

Teknologiske misfostre i perspektiv

Om konseptvalgets kompleksitet og prinsippenes enkelhet

Knut Samset

Å foreta konseptvalg er notorisk vanskelig, selv om det for så vidt bare handler om å velge en av flere mulige tekniske løsninger på et problem. Fordi teknologien skal plasseres inn i komplekse samfunnssystemer, og dermed starter vanskelighetene. Det oppstår både forventete og ikke-forventete virkninger, som er enten positive eller negative. Hvorvidt det er tilfellet avhenger av hvilke parter i samfunnet som berøres. Dermed oppstår det interessekonflikter. Det som i utgangspunktet var en oversiktlig løsning på et praktisk problem er nå blitt til en vanskelig og kontroversiell sak, både økonomisk, politisk og sosialt. Ikke minst fordi kompleksiteten er rotfestet i grunnleggende prinsipper som ofte overses og ikke forstås. Nettopp det bidrar til at vanskelige situasjoner oppstår.

Den visjonære systemanalytikeren Odd Andreas Asbjørnsen, den gang professor emeritus ved Norges Tekniske Høgskole, NTH i Trondheim, fortalte studentene sine tre ting som han mente de burde vite om fremtiden: Det første var at vi må *ta Carnot på alvor*. For det annet at *membranteknologien* i stor grad vil ta over for det mekaniske, og for det tredje at *stand-alone systemer* i stor grad vil erstatte sentraliserte systemer. Dermed beveget han seg rett inn i spørsmål som gjelder prinsipielle egenskaper ved teknologi, og som derfor vil være avgjørende for fremtidige konseptvalg. Og samfunnsmessige konsekvenser.

Men hva i all verden mente han med dette?

Varmekraftmaskiner

Asbjørnsen snakket om grunnleggende prinsipper innenfor sitt fagfelt som var energi. Han refererte til Sadi Carnot, som var en ung offiser som for to hundre år siden, 18 år gammel, ble uteksaminert fra Ecole Polytechnique i Paris. Ti år senere, i 1824, beskrev Carnot prinsippet for varmekraftmaskiner, og la dermed noe av grunnlaget for termodynamikken. Svært enkelt forklart fant han ut at maskiner som gjør bruk av varme for å utføre mekanisk arbeid, nødvendigvis vil tape en meget stor del av den tilførte energien. Den vil gå tapt som varme ved lavere temperatur. Med andre ord, han hadde bevist matematisk at varmekraftmaskiner i prinsippet er en meget dårlig idé.

Det dramatiske ved dette, og det var Asbjørnsens poeng, er at vår sivilisasjon ennå ikke har tatt dette inn over seg, og gjort noe med det. Situasjonen er nemlig at mer enn 90 % av verdens energiforbruk kommer fra kull, olje, gass eller atombrensel. Det meste av dette kjøres gjennom varmekraftmaskiner for å produsere enten mekanisk arbeid eller elektrisitet. Det gjelder all verdens transportmidler, anleggsmaskiner og motorer som drives av diesel eller bensin, og varmekraftverk

Å foreta konseptvalg er notorisk vanskelig, selv om det bare handler om å velge en av flere mulige tekniske løsninger på et problem. For teknologien skal plasseres inn i kompliserte samfunnssystemer, og dermed starter problemene

som produserer elektrisitet, enten det er drevet av fossil eller fissil energi. Ikke alle er klar over det, men også et atomkraftverk er i prinsippet bare en dampmaskin.

Hva dette betyr er at allerede i første ledd taper vi i størrelsesorden to tredjedeler av energien som varme. Eller for å si det på en annen og mer konstruktiv måte: vi bruker tre ganger så mye energi som vi behøver. Eller mer. Målet må med andre ord være at vi kvitter oss med varmekraftmaskinene! Det er her membranteknologien kommer inn. Carnot utga bare én vitenskapelig publikasjon i løpet av livet, og fikk lite oppmerksomhet for den. Og det later til at verden fremdeles ikke har tatt inn over seg betydningen av hans konklusjoner i praksis.



Nicolas Léonard Sadi Carnot i 1813, 17 år gammel, kledd i studentuniformen man brukte ved Ecole Polytechnique i Paris

Membranteknologi

Denne teknologien vil i stadig større grad erstatte det mekaniske, sa professor Asbjørnsen, noe som har vist seg å være ganske åpenbart. Mekaniske regnemaskiner og klokker var allerede da for lengst erstattet med små elektroniske datamaskiner, det gjorde at mengder av urmakere og instrumentmakere ble arbeidsløse, og at et vell av kunnskap om mekanikk og mekanisk håndverk forsvant. Men dette var bare begynnelsen. Datamaskiner er i dag miniatyrisert ved hjelp av membranteknologi. Fjernsynsrørene er erstattet med flatskjermer, all verdens styringssystemer er basert på membranteknologi, og solcellepaneler er tynne membraner som omdanner lys til elektrisitet. Glødelamper og lysstoffrør erstattes med LED-lamper som er dramatisk mer effektive og har mye lengre levetid, det er enda et eksempel på membranteknologi. For noen år siden åpnet Statkraft et saltkraftverk på Tofte utenfor Oslo for å teste ut membranteknologi, der saltvannet i sjøvann og ferskvann fra en elv passerer adskilt ved hjelp av membraner. Ved hjelp av osmose oppstår en trykkforskjell som kan utnyttes til å drive en turbin og derved produsere strøm. I Israel produseres nå omtrent en tredjedel av landets ferskvann ved å presse havvann gjennom membranfiltre.

Varmekraftmaskiner som bensin- og dieselmotorer står for tur. De erstattes i økende grad av elektriske motorer med energi fra batterier, som også er membranteknologi. Og antakelig i økende grad av brenselceller som omdanner kjemisk energi til elektrisitet direkte. En brenselcelle består av stabler av membraner, har ingen bevegelige deler, er lydløs, forurensningsfri og har lite varmetap.

Det paradoksale er at brenselceller ble oppfunnet om lag 50 år før forbrenningsmotoren, i 1838, men ble ikke utviklet videre, blant annet fordi en ikke hadde egnet drivstoff. Ideen ble utkonkurrert av en mekanisk løsning (forbrenningsmotoren) fordi en ble i stand til å utnytte billig og lett tilgjengelig mineralsk olje. Ikke før på 1960-tallet begynte man å interessere seg for brenselceller, da i forbindelse med det amerikanske romfartsprogrammet. Men først på slutten av århundret ble det satset på å utvikle teknologien for bilindustrien. Når den kommer for fullt vil horder av bilmekanikere verden over lide samme skjebne som urmakerne før dem.



Christian Friedrich Schönbein, Universitetet i Basel, oppfant brenselcellen i 1838

Stand-alone systemer

Prinsippet her er at man produserer nær sluttbrukeren, enten det gjelder energi eller produksjon av forbruksvarer. Det er et gigantisk paradoks at den strømmen vi bruker til å drive elektriske apparater i hjemmene med en spenning på 10-20 volt produseres i kraftverk flere hundre kilometer unna. Der transformeres den opp til flere hundre tusen volt for å redusere transmisjonstapet, for deretter å transformeres ned flere ganger før den når fram til sluttbrukerne. Da får man et transformerings- og transmisjonstap som utgjør 10-15 prosent av totalen. Men dersom strømmen kommer fra et varmekraftverk drevet av olje, kull eller atomenergi taper man først to tredjedeler av energien på produksjonsstedet i form av varme. På forbruksstedet får man ut mindre enn en tredjedel av energien. Et vannkraftverk leverer nærmere 90 prosent av energien, der slipper man med transformeringstapene, og overføringstapene som er forholdsvis små, selv om kraftverket ligger langt ute i ødemarken.

Asbjørnsens poeng til studentene var altså at vi i hundre år med industrialisering har basert utviklingen på en energiteknologi som er maksimalt uegnet. Men det positive er at vi står foran et paradigmeskifte som kan forandre dette.

Ta overgangen til elbiler som eksempel, debatten går friskt om dette akkurat nå. Elbilen er heller ikke ny teknologi. Den ble funnet opp i Frankrike av Gustave Trouve i 1881, og satt i produksjon i England i 1884. Frem til litt etter århundreskiftet var elektriske biler nærmest enerådende. Carl Benz lanserte sin bil med forbrenningsmotor i 1885, men først 20 år senere ble slike biler vanlig. Det skyldtes dels at bedre veier og økt mobilitet gjorde at bilene måtte ha større rekkevidde, men først og fremst at en

oppdaget store ressurser med billig fossilt drivstoff i USA og Ukraina. Olje har meget høyt energiinnhold og egner seg godt som drivstoff. Dermed var det elektriske bilkonseptet utkonkurrert og ble nærmest lagt i skuffen for en periode på hundre år.



Gustave Trouve, fransk oppfinner av elbilen som ble demonstrert på en utstilling i Paris i 1881

Elbilene innebærer et nytt konseptvalg. De er spesielt godt egnet i Norge fordi så nær som all elektrisk energi produseres med vannkraft som er fornybar energi og nesten helt uten varmetap. Elektriske biler gir derfor en stor miljøgevinst i Norge fremfor fossilbiler. Transportøkonomisk institutt og Senter for klimaforskning (Cicero) har regnet ut at dersom hele bilparken skiftes ut med el-biler kan hele flåten drives av så lite som seks prosent av landets elproduksjon. Men det samme gjelder ikke i kraftmarkeder der strømmen kommer fra varmekraftverk, enten de er basert på fossil eller fissil energi. For da blir elbilen bare et ekstra ledd i en energikjede der enorme energitap allerede er tatt ut på produksjonssiden. Under slike forhold betyr det at drivstoffet kan utnyttes mer effektivt ved å bruke det direkte i fossilbiler. Hvordan kan vi komme utenom dette problemet?

Professor Asbjørnsens visjon kommer inn her. Ved hjelp av membranteknologi og stand-alone systemer kan klodens største og nærmest eneste fornybare energikilde, nemlig Solen, utnyttes direkte og det på en måte som gjør at en unngår varmekraftmaskiner - og dermed tar hensyn til Carnots bekymring. Solinnstrålingen på jordoverflaten tilsvarer anslagsvis 20,000 ganger verdens energiforbruk så det er mer enn nok å ta av. Problemet er at energien er distribuert med i beste fall 1 kW per kvadratmeter, og intermittent, bare noen timer i døgnet. Det betyr at det må bygges infrastruktur som dekker enorme arealer, og batterikapasitet eller annen form for energilagring som gjør energien tilgjengelig hele døgnet. Det vil ikke være den eneste løsningen, men vi ser nå at solcellepaneler, som er membranteknologi, montert på lokale kraftverk, nøringsbygg, hustak, garasjetak og biltak, kan produsere enorme mengder elektrisk kraft til bilbatterier og lavspenningsutstyr i hjemmene. Det vil avlaste de store strømmnettene betydelig, og gi enorme miljøgevinster i alle land, ikke bare de med vannkraft. Vi vet at dette ikke lenger er en naiv idé, teknologien er allerede utviklet så langt at solkraft er billigere enn fossil kraft, og prisen er på vei videre nedover. Det vil skje med ekspressfart.



Odd Andreas Asbjørnsen, 1931-1999, her som nyutnevnt professor ved NTH, institutt for termisk energi

Uansett hva utfallet måtte bli, det vi kan lære av emeritus Asbjørnsen er at de som arbeider med å gjøre konseptvalg må forstå systemene som konseptene blir en del av og ikke bare lete etter tekniske løsninger. Konseptvalget griper inn i systemet og får konsekvenser, både positive, negative, forutsette og ikke-forutsette. Om vi ikke allerede i utgangspunktet forsøker å forstå hva dette kan føre til, eller bedre, forsøker å beskrive systemet og hvilke krav systemet medfører før man vurderer de enkelte konseptene, så kan det lett gå galt. Slik en har sett i enkelte store statlige investeringstiltak. Og slik det har skjedd med verdens energisystem da nesten alt ble basert på varmekraftmaskiner drevet av fossil eller fissil energi. Med massiv forurensning, kamp om ressurser, internasjonale konflikter og krig, og store inngrep i økologiske kretsløp.

i hundre år med industrialisering har vi basert utviklingen på en energiteknologi som er maksimalt uegnet. Det positive er at vi står foran et paradigmeskifte som kan forandre dette.

Ikke minst må man forstå prinsippene bakenfor. Prinsippene er som regel enkle, som vi lærte av Carnot – men konsekvensene er nesten alltid komplekse.