betydning for næringer som er sentrale i norsk økonomi, deres betydning for mange bransjer i bredden av næringslivet<sup>159</sup>, og deres internasjonale markedspotensiale.
- Andre digitale teknologiområder som DIGITAL21 finner vil ha bred samfunns- og næringsmessig relevans i tiden fremover er algoritmer, blokkjede-teknologi, konnektivitet, sensorer og sensorikk, 3D-printing, visualisering, droner, VR/AR, digitale tvillinger, cloud computing, 5G og robotisering.
- DIGITAL21 peker videre spesifikt på behovet for generelt økt *digital profesjonskompetanse*, bl. a. for ingeniører - og identifiserer IKT-sikkerhet, personvern, enkel programmering, data-analyse og kunstig intelligens, enkel IT-arkitektur og tjenstedesign som elementer som vil være viktige (på ulike nivåer) i de fleste yrker.

---

<sup>159</sup> Dette er også helt i tråd med sitatet fra Aldert Kamp over, og samsvarer dessuten godt med utfallet av en uformell spørreundersøkelse gjennomført av FTS og NTVA blant forfatterne av de ulike kapitlene i [NTVAs artikkelsamling «Det nye digitale Norge»](#) i januar 2020. Alle forfatterne ble spurt hva man mener er de tre viktigste IKT-områdene som danner grunnlag for digitalisering innenfor det tematiske området (den samfunnssektoren) deres artikkel dekker. De tre områdene som fikk absolutt flest stemmer var 1) *Kunstig intelligens/maskinlæring*, 2) *Tingenes internett (IoT)*, og 3) *Stordata*. Disse digitale teknologiene er altså de som forventes å få bredest innflytelse på tvers av alle samfunnssektorer i Norge.

- DIGITAL21 anbefaler til slutt at det innføres en allmenn digital komponent i *all* høyere utdanning, at antall studieplasser på spesialiserte IKT-studier økes betydelig, og at satsingen på profesjonsfaglig digital kompetanse styrkes.
- *Kunstig intelligens* (KI/AI) er det eneste digitale teknologiområdet som så langt har vært vurdert som viktig nok i et langsiktig perspektiv til også å få sin egen [nasjonale strategi](#). Denne strategien slår blant annet fast at «*høyere utdanningsinstitusjoner bør vurdere hvordan temaer med relevans for kunstig intelligens kan bli en integrert del av utdanningene på områder som vil bli endret av kunstig intelligens fremover*», og at Regjeringen vil «*ha tydelige forventninger til at studiestedene dimensjonerer og innretter studietilbudet innenfor KI i henhold til forventede behov i arbeidsmarkedet, og at KI integreres i etablerte studieprogrammer der det er relevant*».

## B og C - Algoritmer og algoritmisk tenkning

Som også nevnt i Vedlegg A, er det mange kilder som peker på at [algoritmisk tenkning](#) (*computational thinking*, på norsk av og til også benevnt som *beregningsorientering*) er en kompetansedimensjon som er blitt svært viktig, og forventes å bli stadig viktigere, etter hvert som digitale løsninger, automatisering, robotisering, kunstig intelligens og datadrevne metoder griper om seg med stadig høyere hastighet. Å lære algoritmisk tenkning innebærer at man lærer *generell tankegang og konsepter* som ligger bak informasjonsteknologi, og dermed utvikler mer generell forståelse, ikke bare evne til å bruke konkrete digitale verktøy som snart vil kunne være utdaterte. Det å lære algoritmisk tenkning ser også ut til å kunne styrke andre viktige fremtidskompetanser som matematisk, analytisk, konseptuell og kritisk tenkning, samt kreativitet. Å lære algoritmisk tenkning gjennom programmering ser ut til å kunne styrke dybdelæring og øke kompetanse også i matematikk, teknologiforståelse og generell problemløsning. *Dette taler for at integreringen av IT, matematikk og teknologiske fag i ingeniør- og teknologiutdanninger bør styrkes - med et felles fokus i beregningsorientering og algoritmisk tenkning.*

Et økende fokus på og tettere integrering av beregningsorientering og algoritmisk tenkning i utdanningene betyr også at *innholdet i basis- og disiplin-fagene – matematikk, statistikk, IT, grunnleggende realfag -, som danner det faglige grunnlaget for teknologiutdanningene, må videreutvikles og fornyes, og koordineres med ingeniør- og teknologifagene (programfagene).* Diskusjoner mellom representanter for NTNU og arbeidslivet under FTS' workshop på Hell 15/1-20, vedrørende disiplin-fagenes rolle i teknologiutdanning, konkluderte bl. a. med at<sup>160</sup>

- Det er en trend i retning fra kvalitativt til kvantitativt og datadrevet innenfor mange (fag)områder. Dette gjelder (spesielt) innenfor biologi, kjemi og fysikk, og (også mer) generelt.
- Teknologer vil trenge kompetanser mer i retning av numeriske beregninger, visualisering, statistiske metoder, kunstig intelligens/maskinlæring og usikkerhetskvantifisering.
- I fremtida blir «matematiserings-kompetanse» viktig, i betydning å kunne oversette og tolke verden rundt oss i en matematisk språkdrakt, for så å bruke matematiske verktøy til å formulere spørsmål og finne svar og løsninger.

<sup>160</sup> Dette bildet stemmer også godt overens med trender trukket frem av Charles Fadel, grunnlegger av Centre for Curriculum Redesign i Boston, i hans foredrag under FTS' workshop på Hell 15/1-20 (og [tilsvarende foredrag under EuroCASE-konferansen 2019](#)). Fadel vektla da, basert på blant annet ovenstående utviklingstrekk, behovet for *modernisering av de tradisjonelle disiplin-fagene* – med økt utdanningsmessig fokus på *kjernekonsepter og prinsipielle aspekter* heller enn på detaljerte forklaringer rundt spesifikke teknikker og metoder. Han tok samtidig også til orde for økt interdisiplinaritet, og tett integrering av tversgående tema som bærekraft, digital kompetanse, systemtenkning, designtenkning og algoritmisk tenkning, i fremtidens utdanning, og fokus på helhetlig kompetanse - med utspring i kunnskapsdimensjonen.

- Dette vil kreve større fokus på matematikk som modelleringsverktøy fremfor beregningsverktøy, og mindre vekt på matematisk bevisføring.
- Det trengs gode, tidlige koblinger og samhandling mellom disiplin- og programfag.
- Analytisk tenkning/evne til analyse blir viktigere.

Vi vil i denne forbindelse nevne noen spesielt interessante eksempler på utdanningsrelaterte initiativer som understøtter beregningsorientering og algoritmisk tenkning:

- [MatNat-fakultetet](#) ved [Universitetet i Oslo](#) har over flere år hatt en strategisk satsing på nettopp beregningsorientering i sine bachelorutdanninger, gjennom prosjektet «Computing in Science Education» (CSE). Prosjektet resulterte i 2016 i et [Senter for fremragende utdanning \(SFU\) – Centre for Computing in Science Education \(CCSE\)](#). Målet for senteret og satsingen er nettopp å integrere beregningsorienterte, realistiske problemstillinger for studenter, på tvers av ulike emner, allerede i begynnelsen av undervisningen. Fakultetet har hatt et integrert programmeringsemne i alle sine 15 bachelorprogram siden høsten 2017. Grunntanken bak dette er at studentene får grunnopplæring i programmering og beregninger i første semester, og at dette så utnyttes i senere emner - ikke som tillegg, men integrert med og kontekstualisert gjennom de senere emnenes teori og anvendelse.
- Ved Chalmers Tekniska Högskola har man ved programmet Maskinteknik (Mechanical Engineering) de senere årene lagt betydelig vekt på å integrere beregningsorientert matematikk i programmet. Dette har man gjort ved å innta et tydeligere programperspektiv (vurdere behovet for endringer ut fra programmets kompetansebehov), og stimulere til samhandling og dialog på tvers av matematikk- og ingeniørmiljøene som bidrar inn i programmet. Prosessen har resultert både i modernisering av innholdet i matematikk-emnene, tettere kobling mellom ingeniør- og matematikk-emnene, inkludert tydeligere integrering og bruk av matematikken i ingeniøremnene. Det legges mer vekt på å løse generelle, realistiske problemer, og mindre vekt på å løse forenklede problemer med kjente løsninger på analytisk form. Videre vektlegger man både modellering, løsning, simulering og visualisering av løsningen – for å kunne vurdere den fra et ingeniørmessig ståsted og sammenligne simuleringen med virkeligheten. Prosessen har også medført utvikling av nytt læremateriale, i samarbeid mellom matematikk- og ingeniørmiljøene.



#### Boks F.4 – BOS-prosjektet

Ved NTNU har Forvaltningsutvalget for sivilingeniørutdanningen (FUS) i løpet av det siste året kjørt prosjektet [BOS – BeregningsOrientering av Sivilingeniørstudiene ved NTNU](#). Prosjektets mandat var bl. a. å «*utrede alternativer for å gjøre siv. ing.-studiet enda bedre gjennom en større beregningsorientering av studiet*» og «*anbefale tiltak og videre prosess*» for å få til dette. Det ble også kommentert fra FUS' side ved oppstart at dette prosjektet handler om å «*utdanne moderne sivilingeniører*», at kandidatene skal få en «*tilleggskompetanse innen digitalisering*», at man bør vektlegge at «*matematikk kobles tettere sammen med ingeniøremnene, slik at studieprogrammene blir mer integrerte*» og at prosjektet skulle ha «*kobling til FTS*». Prosjektet leverte sin sluttrapport i april 2020, og konkluderer blant annet med at

- Beregningsorientering av sivilingeniørutdanningene ved NTNU vil kreve en betydelig koordinering av emner på tvers av fagdisipliner, institutt-, studieprogram- og fakultetsgrenser
- Beregningsorientering av utdanningene vil gi studentene en solid beregningskompetanse tilpasset en forventet utvikling i næringsliv, forvaltning og akademia, og gjøre NTNU til et mer attraktivt og fremtidsrettet universitet
- Fokus må flyttes fra emner til studieprogram for å få til dette – med læringsutbyttebeskrivelser for beregningsorientering også på studieprogramnivå
- Konstruktiv innretting («*constructive alignment*») er en forutsetning for et vellykket beregningsperspektiv i programmene
- Et sterkere beregningsperspektiv vil understøtte fremtidige nøkkelkompetanser som matematisering, algoritmisk tenkning, numeriske metoder, statistiske metoder, usikkerhetsanalyser, kunstig intelligens og maskinlæring
- Beregningsperspektivet vil også effektivisere studentenes læring - ved at generisk teori kan kontekstualiseres bedre, gjennom valg av reelle, avanserte, arbeidslivsrelevante og motiverende problemstillinger
- Dette forventes også å virke positivt inn på trivsel, motivasjon, frafall og innovasjonsgrad blant studentene.

BOS-prosjektet foreslår en rekke konkrete tiltak og virkemidler – bl. a. omstrukturering av emner med fokus på første studieår, utviklingsressurser til digitale læremidler, opprettelse av en styringsgruppe for koordinering, beregningsorienterte fagstrenger gjennom studiet m.m. - for vellykket implementering av et beregningsperspektiv i NTNUs sivilingeniørutdanninger.

#### E - Data og verdiskaping

De stadige og samtidige fremgangene innenfor sensortechnologi, tingenes internett, beregningsteknologi, avanserte metoder for stordata-analyse, trådløs kommunikasjonsteknologi og lagringskapasitet gjør at *datadrevne metoder* som *prediktiv analyse* og *maskinlæring* blir stadig viktigere innenfor de fleste samfunnsområder. Det blir også stadig mer data å gjøre bruk av, på stadig flere områder. Forretningsmodeller, arbeidsformer, innovasjonsprosesser og teknologiutvikling, beslutningsstøtte og innsikt på stadig flere områder vil i stadig sterkere grad påvirkes, og bli avhengige, av den økende tilgangen på data, og evnen til å prosessere disse. Dette gjelder på så forskjellige områder som klima, bærekraft, helse, offentlig tjenesteproduksjon mer generelt, og næringslivets konkurransevne. Det å kunne sammenstille, analysere, kreativt utnytte og ta

beslutninger basert på ulike former for data vil bli stadig viktigere. Samtidig står aspekter som åpenhet, eierskap, tilgjengelighet, portabilitet, datakvalitet, sikkerhet og personvern sentralt.

Et sentralt spørsmål er hvordan man kan få *verdiskaping* ut av tilgjengelige data – dvs datadrevet *innovasjon*.<sup>161</sup> Dette blir sentralt også for fremtidens teknologer og ingeniører, som derfor må få et solid grunnlag både faglig og verdimessig gjennom sin utdanning (i Aldert Kamps ord, gjøres «*data literate*») for å kunne utnytte data og datadrevne metoder til å skape verdier i sitt fremtidige virke. Dette betyr blant annet at fremtidens teknologiutdanninger må gi et *solid grunnlag i statistikk*, samtidig som *digital forretningsforståelse* blir viktigere. Et mer data-drevet perspektiv passer forøvrig også godt sammen med økt vekt på algoritmisk tenkning og beregningsorientering, og økende viktighet av kunstig intelligens innenfor flere domener.

## F - IKT- og cybersikkerhet

*Kompetansebehovsutvalget* peker i sin andre rapport på at

*«I takt med digitaliseringen av samfunnet har behovet for forsvarlig IKT-sikkerhet økt (NOU 2018: 14). Dalsmo m. fl. (2018) viser til at cybersikkerhet er et grunnleggende premiss for digitaliseringen av norsk næringsliv.»*

Videre peker de på nyere NIFU-undersøkelser som ut fra fremskrivingsmodeller fra SSB finner at tilgangen på IKT-sikkerhetskompetanse fremover vil være lavere enn behovet:

*«Mens tilgangen i år 2030 er beregnet å være på knapt 11 000 personer, er behovet beregnet å være på vel 15 000. Fra intervjuer med relevante samfunnsaktører kommer det frem at samfunnsaktørene også ser et behov for IKT-sikkerhetskompetanse her og nå samt i tiden fremover. Mark mfl. (2017) anbefaler å øke tilbudet av grunnutdanning og etter- og videreutdanninger innenfor IKT-sikkerhet.»*

Det kan her også bemerkes at det nasjonale «Sårbarhetsutvalget» (NOU 2015:13) i 2015 anbefalte at alle norske bachelorutdanninger innen IKT burde inneholde 15-20 studiepoengs fordypning innen informasjons- og IKT-sikkerhet. Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) anbefaler at alle IKT-utdanninger bør inneholde minst ett obligatorisk kurs innen IKT-sikkerhet.

Siden 2015 har sikkerhetsutfordringene i samfunnet, og samfunnets avhengighet av IKT-infrastruktur, bare vokst. *Det er derfor FTS' vurdering – i tråd med arbeidslivets innspill - at alle fremtidige NTNU-kandidater innenfor teknologi- og ingeniørfag bør utvikle høy brukerkompetanse innenfor IKT- og cybersikkerhet gjennom sin utdanning.*

## E.3 Mer generelt om muliggjørende teknologiers plass i teknologiutdanningene

Kunstig intelligens, stordata og tingenes internett er alle eksempler på digitale *muliggjørende* teknologier. Andre viktige muliggjørende teknologier er *bioteknologi* og *nanoteknologi*.

Muliggjørende teknologier karakteriseres gjerne ved at de er *generiske*, dvs de muliggjør nyvinninger og innovasjon innenfor og på tvers av mange samfunns- og anvendelsesområder. Under FTS-workshopen «NTNU møter arbeidslivet» på Hell 15/1-20 kom det følgende innspill knyttet til hvordan muliggjørende teknologier generelt bør integreres i teknologiutdanningene:

---

<sup>161</sup> Regjeringen har forøvrig nylig startet arbeidet med en [Stortingsmelding om Melding om datadrevet økonomi og innovasjon](#).

- *Studentene trenger først og fremst en viss kjennskap til hva bruksområdet og potensialet til ulike muliggjørende teknologier er. Kun noen få vil trenge dybdekunnskap.*
- *Det viktigste for studentene i møte med ulike muliggjørende teknologier er at de er øvet opp i å:*
  - *Skaffe seg oversikt over komplekse problemstillinger*
  - *Utvikle løsninger og kritisk vurdere disse*
  - *Anvende sin kritiske sans*
  - *Vurdere TRL-nivå («technology readiness level») til en nyvinning eller idé*
  - *Kjenne typiske livsløp fra idé til innovasjon*
  - *Tenke kommersielt*
  - *Kjenne til de to innovasjonsmodusene STI og DUI*
  - *Forstå betydningen av politiske prosesser for utvikling av teknologiområder (en aktuell case er biodrivstoff)*
  - *Arbeide tverrfaglig (domene + muliggjørende teknologi)*
- *Når en muliggjørende teknologi er blitt «moden»/etablert, skal den være en del av basiskunnskapen for teknologen*

#### E.4 Avsluttende bemerkninger fra et arbeidslivsperspektiv

Under FTS-workshopen på Hell 15/1-20 ble det understreket at teknologi- og ingeniørstudentene må forstå *samsillet mellom grunnleggende (digital) kunnskap og det anvendte (business)*, og spesielt utvikle forståelse for *hvordan digitale teknologier og data endrer prosesser og verdikjeder overalt i samfunnet*. Det ble også vektlagt at alle teknologer og ingeniører bør ha en grunnleggende forståelse for *hvordan store IT-systemer er bygd opp*.

Det ble videre understreket at digital kompetanse bør være *integret* i profesjonsutdanningene (dvs. ikke bare undervises i egne emner).<sup>162</sup> Endelig ble det fremhevet at ingeniører og teknologer må ha digital kompetanse *både for egen profesjonsutøvelse, samt for å kunne samvirke med «digitale eksperter»* - og tilsvarende må IKT-eksperter kunne samvirke med yrkesutøvere fra andre fagfelt.

Dette understreker igjen viktigheten av å utforme utdanninger som gir *T-formet kompetanse* - med vel gjennomtenkt kunnskapsmessig balanse mellom bredde og dybde samt mellom anvendelsesområde og disiplin, og med vekt på tverrfaglig samhandlingskompetanse.

---

<sup>162</sup> Arbeidslivets ønsker er med andre ord her helt i tråd med hvordan UiO har tenkt i sitt CSE-prosjekt og sitt SFU CCSE, og er også helt i tråd med konklusjoner fra NTNUs/FUS' eget BOS-prosjekt.

## Vedlegg F Forslag til integrerte kompetanseprofiler for bachelor ingeniør, 5-årig integrert master og ph.d. i teknologi

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
Nr	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
1	<p><b>Vise fagkunnskaper og faglig fundert perspektiv:</b></p> <p><i>... vise brede kunnskaper innen ingeniørfaget, fordypning i eget programområde, relevante kunnskaper i understøttende matematiske fag, realfag, økonomi- og samfunnsfag, samt tilstrekkelige kunnskaper i komplementære fag til å gi nødvendig perspektiv på ingeniørfaget</i></p> <p>163 164 165 166 167</p>	<p><b>Vise fagkunnskaper og faglig fundert perspektiv:</b></p> <p><i>... vise dyp innsikt innen eget programområde, brede ingeniørfaglige kunnskaper, betydelige kunnskaper i understøttende matematiske fag, realfag, økonomi- og samfunnsfag, samt tilstrekkelige kunnskaper i komplementære fag til å gi nødvendig perspektiv på eget programområde</i></p>	<p><b>Vise til egne forskningsbidrag, og vise forskningsbasert innsikt og perspektiv:</b></p> <p><i>... vise til selvstendige forskningsbidrag og vise innsikt i kunnskapsfronten innenfor eget forskningsområde, nødvendige kunnskaper i andre relevante fag for å understøtte egen forskningsvirksomhet, samt kunnskaper som gir evne til å sette forskning inn i en større samfunnmessig sammenheng</i></p>

<sup>163</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten har bred kunnskap som gir et helhetlig systemperspektiv på ingeniørfaget generelt, med fordypning i eget ingeniørfag.» «Kandidaten har grunnleggende kunnskaper i matematikk, naturvitenskap, relevante samfunns- og økonomifag og om hvordan disse kan integreres i ingeniørfaglig problemløsning. «Kandidaten har kunnskap om teknologiens historie, teknologiutvikling, ingeniørens rolle i samfunnet samt konsekvenser av utvikling og bruk av teknologi.»

<sup>164</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): «visa kunskap om det valda teknikområdets vetenskapliga grund och dess beprövade erfarenhet samt kännedom om aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete» «visa brett kunnande inom det valda teknikområdet och relevant kunskap i matematik och naturvetenskap»

<sup>165</sup> [ABET](#): “an ability to identify, formulate, and solve complex engineering problems by applying principles of engineering, science, and mathematics”

<sup>166</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): “knowledge and understanding of the mathematics and other basic sciences underlying their engineering specialisation, at a level necessary to achieve the other programme outcomes”, “knowledge and understanding of engineering disciplines underlying their specialisation, at a level necessary to achieve the other programme outcomes, including some awareness at their forefront”

<sup>167</sup> [Olin College](#): “Acquire Knowledge, Skills and Approaches -- Build the appropriate breadth and depth of content, techniques and methodologies from diverse fields”

<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise bred kunnskap om ingeniørfaget, med fordypning innen eget programområde. Kandidaten skal vise relevante kunnskaper i matematiske fag og realfag - herunder IKT, algoritmisk tenkning og beregningsorientert matematikk - samt økonomi- og samfunnsfag. Kandidaten skal vise tilstrekkelige kunnskaper innen komplementære fagfelt, eksempelvis humaniora- og kunstfag, til å kunne se ingeniørfaget i et bredere perspektiv. Kandidaten skal kunne vise at kandidatens samlede kunnskap bidrar til forståelse for ingeniørens rolle og teknologiens funksjon i samfunnet før og nå, i et økonomisk, sosialt og økologisk perspektiv.</p>	<p>168 169</p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise bred kunnskap om ingeniørfag og teknologi, med betydelig fordypning innen eget programområde. Kandidaten skal vise innsikt i programområdets vitenskapelige grunnlag, og betydelige kunnskaper i relevante matematiske fag og realfag – herunder IKT, algoritmisk tenkning og beregningsorientert matematikk - samt økonomi- og samfunnsfag. Kandidaten skal vise tilstrekkelige kunnskaper innen komplementære fagfelt, eksempelvis humaniora- og kunstfag, til å kunne se eget programområde i et bredere perspektiv – for eksempel kulturelt, estetisk, eller politisk. Kandidaten skal kunne vise at kandidatens samlede kunnskap muliggjør forståelse og selvstendig refleksjon over programområdets forhold til andre fag og disipliner, og</p>	<p>170 171</p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... kunne demonstrere egne selvstendige forskningsbidrag i valgte deler av utdanningens teknologiområde, og dyp innsikt i områdets vitenskapelige grunnlag, vitenskapsteori, og metodeapparat. Kandidaten skal vise kjennskap til det fremste og mest oppdaterte av internasjonalt forsknings- og utviklingsarbeid innen sitt forskningsområde, samt relevant kunnskap fra andre fagområder som anses nødvendige for å understøtte</p>
--	--	--

<sup>168</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): «visa kunnskap om det valda teknikområdets vetenskapliga grund och beprövade erfarenhet samt insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete», «visa såväl brett kunnande inom det valda teknikområdet, inbegripet kunnskaper i matematik och naturvetenskap, som väsentligt fördjupade kunnskaper inom vissa delar av området»

<sup>169</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “in-depth knowledge and understanding of mathematics and sciences underlying their engineering specialisation, at a level necessary to achieve the other programme outcomes”, “in-depth knowledge and understanding of engineering disciplines underlying their specialisation, at a level necessary to achieve the other programme outcomes”, “critical awareness of the forefront of their specialization”, “critical awareness of the wider multidisciplinary context of engineering and of knowledge issues at the interface between different fields”

<sup>170</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): «visa kunnskap om det valda teknikområdets vetenskapliga grund och beprövade erfarenhet samt insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete», «visa såväl brett kunnande inom det valda teknikområdet, inbegripet kunnskaper i matematik och naturvetenskap, som väsentligt fördjupade kunnskaper inom vissa delar av området»

<sup>171</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “in-depth knowledge and understanding of mathematics and sciences underlying their engineering specialisation, at a level necessary to achieve the other programme outcomes”, “in-depth knowledge and understanding of engineering disciplines underlying their specialisation, at a level necessary to achieve the other programme outcomes”, “critical awareness of the forefront of their specialization”, “critical awareness of the wider multidisciplinary context of engineering and of knowledge issues at the interface between different fields”

		<p>teknologens rolle og teknologiens funksjon i samfunnet før og nå, i et økonomisk, sosialt og økologisk perspektiv.</p>	<p>kandidatens forskning. Kandidatens kunnskaper skal samlet sett gi kandidaten evne til å sette teknologisk forskning generelt, og forskning innenfor eget forskningsområde spesielt, inn i en større samfunnsmessig sammenheng. Kandidaten skal vise evne til å vurdere forskningsresultater både i et økonomisk, sosialt og økologisk perspektiv.</p>
--	--	---	--

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
Nr	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
2	<p><b>Analysere ingeniørfaglige problemstillinger:</b></p> <p><i>... formulere og analysere ingeniørfaglige problemstillinger i et systemperspektiv</i></p> <p>172 173 174 175 176</p>	<p><b>Analysere komplekse problemstillinger under usikkerhet:</b></p> <p><i>... identifisere, formulere og analysere komplekse ingeniørfaglige og teknologiske problemstillinger i et systemperspektiv, også med begrenset informasjon tilgjengelig og ulike interesser og dilemma involvert</i></p> <p>177 178</p>	<p><b>Identifisere, kritisk vurdere og analysere nye, komplekse teknologiske behov og nye teknologier:</b></p> <p><i>... ta initiativ til å identifisere, kritisk vurdere og analysere nye, komplekse og sammensatte vitenskapelige og teknologiske problemstillinger i et systemperspektiv, under usikkerhet, med begrenset informasjon tilgjengelig, og ulike interesser og dilemma involvert</i></p>

<sup>172</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): Analyse av ingeniørfaglige problemstillinger omtales ikke.

<sup>173</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): “visa förmåga att med helhetssyn självständigt och kreativt identifiera, formulera och hantera frågeställningar och analysera och utvärdera olika tekniska lösningar»

<sup>174</sup> [ABET](#): “an ability to develop and conduct appropriate experimentation, analyze and interpret data, and use engineering judgment to draw conclusions” (pkt 6)

<sup>175</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): ability to analyze complex engineering products, processes and systems in their field of study; to select and apply relevant methods from established analytical, computational and experimental methods; to correctly interpret the outcomes of such analyses; (3.1, pkt 2.1)

<sup>176</sup> [Olin College](#): “Apply Analytical Methods -- Systematically and appropriately apply qualitative, quantitative and critical methodologies and approaches to gather data, analyze, model and draw conclusions” (pkt 2)

<sup>177</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): “visa förmåga att med helhetssyn kritiskt, självständigt och kreativt identifiera, formulera och hantera komplexa frågeställningar samt att delta i forsknings- och utvecklingsarbete och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen»

<sup>178</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “ability to analyze new and complex engineering products, processes and systems within broader or multidisciplinary contexts; to select and apply the most appropriate and relevant methods from established analytical, computational and experimental methods or new and innovative methods; to critically interpret the outcomes of such analyses;”



	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne bidra til analyse av ingeniørfaglige problemstillinger, inkludert underliggende behov og forslag til løsninger. Kandidaten skal evne å systematisk anvende hensiktsmessige kvalitative, kvantitative og eksperimentelle metoder for å samle og analysere data, lage modeller, gjøre simuleringer og drøfte resultatene. Kandidaten skal gjennom problemformulering, analyse og drøfting vise evne til helhetlig systemtenkning og problemløsning innen eget programområde.</p>	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne identifisere, formulere og analysere komplekse (sammensatte, umedgjørlige («wicked»)) ingeniørfaglige og teknologiske problemstillinger, inkludert underliggende behov og forslag til løsninger. Kandidaten skal evne, systematisk og selvstendig, å velge og anvende avanserte og egnede vitenskapelige metoder for å samle og analysere data, lage modeller, gjøre simuleringer og analyse, og kritisk drøfte resultatene. Kandidaten skal gjennom problemformulering, analyse og drøfting vise evne til kritisk vurdering, helhetlig og analytisk tenkning (systemtenkning) og problemløsning. Kandidaten skal vise evne til å veie ulike interesser mot hverandre, og til å belyse og hensynta eventuelle dilemmaer og konflikter.</p>	<p>179 180</p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... kunne identifisere, formulere og analysere nye (uløste), komplekse og sammensatte vitenskapelige og teknologiske problemstillinger i front av sitt forskningsfelt. Kandidaten skal kunne lede og selvstendig gjennomføre analysearbeid rundt slike problemstillinger, og peke ut retninger for videre forskning basert på resultatene.</p>
--	---	---	--

<sup>179</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): “visa förmåga att med helhetssyn kritiskt, självständigt och kreativt identifiera, formulera och hantera komplexa frågeställningar samt att delta i forsknings- och utvecklingsarbete och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen»

<sup>180</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “ability to analyse new and complex engineering products, processes and systems within broader or multidisciplinary contexts; to select and apply the most appropriate and relevant methods from established analytical, computational and experimental methods or new and innovative methods; to critically interpret the outcomes of such analyses;”

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
Nr	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
3	<p><b>Designe og implementere bærekraftige løsninger:</b></p> <p><i>... vise kreativitet og skaperkraft gjennom å designe og implementere bærekraftige tekniske løsninger som oppfyller aktuelle behov og gitte krav</i></p> <p>181 182 183 184 185</p>	<p><b>Designe og implementere bærekraftige løsninger:</b></p> <p><i>... vise kreativitet og skaperkraft gjennom å kritisk vurdere, analysere, designe og implementere bærekraftige tekniske løsninger som oppfyller aktuelle behov og gitte krav</i></p> <p>186 187</p>	<p><b>Skape nye, bærekraftige og innovative løsninger basert på innsikt i fremtidstrender, og vitenskapelig funderte vurderinger av langsiktige behov:</b></p> <p><i>... kombinere kreativitet og vitenskapelig innsikt for å skape, evaluere og dokumentere nye, bærekraftige og innovative tekniske løsninger, som er fundert på nye forskningsresultater og understøtter sannsynlige fremtidsbehov og -krav</i></p>

<sup>181</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten kan anvende kunnskap og relevante resultater fra forsknings- og utviklingsarbeid for å løse teoretiske, tekniske og praktiske problemstillinger innenfor ingeniørfaget og begrunne sine valg.» (F1)

<sup>182</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): «visa förmåga att utforma och hantera produkter, processer och system med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar utveckling»

<sup>183</sup> [ABET](#): « an ability to apply engineering design to produce solutions that meet specified needs with consideration of public health, safety, and welfare, as well as global, cultural, social, environmental, and economic factors”

<sup>184</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): “ability to develop and design complex products (devices, artefacts, etc.), processes and systems in their field of study to meet established requirements, that can include an awareness of non-technical – societal, health and safety, environmental, economic and industrial– considerations; to select and apply relevant design methodologies”

<sup>185</sup> [Olin College](#): “Develop and Apply Creativity -- Generate novel ideas and approaches, taking into account authentic constraints, that lead to innovative outcomes.”, “Plan and Execute -- Scope, plan and implement projects, maintain accountability for contributions, continuously evaluate progress, navigate uncertainty and adversity, and iterate as needed.”

<sup>186</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): «visa förmåga att skapa, analysera och kritiskt utvärdera olika tekniska lösningar”, “visa förmåga att utveckla och utforma produkter, processer och system med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar utveckling”

<sup>187</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “ability to develop, to design new and complex products (devices, artefacts, etc.), processes and systems, with specifications incompletely defined and/or competing, that require integration of knowledge from different fields and non-technical – societal, health and safety, environmental, economic and industrial commercial – constraints; to select and apply the most appropriate and relevant design methodologies or to use creativity to develop new and original design methodologies”

<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne anvende sine fagkunnskaper i samspill med profesjonelle ferdigheter, verdier, holdninger og evne til perspektiv, for å kartlegge behov hos brukere og andre interessenter. Kandidaten skal vise kreativitet og skaperkraft gjennom å kunne utvikle idéer til løsninger ved bruk av relevant og egnet designmetodikk. Kandidaten skal kunne designe, implementere, operere, vedlikeholde og videreutvikle tekniske produkter, prosesser, systemer eller tjenester, som dekker brukerbehov og bygger opp under samfunnets mål for økonomisk, sosial og økologisk bærekraftig utvikling, herunder likestilling, inkludering og mangfold. Kandidaten skal i prosessen vise kjennskap til relevante ingeniørfaglige krav.</p>	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne anvende sine fagkunnskaper i samspill med profesjonelle ferdigheter, verdier, holdninger og evne til perspektiv, for å forstå behov hos brukere og andre interessenter. Kandidaten skal vise kreativitet og skaperkraft gjennom å kunne utvikle idéer til løsninger, i hvert tilfelle ved bruk av de mest relevante og best egnede designmetodikker. Kandidaten skal kunne designe, implementere, operere, vedlikeholde og videreutvikle tekniske produkter, prosesser, systemer eller tjenester, som dekker brukerbehov og bygger opp under samfunnets mål for økonomisk, sosial og økologisk bærekraftig utvikling, herunder likestilling, inkludering og mangfold. Kandidaten skal i prosessen vise god kunnskap om ingeniørfaglige krav, og evne til raskt å sette seg inn også i andre relevante krav. Kandidaten skal ved behov også kunne utvikle nye analysemetoder, og analysere situasjoner der tilgjengelig informasjon er usikker, mangelfull eller motstridende.</p>	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... kunne anvende sin forskerkompetanse og sin vitenskapelige innsikt, i samspill med profesjonelle ferdigheter, holdninger, verdier og evne til perspektiv, for å forutse fremtidige behov hos brukere og andre interessenter. Kandidaten skal være i stand til, på vitenskapelig grunnlag, å se mulighetsrommet og vurdere potensialet i fremvoksende teknologier, faglige gjennombrudd og forskningsresultater som grunnlag for fremtidige innovasjoner. Kandidaten skal selvstendig kunne utvikle hypoteser, teorier, strategier og metoder som gjør det mulig å analysere nye (uløste), komplekse og sammensatte vitenskapelige og teknologiske problemstillinger i front av sitt forskningsfelt. Kandidaten skal kunne utfordre etablert praksis basert på det fremste og mest oppdaterte av forskning og kunnskap innen sitt forskningsfelt. Kandidaten skal basert på dette kunne bidra betydelig til å utvikle ny teknologisk kunnskap og skape nye, bærekraftige og innovative tekniske løsninger, som understøtter sannsynlige fremtidsbehov og -krav. Kandidaten skal vise evne til å evaluere og dokumentere løsningene.</p>
---	--	--

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
<i>Nr</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
4	<p><b>Benytte relevante metoder og verktøy:</b></p> <p><i>... velge og anvende relevante metoder, arbeidsformer, verktøy, laboratorier og muliggjørende teknologier</i></p> <p>188 189 190 191 192</p> <p>Utdypning:</p>	<p><b>Benytte avanserte metoder og verktøy:</b></p> <p><i>... kritisk vurdere, velge og utnytte avanserte metoder, arbeidsformer, verktøy, og muliggjørende teknologier</i></p> <p>193 194</p> <p>Utdypning:</p>	<p><b>Utvikle og videreutvikle metoder og verktøy, samt identifisere behov for slik utvikling:</b></p> <p><i>... utvikle og videreutvikle metoder, arbeidsformer, verktøy, laboratorier og muliggjørende teknologier, basert på evne til kritisk vurdering av behov for (videre-)utvikling</i></p> <p>Utdypning:</p>

<sup>188</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten har kunnskap om faglig relevant programvare og har bred ingeniørfaglig digital kompetanse, inkludert grunnleggende programmeringsferdigheter.» (F2) og «Kandidaten kan arbeide i relevante fysiske og digitale laboratorier og behersker metoder og verktøy som grunnlag for målrettet og innovativt arbeid.» (F3)

<sup>189</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): «visa förmåga att planera och med adekvata metoder genomföra uppgifter inom givna ramar»

<sup>190</sup> [ABET](#): Metoder og verktøy omtales ikke

<sup>191</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): «understanding of applicable techniques and methods of analysis, design and investigation and of their limitations in their field of study”

<sup>192</sup> [Olin College](#): «Apply Analytical Methods -- Systematically and appropriately apply qualitative, quantitative and critical methodologies and approaches to gather data, analyze, model and draw conclusions.”

<sup>193</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): «visa förmåga att planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna ramar”

<sup>194</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “comprehensive understanding of applicable techniques and methods of analysis, design and investigation and of their limitations” og “practical skills, including the use of computer tools, for solving complex problems, realising complex engineering design, designing and conducting complex investigations”

	<p>Kandidaten skal kunne benytte hensiktsmessige metoder og verktøy i sitt virke. Spesielt skal kandidaten beherske relevant designmetodikk, programmeringsverktøy, fagrettede digitale verktøy og arbeidsprosesser. Kandidaten skal vise evne til å arbeide effektivt og trygt i relevante laboratorier og verksteder. Videre skal kandidaten vise kjennskap til muliggjørende teknologier, og til de muligheter og utfordringer som slike teknologier - herunder digitale teknologier med tilhørende sikkerhets- sårbarhets- og personvernaspekter - innebærer for ingeniørfaglige løsninger.</p>	<p>Kandidaten skal selvstendig kunne identifisere og ta i bruk velegnede og avanserte verktøy og vitenskapelige metoder i sitt virke. Spesielt skal kandidaten beherske avanserte analyse- og designmetodikker, programmeringsverktøy og fagrettede digitale verktøy, og smidige arbeidsprosesser. Kandidaten skal for programområder der det er relevant vise evne til å arbeide effektivt og trygt i avanserte laboratorier. Videre skal kandidaten vise et kunnskapsnivå om relevante muliggjørende teknologier som gir evne til å forstå og utnytte de muligheter og utfordringer som slike teknologier - herunder digitale teknologier med tilhørende sikkerhets-, sårbarhets- og personvernaspekter - innebærer for ingeniørfaglige løsninger.</p>	<p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... kunne identifisere behov for utvikling av nye, samt videreutvikling og forbedring av eksisterende metoder, arbeidsformer, verktøy og laboratorier innenfor sitt forskningsområde. Kandidaten skal kunne bidra betydelig til slik utvikling, inkludert bedre utnyttelse av muliggjørende teknologier, innenfor forskningsområdet. Kandidaten skal også vise evne til å gjøre kritiske og godt begrunnede vurderinger av behovet for utvikling og forbedringer.</p>
--	---	--	--

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
Nr	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
5	<p><b>Drøfte konsekvenser og fremtidsscenarier:</b></p> <p><i>... drøfte konsekvenser av å innføre ingeniørfaglige løsninger gitt ulike fremtidsscenarier</i></p> <p>195 196 197 198 199</p>	<p><b>Analysere konsekvenser og fremtidsscenarier:</b></p> <p><i>... kritisk vurdere konsekvenser av å innføre teknologiske løsninger i ulike fremtidsscenarier</i></p> <p>200 201</p>	<p><b>Påvirke fremtidig utvikling gjennom scenarietenkning, forskning og teknologi:</b></p> <p><i>... påvirke fremtidsscenarier, inkludert faglig utvikling og teknologiutvikling innenfor eget forskningsområde, gjennom forskning på og innføring eller videreutvikling av teknologiske løsninger</i></p>

<sup>195</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): Konsekvensanalyse og scenarietenkning nevnes ikke eksplisitt.

<sup>196</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): Konsekvensanalyse og scenarietenkning nevnes ikke eksplisitt – men kandidaten skal kunne «utforma och hantera produkter, processer och system med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar utveckling»

<sup>197</sup> [ABET](#): «make informed judgments, which must consider the impact of engineering solutions in global, economic, environmental, and societal contexts»

<sup>198</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): Det nærmeste er kanskje de to punktene under «Engineering judgments»: «ability to gather and interpret relevant data and handle complexity within their field of study, to inform judgements that include reflection on relevant social and ethical issues» og «ability to manage complex technical or professional activities or projects in their field of study, taking responsibility for decision making.»

<sup>199</sup> [Olin College](#): «Engage in analyzing, evaluating, synthesizing, and applying diverse information and experiences to support decision-making, attitude formation, action and expression»

<sup>200</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): «visa förmåga att modellera, simulera, förutsäga och utvärdera skeenden även med begränsad information» og «utveckla och utforma produkter, processer och system med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar utveckling»

<sup>201</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): Det nærmeste er kanskje de to punktene under «Engineering judgments»: “ability to integrate knowledge and handle complexity, to formulate judgements with incomplete or limited information, that include reflecting on social and ethical responsibilities linked to the application of their knowledge and judgement” og “ability to manage complex technical or professional activities or projects that can require new strategic approaches, taking responsibility for decision making.”

	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise evne til å drøfte ulike fremtidsscenarier. Kandidaten skal vise evne til konsekvenstenkning og risikovurdering gjennom analyse og drøfting av fremtidige konsekvenser av ulike løsninger opp mot gitte kriterier. Kandidaten skal kunne vurdere ulike tekniske løsninger opp mot fremtidige miljømessige, helsemessige, samfunnmessige og økonomiske konsekvenser, og gjøre forsvarlig bruk av føre var-prinsippet.</p>	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise evne til å selvstendig formulere og drøfte ulike mulige, sannsynlige og ønskede fremtidsscenarier. Kandidaten skal vise selvstendig evne til konsekvenstenkning og risikovurdering gjennom systematisk analyse og kritisk evaluering av fremtidige konsekvenser av ulike løsninger i ulike scenarier. Kandidaten skal spesielt kunne vurdere ulike tekniske løsninger opp mot blant annet fremtidige miljømessige, helsemessige, samfunnmessige og økonomiske konsekvenser, og gjøre forsvarlig bruk av føre var-prinsippet.</p>	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... vise innsikt i bruk av scenariotenkning som verktøy for å forstå, vise muligheter forbundet med, og effekter av innføring eller utvikling av nye teknologiske muligheter. Kandidaten skal vise innsikt i tredelt bunnlinje for bærekraftvurdering av fremtidsscenarier, og kunne peke ut lovende retninger for videre forskning som understøtter og bidrar til en god fremtidig utvikling for miljø, helse, samfunn og økonomi.</p>
--	---	--	--

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
<i>Nr</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
6	<p><b>Kjenne til forskning og bidra til teknologiutvikling:</b></p> <p><i>... vise kjennskap til forsknings- og utviklingsarbeid i fronten av eget programområde, og bidra til FoU-prosjekter i henhold til fag- og forskningsetiske normer</i></p> <p>202 203 204 205 206</p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise kjennskap til teknologifronten innen sitt eget programområde, og kunne bidra i FoU-arbeid. Videre skal kandidaten vise kjennskap til</p>	<p><b>Utnytte avansert FoU-kunnskap for å bidra til teknologiske forsknings- og utviklingsprosjekter:</b></p> <p><i>... vise kunnskap om avansert forsknings- og utviklingsarbeid i fronten av eget programområde, og gjennom dette bidra til FoU-prosjekter i henhold til fag- og forskningsetiske normer</i></p> <p>207 208</p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise evne til å anvende kunnskap om avanserte resultater fra teknologi- og kunnskapsfronten innen eget programområde, for å bidra til teknologi- og kunnskapsutvikling gjennom</p>	<p><b>Lede og ta initiativ til teknologisk forskning og utvikling:</b></p> <p><i>... lede og ta initiativ til forsknings- og utviklingsarbeid i fronten av eget forskningsfelt, i henhold til fag- og forskningsetiske normer</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p>

<sup>202</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten kjenner til forsknings- og utviklingsarbeid innenfor eget fagfelt, samt relevante metoder og arbeidsmåter innenfor ingeniørfaget.» (K4)

<sup>203</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): F&U er ikke omtalt

<sup>204</sup> [ABET](#): F&U er ikke omtalt

<sup>205</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): “knowledge and understanding of engineering disciplines underlying their specialisation, at a level necessary to achieve the other programme outcomes, including some awareness at their forefront”

<sup>206</sup> [Olin College](#): F&U er ikke omtalt.

<sup>207</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): “[...] samt att delta i forsknings- och utvecklingsarbete och därigenom bidra till kunnskapsutvecklingen» og «[...] samt visa medvetenhet om etiske aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete»

<sup>208</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “critical awareness of the forefront of their specialisation”



	<p>relevante forskningsetiske normer og regler, samt etiske normer innen ingeniørfaget.</p>	<p>faglige bidrag til forskningsprosjekter og faglig ledelse av utviklingsprosjekter. Kandidaten skal i slike prosesser vise kunnskap om relevante forskningsetiske normer og regler, samt etiske normer innen eget programområde.</p>	<p>... vise kjennskap til det fremste og mest oppdaterte av internasjonalt forsknings- og utviklingsarbeid innen sitt forskningsfelt. Kandidaten skal vise evne til å raskt ta i bruk resultater fra slikt arbeid, og utnytte disse effektivt som basis for egen forsknings- og utviklingsaktivitet. Kandidaten skal vise evne til å selv initiere og lede forskningsprosjekter som bidrar til teknologi- og kunnskapsutvikling.</p>
--	---	--	--

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
<i>Nr</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
7	<p><b>Innhente og kritisk vurdere informasjon:</b></p> <p><i>... finne, bruke og referere ny kunnskap, data og informasjon, og kritisk vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i informasjon</i></p> <p>209 210 211 212 213</p> <p>Utdypning:</p>	<p><b>Innhente og kritisk vurdere informasjon med vitenskapelig tilnærming:</b></p> <p><i>... finne, bruke og referere ny kunnskap, data og informasjon, og anvende vitenskapelig tilnærming for å kritisk og uavhengig vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i informasjon</i></p> <p>214 215</p> <p>Utdypning:</p>	<p><b>Kritisk vurdere kvalitet, nyhetsverdi og troverdighet i forskningspublikasjoner, -data og -resultater gjennom vitenskapelig tilnærming:</b></p> <p><i>... finne, tilegne seg, bruke og referere vitenskapelige publikasjoner, forskningsdata og forskningsresultater, og anvende vitenskapelig tilnærming for å kritisk og uavhengig vurdere kvalitet, nyhetsverdi, relevans og troverdighet i data og resultater fra forskning.</i></p> <p>Utdypning:</p>

<sup>209</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten kan finne, vurdere, bruke og henvise til informasjon og fagstoff og framstille dette slik at det belyser en problemstilling» (F5) og «Kandidaten kan identifisere sikkerhets-, sårbarhets-, personverns- og datasikkerhetsaspekter i produkter og systemer som anvender IKT» (G2)

<sup>210</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): Informasjonsinnhenting er ikke omtalt.

<sup>211</sup> [ABET](#): Informasjonsinnhenting er ikke omtalt.

<sup>212</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): «ability to conduct searches of literature, to consult and to critically use scientific databases and other appropriate sources of information, to carry out simulation and analysis in order to pursue detailed investigations and research of technical issues in their field of study”

<sup>213</sup> [Olin College](#): «Think Critically -- Engage in analyzing, evaluating, synthesizing, and applying diverse information and experiences to support decision-making, attitude formation, action and expression.”

<sup>214</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): Informasjonsinnhenting er ikke omtalt.

<sup>215</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “ability to identify, locate and obtain required data” og “ability to conduct searches of literature, to consult and critically use databases and other sources of information, to carry out simulation in order to pursue detailed investigations and research of complex technical issues”

	<p>Kandidaten skal ved behov kunne finne, sette seg inn i, bruke og henvise til ny kunnskap, data og informasjon innenfor eget programområde. Kandidaten skal kritisk kunne vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i informasjon.</p>	<p>Kandidaten skal ved behov kunne finne, sette seg inn i, bruke og henvise til ny kunnskap, data og informasjon innenfor eget programområde og andre relevante fag. Kandidaten skal kritisk og uavhengig kunne drøfte og vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i informasjon. Kandidaten skal kunne anvende vitenskapelig tilnærming og kritisk tenkning til å utfordre påstander og etablerte sannheter.</p>	<p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... vise evne til å finne, tilegne seg, bruke og henvise til oppdaterte resultater fra vitenskapelig og teknologisk forskning innenfor eget fagområde. Kandidaten skal være i stand til kritisk og uavhengig å vurdere kvalitet, nyhetsverdi, relevans og troverdighet i publisert forskning, og kritisk ettergå – og ved behov, utfordre - forskningsresultater gjennom vitenskapelig tilnærming.</p>
--	---	---	---

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
Nr	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
8	<p><b>Vise evne og vilje til livslang læring:</b></p> <p><i>... reflektere over egen kompetanse, egne prestasjoner og egne læringsbehov, og vise evne og vilje til å utvikle seg gjennom livslang læring</i></p> <p>216 217 218 219 220</p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal fortløpende kunne vurdere egen kompetanse og kvaliteten av eget arbeid, håndtere tilbakemeldinger, og identifisere læringsbehov. Kandidaten skal ved behov vise evne og vilje til å sette seg mål, og fornye og omstille seg både gjennom egnede læringsstrategier i yrkespraksis og utdanning når</p>	<p><b>Vise evne og vilje til livslang læring:</b></p> <p><i>... reflektere over egen kompetanse, egne prestasjoner og egne læringsbehov, og ta selvstendig ansvar for å utvikle seg gjennom livslang læring</i></p> <p>221 222</p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal fortløpende kunne vurdere egen kompetanse og kvaliteten av eget arbeid, håndtere tilbakemeldinger, og identifisere læringsbehov. Kandidaten skal ved behov vise evne og vilje til å sette seg mål, samt kunne ta et selvstendig ansvar for å fornye og omstille seg gjennom egnede læringsstrategier i både yrkespraksis og utdanning når behov og forutsetninger tilsier dette.</p>	<p><b>Vise evne til og ta ansvar for livslang læring:</b></p> <p><i>... .. reflektere over egen kompetanse, egne prestasjoner og egne læringsbehov, bruke fagfellevurderinger konstruktivt til å forbedre sin og andres forskning, og ta selvstendig ansvar for å utvikle sin kompetanse gjennom livslang læring</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... vise evne til å gjøre konstruktiv bruk av fagfellevurderinger fra det internasjonale forskersamfunnet for å forbedre og få publisert</p>

<sup>216</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten kan oppdatere sin kunnskap innenfor fagfeltet, både gjennom informasjonsinnhenting og kontakt med fagmiljøer og praksis» (K5)

<sup>217</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): «visa förmåga att identifiera sitt behov av ytterligare kunskap och att fortløpende utveckla sin kompetens»

<sup>218</sup> [ABET](#): «an ability to acquire and apply new knowledge as needed, using appropriate learning strategies”

<sup>219</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): “ability to recognise the need for and to engage in independent life-long learning”

<sup>220</sup> [Olin College](#): «Become Self-Directed Learners - Identify and address learning needs through setting goals, selecting resources and maintaining self-accountability to develop and support intellectual curiosity”

<sup>221</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): «visa förmåga att identifiera sitt behov av ytterligare kunskap och att ta ansvar för sin kunskapsutveckling»

<sup>222</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): «ability to engage in independent life-long learning” og “ability to undertake further study autonomously”

	<p>behov og forutsetninger tilsier dette. Kandidaten skal vise respekt for kompetanse fra andre fagområder og -miljø, og evne og vilje til å trekke inn slik kompetanse når det er hensiktsmessig.</p>	<p>Kandidaten skal vise respekt for kompetanse fra andre fagområder og -miljø, og evne og vilje til å trekke inn slik kompetanse når det er hensiktsmessig.</p>	<p>sin forskning, og bidra til forbedring av andres forskning.</p>
--	--	---	--

	3-årig bachelor ingeniør	5-årig integrert master	ph.d.
Nr	Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...	Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...	Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...
9	<p><b>Anvende og reflektere rundt normer for etikk og bærekraft:</b></p> <p>... drøfte etiske dilemmaer og vurdere konsekvenser for individer, organisasjoner, samfunn og miljø</p> <p>223 224 225 226 227</p>	<p><b>Anvende og reflektere rundt normer for etikk og bærekraft:</b></p> <p>... identifisere og drøfte etiske dilemmaer og vurdere konsekvenser for individer, organisasjoner, samfunn og miljø</p> <p>228 229</p>	<p><b>Utføre sin faglige virksomhet ihht. anerkjente internasjonale prinsipper for ansvarlig forskning og innovasjon:</b></p> <p>... vise god kjennskap til prinsippene for <a href="#">ansvarlig forskning og innovasjon (RRI)</a> slik disse er formulert internasjonalt, og evne til å anvende disse i egen forsknings- og innovasjonsvirksomhet.</p>

<sup>223</sup> [Nasjonalt rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten har innsikt i miljømessige, helsemessige, samfunnmessige og økonomiske konsekvenser av produkter og løsninger innenfor sitt fagområde og kan sette disse i et etisk perspektiv og et livsløpsperspektiv.» (G1)

<sup>224</sup> [Svensk examensordning \(høgskoleingenjör\)](#): «visa förmåga att utforma och hantera produkter, processer och system med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar utveckling, «• visa förmåga att göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter» og «visa innsikt i teknikens möjligheter och begränsningar, dess roll i samhället och människors ansvar för dess nyttjande, inbegripet sociala och ekonomiska aspekter samt miljö- och arbetsmiljöaspekter»

<sup>225</sup> [ABET](#): “an ability to apply engineering design to produce solutions that meet specified needs with consideration of public health, safety, and welfare, as well as global, cultural, social, environmental, and economic factors” og “an ability to recognize ethical and professional responsibilities in engineering situations and make informed judgments, which must consider the impact of engineering solutions in global, economic, environmental, and societal contexts”

<sup>226</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): “ability to gather and interpret relevant data and handle complexity within their field of study, to inform judgements that include reflection on relevant social and ethical issues”

<sup>227</sup> [Olin College](#): «Consider Context -- Use a holistic approach that integrates across all relevant contexts and perspectives to identify and address needs and opportunities and consider impacts on individuals, society and environments” og “Develop Personal and Professional Ethics -- Define and apply one’s own beliefs and values to inform one’s approaches while considering and respecting the perspectives of others”

<sup>228</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): “visa förmåga att utveckla och utforma produkter, processer och system med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar utveckling» og “visa förmåga att göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter samt visa medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete”

<sup>229</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): “ability to integrate knowledge and handle complexity, to formulate judgements with incomplete or limited information, that include reflecting on social and ethical responsibilities linked to the application of their knowledge and judgement”

	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal utøve sin virksomhet med integritet og i henhold til samfunnets etiske normer. Kandidaten skal kunne identifisere og beskrive etiske problemstillinger, og diskutere økonomiske, sosiale og kulturelle hensyn på ulike nivåer – lokalt, nasjonalt og globalt. Kandidaten skal vise evne til helhetstenkning, med bærekraft som et grunnleggende premiss.</p>	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal utøve sin virksomhet med integritet og i henhold til samfunnets etiske normer, og samtidig vise evne til kritisk refleksjon rundt normer og verdier. Kandidaten skal kunne beskrive og håndtere etiske problemstillinger, og drøfte og gjøre avveininger mellom økonomiske, sosiale og kulturelle hensyn på ulike nivåer – lokalt, nasjonalt og globalt. Kandidaten skal vise evne til helhetstenkning, med bærekraft som et grunnleggende premiss.</p>	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... vise god kjennskap til prinsippene for ansvarlig forskning og innovasjon (RRI) slik disse er formulert internasjonalt, og evne til å anvende disse i egen forsknings- og innovasjonsvirksomhet. Kandidaten skal vise evne til å reflektere over organisatoriske, økonomiske, økologiske og samfunnsmessige konsekvenser av ny teknologi, som utgangspunkt for faglige valg og beslutninger.</p>
--	---	--	--

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
Nr	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
10	<p><b>Arbeide målrettet og samhandle godt i team:</b></p> <p><i>... arbeide målrettet under gitte rammebetingelser, evne å etablere gode samarbeidsrelasjoner, og samhandle og arbeide effektivt i team og miljø med ulike former for mangfold</i></p> <p>230 231 232 233 234</p>	<p><b>Arbeide målrettet, samhandle godt i team, ta initiativ og vise lederskap:</b></p> <p><i>... arbeide målrettet under gitte rammebetingelser, evne å etablere gode samarbeidsrelasjoner, vise evne til å ta initiativ og faglig ledelse, og samhandle og arbeide effektivt i team og miljø med ulike former for mangfold</i></p>	<p><b>Arbeide effektivt både selvstendig og i team, og vise lederskap i forskningsprosesser</b></p> <p><i>... .. arbeide målrettet under gitte rammebetingelser og effektivt også i åpne prosesser, både selvstendig og i mangfoldige team, og vise faglig og strategisk lederskap i forskningsprosesser</i></p>

<sup>230</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten kan identifisere, planlegge og gjennomføre ingeniørfaglige prosjekter, arbeidsoppgaver, forsøk og eksperimenter både selvstendig og i team» (F4) og «Kandidaten kan reflektere over egen faglig utøvelse, også i team og i en tverrfaglig sammenheng, og kan tilpasse denne til den aktuelle arbeidssituasjon» (G4)

<sup>231</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): «visa förmåga till lagarbete och samverkan i grupper med olika sammansättning»

<sup>232</sup> [ABET](#): «an ability to function effectively on a team whose members together provide leadership, create a collaborative and inclusive environment, establish goals, plan tasks, and meet objectives”

<sup>233</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): «ability to function effectively in a national and international context, as an individual and as a member of a team and to cooperate effectively with engineers and non-engineers”

<sup>234</sup> [Olin College](#): »Collaborate Successfully -- Create and maintain successful working relationships and identify and resolve interpersonal teaming conflicts to achieve a common goal”



	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne arbeide effektivt mot konkrete mål innenfor gitte ressursmessige rammebetingelser. Kandidaten skal kunne samarbeide godt med andre med ulik kompetanse, bakgrunn og egenskaper. Kandidaten skal kunne bidra konstruktivt i team og arbeidsmiljø med ulike former for mangfold for å nå felles mål og løse utfordringer som krever samhandling på tvers av kunnskapsområder, profesjoner, kulturer og landegrenser.</p>	<p>235 236</p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne arbeide effektivt mot konkrete mål innenfor gitte ressursmessige rammebetingelser. Kandidaten skal kunne samarbeide godt med andre med ulik kompetanse, bakgrunn og egenskaper. Kandidaten skal kunne bidra konstruktivt i team og arbeidsmiljø med ulike former for mangfold for å nå felles mål og løse utfordringer som krever samhandling på tvers av kunnskapsområder, profesjoner, kulturer og landegrenser. Kandidaten skal vise evne til å ta selvstendige faglige initiativ og tenke strategisk. Kandidaten skal også kunne ta formelle og uformelle faglige lederroller i team, og ta ansvar for fremdrift og leveranser i prosesser.</p>	<p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... kunne arbeide effektivt også i åpne forsknings- og innovasjonsprosesser der et tydelig forhåndsdefinert mål ikke er angitt. Kandidaten skal kunne ta faglig og strategisk ledelse i team og prosjekter som arbeider med avanserte forskningsutfordringer.</p>
--	---	---	--

<sup>235</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): «visa förmåga till lagarbete och samverkan i grupper med olika sammansättning»

<sup>236</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): «ability to function effectively in national and international contexts, as a member or leader of a team, that may be composed of different disciplines and levels, and that may use virtual communication tools”

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
<i>Nr</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
11	<p><b>Formidle, føre dialog, og diskutere faglig:</b></p> <p><i>... formidle fra sitt fag og virke, kommunisere med ulike målgrupper, aktivt lytte til andres synspunkter, og gjennom diskusjon bidra til forbedret praksis</i></p> <p>237 238 239 240 241</p> <p>Utdypning:</p>	<p><b>Formidle, føre dialog, og diskutere faglig:</b></p> <p><i>... formidle fra sitt fag og virke, kommunisere effektivt med ulike målgrupper nasjonalt og internasjonalt, aktivt lytte til andres synspunkter, og gjennom diskusjon bidra til faglig utvikling</i></p> <p>242 243</p> <p>Utdypning:</p>	<p><b>Formidle, diskutere og forsvare egen forskning:</b></p> <p><i>... publisere, forsvare og formidle sin forskning, kommunisere forskning effektivt overfor ulike målgrupper nasjonalt og internasjonalt, og gjennom vitenskapelig diskusjon bidra til utvikling av sitt forskningsfelt</i></p> <p>Utdypning:</p>

<sup>237</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten kan formidle ingeniørfaglig kunnskap til ulike målgrupper både skriftlig og muntlig og kan bidra til å synliggjøre teknologiens betydning og konsekvenser» (G3) og «Kandidaten kan bidra til utvikling av god praksis gjennom å delta i faglige diskusjoner innenfor fagområdet og dele sine kunnskaper og erfaringer med andre.» (G5)

<sup>238</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): «visa förmåga att muntligt och skriftligt redogöra för och diskutera information, problem och lösningar i dialog med olika grupper»

<sup>239</sup> [ABET](#): «an ability to communicate effectively with a range of audiences”

<sup>240</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): «ability to communicate effectively information, ideas, problems and solutions with engineering community and society at large”

<sup>241</sup> [Olin College](#): «Communicate Effectively -- Express meaning successfully through oral, written, and visual media and listen actively to comprehend the meaning of others”

<sup>242</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): «visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt och skriftligt i dialog med olika grupper klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunnskap och de argument som ligger till grund för dessa”

<sup>243</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): «ability to use diverse methods to communicate clearly and unambiguously their conclusions, and the knowledge and rationale underpinning these, to specialist and non-specialist audiences in national and international contexts”

	<p>Kandidaten skal kunne formidle kunnskap, problemstillinger, idéer og løsninger fra eget virke og programområde, muntlig, skriftlig og visuelt. Kandidaten skal vise evne til å kommunisere via egnede kanaler med ulike målgrupper og interessenter, i arbeids- og samfunnssektorer med varierende grad av teknologiforståelse. Kandidaten skal vise evne til <a href="#">aktiv lytting</a>, og søke å forstå andres synspunkter. Kandidaten skal kunne bidra til forbedret praksis innenfor sitt programområde gjennom å delta i faglige diskusjoner og dele kunnskaper og erfaringer med andre.</p>	<p>Kandidaten skal kunne formidle ulike typer avansert kunnskap og informasjon – herunder problemstillinger, idéer, funn, data og løsninger - fra eget virke og programområde, muntlig, skriftlig og visuelt. Kandidaten skal vise evne til å kommunisere effektivt med ulike målgrupper og interessenter, nasjonalt og internasjonalt, i arbeids- og samfunnssektorer med varierende grad av teknologiforståelse, via de best egnede kommunikasjonskanaler og -former. Kandidaten skal vise evne til <a href="#">aktiv lytting</a>, og søke å forstå andres synspunkter. Kandidaten skal kunne bidra til faglig utvikling innenfor sitt programområde gjennom å delta i faglige diskusjoner og dele kunnskaper og erfaringer med andre.</p>	<p>Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ...</p> <p>... evne å formidle, forklare og diskutere innsikt, resultater og konklusjoner fra egen forskning til ulike målgrupper med ulik kompetanse, i ulike typer kanaler og fora. Kandidaten skal vise evne til å kritisk vurdering av kommunikasjonsmessig egnethet av ulike virkemidler og ulike typer kanaler til dette formålet. Kandidaten skal spesielt vise evne til å publisere egne forskningsresultater i anerkjente vitenskapelige kanaler innenfor fagområdets internasjonale forskningsmiljø. Kandidaten skal evne å forsvare sine forskningsresultater i vitenskapelige diskusjoner, samt formidle sine forskningsideer med tanke på å mobilisere ressurser til å få ideene realisert.</p>
--	--	--	--

	<b>3-årig bachelor ingeniør</b>	<b>5-årig integrert master</b>	<b>ph.d.</b>
<i>Nr</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
12	<p><b>Bidra til nyskaping:</b></p> <p><i>... delta i innovasjonsprosjekter, og kjenne prinsippene for teknologibasert forretningsutvikling</i></p> <p>244 245 246 247 248</p> <p>Utdypning: Kandidaten skal kunne bidra til nyskaping i nye eller etablerte organisasjoner gjennom deltakelse i ingeniørfaglige innovasjonsprosjekter. Kandidaten skal vise kjennskap til hva entreprenørskap innebærer og hvordan teknologibasert forretningsutvikling foregår.</p>	<p><b>Bidra til nyskaping og vise forretningsforståelse:</b></p> <p><i>... initiere eller lede innovasjonsprosjekter, og anvende prinsippene for teknologibasert forretningsutvikling</i></p> <p>249 250</p> <p>Utdypning: Kandidaten skal kunne bidra til nyskaping i nye eller etablerte organisasjoner gjennom å initiere eller lede teknologiske og ingeniørfaglige innovasjonsprosjekter. Kandidaten skal vise evne til entreprenørielt tanke sett, evne til å anvende prinsippene for teknologibasert forretningsutvikling, og generell forretningsforståelse.</p>	<p><b>Initiere og lede forskningsbasert nyskaping:</b></p> <p><i>... vurdere behov for, initiere og lede større forskningsbaserte innovasjonsprosjekter, og gjennomføre teknologidrevne nyskappingsprosesser</i></p> <p>Utdypning: Kandidaten skal ha all kompetanse som en master på området har, og i tillegg ... ... kunne vurdere behov for, initiere, og lede gjennomføring av større forskningsbaserte innovasjonsprosesser og -prosjekter. Kandidaten skal kunne gjennomføre teknologidrevne nyskappingsprosesser tuftet på vitenskapelig metodikk, bærekraftig forretningsforståelse, og entreprenørielt tanke sett.</p>

<sup>244</sup> [Nasjonal rammeplan for bachelor ingeniørfag](#): «Kandidaten kan bidra til nytenkning, innovasjon og entreprenørskap gjennom deltakelse i utvikling og realisering av bærekraftige og samfunnsnyttige produkter, systemer og/eller løsninger»

<sup>245</sup> [Svensk examensordning \(högskoleingenjör\)](#): Nyskaping/entreprenørskap omtales ikke

<sup>246</sup> [ABET](#): Nyskaping/entreprenørskap omtales ikke

<sup>247</sup> [EUR-ACE \(bachelor level\)](#): Nyskaping/entreprenørskap omtales ikke

<sup>248</sup> [Olin College](#): Nyskaping/entreprenørskap omtales ikke

<sup>249</sup> [Svensk examensordning \(civilingenjör\)](#): Nyskaping/entreprenørskap omtales ikke

<sup>250</sup> [EUR-ACE \(master level\)](#): Nyskaping/entreprenørskap omtales ikke

## Vedlegg G Utkast til kompetanseprofiler for bachelor og master i bioteknologi

	<b>3-årig bachelor</b>	<b>2-årig master</b>
<i>Nr</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>	<i>Etter fullført studium skal kandidaten kunne ...</i>
1	<p><b>Vise fagkunnskaper og perspektiv:</b></p> <p><i>... vise brede kunnskaper innen eget fagfelt, relevante kunnskaper i understøttende kjemiske og biologiske fag, spesial emner, realfag, etikk og samfunnsfag, samt tilstrekkelige kunnskaper i komplementære fag til å gi nødvendig perspektiv på eget fagfelt</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise bred kunnskap om bioteknologi, med fordypning innen eget fagfelt. Kandidaten skal vise relevante kunnskaper om moderne bioteknologi og gode ferdigheter i praktisk laboratoriearbeid. Kandidaten skal ha kunnskap om kjemiske og biologiske prosesser og analysemetoder, som integrasjon av naturvitenskap og ingeniørvitenskap. Kandidaten skal vise kunnskap om anvendelse av organismer, celler eller deler av disse, til produkter, analyser eller innovasjon. Kandidaten skal ha relevante ferdigheter og kjennskap til bioteknologiske applikasjoner innen industri og næring.</p>	<p><b>Vise fagkunnskaper og perspektiv:</b></p> <p><i>... vise brede og dype kunnskaper innen eget fagfelt, betydelige kunnskaper i understøttende kjemiske og biologiske fag, spesial emner, realfag, etikk og samfunnsfag, samt tilstrekkelige kunnskaper i komplementære fag til å gi nødvendig perspektiv på eget fagfelt</i></p>
2	<p><b>Analysere faglige problemstillinger:</b></p> <p><i>... formulere og analysere bioteknologiske problemstillinger både i et vitenskaplig og et samfunnsmessig perspektiv</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne bidra til analyse av bioteknologiske problemstillinger, inkludert bakgrunn for problemstillingen. Kandidaten skal evne å systematisk anvende hensiktsmessige kvalitative, kvantitative og eksperimentelle metoder for å samle data, analysere prøvemateriale, tolke, analysere og drøfte resultatene. Kandidaten skal gjennom problemformulering, analyse og drøfting vise evne til helhetlig systemtenkning innen eget fagfelt.</p>	<p><b>Analysere komplekse og sammensatte faglige problemstillinger under usikkerhet</b></p>
3	<p><b>Bidra til utvikling av bærekraftige løsninger:</b></p>	

	<p><i>... vise kreativitet og skaperkraft gjennom å kombinere fagkunnskaper, ferdigheter og personlige egenskaper for å bidra til å utvikle eller anvende bærekraftige løsninger som oppfyller aktuelle behov og gitte krav</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne anvende sine fagkunnskaper i kombinasjon med profesjonelle ferdigheter, personlige egenskaper og evne til perspektiv, for å kartlegge behov hos brukere og andre interessenter. Kandidaten skal vise kreativitet og skaperkraft gjennom å kunne utvikle idéer til løsninger ved bruk av relevant og egnet metodikk. Kandidaten skal kunne bidra til å utvikle analysemetoder eller prosesser, kvalitetssikre nye analyser og prosesser, som dekker brukerbehov og bygger opp under samfunnets mål for økonomisk, sosial og økologisk bærekraftig utvikling, herunder likestilling, inkludering og mangfold. Kandidaten skal vise kjennskap til relevante kvalitetssikringsprosedyrer og næringsmiddel krav for bioteknologiske produkt.</p>	
4	<p><b>Anvende relevante analyseteknikker, metoder og digitale verktøy:</b></p> <p>...anvende relevante analyseteknikker, metoder og digitale verktøy for å kunne bidra til å løse mange av de utfordringene samfunnet har innenfor ernæring, næringsmiddel, medisin, ressursforvaltning og miljø</p> <p>Utdypning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bred kunnskap om analyseprinsipp og anvendelse av disse.</li> <li>• Kunnskap om grunnleggende biologiske og kjemiske analyser og industrielle prosesser.</li> <li>• Kunnskap om anvendelse av organismer, celler eller deler av disse, til produkter, analyser eller innovasjon, og hvordan bioteknologi kan bidra til bærekraftig utvikling.</li> <li>• Kunnskap om metodeevaluering, validering, tolkning av resultat og statistisk analyse.</li> <li>• Anvende metode for å kvalitetssikre prosesser og jobbe etter god laboratoriepraksis.</li> <li>• Opparbeidet seg praktiske ferdigheter som gir de ferdigheter til å kunne jobbe i rutine, eller med forskning og utviklingsarbeid ved laboratorier eller prosessindustri.</li> </ul>	Benytte de best egnede metoder og verktøy

<p>5</p>	<p><b>Drøfte konsekvenser og fremtidig utvikling:</b></p> <p><i>... drøfte konsekvenser av bioteknologiske metoder eller analyser gitt ulike fremtidsscenarioer</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise evne til å drøfte konsekvenser av ulike bioteknologiske metoder og analyser gitt ulike fremtidsscenarioer. Kandidaten skal vise evne til konsekvenstenkning og risikovurdering gjennom analyse og drøfting av fremtidige konsekvenser av ulike løsninger opp mot gitte kriterier. Kandidaten skal kunne vurdere ulike løsninger opp mot fremtidige miljømessige, helsemessige, samfunnsmessige og økonomiske konsekvenser, og gjøre forsvarlig bruk av føre var-prinsippet.</p>	<p><b>Analysere konsekvenser og fremtidig utvikling:</b></p> <p><i>... kritisk vurdere konsekvenser av bioteknologiske metoder eller analyser gitt ulike fremtidsscenarioer</i></p>
<p>6</p>	<p><b>Kjenne til forskning og bidra til analytisk og teknologisk utvikling:</b></p> <p><i>... vise kjennskap til forsknings- og utviklingsarbeid i fronten av eget fagfelt, og bidra til FoU-prosjekter i henhold til fag- og forskningsetiske normer</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal vise kjennskap til forskningsfronten innen sitt eget fagfelt, og kunne bidra i FoU-arbeid. Videre skal kandidaten vise kjennskap til relevante forskningsetiske normer og regler, samt etiske normer innen eget fagfelt.</p> <p>Planlegge og gjennomføre laboratorieforsøk eller vitenskapelig skriftlig arbeid, både alene og i gruppe, og i henhold til de prosedyrer/ retningslinjer som gjelder for slikt arbeid.</p>	<p><b>Vise innsikt i og bidra til analytiske og teknologisk forskning og utvikling:</b></p> <p><i>... vise kunnskap om forsknings- og utviklingsarbeid i fronten av eget fagfelt, og bidra til FoU-prosjekter i henhold til fag- og forskningsetiske normer</i></p>
<p>7</p>	<p><b>Innhente og kritisk vurdere informasjon:</b></p> <p><i>... finne, bruke og referere ny kunnskap, data og informasjon, og kritisk vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i informasjon</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ved behov kunne finne, sette seg inn i, bruke og henvise til ny kunnskap, data og informasjon innenfor eget fagfelt. Kandidaten skal kritisk kunne vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i informasjon.</p>	<p><b>Innhente og kritisk vurdere informasjon med vitenskapelig tilnærming:</b></p> <p><i>... finne, bruke og referere ny kunnskap, data og informasjon, og anvende vitenskapelig tilnærming for å kritisk og uavhengig vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i informasjon</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal ved behov kunne finne, sette seg inn i, bruke og henvise til ny kunnskap, data og informasjon innenfor eget fagfelt og andre relevante fag. Kandidaten skal kritisk og uavhengig kunne drøfte og vurdere kvalitet, relevans og troverdighet i informasjon. Kandidaten skal kunne anvende vitenskapelig tilnærming</p>

		og kritisk tenkning til å utfordre påstander og etablerte sannheter.
8	<p><b>Vise evne og vilje til livslang læring:</b></p> <p><i>... reflektere over egen kompetanse, egne prestasjoner og egne læringsbehov, og vise evne og vilje til å utvikle seg gjennom livslang læring</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal fortløpende kunne vurdere egen kompetanse og kvaliteten av eget arbeid, håndtere tilbakemeldinger, og identifisere læringsbehov. Kandidaten skal ved behov vise evne og vilje til å sette seg mål, og fornye og omstille seg både gjennom egnede læringsstrategier i yrkespraksis og utdanning når behov og forutsetninger tilsier dette. Kandidaten skal vise respekt for kompetanse fra andre fagfelt og -miljø, og evne og vilje til å trekke inn slik kompetanse når det er hensiktsmessig.</p> <p>Kandidaten skal forstå hvordan man anvender bioteknologiske teknikker og metoder, opparbeide seg praktiske ferdigheter som de søker å holde seg oppdatert innenfor.</p>	<p><b>Vise evne og vilje til livslang læring:</b></p> <p><i>... reflektere over egen kompetanse, egne prestasjoner og egne læringsbehov, og ta selvstendig ansvar for å utvikle seg gjennom livslang læring</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal fortløpende kunne vurdere egen kompetanse og kvaliteten av eget arbeid, håndtere tilbakemeldinger, og identifisere læringsbehov. Kandidaten skal ved behov vise evne og vilje til å sette seg mål, samt kunne ta et selvstendig ansvar for å fornye og omstille seg gjennom egnede læringsstrategier i både yrkespraksis og utdanning når behov og forutsetninger tilsier dette. Kandidaten skal vise respekt for kompetanse fra andre fagfelt og -miljø, og evne og vilje til å trekke inn slik kompetanse når det er hensiktsmessig.</p>
9	<p><b>Anvende og reflektere rundt normer for etikk og bærekraft:</b></p> <p><i>... drøfte etiske dilemmaer og vurdere konsekvenser for individer, organisasjoner, samfunn og miljø</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal utøve sin virksomhet med integritet og i henhold til samfunnets etiske normer. Kandidaten skal kunne identifisere og beskrive etiske problemstillinger, og diskutere økonomiske, sosiale og kulturelle hensyn på ulike nivåer – lokalt, nasjonalt og globalt. Kandidaten skal vise evne til helhetstenkning, med bærekraft som et grunnleggende premiss.</p> <p>Kandidaten skal kunne planlegge, kvalitetssikre og gjennomføre bioteknologiske- produksjonsprosesser og bioteknologiske- analyser på en etisk og juridisk forsvarlig måte. Diskutere etiske problemstillinger innenfor det bioteknologiske fagfeltet, og se det i en samfunnsmessig sammenheng.</p>	<p><b>Anvende og reflektere rundt normer for etikk og bærekraft:</b></p> <p><i>... identifisere og drøfte etiske dilemmaer og vurdere konsekvenser for individer, organisasjoner, samfunn og miljø</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal utøve sin virksomhet med integritet og i henhold til samfunnets etiske normer, og samtidig vise evne til kritisk refleksjon rundt normer og verdier. Kandidaten skal kunne beskrive og håndtere etiske problemstillinger, og drøfte og gjøre avveininger mellom økonomiske, sosiale og kulturelle hensyn på ulike nivåer – lokalt, nasjonalt og globalt. Kandidaten skal vise evne til helhetstenkning, med bærekraft som et grunnleggende premiss.</p>
10	<b>Arbeide systematisk og målrettet, både individuelt og i team</b>	<b>Arbeide målrettet, bidra godt i team, og vise lederskap:</b>



	<p><i>... arbeide målrettet under gitte rammebetingelser, etablere gode samarbeidsrelasjoner, og arbeide effektivt i team og miljø med ulike former for mangfold</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne arbeide effektivt mot konkrete mål innenfor gitte ressursmessige rammebetingelser, enten på laboratoriet eller i produksjon. Kandidaten skal kunne samarbeide godt med andre med ulik kompetanse, bakgrunn og egenskaper. Kandidaten skal kunne bidra konstruktivt i team og arbeidsmiljø med ulike former for mangfold for å nå felles mål og løse utfordringer som krever samhandling på tvers av kunnskapsområder, profesjoner, kulturer og landegrenser.</p>	<p><i>... arbeide målrettet under gitte rammebetingelser, etablere gode samarbeidsrelasjoner, og lede og arbeide effektivt i team og miljø med ulike former for mangfold</i></p>
11	<p><b>Formidle og diskutere faglig, både skriftlig og muntlig:</b></p> <p><i>... formidle fra sitt fag og virke, kommunisere med ulike målgrupper, aktivt lytte til andres synspunkter, og gjennom diskusjon bidra til forbedret praksis</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne formidle kunnskap, problemstillinger, idéer og løsninger fra eget virke og fagfelt, muntlig, skriftlig og visuelt. Kandidaten skal vise evne til å kommunisere via egnede kanaler med ulike målgrupper og interessenter, i arbeids- og samfunnssektorer med varierende grad av teknologiforståelse. Kandidaten skal aktivt søke å forstå andres synspunkter. Kandidaten skal kunne bidra til forbedret praksis innenfor sitt fagfelt gjennom å delta i faglige diskusjoner og dele kunnskaper og erfaringer med andre.</p>	<p><b>Formidle, føre dialog, og diskutere faglig:</b></p> <p><i>... formidle fra sitt fag og virke, kommunisere effektivt med ulike målgrupper nasjonalt og internasjonalt, aktivt lytte til andres synspunkter, og gjennom diskusjon bidra til faglig utvikling</i></p>
12	<p><b>Bidra til nyskaping:</b></p> <p><i>... delta i innovasjonsprosjekter, og kjenne mulighetene til nyskaping innenfor det bioteknologiske fagområdet</i></p> <p>Utdypning:</p> <p>Kandidaten skal kunne bidra til nyskaping i nye eller etablerte organisasjoner gjennom opplæring i innovasjonsprosesser. Kandidaten skal vise kjennskap til bioteknologiens muligheter og hvordan analyser, metoder og prosesser kan bidra til å skape nye</p>	

	<p>produkter, forbedre eksisterende prosesser og forbedre kvalitet.</p> <p>Kandidaten skal kjenne til hvor de kan søke mer kunnskap om innovasjon og få bistand til videre utvikling av ideer.</p>	
--	--	--

## Vedlegg H Oversikt over FTS-porteføljen

Nr.	Fakultet	Programkode	Programnavn	Hovedkategori	Underkategori	Campus	Campus	Campus	Opptaksramme
1	AD	BMED	Grafisk design	Bachelor	Bachelor fri		Gjøvik		30
2	AD	BIXD	Interaksjonsdesign	Bachelor	Bachelor fri		Gjøvik		30
3	AD	BWU	Webutvikling	Bachelor	Bachelor fri		Gjøvik		30
4	AD	MAAR2	Arkitektur	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			20
5	AD	MFYSPL	Fysisk planlegging	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			30
6	AD	MSDESIG	Industriell design	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			10
7	AD	MIXD	Interaksjonsdesign	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale		Gjøvik		30
8	AD	MSSUSARC	Sustainable Architecture	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			20
9	AD	MSA1	Urban Ecological Planning	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			20
10	AD	MAEIENDOM	Eiendomsutvikling og forvaltning	Master 2-årig	Master 2-årig fri		Gjøvik		24
11	AD	MEIENDOM	Eiendomsutvikling og forvaltning	Master 2-årig	Master 2-årig EB		Gjøvik		25
12	AD	MAAR	Arkitektur	Master 5-årig	Master 5-årig fri	Trondheim			80
13	AD	MTDESIG	Industriell design	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			40
14	AD	PHAAR	Arkitektur	Ph. d.		Trondheim			0
15	AD	PHDESIG	Industriell Design	Ph. d.		Trondheim			0
16	IE	BIDATA	Dataingeniør (3-campus)	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim	Gjøvik	Ålesund	185
17	IE	ITHINGDA	Bachelor i ingeniørfag, data	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			
18	IE	BIDATA	Bachelor i ingeniørfag - data	Bachelor	Bachelor ingeniør		Gjøvik		
19	IE	004DA	Bachelor i ingeniørfag - Data	Bachelor	Bachelor ingeniør			Ålesund	
20	IE	ITBAITBEDR	Digital forretningsutvikling	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			65
21	IE	BDISSEC	Digital infrastruktur og cybersikkerhet	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim	Gjøvik		140
22	IE	ITBAINFOODR	Bachelor i informatikk med spesialisering i drift av datasystemer	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			
23	IE	BITSEC	Bachelor i IT-drift og informasjonssikkerhet	Bachelor	Bachelor fri		Gjøvik		
24	IE	BIELEKTRO	Elektroingeniør (3-campus)	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim	Gjøvik	Ålesund	242
25	IE	FTHINGEL	Bachelor i ingeniørfag, elektro	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			
26	IE	BIELE	Bachelor i ingeniørfag - Elektro	Bachelor	Bachelor ingeniør		Gjøvik		
27	IE	006EK	Bachelor i ingeniørfag - elkraft	Bachelor	Bachelor ingeniør			Ålesund	
28	IE	017AU	Bachelor i ingeniørfag - automatiseringsteknikk	Bachelor	Bachelor ingeniør			Ålesund	
29	IE	BIT	Informatikk	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			145
30	IE	ITBAINFO	Informasjonsbehandling	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			45
31	IE	BMAT	Matematiske fag	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			45
32	IE	BPROG	Programmering	Bachelor	Bachelor fri		Gjøvik		55
33	IE	MACS	Applied Computer Science	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale		Gjøvik		30
34	IE	MSTCNNS	Communication Technology	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			20
35	IE	MIDT	Datateknologi	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			44
36	IE	IKTMAKTS	Digital samhandling	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			27
37	IE	MSELPOWER	Electric Power Engineering	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			18
38	IE	MESELSYS	Electronic Systems Design	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			56
39	IE	MIENERG	Energi og miljø	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			35
40	IE	MIK	Industriell kybernetikk	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			27
41	IE	MSIT	Informatikk	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			32
42	IE	MIS	Information security	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale		Gjøvik		70
43	IE	MIS-D	Information security (Part-time)	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale		Gjøvik		30
44	IE	MISEB	Experience-based Master in Information Security	Master 2-årig	Master 2-årig EB		Gjøvik		30
45	IE	MSMNFMA	Mathematical Sciences	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			30
46	IE	MITK	Kybernetikk og robotikk	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			40
47	IE	880MVS	Simulering og visualisering (Ålesund)	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale			Ålesund	25
48	IE	Nytt fra 2020	Computational Colour and Spectral Imaging (CI)	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD		Gjøvik		25
49	IE	MSECS	Embedded Computing Systems (EMCS) (EM)	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD	Trondheim			5
50	IE	MSREM	Renewable Energy in the Marine Environment (I)	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD	Trondheim			0
51	IE	MSSECCLO	Security and Cloud Computing (SECCLO) (EM)	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD	Trondheim			5
52	IE	MSWIND	Wind Energy (MSWIND) (EM)	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD	Trondheim			10
53	IE	MTDT	Datateknologi	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			155
54	IE	METELSYS	Elektronisk systemdesign og innovasjon	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			100
55	IE	MTENERG	Energi og miljø	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			140
56	IE	MTKGM	Kommunikasjonsteknologi	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			60
57	IE	MTTK	Kybernetikk og robotikk	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			140
58	IE	PHCOS	Datateknologi og informatikk	Ph. d.		Trondheim			0
59	IE	PHET	Elektronikk og telekommunikasjon	Ph. d.		Trondheim			0
60	IE	PHELKT	Elkraftteknikk	Ph. d.		Trondheim			0
61	IE	PHISCT	Informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknikk	Ph. d.		Trondheim			0
62	IE	PHMA	Matematiske fag	Ph. d.		Trondheim			0
63	IE	PHTK	Teknisk kybernetikk	Ph. d.		Trondheim			0
64	IV	BIBYGG	Byggingeniør (3-campus)	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim	Gjøvik	Ålesund	210
65	IV	FTHINGBYG	Bachelor i ingeniørfag, bygg	Bachelor	Bachelor ingeniør				
66	IV	BIBYG	Bachelor i ingeniørfag, bygg	Bachelor	Bachelor ingeniør				
67	IV	BIBYG-F	Byggingeniør (EVU, Gjøvik)	Bachelor	Bachelor ingeniør		Gjøvik		10
68	IV	003BY	Bachelor i ingeniørfag, bygg	Bachelor	Bachelor ingeniør			Ålesund	
69	IV	561VM	Bachelor i ingeniørfag, Vann- og miljøteknikk	Bachelor	Bachelor ingeniør			Ålesund	
70	IV	BIFOREN	Fornybar energi, ingeniør (3-campus)	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim	Gjøvik	Ålesund	129
71	IV	FTHINGFEN	Bachelor i ingeniørfag, fornybar energi	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			
72	IV	BIFENER	Bachelor i ingeniørfag, fornybar energi	Bachelor	Bachelor ingeniør		Gjøvik		
73	IV	BGEOG	Geologi	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			26
74	IV	BIGEMAT	Geomatikk, ingeniør	Bachelor	Bachelor ingeniør		Gjøvik		40
75	IV	BIMASKIN	Maskingeniør (3-campus)	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim	Gjøvik	Ålesund	137
76	IV	FTHINGMA	Bachelor i ingeniørfag, maskin	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			
77	IV	BIMAS	Bachelor i ingeniørfag, maskin	Bachelor	Bachelor ingeniør		Gjøvik		
78	IV	045PS	Bachelor i ingeniørfag, produkt- og systemdesign	Bachelor	Bachelor ingeniør			Ålesund	
79	IV	BIMAS-F	Maskingeniør (EVU)	Bachelor	Bachelor ingeniør		Gjøvik		20
80	IV	353MN	Nautikk	Bachelor	Bachelor fri			Ålesund	45

Nr.	Fakult.	Programkode	Programnavn	Hovedkategori	Underkategori	Campus	Campus	Campus	Opptaksramme
81	IV	432SM	Shipping management	Bachelor	Bachelor fri			Ålesund	45
82	IV	639SD	Skipsdesign, ingeniør	Bachelor	Bachelor ingeniør			Ålesund	15
83	IV	BTEKD	Teknologidesign og ledelse	Bachelor	Bachelor fri		Gjøvik		25
84	IV	MBYGG	Bygg og miljøteknikk	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			82
85	IV	MGEOL	Geologi	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			23
86	IV	MSGEOTECH	Geotechnics and Geohazards	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			12
87	IV	MSGLOMAN	Global Manufacturing Management	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			16
88	IV	MSB1	Hydropower Development	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			14
89	IV	MSINDECOL	Industrial Ecology	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			20
90	IV	MLAKMD/830MD	Ledelse av krevende maritime operasjoner	Master 2-årig	Master 2-årig fri			Ålesund	20
91	IV	MIMART	Marin teknikk	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			19
92	IV	MSN1	Marine Technology	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			12
93	IV	MSGASTECH	Natural Gas Technology	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			6
94	IV		Olje- og gastechnologi (EVU 90 stp)	Master 2-årig	Master 2-årig EB	Trondheim			12
95	IV	MSG1MSG2	Petroleum Engineering	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			10
96	IV	MSG1MSG3	Petroleum Geosciences	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			12
97	IV	MIPETR	Petroleumsfag	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			5
98	IV	MVEGJERNB	Veg og jernbane (EVU 90 stp)	Master 2-årig	Master 2-årig EB	Trondheim			4
99	IV	840MD	Product and System Design	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale			Ålesund	8
100	IV	845ME	Product and System Design	Master 2-årig	Master 2-årig EB			Ålesund	40
101	IV	MIPROD	Produktutvikling og produksjon	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			10
102	IV	850MD/850ME	Ship Design	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			17
103	IV	MSSE	Sustainable Energy	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			25
104	IV	MSUMA	Sustainable Manufacturing	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Gjøvik			18
105	IV	MILVT	Undervannsteknologi	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			18
106	IV	MSCOMEM	Coastal and marine Engineering	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD	Trondheim			
107	IV	MSCE	Circular Economy	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD	Trondheim			
108	IV		Maritime Robotics	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD	Trondheim			
109	IV	MSCCE	Cold Climate Engineering	Master 2-årig	Master 2-årig EMJD	Trondheim			
110	IV	MSNMME	Maritime Engineering (NST)	Master 2-årig	Master 2-årig NST	Trondheim			
111	IV		Teknologiledelse og digital omstilling (EVU)	Master 2-årig	Master 2-årig EB	Trondheim			
112	IV	MTBYGG	Bygg- og miljøteknikk	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			190
113	IV	MTING	Ingeniørvitenskap og IKT	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			66
114	IV	MTMART	Marin teknikk	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			33
115	IV	MTPETR	Petroleumsfag	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			22
116	IV	MTPROD	Produktutvikling og produksjon	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			140
117	IV	MTTEKGEO	Tekniske geofag	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			28
118	IV	PHIV	Ingeniørvitenskap	Ph. d.		Trondheim			0
119	IV		Nautiske operasjoner	Ph. d.				Ålesund	0
120	NV	702BI	Bioingeniør	Bachelor	Bachelor ingeniør			Ålesund	35
121	NV	MTBIO	Bioingeniør	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			80
122	NV	427BT	Bioteknologi	Bachelor	Bachelor fri			Ålesund	20
123	NV	BFY	Fysikk	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			50
124	NV	BKJ	Kjemi	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			40
125	NV	FTHINGKJ	Kjemingeniør	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			43
126	NV	FTHINGMAT	Materialeknologi, ingeniør	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			43
127	NV	MTMAT	Matteknologi	Bachelor	Bachelor fri	Trondheim			50
128	NV	Nyfra 2020	Havbruksingeniør	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			
129	NV	FTHINGOG	Biomarin innovasjon	Bachelor	Bachelor fri			Ålesund	0
130	NV	MSBIOTECH	Biotechnology	Master 2-årig	Master 2-årig EB	Trondheim			20
131	NV	MSCHEMENG	Chemical Engineering	Master 2-årig	Master 2-årig EB	Trondheim			18
132	NV	MSCHEM	Chemistry	Master 2-årig	Master 2-årig EB	Trondheim			15
133	NV	MIKJ	Industriell kjemi og bioteknologi	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			13
134	NV	FTMAMAT	Mat og teknologi	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			20
135	NV	MSMT	Materials Science and Engineering	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			18
136	NV	MIMT	Materialeknologi	Master 2-årig	Master 2-årig siv.ing.	Trondheim			36
137	NV	MSPHYS	Physics	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			25
138	NV	MSISEE	Innovative Sustainable Energy Engineering (NE)	Master 2-årig	Master 2-årig NST	Trondheim			
139	NV	MSPOLYTECH	Polymer Technology	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			
140	NV	MBIOTS	Bioteknologi	Master 5-årig	Master 5-årig fri	Trondheim			35
141	NV	MTFYMA	Fysikk og matematikk	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			115
142	NV	MTKJ	Industriell kjemi og bioteknologi	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			115
143	NV	MTMT	Materialeknologi	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			36
144	NV	MTNAND	Nanoteknologi	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			40
145	NV	PHBIOT	Biotechnology	Ph. d.		Trondheim			0
146	NV	PHKJPROS	Chemical Engineering	Ph. d.		Trondheim			0
147	NV	PHMT	Materials Science and Engineering	Ph. d.		Trondheim			0
148	NV	PHFY	Physics	Ph. d.		Trondheim			0
149	NV	PHKJPROS	Chemistry	Ph. d.		Trondheim			0
150	ØK	FTHINGLOG	Logistikk ingeniør	Bachelor	Bachelor ingeniør	Trondheim			50
151	ØK	MIENTRE	Entreprenørskolen	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			20
152	ØK	MSENTRE	Master i entrepreneurship	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			
153	ØK	MIHMS	HMS, Master i teknologi	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			
154	ØK	MHMS	Master i HMS	Master 2-årig	Master 2-årig fri	Trondheim			
155	ØK	PROMAN	Internasjonale master i prosjektledelse	Master 2-årig	Master 2-årig internasjonale	Trondheim			
156	ØK	MTIØT	Industriell økonomi og teknologiledelse	Master 5-årig	Master 5-årig siv.ing.	Trondheim			144
157	ØK	PHDL	Økonomi og ledelse, studieretning i industriell økonomi og teknologiledelse	Ph. d.		Trondheim			0

# Vedlegg I Oversikt over regelverk som berører teknologistudiene

## I.1 Bakgrunn for oversikten

Dette vedlegget gir en oversikt over aktuelle lover og forskrifter som gjelder for teknologi- og ingeniørstudiene, og som vil ha betydning for vurderinger av innhold i disse studiene. Oversikten er utarbeidet av seniorrådgiver og jurist Anne Marie Snekvik ved NTNUs Avdeling for utdanningskvalitet, på anmodning fra FTS.

Reglementene har ulik trinnhøyde, dvs. er fastsatt av ulike instanser i hierarkiet. Øverst står UH-loven, deretter forskrifter fastsatt av KD, forskrift fra NOKUT, og NTNUs lokale regelverk. NTNUs regelverk kan ikke stride mot KDs forskrifter eller loven, og KDs forskrifter kan heller ikke stride mot UH-loven.

KD oppnevnte den 22.06.18 et offentlig utvalg som skal gjøre en helhetlig gjennomgang og vurdering av regelverket for universiteter, høyskoler og studentvelferd. Utvalget leverte sin utredning 13. februar 2020<sup>251</sup>, og det har siden pågått en nasjonal høring med høringsfrist 5/6-20. Den videre oppfølging av dette kan medføre endringer i regelverket som fremgår av denne oversikten.

## I.2 På nasjonalt nivå

### **Lov om universiteter og høyskoler av 01.04.05**

<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-04-01-15>

*Fastsatt av: Stortinget*

Loven fastsetter at institusjonene skal fremme og verne akademisk frihet, og gir regler om kvalitetssikring, NOKUT som tilsynsorgan, akkreditering av studietilbud, faglige fullmakter, godskrivning av utdanning, studentopptak, undervisning, eksamen, studentenes rettigheter og plikter, disiplinærreaksjoner, studentombud, klagenemnd, vitnemål, og behandling av personopplysninger. Klagerettigheter er detaljert fastsatt i UH-loven. Loven har også bestemmelser om krav til bruk av ekstern sensor (ved klage og masteroppgave). Forøvrig fastsetter institusjonen regler om bruk av ekstern sensor. Myndighet til å fastsette regler om gjennomføring av eksamen er gitt til den enkelte institusjon v/styret selv. Loven har bestemmelser om «gratisprinsippet», men KD kan gi unntak ved forskrift.

### **Forskrift om opptak til høgre utdanning av 06.01.17**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-01-06-13/>

*Fastsatt av KD.*

Regulerer opptak til grunnutdanninger.

---

1 <sup>251</sup> NOU 2020:3 *Ny lov om universiteter og høyskoler*. Se høringsnotat på <https://www.regjeringen.no/contentassets/0b5db1762235468781c22a8c604e051e/ny-lov-om-universiteter-og-hoyskoler.pdf>.

## **Forskrift om grader og yrkesutdanninger, beskyttet tittel og normert studietid ved universiteter og høyskoler av 16.12.05**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-12-16-1574>

*Fastsatt ved kongelig resolusjon (i statsråd). KD har myndighet til å gjøre endringer i forskriften.*

Regulerer hvilke grader den enkelte institusjon kan tildele, og hva som er normert studietid. For NTNU, se § 5. Gir bestemmelser om beskyttelse av tidligere grader og tildeling av tilleggsbetegnelsen siv.ing.

## **Forskrift av 08.11.17 om Nasjonalt kvalifikasjonsrammeverk for livslang læring og om henvisningen til Det europeiske kvalifikasjonsrammeverket for livslang læring**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-11-08-1846>

*Fastsatt av KD.*

Kvalifikasjonsrammeverket beskriver nivåene innenfor utdanningssystemet. Nivå 6, 7 og 8 gjelder høyere utdanning. Faglige planer for kvalifikasjoner (læreplaner, utdanningsplaner, studieplaner, mv.) skal utformes med læringsutbyttebeskrivelser i tråd med de overordnede læringsutbyttebeskrivelsene for aktuelt nivå.

## **Forskrift om krav til mastergrad av 01.12.05**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-12-01-1392>

*Fastsatt av KD.*

Regulerer krav til mastergrad (opptaksgrunnlag for master som bygger på tidligere høyere utdanning, omfang på masteroppgave), og gir institusjonen myndighet til å fastsette krav til innhold og adgang til å fastsette faglige minstekrav (karakterkrav).

## **Forskrift om egenbetaling ved universiteter og høyskoler av 15.12.05**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-12-15-1506>

*Fastsatt av KD.*

Regulerer når institusjonen kan ta egenbetaling, dvs. at studenten betaler skolepenger samt hvilke andre utgifter institusjonen kan kreve at studenter betaler. Adgangen til å ta egenbetaling gjelder (kun) i følgende tilfeller:

- a) for kurs
- b) for fag/emner som normalt ikke er del av studieprogram som fører fram til grad eller yrkesutdanning
- c) for erfaringsbaserte mastergradsstudier
- d) av studenter som fyller opp ledige plasser på studieprogram eller fag/emner som er oppdragsfinansiert

## **Forskrift om kvalitetssikring og kvalitetsutvikling i høyere utdanning og fagskoleutdanning av 01.02.10**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-02-01-96>

*Bærekraftig kompetanse (FTS delrapport 1)*

Fastsatt av KD.

Regulerer krav til systematisk kvalitetsarbeid, periodisk tilsyn fra NOKUT med institusjonenes kvalitetssystem, akkreditering av studier og adgang til å gi grader i samarbeid med andre institusjoner.

Her vil FTS spesielt peke på følgende forskriftsfestede krav, under **§ 2-1. Krav til systematisk kvalitetsarbeid:**

*(1) Universiteter og høyskoler skal ivareta ansvaret for kvaliteten i utdanningen gjennom systematisk kvalitetsarbeid som sikrer og bidrar til å utvikle kvaliteten i studietilbudene. Videre skal institusjonene legge til rette for løpende utvikling av utdanningskvaliteten, kunne avdekke sviktende kvalitet i studietilbudene og sikre tilfredsstillende dokumentasjon av kvalitetsarbeidet. Institusjonene skal kvalitetssikre alle forhold som har betydning for studiekvaliteten, fra informasjon overfor mulige søkere til avsluttet utdanning.*

*(2) Institusjonene skal gjennomføre periodiske evalueringer av studietilbudene sine. Representanter fra arbeids- eller samfunnsliv, studenter og eksterne sakkyndige, som er relevante for studietilbudet, skal bidra i evalueringene. Evalueringresultatene skal være offentlige.*

#### **Forskrift om tilsyn med utdanningskvaliteten i høyere utdanning av 07.02.17 (studietilsynsforskriften)**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-02-07-137>

Fastsatt av NOKUT<sup>252</sup>.

Regulerer krav til studietilbud, fagmiljø, fellesgrader, institusjonens kvalitetsarbeid, og tilsyn fra NOKUT.

FTS vil spesielt peke på at følgende krav (prinsipper) er *ekspisitt forskriftsfestet* gjennom denne forskriften (som også gjelder ph.d.-nivået):

Under **§ 2-2. Krav til studietilbudet:**

*(1) Læringsutbyttet for studietilbudet skal beskrives i samsvar med Nasjonalt kvalifikasjonsrammeverk for livslang læring, og studietilbudet skal ha et dekkende navn.*

*(2) Studietilbudet skal være faglig oppdatert og ha tydelig relevans for videre studier og/eller arbeidsliv.*

*(3) Studietilbudets samlede arbeidsomfang skal være på 1500–1800 timer per år for heltidsstudier.*

*(4) Studietilbudets innhold, oppbygging og infrastruktur skal være tilpasset læringsutbyttet for studietilbudet.*

*(5) Undervisnings-, lærings- og vurderingsformer skal være tilpasset læringsutbyttet for studietilbudet. Det skal legges til rette for at studenten kan ta en aktiv rolle i læringsprosessen.*

---

<sup>252</sup> Se forøvrig også [NOKUTs veileder til forskriften](#).

*(6) Studietilbudet skal ha relevant kobling til forskning og/eller kunstnerisk utviklingsarbeid og faglig utviklingsarbeid.*

*(7) Studietilbudet skal ha ordninger for internasjonalisering som er tilpasset studietilbudets nivå, omfang og egenart.*

*(8) Studietilbud som fører fram til en grad, skal ha ordninger for internasjonal studentutveksling. Innholdet i utvekslingen skal være faglig relevant.*

*(9) For studietilbud med praksis skal det foreligge praksisavtale mellom institusjon og praksissted.*

Under § 2-3. Krav til fagmiljø:

*(1) Fagmiljøet tilknyttet studietilbudet skal ha en størrelse som står i forhold til antall studenter og studiets egenart, være kompetansemessig stabilt over tid og ha en sammensetning som dekker de fag og emner som inngår i studietilbudet.*

*(2) Fagmiljøet tilknyttet studietilbudet skal ha relevant utdanningsfaglig kompetanse.*

*(3) Studietilbudet skal ha en tydelig faglig ledelse med et definert ansvar for kvalitetssikring og -utvikling av studiet.*

*(4) Minst 50 prosent av årsverkene tilknyttet studietilbudet skal utgjøres av ansatte i hovedstilling ved institusjonen. Av disse skal det være ansatte med førstestillingskompetanse i de sentrale delene av studietilbudet. I tillegg gjelder følgende krav til fagmiljøets kompetansenivå:*

*a) For studietilbud på bachelorgradsnivå skal fagmiljøet tilknyttet studiet bestå av minst 20 prosent ansatte med førstestillingskompetanse.*

*b) For studietilbud på mastergradsnivå skal 50 prosent av fagmiljøet tilknyttet studiet bestå av ansatte med førstestillingskompetanse, hvorav minst 10 prosent med professor- eller dosentkompetanse.*

*c) For studietilbud på doktorgradsnivå skal fagmiljøet tilknyttet studiet bestå av ansatte med førstestillingskompetanse, hvorav minst 50 prosent med professorkompetanse.*

*(5) Fagmiljøet tilknyttet studietilbudet skal drive forskning og/eller kunstnerisk utviklingsarbeid og faglig utviklingsarbeid og skal kunne vise til dokumenterte resultater med en kvalitet og et omfang som er tilfredsstillende for studietilbudets innhold og nivå.*

*(6) Fagmiljøet tilknyttet studietilbud som fører fram til en grad, skal delta aktivt i nasjonale og internasjonale samarbeid og nettverk som er relevante for studietilbudet.*

*(7) For studietilbud med obligatorisk praksis skal fagmiljøet tilknyttet studietilbudet ha relevant og oppdatert kunnskap fra praksisfeltet. Institusjonen må sikre at praksisveilederne har relevant kompetanse og erfaring fra praksisfeltet.*

**Forskrift om rammeplan for ingeniørutdanning av 18.05.18**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-05-18-870>

Fastsatt av KD.



Regulerer læringsutbytte, samt krav til struktur og innhold, i den 3-årige ingeniørutdanningen.

Merknader til forskrift om rammeplan for ingeniørutdanning finnes under:

[https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kd/vedlegg/uh/brev/merknader\\_forskrift\\_rammeplan\\_ingenioerutdanning.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kd/vedlegg/uh/brev/merknader_forskrift_rammeplan_ingenioerutdanning.pdf).

### **Rådende nasjonale retningslinjer for ingeniørutdanning**

[https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kd/rundskriv/2011/nasjonale\\_retningslinjer\\_ingenioerutdanning.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kd/rundskriv/2011/nasjonale_retningslinjer_ingenioerutdanning.pdf)

*Fastsatt av Nasjonalt råd for teknologisk utdanning (NRT), Universitets- og høyskolerådet.*

Det kan her bemerkes at det i disse dager legges siste hånd på *reviderte nasjonale retningslinjer for ingeniørutdanning*<sup>253</sup>. Disse fastsettes av UHR-MNT<sup>254</sup>.

### **Vilkår for bruk av tilleggsetegnelsen sivilingeniør (siv.ing.) på vitnemål**

*Fastsatt av UHR-NRT våren 2016.*

Regulerer opptakskrav og faglig innhold i studiet for at tilleggsetegnelsen «sivilingeniør» kan gis på vitnemålet.

## **I.3 Fastsatt av NTNU**

### **Forskrift om opptak til studier ved NTNU av 25.08.16**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-08-25-1051>

*Fastsatt av NTNUs styre.*

Regulerer opptakskomite, opptakskrav og rangeringsregler ved lokale opptak, dvs. opptak som ikke går via Samordna opptak, krav om matematikk og statistikk ved opptak til 2-årig masterprogram i teknologi, intern overgang.

### **Forskrift om studier ved NTNU av 08.12.15**

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-12-08-1449>

*Fastsatt av NTNUs styre.*

Regulerer studierett, permisjoner, krav til studier, vurdering, eksamen, klage, vitnemål.

### **Praksisforskrift for sivilingeniørutdanningen ved NTNU av 21.01.13**

<https://www.ntnu.no/utvalg/fus/dok/Praksisforskrift-revidert-2013.pdf>

---

<sup>253</sup> Se utkast (innspillsdokument) på <https://www.uhr.no/f/p1/ie2198ac0-22bb-4213-802d-057435b35e1b/kommentarversjon-250520-nasjonale-retningslinjer-til-forskrift-av-mai-2018.pdf>. Arbeidet er noe forsinket pga. korona-situasjonen. FTS deltok i et digitalt møte for å gi innspill på utkastet til retningslinjer 18/6-20. Overordnet sett vurderer vi det til å være meget godt samsvar mellom retningen i FTS' funn og anbefalinger, og den retning som pekes ut for ingeniørutdanningene på nasjonalt nivå i dette utkastet.

<sup>254</sup> Se <https://www.uhr.no/strategiske-enheter/fagstrategiske-enheter/uhr-matematikk-naturvitenskap-og-teknologi/>.

*Fastsatt av NTNUs styre.*

Regulerer krav til den enkelte student om arbeidslivserfaring.

**Utfyllende regler til studieforskriften for 5-årige og 2-årige masterprogram i teknologi, herunder sivilingeniørutdanningen av 25.10.16**

[https://innsida.ntnu.no/documents/portlet\\_file\\_entry/10157/UU9Utfyllende-regler-teknologi-17-18.pdf/f047084d-c18f-4248-b5f9-742a54bb88cb?status=0](https://innsida.ntnu.no/documents/portlet_file_entry/10157/UU9Utfyllende-regler-teknologi-17-18.pdf/f047084d-c18f-4248-b5f9-742a54bb88cb?status=0)

*Fastsatt av Rektor med hjemmel i NTNUs studieforskrift.*

Gir mer detaljerte bestemmelser til studieforskriften om studier, studieprogresjon, masteroppgave, vurdering, gjentak og karakterbeskrivelser.

**Utfyllende regler for treårig ingeniørutdanning ved NTNU av 21.08.17**

[https://innsida.ntnu.no/documents/portlet\\_file\\_entry/10157/UU8Utfyllende+regler+for+tre%C3%A5rig+ingeni%C2%A2rutdanning+ved+NTNU.pdf/8c8bb9e2-df31-482a-90e2-035ba20417a9?status=0](https://innsida.ntnu.no/documents/portlet_file_entry/10157/UU8Utfyllende+regler+for+tre%C3%A5rig+ingeni%C2%A2rutdanning+ved+NTNU.pdf/8c8bb9e2-df31-482a-90e2-035ba20417a9?status=0)

*Fastsatt av rektor med hjemmel i NTNUs studieforskrift.*

Gir mer detaljerte bestemmelser til studieforskriften om bacheloroppgave og vurdering.

