concept

Eivind Tveter, Tore Tomasgard
og Maria Laingen

Til Dovre faller?
En studie av faktisk levetid for veg og jernbane

Concept-rapport nr. 67

concept

Eivind Tveter, Tore Tomasgard
og Maria Laingen

Til Dovre faller?
En studie av faktisk levetid for veg og jernbane

Concept-rapport nr. 67

Concept-rapport nr. 67

Til Dovre faller? En studie av faktisk levetid for veg og jernbane

Eivind Tveter
Høgskolen i Molde

Tore Tomasgard
Møreforsking AS

Maria Laingen
Møreforsking AS

ISSN: 0803-9763 (papirversjon)
ISSN: 0804-5585 (nettversjon)
ISBN: 978-82-8433-022-8 (papirversjon)
ISBN: 978-82-8433-023-5 (nettversjon)

RETTIGHETSHAVER
© Forskningsprogrammet Concept
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

DATO: Juni 2022

UTGIVER: Ex ante akademisk forlag

Concept-programmet
Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet
7491 NTNU – Trondheim
www.ntnu.no/concept

Ansvaret for informasjonen i rapportene som produseres på oppdrag fra Concept-programmet ligger hos oppdragstaker. Synspunkter og konklusjoner står for forfatternes regning og er ikke nødvendigvis sammenfallende med Concept-programmets syn. Concept-rapportserie er godkjent som vitenskapelig publiseringskanal på Nivå 1. Alle bidrag kvalitetssikres av uavhengige fagfeller.

Concept-rapportserien

Forskningsprogrammet Concept er forankret ved NTNU og arbeider med forskning knyttet til utviklingen og kvalitetssikringen av store investeringsprosjekter i Norge. Dette er tverrfaglig forskning innenfor fagområdene prosjektledelse, offentlig finansiering, statsvitenskap, samfunnsøkonomisk analyse og evaluering. Rapportserien presenterer forskningsresultater på programmets fagområder og er godkjent som vitenskapelig publiseringskanal på nivå 1. Målgruppen omfatter primært forskere på respektive fagområder og fagpersoner i offentlig forvaltning og utredningsmiljøer.

Redaksjon

Gro Holst Volden, redaktør, programleder Concept

Morten Welde, seniorforsker, NTNU

Ole Jonny Klakegg, professor, NTNU

Nils O.E. Olsson, professor, NTNU

Redaksjonsråd

Askill Harkjerr Halse, forskningsleder, Transportøkonomisk institutt

Eivind Tveter, førsteamanuensis, Høgskolen i Molde

Heidi Ulstein, managing partner, Menon Economics

Ingeborg Rasmussen, styreleder, Vista Analyse

Jørn Rattsø, professor, NTNU

Petter Næss, professor emeritus, NMBU

Tina Karrbom Gustavsson, professor, KTH Stockholm

Tom Christensen, professor emeritus, Universitetet i Oslo

Tore Sager, professor emeritus, NTNU

Vibeke Binz Vallevik, gruppeleder, DNV GL

Forord

Denne rapporten presenterer en studie av faktisk økonomisk levetid for investeringer i veg- og jernbaneinfrastruktur i Norge.

Offentlige investeringer i infrastruktur gir nytte (og kostnader) over tid. Hvor lenge infrastrukturen faktisk vil vare og gi de tilsiktede velferdseffektene, er usikkert på investeringstidspunktet. Ved beregning av samfunnsøkonomisk lønnsomhet må en derfor gjøre antakelser om dette. En tidligere Concept-studie (Concept-rapport nr. 60) pekte på levetid som en av faktorene med størst betydning for beregnet lønnsomhet, samtidig som det hersker betydelig usikkerhet om hvilken levetid som kan forventes. Det finnes overraskende lite empirisk kunnskap om investeringers faktiske levetid.

Rapporten er derfor et viktig bidrag til litteraturen på dette området, og kan også gi grunnlag for bedre veiledning til fremtidige samfunnsøkonomiske analyser.

Studien er gjennomført av Eivind Tveter ved Høgskolen i Molde samt Tore Tomasgard og Maria Laingen ved Møreforsking AS. Svein Bråthen fra Høgskolen i Molde har vært intern kvalitetssikrer. En referansegruppe bestående av Morten Welde fra Concept, Arne Gussiås fra NTNU, Even Sund og James Odeck fra Statens vegvesen, samt Jon-Kristian Hovland fra Jernbanedirektoratet har kommet med gode innspill underveis.

Rapporten er til slutt vurdert av to anonyme fagfeller som begge har kommet med verdifulle innspill og forbedringsforslag.

Trondheim, juni 2022

Gro Holst Volden
Redaktør for Concept-rapportserien
Programleder Concept programmet, NTNU Trondheim

Innhold

FORORD **1**

SAMMENDRAG **4**

SUMMARY **8**

1 INNLEDNING **12**

2 FAKTISK ØKONOMISK LEVETID **15**

2.1 DEFINISJON AV FAKTISK ØKONOMISK LEVETID 15
2.2 FAKTORER SOM PÅVIRKER FAKTISK ØKONOMISK LEVETID 17

3 LEVETID I SAMFUNNSØKONOMISKE ANALYSER – NORSK OG INTERNASJONAL PRAKSIS **20**

3.1 NORSK PRAKSIS 20
3.2 PRAKSIS I ANDRE LAND 22

4 GJENNOMGANG AV EMPIRISKE STUDIER **25**

4.1 STUDIER OM TEKNISK LEVETID 25
4.2 STUDIER OM VERDSETTING AV REALKAPITAL 26
4.3 ANDRE STUDIER 29

5 METODE **30**

5.1 OVERLEVELSESANALYSE 30
5.2 OPERASJONALISERING AV FAKTISK ØKONOMISK LEVETID 34
5.3 DATAKILDER 34
5.4 BESKRIVELSE AV DATAMATERIALET 37

6 RESULTATER **39**

6.1 LEVETID JERNBANE 39
6.2 LEVETID VEGBROER 40
6.3 LEVETID VEGTUNNELER 44
6.4 LEVETID MOTORVEGSTREKNINGER 45
6.5 ILLUSTRERENDE EKSEMPLER 47

7 DISKUSJON **54**

7.1 ANSLAG PÅ ØKONOMISK LEVETID 54
7.2 FORSKJELLER I FAKTISK ØKONOMISK LEVETID 55

7.3 LEVETIDEN FREMOVER 55

8 AVSLUTTENDE KOMMENTARER 58

REFERANSER 60

VEDLEGG: DATA 65

Sammendrag

Forventet levetid av infrastruktur er en viktig forutsetning i samfunnsøkonomiske analyser. Det vil si, hvor lenge man forventer at investeringen gir velferdseffekter for samfunnet. Denne studien undersøker faktisk levetid for norsk transportinfrastruktur ved å se på hvor lenge infrastrukturen har blitt brukt før den har blitt oppgradert eller erstattet. Vi ser på veg- og jernbaneinfrastruktur og benytter flere datakilder.

Vi skiller mellom teknisk og økonomisk levetid. Den tekniske levetiden angir hvor mange år den fysiske infrastrukturen kan benyttes i henhold til teknisk tilstand og gjeldende sikkerhetskrav. Mens den økonomiske levetiden betegner hvor lenge tiltaket kan betjene prosjektets formål. I en samfunnsøkonomisk analyse er det imidlertid perioden en beregner virkninger, analyseperioden, som inngår. Som hovedregel er analyseperioden og økonomisk levetid lik. Men økonomisk levetid kan også være lengre enn analyseperioden, noe som håndteres med å inkludere den overskytende perioden som en restverdi.

Denne studien er aktualisert av endringene i forutsetning om økonomisk levetid og analyseperiode i samfunnsøkonomiske analyser det siste tiåret. Først ble retningslinjene om analyseperioden økt fra 25 til 40 år i 2012, basert på anbefalingene fra Hagen-utvalget (NOU 2012: 16). Deretter ble forventet økonomisk levetid for vegprosjekter økt fra 40 til 75 år for vegprosjekter (unntatt mindre utbedringsprosjekter) i forbindelse med arbeidet med Nasjonal transportplan for perioden 2022–2033. Dette har riktignok vært praktisert i lang tid for jernbaneinvesteringer. Disse endringene økte den beregnede lønnsomheten for investeringer i transportinfrastruktur betydelig (Halse mfl. 2021). Men til tross for viktigheten av økonomisk levetid, har ingen studier undersøkt den faktisk økonomiske levetiden for infrastruktur. Formålet med denne studien er derfor å undersøke hva økonomisk levetid har vært historisk for å kunne si noe om hva som er rimelig å forvente av levetiden fremover.

Hvordan nytte- og kostnadsvirkningene fordeler seg over levetiden har også betydning for den samfunnsøkonomiske lønnsomhetsvurderingen. Vi avgrenser imidlertid denne studien til kun forventet levetid. Årsaken til denne avgrensingen er at dette krever mindre informasjon om prosjektene. I

hovedsak behøves kun start- og endepunkt, mens en fordeling av nytte- og kostnad over tid vil kreve betydelig mer informasjon. Vi overlater denne oppgaven til videre forsking.

Rapporten har følgende struktur. Kapittel 1 introduserer temaet. I kapittel 2 diskuterer vi definisjonen av levetid og vurderinger av tilknyttede forutsetninger. Vi foreslår at levetid kan deles i faktisk/forventet og teknisk/økonomisk.

I kapittel 3 går vi gjennom nasjonal og internasjonal praksis om levetid, analyseperiode og behandling av restverdi i samfunnsøkonomiske analyser. Denne gjennomgangen viser en betydelig variasjon i hvilken levetid, analyseperiode og restverdi som benyttes. Vi ser også at de norske forutsetningene om levetid, analyseperiode og restverdi ligger i det øvre sjiktet, sammenlignet med andre land.

I kapittel 4 går vi gjennom litteraturen som undersøker forventet teknisk og økonomisk levetid. Vi finner ingen tidligere studier som ser på faktisk økonomisk levetid av transportinfrastruktur. Gjennomgangen består derfor av studier som ser på teknisk levetid og studier som undersøker økonomisk levetid for å verdsette realkapital i nasjonalregnskapet. Vi finner her resultater som harmonerer med forskjellene i forutsetninger mellom land fra kapittel 3. Levetiden for transportinfrastruktur ligger i hovedsak mellom 30 og 60 år i disse analysene, altså noe under den lengste levetiden på 75 år som kan benyttes i samfunnsøkonomiske analyser i Norge. Dette spennet er derimot konsistent med hovedanslaget for levetid i Norge, som etter gjeldende retningslinjer er 40 år.

I kapittel 5 presenter vi metoden og dataene som benyttes i studien. Vi går først inn på den valgte metoden overlevelsesanalyse. Denne analyseteknikken, som er mest vanlig innen helse- og ingeniørvitenskap, benyttes for å estimere hvor lenge komponenter eller pasienter lever, og til å undersøke faktorer som påvirker levetiden. Spesielt adresserer denne metodikken utvalgsproblemet for levetid (i dette tilfellet av infrastruktur) som oppstår ved at all eksisterende infrastruktur har et kjent åpningsår (starttidspunkt), men et ukjent endepunkt (restlevetid).

Kapittelet presenterer også de syv ulike datasettene som benyttes:

- Jernbanestrekninger i Norge

- Broer i Akershus
- Tunneler i Rogaland
- Norske broer over 400 meter
- Broer bygget etter 1960
- Europaveg 18 (Ørje–Kristiansand)
- Europaveg 6 (Svinesund–Hedmark grense)

For jernbane benyttes data for åpning, nedleggelse og betydelige endringer for jernbanestrekninger. Dette gir en tilnærmet komplett oversikt. For vegstrekninger er en fulltelling mer krevende. Her benyttes derfor ulike kilder. Mest vekt legges på dataene for levetid for to europavegstrekninger, E6 og E18, på Sør- og Østlandet. Disse er valgt ut fordi vi her har ganske gode kilder over hva som har skjedd på strekningene de siste tiårene.

I kapittel 6 og 7 presenteres og diskuteres resultatene. Analysen av jernbanestrekninger tyder på lang levetid. Historisk har levetiden vært godt over 100 år, og de fleste strekningene har overlevd flere trinn av den teknologiske utviklingen. I gjennomsnitt er levetid før strekningene har blitt lagt ned over 120 år, mens det typisk har gått 60 år fra åpningsåret til betydelige ombygginger (hendelser) har skjedd. Historisk har altså levetiden, som gjennomsnitt, vært godt over 75 år. En levetid på 75 år virker som et konservativt anslag for jernbanestrekningers levetid som også inkluderer risiko for uventede hendelser og forhold som ikke kan prognostiseres i dag.

For veginfrastruktur er bildet mer sammensatt. Ifølge analysen av europavegstrekninger på Østlandet, tyder resultatene på en levetid på drøye 40 år. Mer presist: Det har historisk tatt drøye 40 år fra åpningsåret til en betydelig oppgradering av strekningen. Datamaterialet tyder på en lengre levetid for broer og tunneler i historien. For broer tyder resultatene på levetider mellom 60 og 70 år, mens levetiden for tunneler er enda lengre. Disse resultatene er ikke direkte sammenlignbare, siden de fleste broene og tunnelene er på fylkesveger, mens de analyserte strekningene er europaveger. Samlet tyder resultatene på en levetid på mellom 40 og 60 år for veginfrastruktur, noe som ligger godt under 75 år som benyttes i dag.

Selv om resultatene spriker noe og ikke gir noe komplett bilde av levetiden til veger og jernbanelinjer, kan disse resultatene bidra i debatten om økonomisk

levetid og analyseperiode i samfunnsøkonomiske analyser. Først og fremst viser våre ex-post analyser at levetiden varierer kraftig. Vi ser ingen grunn til at denne variasjonen skal reduseres i årene fremover. Dersom infrastrukturen i historien skulle ha en levetid på 75 år, betyr dette at infrastruktur bygget rett før andre verdenskrig skal gi nytte frem til 2014. Men hvor mye visste man på slutten av 1930-tallet om de framtidige kravene til ytelse, kapasitet og kvalitet for transportinfrastruktur på 1990-tallet? Endringene fremover kan også bli mindre omfattende, og Finansdepartementets kvalitetssikringsregime kan bidra til bedre prosjektvalg. Men, vi kan ikke utelukke at endringene i transportbehov og teknologisk utvikling blir like store som i tiårene vi har bak oss.

Mer kunnskap om hvilke faktorer som påvirker faktisk levetid, vil kunne redusere usikkerheten i forventet levetid. En mulig implikasjon av funnene er at forventet levetid bør kunne variere og derigjennom redusere usikkerheten i faktisk levetid.

Summary

The life expectancy of infrastructure is a vital assumption in cost-benefit analyses. That is, how long one expects the investment to produce welfare effects for society. This study examines the ex-post service life of Norwegian transport infrastructure by looking at how long the infrastructure has been used before it has been upgraded or replaced. We look at road and railway infrastructure and use several data sources.

We distinguish between technical and economic life. The technical service life indicates how many years the physical infrastructure can be used according to the technical condition and safety requirements. While the economic life indicates how long the infrastructure can serve its purpose. However, in cost-benefit analysis, the main focus is the analysis period, i.e. the period a calculated effect is included in the analysis. As a rule, the analysis period should equal the economic life. But the economic life can also be longer than the analysis period, which is handled by using a residual value.

The changes that we have seen in the assumption of economic life and analysis period in Norwegian cost-benefit analysis over the past decade inspired this study. First, the guidelines for the analysis period were increased from 25 to 40 years in 2012, based on the recommendations from the Hagen Committee (NOU 2012: 16). Thereafter, the expected economic life of road projects was increased from 40 to 75 years for road projects (excluding minor improvements) in connection with the National Transport Plan for the period 2022–2033. A lifetime of 75 years has, however, been practiced for a long time for railway investments. These changes significantly increased the calculated benefits of transport infrastructure investments (Halse et al., 2021). However, despite the importance of economic life, no previous studies have examined the ex-post economic life of infrastructure. Therefore, the purpose of this study was to examine what economic life has been historically, to be able to say something about what is reasonable to expect in the future.

How the benefit and cost effects are distributed over the lifetime is also essential for the economic analysis. However, we limit the scope of this study to life expectancy. The reason is that this requires less information about the projects. In principle, only the start and end points are needed, while the

distribution of benefits and costs over time will require significantly more information. We leave this task to further research.

The report has the following structure. Chapter 1 introduces the theme. Chapter 2 discusses the definition of service life and assessments of associated assumptions. We suggest that service life can be divided into actual vs expected and technical vs service.

Chapter 3 reviews national and international practice on service life, analysis period, and treatment of residual value in economic analyses. This review shows a significant variation in service life, analysis period and residual value. We also see that the Norwegian assumptions about service life, analysis period and residual value are high compared with other countries.

Chapter 4 reviews the literature that examines the expected technical and economic life. We find no previous studies looking at the actual economic life of transportation infrastructure. The review, therefore, includes studies that look at technical life and studies that examine the service life of fixed capital assets in national accounts. We find results that harmonize with the differences in assumptions between countries from Chapter 3. The lifespan of transport infrastructure is mainly between 30 and 60 years in these analyses, i.e., somewhat below the longest lifespan of 75 years that can be used in cost-benefit analyses in Norway. On the other hand, this range is consistent with the main estimate for life expectancy in Norway, which according to current guidelines, is 40 years.

In Chapter 5, we present the method and data used in the study. We first go into the chosen method of survival analysis. This analysis technique, most common in health and engineering sciences, is used to estimate how long components or patients live and examine factors that affect longevity. This methodology addresses the censoring bias that arises when all existing infrastructure has a known opening year (start time) but an unknown end point (residual life).

The chapter also presents the seven different datasets used:

- Railway sections in Norway
- Bridges in the county of Akershus
- Tunnels in the county of Rogaland

- Norwegian bridges over 400 meters
- Bridges built after 1960
- Europaveg 18 (Ørje – Kristiansand)
- Europaveg 6 (Svinesund – Hedmark border)

For railways, data are used for opening, closing, and significant changes for railway lines. This provides an almost complete overview. For road sections, a total count is more demanding. Different sources are therefore used here. Most emphasis is placed on the data for service life for two European road sections, E6 and E18, in Southern and Eastern Norway. These have been selected because we have quite good sources of what has happened on the stretches in recent decades.

Chapters 6 and 7 present and discuss the results. The analysis of railway lines indicates longevity. Historically, the lifespan has been well over 100 years, and most stretches have survived several stages of technological development. On average, the lifespan before the sections have been closed is over 120 years, while it has typically been 60 years from the opening year until significant alterations (events) have taken place. Historically, therefore, life expectancy, on average, has been well over 75 years. A life expectancy of 75 years acts as a conservative estimate for life expectancy, including the risk of unexpected events and conditions that cannot be predicted today.

For road infrastructure, the picture is more complex. According to the analysis of European road sections in Eastern Norway, the results indicate a lifespan of just over 40 years. More precisely, it took over 40 years, from the opening year to a significant upgrade. The data material indicates a longer life for bridges and tunnels in history. For bridges, the results indicate lifetimes between 60 and 70 years, while the lifespan of tunnels is even longer. These results are not comparable since most of the bridges and tunnels are on county roads, while the sections analysed are European roads. Overall, the results indicate a lifespan of between 40 and 60 years for road infrastructure, which is well below the estimated service life of 75 years used today.

Although the results differ somewhat and do not give a complete picture of the life of roads and railway lines, these results can contribute to the debate about economic life and analysis period in cost-benefit analysis. First and foremost, our ex-post analyses show that the actual lifetime of transport investment varies greatly. We see no reason for this variation to be reduced in

the years to come. If the infrastructure in history were to have a lifespan of 75 years, this means that infrastructure built just before World War II will provide benefits until 2014. But how much was known in the late 1930s about the future requirements for performance, capacity and quality for transport infrastructure in the 1990s? The changes in the future may also be less extensive, and the Ministry of Finance's quality assurance regime can contribute to better project selection. Still, we cannot rule out that the changes in transport needs and technological development will be as significant as in the decades we have behind us.

More knowledge about the factors that affect the ex-post service life can reduce the uncertainty in life expectancy. A possible implication of the findings is that life expectancy should be able to vary and thereby reduce the uncertainty in actual life expectancy.

Hvis man ikke kjenner fortiden, forstår man ikke
nåtiden og egner seg ikke til å forme fremtiden.
–Simone Weil

1 Innledning

Mye av infrastrukturen samfunnet har glede av i dag ble bygget for mange år siden. Bergensbanen åpnet i 1909, og benyttes fortsatt. Den har altså hatt en levetid på godt over 110 år. Riktignok er mange av de slitasjeutsatte komponentene oppgradert og byttet ut i denne perioden og det er gjort traséendringer enkelte steder. Annen infrastruktur har hatt kort levetid. På E6 over Minnesundet har det blitt bygget tre nye broer på drøye femti år, mens Mjøsbrua, lengre nord, snart blir erstattet etter bare 40 år. Andre vegstrekninger har derimot ligget ganske uberørt i over femti år. I disse eksemplene har forskjellen i levetid lite å gjøre med hvor lenge den fysiske infrastrukturen har vart, altså den *tekniske levetiden*, men dreier seg om hvor lenge det var formålstjenlig å benytte infrastrukturen. Denne levetiden kalles *økonomisk levetid* og kan innenfor samfunnsøkonomiske analyser defineres som «tiden et tiltak er i stand til å betjene prosjektets formål fullt ut» (Vegdirektoratet 2018).

Forutsetninger knyttet til hvordan fremtidige gevinster inkluderes i samfunnsøkonomiske analyser har endret seg betydelig det siste tiåret. Først ble retningslinjene om analyseperioden – de fremtidige årene en inkluderer i nytteberegningen – økt fra 25 til 40 år i 2012, basert på anbefalingene fra Hagen-utvalget (NOU 2012: 16). Deretter ble forventet økonomisk levetid for vegprosjekter økt fra 40 til 75 år (unntatt mindre utbedringsprosjekter) i forbindelse med Nasjonal transportplan (NTP) for perioden 2022–2033. Dette har imidlertid vært praktisert over lang tid for jernbaneinvesteringer. Siden analyseperioden fortsatt er 40 år inkluderes de ekstra 35 årene som en

restverdi. Men for praktiske formål betyr endringen langt på vei det samme som en utvidelse av analyseperioden til 75 år.[1]

Disse endringene har økt beregnet samfunnsnytte vesentlig. Halse mfl. (2021) beregner effekten av endringer i forutsetninger for samfunnsøkonomisk analyse for de siste seks versjonene av Nasjonal transportplan (NTP) for to nylig utredede vegprosjekter. Ut fra disse resultatene kan vi avlede at forutsetninger knyttet til levetid (økt fra 25 til 75 år) har ført til en dobling av samfunnsnytten. Andre endringer, som verdsettingen av reisetid og prissetting av CO_2 hadde mye lavere effekt. De sistnevnte endringene er basert på omfattende data og analyser (se for eksempel Flügel mfl. 2020 for den siste studien om verdsetting av tid).

Til tross for at levetid har stor betydning for beregnet samfunnsnytte, har disse endringene blitt gjort på et spinklere faglig grunnlag enn flere av de andre endringene. Dette er overraskende med tanke på hvor mye disse endringene påvirker beregnet nytte. Riktignok er det flere utredninger de senere årene som diskuterer praksisen i vurderinger av levetid og som ser på anvendelse i ulike sektorer og gjennomgår praksis i andre land (Ulstein mfl. 2020, Vennemo mfl. 2020, Vennemo og Godeseth 2021). Men en dokumentasjon av den faktiske økonomiske levetiden i Norge foreligger ikke.

På grunn av betydningen endringene i forutsetninger om levetid har for samfunnsøkonomiske analyser og det mangelfulle kunnskapsgrunnlaget foreslår vi å undersøke faktisk økonomisk levetid. Gjennom analysene forsøker vi å besvare spørsmålene:

- Hva har infrastrukturens økonomiske levetid vært i historien?
- Hvordan kan vi forklare forskjeller i økonomisk levetid?
- Hva kommer levetiden til å bli fremover?

[1] I restverdiperioden beregnes nytten noe mer konservativt ved å fjerne trafikkvekst og realprisjustering, men siden kalkulasjonsrenten reduseres etter 40 år kanselleres i praksis mye av denne effekten.

Vi avgrenser studien etter følgende kriterier:

- Fokuset er kun på forventet økonomisk levetid. I en samfunnsøkonomisk analyse vil fordelingen av nytte- og kostnadsvirkninger over tid kunne være vel så viktig. En slik analyse vil være mer ressurskrevende og inkluderes derfor ikke i denne studien.
- Fokuset er på faktisk økonomisk levetid for transportinfrastruktur, med vekt på veg og jernbane. Vi fokuserer på levetid av veginfrastruktur bygget etter 1960 og frem til i dag, mens vi ser på jernbanestrekninger helt siden 1800-tallet. Lignende analyser som det som gjøres i denne rapporten er vel så relevant innenfor alle typer offentlige investeringer, for eksempel bygninger, IKT-investeringer, forsvarsmateriell, havner og luftfartsinfrastruktur.
- Hva som er verdien av infrastrukturen i alternativ bruk holdes utenfor.
- Vi fokuserer ikke på økonomiske eller politiske forklaringer på infrastrukturinvesteringer

Resten av denne rapporten har følgende struktur. Først går vi inn på definisjonen av faktisk økonomisk levetid og hvilke forhold som påvirker denne. Deretter ser vi på eksisterende empirisk forskning om levetid, både fra Norge og andre land. Vi går ganske bredt ut i denne gjennomgangen og inkluderer både ulike perspektiver og sektorer. Deretter ser vi på faktisk levetid for veg og jernbane. For veg og jernbane ser vi på historiske data og benytter overlevelsesanalyse for å systematisere dataene og forklare variasjonen. Til slutt diskuteres resultatene før vi avslutter med en kort konklusjon.

2 Faktisk økonomisk levetid

I kapittel 1 diskuterte vi kort forskjellen mellom teknisk og økonomisk levetid og forventet og faktisk levetid. I dette kapitlet beskriver vi nærmere begrepet faktisk økonomisk levetid med utgangspunkt i hvordan dette levetidsbegrepet har vært anvendt i norsk praksis og hvilke definisjoner vi behøver i vår empiriske undersøkelse.

2.1 Definisjon av faktisk økonomisk levetid

Tabell 2-1 viser vår definisjon for forventet og faktisk teknisk levetid. Teknisk levetid er sentral for drift og vedlikehold, og benyttes oftest om komponenter. Vi benytter følgende definisjon «Antall år komponentene forventes å være i henhold til teknisk tilstand og tekniske parametere». Et eksempel på uakseptabel teknisk tilstand er at komponentene ikke tilfredsstiller gjeldende sikkerhetskrav; et annet eksempel er manglende pålitelighet ved for stor hyppighet av feil. Forskjellen mellom forventet og faktisk teknisk levetid er om det er antall år vi forventer komponentene å være i henhold til teknisk tilstand eller om det er antall år dette var tilfellet. Vår definisjon er i hovedsak lik den fra Vennemo og Godseth (2021) som definerer teknisk levetid som «levetiden til de fysiske elementene i investeringen før de ikke lenger kan brukes i henhold til teknisk tilstand og tekniske parametere». Andre definisjoner av teknisk levetid finnes, men vi gjengir kun denne siden vi primært er opptatt av økonomisk levetid (se for eksempel NOU 2012:16 2012, Direktoratet for økonomistyring 2018, Jernbanedirektoratet 2018).

Tabell 2-1: Definisjon av levetid. Kilde: Egenprodusert

	Forventet	Faktisk
Teknisk levetid	Antall år komponentene forventes å være i henhold til teknisk tilstand og tekniske parametere.	Antall år komponentene var i henhold til teknisk tilstand og tekniske parametere
Økonomisk levetid	Antall år prosjektet forventes å betjene prosjektets formål.	Antall år prosjektet betjente prosjektets formål.

Tabell 2-1 viser også våre definisjoner av forventet og faktisk økonomisk levetid. Vi benytter definisjonen «Antall år prosjektet forventes å betjene prosjektets formål» for forventet levetid. For faktisk økonomisk levetid bytter

vi ut «forventes å betjene» til «betjente». En vesensforskjell fra definisjonen av teknisk levetid er at vi viser til prosjektet istedenfor komponenter, siden det er prosjektene som inngår og vurderes i den samfunnsøkonomiske analysen. Grunnen til at vi velger å knytte definisjonen opp mot formålet er at dette henger sammen med det som skaper nytte for brukerne og det er nytten som er relevant i den samfunnsøkonomiske analysen. Vi tenker oss at prosjektets levetid er avsluttet når prosjektet ikke lenger betjener prosjektet formål. For eksempel hvis både persontransport og godstransport på en jernbanestrekning blir lagt ned så har levetiden med tanke på formålet fått en avslutning. Strekningen kan likevel eksistere som en museumsbane og sånn sett bidra til samfunnsnytte. Men dette er ikke det opprinnelige formålet. Nytten i alternativ anvendelse kan imidlertid tenkes på som en restverdi. Tilsvarende eksempel kan være en vegstrekning som blir endret til en gang- og sykkelveg. I en ex-post-analyse blir det dermed for vidt å definere levetid etter hvor lenge et prosjekt brukes eller yter en samfunnsnytte.

Siden definisjonen av økonomisk levetid er det sentrale i denne rapporten går vi nærmere inn på andre omtaler av økonomisk levetid i de mest sentrale norske håndbøkene og veilederne. De eksisterende definisjonene skiller ikke mellom forventet og faktisk levetid, men siden de presenteres i forbindelse med en samfunnsøkonomisk analyse er det rimelig å tolke at de gjelder forventet økonomisk levetid.

I håndboken for konsekvensanalyser av vegprosjekter V712 (Vegdirektoratet 2018), omtales økonomisk levetid som «tiden et tiltak er i stand til å betjene prosjektets formål fullt ut». For et vegtiltak kan dette tolkes som perioden vegen har nok kapasitet til å betjene forventet trafikk. Dette er en noe snevrere definisjon enn vår, siden det forutsettes at formålet skal betjenes «fullt ut». Dette har riktignok ingen praktisk konsekvens.

Vennemo og Godeseth (2021) benytter en litt annen definisjon av økonomisk levetid, siden de setter denne lik som «tidsutstrekningen til prosjektets hovedtjeneste» (s. 12).[2] Dette ligger tett opp til både vår og V712s definisjon,

[2] Vennemo og Godeseth (2021) omtaler også funksjonell levetid med følgende definisjon «[f]unksjonell levetid tar slutt når prosjektet ikke lenger kan oppfylle sin tiltenkte funksjon». Vi anser denne definisjonen å være for lik øvrige definisjoner til at den skal fremstilles som en annen type levetid.

men er noe bredere enn definisjonen i V712 siden den ikke legger til grunn at prosjektets formål skal betjenes «fullt ut». I senere presisering benyttes definisjonen «den økonomiske levetiden er den perioden prosjektet som analyseres faktisk er i bruk eller yter en samfunnstjeneste», altså en vesentlig videre definisjon enn den første.

Hagen-utvalgets rapport skriver at et tiltaks levetid kan defineres som «den perioden tiltaket som analyseres faktisk vil være i bruk eller yte en samfunnstjeneste» (NOU 212:16, s. 79). Altså så å si identisk med den siste definisjonen fra Vennemo og Godseth (2021).[3]

Andre kilder er mindre klare. Direktoratet for økonomistyring (2018) gir en sektorovergripende veileder for samfunnsøkonomisk analyse. I denne veilederen gis det ingen definisjon på økonomisk levetid. Det presenteres heller ikke noe skille mellom økonomisk, teknisk eller noen av de andre begrepene for levetid i denne veilederen. I Jernbanedirektoratet (2018) omtales økonomisk levetid som «hvor lenge tiltaket bidrar til nytte- og kostnadsvirkninger for samfunnet».

2.2 Faktorer som påvirker faktisk økonomisk levetid

Ulike faktorer vil påvirke den faktiske økonomiske levetiden. Vi foreslår en tredeling av disse faktorene:[4]

1. Den fysiske infrastrukturen (tilbudsfaktorer)
2. Nytten for brukerne (etterspørselsfaktorer)
3. Eksogene faktorer, som reguleringer, krav og klimapåvirkning.

Til sammen påvirker disse tre typene faktorer samspillet mellom levetid og nyttevirkninger. De to første typene av faktorer påvirker den årlige

[3] Hagen-utvalget diskuterer også optimal levetid, som en mulig tolkning av økonomisk levetid.
[4] Dette rammeverket er inspirert av Lemer (1996).

nettonytten, mens den tredje typen er eksogene faktorer som også påvirker levetiden.

Tilbudsfaktorer er forhold som påvirker den fysiske infrastrukturen. Ett eksempel er byggekvalitet, som for eksempel for liten overdekning på armering i bruer langs kysten. Et annet eksempel er at byggteknologi gjør det relativt billigere å erstatte gammel infrastruktur med ny og bedre infrastruktur.

Etterspørselsfaktorer gjelder bruken av infrastrukturen. Et eksempel kan være fremvekst av teknologi som kan erstatte et transportmiddel med et annet (Herman og Ausubel 1988). For eksempel har økt vekt på tungtransporten gjort at mange broer har blitt erstattet fordi de ikke har hatt nødvendig bæreevne (Lemer 1996). Relevante faktorer er vekst i befolkning, inntekt og annet transporttilbud. I bunn og grunn omfatter dette faktorer som skifter etterspørselskurven. Et eksempel kan være inntektsvirkninger som endrer etterspørsel etter bruk av infrastruktur, eksempelvis ved at økt inntekt øker bilholdet og reduserer bruken av kollektive transportløsninger som jernbane. Et annet er at digitale arbeidsmåter kan redusere etterspørselen etter fysisk transport og/eller redusere kapasitetstoppene. Andre faktorer kan endre helningen til etterspørselskurven. Et mulig eksempel er at verdsettingen av klimavennlig transport øker i fremtiden. Dette kan gjøre at det som oppfattes som lite klimavennlige transportløsninger kan bli mindre brukt i fremtiden enn det man har trodd til nå, som for eksempel lufthavner i sin nåværende form.

Eksogene faktorer som reguleringer, krav og klimapåvirkning er den tredje typen av faktorer. Et eksempel på reguleringer og krav er nye sikkerhetsstandarder for tunneler som ble innført med EUs tunneldirektiv fra 2004. Dette direktivet krever at alle tunneler over 500 meter skal ha ventilasjonssystem, slokkeutstyr og styringssystemer som gjør det mulig å stenge tunneler ved ulykker eller brann. Dette kravet førte til oppgradering av en rekke tunneler i Norge. Selv om mange tunneler er oppgradert, er det fortsatt et betydelig antall som ikke tilfredsstiller kravene. Budsjettmessige forhold vil også påvirke hvilke reguleringer og krav som stilles. Altså hvilken vegstandard kan vi ta oss råd til. Et siste eksempel på en eksogen påvirkning er at klimaendringer kan påvirke både levetiden og drifts- og vedlikeholdskostnader betydelig.

Generell usikkerhet er en tilleggsdimensjon. I tillegg til etterspørselsfaktorene nevnt ovenfor er et generelt punkt at usikkerheten om trafikken fremover øker desto lengre fremover vi ser. Denne usikkerheten omfatter i prinsippet alle

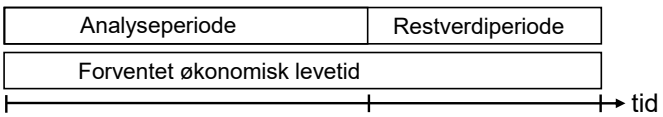
faktorer som bestemmer samlet etterspørsel, som folkemengde, inntektsnivå, reisekostnader og alternative transportformer, for å nevne de viktigste. Med tiden øker sannsynligheten for at noe uventet skal skje, i tillegg til at det blir vanskeligere å se for seg hva denne hendelsen skal være.

3 Levetid i samfunnsøkonomiske analyser – norsk og internasjonal praksis

I dette kapitlet beskrives praksis for behandling av levetid i samfunnsøkonomiske analyser i Norge og i land som det er naturlig å sammenligne seg med. Siden betydningen av levetid i en samfunnsøkonomisk analyse også avhenger av diskonteringsrenten, analyseperioden og behandling av restverdi, inngår dette også i gjennomgangen. Vi fokuserer kun på gjeldende praksis og diskuterer ikke det vitenskapelige grunnlaget. For en nylig gjennomgang av det faglige grunnlaget viser vi til Halse mfl. (2021).

3.1 Norsk praksis

De norske retningslinjene er basert på anbefalingene fra NOU 2012: 16 (Hagen-utvalget) som siden er konkretisert i Finansdepartementets rundskriv R-109/21. Anbefalingen fra Hagen-utvalget er at for å fange opp alle relevante nytte- og kostnadsvirkninger bør analyseperioden i utgangspunktet sammenfalle med tiltakets levetid. Dette idealet synes også å være hovedargumentet til Hagen-utvalget for å øke analyseperioden for vegprosjekter fra 25 til 40 år. Men hvis analyseperioden er kortere enn forventet økonomisk levetid, oppstår en restverdiperiode. Denne sammenhengen illustreres i Figur 3-1.



Figur 3-1: Illustrasjon av levetid, analyseperiode og restverdiperiode

Nåværende retningslinjer innebærer å sette «analyseperioden … så nær levetiden som praktisk mulig» (Rundskriv R-109/21), for vegprosjekter altså 40 år. Vi tolker her «levetid» som forventet økonomisk levetid. Det åpnes imidlertid for å avvike fra dette prinsippet dersom det kan begrunnes. Et slikt avvik ble gjort i forbindelse med NTP 2022–2033, hvor transportetatene økte

levetiden til 75 år for visse vegklasser for å harmonisere retningslinjene mellom transportsektorene (Samferdselsdepartementet 2019). Dermed oppstår det et behov for å beregne restverdi. Restverdiperioden blir 35 år – altså nesten like lang som analyseperioden.

I dagens praksis inkluderer transportetatene restverdien ved beregne nytten etter år 40, ved å flate ut trafikkveksten og fjerne realprisjusteringen. Kalkulasjonsrenten reduseres også fra fire til tre prosent etter 40 år. Dette bidrar i praksis til å utligne mye av effekten av å flate ut nytten. Grovt sett gir derfor endringen i forventet økonomisk levetid til 75 år beregningsmessig tilnærmet den samme virkningen som å øke analyseperioden til 75 år.

Som tidligere nevnt har flere utredninger de siste årene vurdert levetiden for transportinfrastruktur (Ulstein mfl. 2020, Vennemo mfl. 2020, Halse mfl. 2021, Vennemo og Godeseth 2021). Nedenfor går vi nærmere inn på noen hovedpunkter fra disse studiene.

Vennemo og Godeseth (2021) har vurdert forutsetningen om levetid i samfunnsøkonomiske analyser i transportsektoren, på oppdrag for metodegruppen til Nasjonal transportplan (NTP). Konklusjonen fra denne rapporten er å sette levetiden til 60 år, som en hovedregel. Den anbefaler også prosessregler som kan gi ulike levetider for prosjekter med kostnadsanslag over 1 milliard kroner. Rapporten råder videre analytikeren til å vurdere når infrastrukturen kan bli erstattet med et annet prosjekt.

Ulstein mfl. (2020) ser på hvordan levetid benyttes i ulike sektorer. Gjennomgangen viser at levetid og analyseperiode langt på veg er harmonisert for transportetatene. Denne harmoniseringen er ny. I en lignende oversikt fra Hagen-utvalget fra 2012, var det betydelig forskjell mellom sektorer og transportformer, både for levetid og analyseperiode. Ulstein mfl. (2020) dokumenteres derimot forskjeller i praksisen for nedtrappingen av kalkulasjonsrenten. Denne består i om nedtrappingen skjer 40 år etter åpningsåret eller 40 år etter analysen ble gjort.

Praksisen og mulighet for skjønn i analysene varierer også mellom sektorer. Vennemo mfl. (2020) gjennomgår ulike sektorveiledere og ser på hva de sier om levetid, og finner forskjeller mellom sektorene. Rapporten viser også at levetiden i ulike sektorer i Norge langt på vei er standardisert. Det konkluderes i rapporten med at levetiden bør standardiseres mindre og at det bør legges mer vekt på levetid på komponent- og effektnivå.

Halse mfl. (2021) vurderer også forutsetninger for analyseperiode og levetid. Denne studien viser til et behov for bedre kunnskapsgrunnlag når det gjelder den økonomiske levetiden til samferdselstiltak, og anbefaler at en gjør empiriske studier. I tillegg kritiseres praksisen for beregning av restverdi. Det argumenteres at dagens praksis ikke er i tråd med anbefalingene fra Hagen-utvalget, som anbefaler at netto nytte skal trappes ned mot null ved levetidens slutt. En slik nedtrapping av netto nytte innebærer at udiskontert årlig nytte skal synke lineært i restverdiperioden.

3.2 Praksis i andre land

For å vurdere forutsetninger om levetid i Norge i et bredere perspektiv har vi sett på praksis i andre land. Disse forutsetningene sammenstilles i Tabell 3-1, som er basert på levetiden i landene som det er mest relevant å sammenligne med. Vi ser her at forutsetninger om levetid spriker betydelig mellom land. Nedenfor går vi nærmere inn på hver enkelt kilde.

Tabell 3-1: Levetid og analyseperiode i andre land.

Land	Analyseperiode (år)	Levetid (år)	Restverdi
25 EU-land	20–50	Ikke rapportert	Varierende grad
Storbritannia	60	Kan være uendelig	Ikke etter år 60
Sverige	60 (40)	60 (veg/jernbane)* 40 (andre veger)**	Nei
Danmark	50	50	Skrapverdi
USA/Australia/New Zealand	25	25–35	Begrenset
Nederland	Prosjektavhengig	Prosjektavhengig	Ukjent
Tyskland	Prosjektavhengig	Komponent-spesifikk	Ukjent

Kilder: HEATCO (2005), Mackie mfl. (2014), DfT (2021), CPB (2013), Mann (2015), USDOT (2022), NZ Treasury (2015), Commonwealth of Australia (2006), Trafikverket (2020), Finansministeriet (2017)

*inkluderer også farleder og flyplasser

** bussveger, gang- og sykkelveg

HEATCO (2005) oppsummerer en gjennomgang av praksis i 25 EU-land, inkludert Sveits.[5] Her vises en variasjon fra 20 til 50 år for analyseperioden. Dette er riktignok ikke det samme som et anslag på levetid, men lang analyseperiode er i hvert fall et signal om lang levetid. En mer oppdatert gjennomgang av EU-landene finner vi i Mackie mfl. (2014). Studien viser en betydelig økning i analyseperiode etter at HEATCO-studien ble gjennomført i 2005. For eksempel ser vi at analyseperioden for infrastruktur i Storbritannia har økt fra 30 år til 60 år. I veilederen for nytte-kostnadsanalyser i EU anbefales det å inkludere restverdi, men her settes analyseperioden til halvparten av det som brukes i Storbritannia (European Commission 2015).

Den lengste levetiden oppgis for Storbritannia, Sverige og Danmark. I Storbritannia oppgis det at levetid, gitt at nødvendig vedlikehold og fornying utføres, kan være uendelig. For disse prosjektene benyttes en analyseperiode på 60 år og det beregnes bare restverdi dersom analyseperioden er kortere enn 60 år (DfT 2021). En vurdering av uendelig levetid har derfor liten praktisk betydning.

I Sverige anbefales analyseperioden til å være 60 år, generelt sett (Trafikverket 2020 s. 21 i kapitlet 'Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden for transportsektorn: ASEK 7.0'), altså lengre enn den norske analyseperioden. I Sverige gis også sjablongmessige levetider for ulike typer infrastruktur, som varier mellom 25 og 60 år. Analyseperioden er 60 år for veg, jernbane, farled- og flyplassinvesteringer, mens den er 40 år for bussveger og gang- og sykkelveger. Det åpnes for å velge en kortere periode dersom særskilte forhold tilsier det. I den svenske veilederen oppgis det også at levetiden kan bli forkortet på grunn av lavere etterspørsel, økt konkurranse, teknologiske fremskritt eller en økning i vedlikeholdsinvesteringer. For eksempel anbefales en analyseperiode på 40 år i områder hvor man forventer høy trafikkvekst og stor grad av nybygging.

I Danmark benyttes en levetid på 50 år for større infrastrukturprosjekter (Finansministeriet 2017). Her anbefales det å beregne restverdi som

[5] HEATCO står for Developing Harmonized European Approaches for Transport Costing and Project Assessment.

skrapverdien på slutten av perioden. Det fremgår ikke konkret hvordan dette gjøres for transportprosjekter, men det bemerkes at skrapverdien bør vurderes nøye i prosjekter med lang tidshorisont. Spesielt nevnes det at skrapverdien kan være null i tilfeller der hvor teknologisk utvikling gjør anlegget overflødig. Dette fremstår som mer konservativt enn den norske praksisen.

I USA, Australia og New Zealand er både analyseperiode og levetid 25–35 år, altså vesentlig kortere enn det vi har i både Norge og flere EU-land. I disse landene åpnes det for å inkludere restverdi etter analyseperioden, men det advares også her mot at effekter langt frem i tid vil være usikre (se for eksempel USDOT 2022, s. 28-29). Vi merker oss at til tross for at analyseperioden er vesentlig kortere enn for land som Storbritannia og Nederland er skepsisen til å inkludere restverdier ganske stor.

For Nederland og Tyskland gis ingen generell anbefaling om levetid eller analyseperiode. I Tyskland er det komponentspesifikke levetider som gjelder, mens analyseperioden er prosjektspesifikk (Mann 2015). I Nederland oppgis det i veilederen at levetiden i prinsippet kan være uendelig, men det er egenskaper med prosjektet som bestemmer (CPB 2013).

Oppsummert er det lav grad av konsensus om levetid og analyseperiode for infrastruktur mellom land som det er naturlig å sammenligne med. Den norske analyseperiode på 40 år ligger rundt gjennomsnittet av landene vi har sett på. Levetiden på 75 år for visse infrastrukturprosjekter er imidlertid høy sammenlignet med landene vi har sett på. Betydningen i samfunnsøkonomisk analyse avhenger også av kalkulasjonsrenten og vurdering av restverdi, men spørsmålet om levetid burde uansett settes uavhengig av synet på kalkulasjonsrenten. Det synes også som at skepsisen til å inkludere restverdi er uavhengig av hvor lang analyseperiode/levetid som legges til grunn. Samlet sett ser altså den norske praksisen ut til å ligge i det øvre sjiktet når det gjelder hvor langt frem man inkluderer nyttevirkninger av transportinvesteringer.

4 Gjennomgang av empiriske studier

Vi har gjennomgått den empiriske litteraturen for å finne studier som har sett på faktisk levetid for transportinfrastruktur. Dessverre, har vi ikke funnet noen studier som har gjort lignende analyser. Det nærmeste vi har funnet er studier som har sett på teknisk levetid og studier som undersøker forventet økonomisk levetid i forbindelse med verdsetting av realkapital i nasjonalregnskapssammenheng.

4.1 Studier om teknisk levetid

Det eksisterer en god del forskning på teknisk levetid for infrastruktur. Et forsøk på oppsummering er gitt i Simonsen (2010), som i et notat ser på levetid for vegtransport i Norge. Dette notatet refererer til en tidligere studie som viser at gjennomsnittlig levetid for europeiske veger er 40 år (Jonsson 2005).

Teknisk levetid avhenger også av faktorer som trafikkmengde, fartsgrense, klimasone og andel tungtrafikk. Ebrahimi mfl. (2019) analyserer disse faktorene ved å estimere den tekniske levetiden til asfaltdekket på norske veger. Dette bidraget benytter den statistiske analyseteknikken overlevelsesanalyse og estimerer faktorer som påvirker levetiden slik som sporutvikling. En annen studie gjort av SINTEF presenteres i Simonsen (2010). Denne viser at for vegfundament avhenger levetiden sterkt av trafikken. Studien viser at levetid for vegfundament er 12–14 år for veger med en årlig døgntrafikk (ÅDT) på under 5 000, mens den faller til 6–7 år for veger med ÅDT på over 10 000.

Jernbanedirektoratet oppgir levetider for enkeltkomponenter. Vi kjenner ikke til grunnlaget for disse anslagene, men forutsetter at det ligger noen empiriske analyser bak dem. Tabell 4-1 viser at anbefalingene har vært ganske like over tid, med unntak av levetiden til underbygninger som ble oppjustert fra 75 år til 100 år i 2015, en liten nedjustering for signalanlegg og tre endringer for kontaktledningsanlegg. Endringen i levetid for underbygning får riktig nok liten betydning i den samfunnsøkonomiske analysen, ettersom en ikke

beregner nytte etter 75 år.[6] I likhet med vegstrekninger er levetiden og slitasjegrenser vurdert ut fra forhold som trafikkmengde, hastighet, andel tungtrafikk og skinnekvalitet.

Tabell 4-1: Teknisk levetid for jernbanekomponenter (år)

Komponent	Utgave av håndbok				
	2001	2006	2011	2015	2020
Underbygning	75	75	75	100	100
Overbygning	40	40	40	40	40
Elektroanlegg (lavspenning)	40	40	40	40	40
Stasjonsanlegg		40	40	40	
Signalanlegg		30	30	25	25
Teleanlegg				15-20	
Kontaktlednings-anlegg		40	60	75	50

Kilde: Halse mfl. (2021). Tallene er hentet fra ulike versjoner av Jernbanedirektoratets dokumentasjon av nytte-kostnadsverktøyet SAGA.

Levetiden til enkeltkomponenter er også påvirket av vedlikeholdet. Et eksempel på dette ser vi fra Statens vegvesens program for forbedringer og besparelser for asfaltdekke og vegfundamenter (*Varige veger)*. I følge Johansen og Granden (2015), utarbeidet gjennom Varige veger, kan bedre konstruksjoner og kontroller gi en besparelse på ca. 10–20 milliarder kroner over en 20-årsperiode. Effekten kommer gjennom økt dekkelevetid som gir reduserte årlige vedlikeholdskostnader på vegnettet. Men heller ikke dette gir noen direkte estimater for levetid.

4.2 Studier om verdsetting av realkapital

Levetid er også relevant for verdsetting av realkapital. Ifølge skattereglene skal anleggsmidler med en begrenset økonomisk levetid (driftsmidler) avskrives etter en fornuftig avskrivningsplan (Regnskapsloven, §5-3). Det heter videre at avskrivingstiden skal avspeile driftsmidlets faktiske økonomiske levetid. Det er

[6] Dersom dette settes som et krav til infrastrukturen er det mulig å se for seg at dette gjør at nye anlegg blir dyrere.

opp til bedriften å vurdere hva som er en fornuftig avskrivingsplan. Vurderingen er derfor i stor grad skjønnsmessig (NOU 2014:13).

I nasjonalregnskapet verdsettes hele landets kapitalbeholdning. Ulike statistiske sentralbyråer jobber derfor med levetiden for realkapitalarter for å lage et best mulig nasjonalregnskap. Her finner vi derfor et relativt godt kunnskapsgrunnlag.

Tabell 4-2 viser fem undersøkelser som på ulike måter har undersøkt levetid for realkapital (OECD 2001, OECD og EUROSTAT 2013, Barth mfl. 2016, Statistics Canada 2018, Link 2021).

Tabell 4-2: Forventet økonomisk levetid for infrastruktur. Studier fra ulike land

Studie	Type studie (metode)	Kapitalart	Forventet økonomisk levetid (gjennomsnitt/p50)
Barth mfl. (2016)	Spørreundersøkelse til norske bedrifter av SSB om forventet økonomisk levetid.	Kraftinfrastruktur Anlegg Kontorbygg	66/71 15,3/15 59/50
OECD (2001)	Forventet økonomisk levetid for fire utvalgte land	Jernbaneskinne (USA) Motorveg (USA) Bygninger (Canada) Bygninger (Nederland)	38 60 33–38 50
OECD og EUROSTAT (2013)	Forventet økonomisk levetid i 20 land.	Motorveg	63/53
Link (2021)	Forventet økonomisk levetid i 30 OECD-land	Veger	60/55
Statistics Canada (2018)	Forventet økonomisk levetid offentlig eide bruer og tunneler i Canada.	Motorvegbro Rural motorvegbro Gangbro Tunnel	70/75 55/52 50/45 71/73

Barth mfl. (2016) dokumenterer en undersøkelse av SSB, som ble gjort for å oppdatere forventet økonomisk levetid for varige driftsmidler. SSB ser på alle typer driftsmidler, men her fokuserer vi kun på det mest relevante for infrastrukturinvestering (kraftinfrastruktur, kontorbygninger og anlegg). Undersøkelsen ble gjort ved å sende ut spørreskjemaer til bedrifter som ble bedt om å anslå levetiden på sine anleggsmidler. Svarene fra undersøkelsen viser en gjennomsnittlig levetid for dammer, tunneler, rørgater og kraftstasjoner (kraftinfrastruktur) på 66 (71) år, medianen i parentes. Her var

det kun seks svar. Tallet er derfor beheftet med stor usikkerhet. For kontorbygninger er levetiden 60 (50) år. Anlegg består av veger, jernbane, vann og kloakk, elektrisk og telekommunikasjon, og havne- og damanlegg.[7] For anlegg er gjennomsnittet 15 år, median er tilnærmet lik. Siden veg- og jernbaneinfrastruktur kun er en underkomponent i denne gruppen gir dessverre ikke dette anslaget – som er overraskende lavt – noe informasjon om levetiden til veg- og jernbaneinfrastruktur. Barth mfl. (2016) oppgir også det relative standardavviket (standardavviket/gjennomsnittet) som gir et standardisert mål på usikkerheten. Ikke overraskende er den relative variasjonen lavest for kraftinfrastruktur (som i hovedsak gjelder vannkraft). Her er det relative standardavviket 33 prosent, mens det er 54 prosent for bygninger og anlegg.

OECD (2001) viser en sammenligning av internasjonale tall for forventet økonomisk levetid (service life). Her vises det til rapporterte verdier fra USA, Canada og Nederland. I USA anslås jernbaneskinner å brukes i 38 år, annen jernbaneinfrastruktur brukes i 54 år, mens motorveger benyttes i 60 år. Canada og Nederland har bare tall for bygninger som er av interesse for oss. I Nederland settes forventet økonomisk levetid til 50 år for bygninger, mens det i Canada varierer mellom 33 og 38 år.

Eurostat har også gjort en undersøkelse av forventet levetid. Denne inkluderer tall for 20 ulike land. Disse tallene gjelder for motorveger og er derfor høyst relevante. Her oppgis det forventet levetid for motorveger på 63 år, noe som ligger nært både anbefalingen fra Vennemo og Godeseth (2021), Trafikverket (2020) og USA-tall fra OECD (2001). Her ser vi få tegn til en venstreskjev fordeling siden medianen har en levetid som er 10 år lavere.

Statistics Canada (2018) har en god oversikt over forventet økonomisk levetid for broer og tunneler. På nasjonalt nivå varierer levetiden fra 43 år til 70 år for broer og tunneler. For motorvegbroer er forventet levetid 65 år i gjennomsnitt, mens broer i rurale områder har en levetid på bare 48 år. Den laveste levetiden er for gangbroer med kun 43 år, mens tunneler har den høyeste levetiden med 70 år. Denne oversikten viser lavest variasjon i levetid

[7] Konto F-42 i Statistisk sentralbyrås Standard for næringsgruppering 2007.

for motorvegbroer og -tunneler. Dette kan tolkes som at usikkerheten i levetid er minst for motorveginfrastruktur.

Oppsummert viser gjennomgangen av litteraturen som verdsetter realkapital en gjennomsnittlig økonomisk levetid for motorveger på mellom 30 og 60 år. Ikke uventet er variasjonen i økonomisk levetid ganske lik forskjellene i analyseperiode fra kapittel 3.2. Bygninger er kapitalarten som er mest sammenlignbar på tvers av land. Her varierer levetiden fra 33 til 59 år, noe som tilsvarer variasjonen i levetid for motorveger. Studiene viser ingen tydelige tendenser når det gjelder om levetidsfordelingen er høyre- eller venstreskjev, og gir ikke noe grunnlag til si at levetidsfordelingen er usymmetrisk. Det benyttes også ulike statistiske fordelinger i ulike studier som består av både venstre- og høyreskjeve og symmetriske fordelinger (Link 2021). Dette tyder på at det ikke er konsensus om skjevheten i levetidsfordelingen. Broer og tunneler anslås å leve lengre med levetider i hovedsak mellom 50 og 75 år.

4.3 Andre studier

Langston (2011) ser på bygninger og estimerer forholdet mellom forventet økonomisk levetid (eng: useful life) og teknisk levetid. Forventet levetid beregnes i denne studien som den diskonterte verdien av den tekniske levetiden. Ved å sammenligne økonomisk og teknisk levetid for 64 bygninger i Australia rapporteres det at forholdet mellom forventet økonomisk levetid og teknisk levetid er på to tredeler. Når den økonomiske levetiden utløper er det altså ⅓ igjen av den tekniske levetiden.

5 Metode

5.1 Overlevelsesanalyse

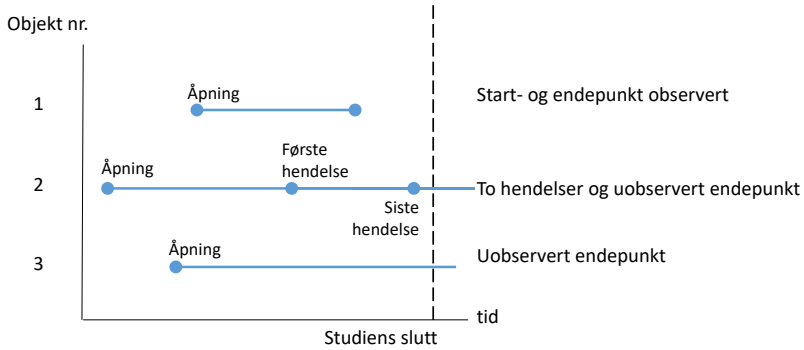
Levetid av infrastruktur kan analyseres på ulike måter. Et hovedskille går mellom kvalitative og kvantitative tilnærminger. En kvalitativ tilnærming vil være å undersøke et lite utvalg prosjekter og analysere hvilke faktorer som har vært viktige for levetiden. En slik fremgangsmåte kan gi dyp innsikt i levetiden enkelte prosjekter, men generaliserbarheten av resultatene vil være begrenset. En kvantitativ analyse vil gi mindre dyp kunnskap om enkeltprosjekter, men kunne være mer generaliserbar. Siden formålet i denne studien knyttes til beregningsforutsetninger generelt, velger vi å bruke den kvantitative tilnærmingen.

Uavhengig av metode, er et sentralt problem når en skal analysere levetid, at en ofte ikke kan observere start- eller endepunkt for studieobjektene. For eksempel har alle broer som brukes i dag et ukjent endepunkt (restlevetid). Det blir derfor åpenbart feil å beregne levetid kun ut fra antall år siden broene ble bygget.

Endepunktet kan også være uklart siden infrastruktur ofte endres gradvis over tid. Selv om det er vanskelig, må vi i en analyse av faktisk levetid ta stilling til når levetiden avsluttes.

Ulike situasjoner med observerte og uobserverte start- og endepunkter vises i Figur 5-1. For objekt 1 er både start- og endepunkt observert, mens for objekt 2 har vi flere observasjoner av hendelser. For objekt 3 har vi kun startpunktet observert. Dette benevnes ofte med at endepunktet er sensurert, eller mer spesifikt høyre-sensurert. Observasjoner av de to første typene gir oss mest kunnskap om levetid. Men tilfellene med uobservert levetid gir også informasjon. Selv om vi ikke vet den faktiske levetiden for objekt 3, vet vi at levetiden er lengre enn det vi har observert. For å kunne gi et anslag på medianlevetiden behøver vi et utvalg hvor minst halvparten av objektene har et observert endepunkt/hendelse. Enkelt sagt: for å kunne si noe om levetiden

til den nedre halvdelen av en fordeling må vi minst observere den nedre halvdelen av fordelingen.



Figur 5-1: Observert og uobservert start og endepunkt.

En metode som adresserer utfordringene med ukjente start-/endepunkter er den statistiske teknikken overlevelsesanalyse. Overlevelsesanalyse er en gren innenfor statistikk som benyttes for å analysere forventet varighet inntil en hendelse oppstår. Overlevelsesanalyse er mest brukt innen medisin og ingeniørvitenskap, men brukes også innenfor samfunnsøkonomi, for eksempel studier av varighet av arbeidsløshet (Dawkins mfl. 2005) eller varighet av streiker (Kennan 1985).

Nedenfor gir vi en kort beskrivelse av de viktigste statistiske sammenhengene i overlevelesesanalyse.[8] Vi benevner t som tid etter åpning og T som levetid. La videre overlevelsesfunksjonen $S(t)$ være sannsynligheten for at infrastrukturen oppnår en levetid lengre enn t, altså

$$S(t) = P(T > t). \tag{1}$$

[8] Fremstillingen bygger i stor grad på Greene (2003).

Overlevelsesfunksjonen kan videre skrives som

$$S(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \tag{2}$$

hvor $F(t)$ er den kumulative tetthetsfunksjonen (sannsynligheten for at infrastrukturen ikke overlever frem til t), $f(t)$ er tetthetsfunksjonen og dt en marginal tidsendring.

Hazardraten $h(t)$ er sannsynligheten for at levetiden ender på tidspunkt t, gitt varighet frem til t. Hazardraten er dermed definert som

$$h(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P(t < T < t + \Delta t | T > t)}{\Delta t}. \tag{3}$$

Fra definisjonen av betinget sannsynlighet kan uttrykket forenkles til[9]

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)}. \tag{4}$$

En vanlig bruk av overlevelsesanalyse er *Kaplan-Meier estimatoren,* fra Kaplan og Meier (1958). Denne estimatoren er gitt ved produktet av andelen observasjoner som har overlevd opptil et gitt tidspunkt

[9] Først erstattes telleren med definisjonen for betinget sannsynlighet

$h(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P(t<T<t+\Delta)}{P(T>t)\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P(T<t+\Delta t)-P(T<t)}{\Delta t} \frac{1}{S(t)} = \frac{f(t)}{S(t)}$. Den andre likheten følger av definisjonen av overlevelsesfunksjonen fra ligning (1) og en omskriving av telleren. Den siste likheten følger av definisjonen av en tetthetsfunksjon.

$$S(t_i) = \prod_{i:t_i<t} \frac{n_i - d_i}{n_i} \tag{5}$$

hvor n_i er antall observasjoner som 'lever' på tidspunkt t, mens d_i er observasjoner som ikke lever på tidspunkt t. Metoden er ikke-parametrisk, noe som betyr at vi ikke trenger å gjøre noen antagelser om formen på overlevelsesfunksjonen. Visuelt er funksjonen en avtagende trappetrinnfunksjon hvor hvert trinn angir en tidsenhet. I vårt tilfelle er denne funksjonen den empiriske fordelingen av dataene.

Den ikke-parametriske Kaplan-Meier estimatoren gir en god oversikt for overlevelseskurven for et datasett. Men den gir ingen svar på hvordan ulike forhold påvirker overlevelse. En populær tilnærming for å løse dette er *Cox proporsjonal hazard modellen* fra Cox (1972). Modellen, heretter omtalt som Cox-modellen, spesifiserer hazardraten som

$$h(t_i) = \exp(\boldsymbol{x_i'\beta})\, h_0(t_i). \tag{6}$$

Ligning (6) er et produkt av to ledd: en eksponentiell komponent, $\exp(\boldsymbol{x_i'\beta})$ og grunnhazarden, h_0.[10] Det første leddet er uavhengig av levetiden og inneholder eksogene variabler som gjennom størrelsen på β-ene bestemmer den eksponentielle summen. Grunnhazarden er avtagende i levetiden, men inkluderer ingen eksogene variabler.

β-ene kan tolkes som den prosentvise endring i overlevelsessannsynlighet for en enhets endring i variablene. For eksempel, dersom $\beta_1 = 10$ betyr det at en økning i variabel x_1 med én enhet *øker* sannsynligheten for sammenbrudd med 10 prosent.

Cox-modellen gjør det mulig å undersøke virkningene av ulike variabler simultant. Kaplan-Meier estimatoren kan derimot bare brukes til å illustrere overlevelsessannsynlighet ut fra ulike faktorer (strata), men gir ingen

[10] Her har vi lagt til grunn en eksponentiell funksjon. Andre funksjoner er mulige, men dette er den vanligste.

informasjon om det isolerte bidraget fra ulike variabler. Cox-modellen krever imidlertid at en må gjøre forutsetninger om fordelingsfunksjonen, som i dette tilfellet er en eksponentialfunksjon.

5.2 Operasjonalisering av faktisk økonomisk levetid

Definisjonen av faktisk økonomisk levetid fra kapittel 2.1 er krevende å benytte i en empirisk analyse. Betyr en utvidelse av en tofelts veg til en firefelts veg at infrastrukturen ikke lenger «betjente prosjektets formål»? Dersom den nye vegen følger en ny linje virker det åpenbart at den gamle vegen ikke brukes til det opprinnelige formålet. Men hva om den nye vegen har tilnærmet lik linjeføring? Formålet kan sies å være det samme men snakker vi om det samme prosjektet? For jernbaneinfrastruktur har vi samme type utfordring ved bygging av dobbeltspor. Andre endringer er teknologiske som utvidelse av sporvidde, elektrifisering, og automatisk togstopp. Er disse betydelige nok til at formålet er endret?

Når vi samler sammen data for levetid omtaler vi derfor endringer i prosjektet heller som hendelser, slik tradisjonen er i overlevelsesanalyse. Følgende definisjon brukes i dataanalysen: «*Antall år prosjektet ble brukt inntil en hendelse oppsto*». Hendelser kan deles inn i nedlegging og ombygging. Nedlagt betyr at infrastrukturen er fjernet, sperret, har fått endret klassifisering eller ikke lenger er trafikkert. Endret klassifisering kan være endring fra bruk som bilveg til gang- og sykkelveg eller fra motorveg til kommunal veg. Eksempel på 'ikke lenger trafikkert' er jernbanestrekninger som fortsatt eksisterer, men ikke lenger brukes til vanlig persontransport slik som Tinnosbanen mellom Notodden og Tinnoset hvor persontrafikken ble nedlagt i 1991, men som fortsatt eksisterer som kjørbar strekning på grunn av vern fra Riksantikvaren.

5.3 Datakilder

Ideelt sett skulle vi hatt et datasett over hele det norske veg- og jernbanenettet, delt inn etter analyseenheten i samfunnsøkonomiske analyser, med informasjon om alle vesentlige investeringer. En slik oversikt eksisterer ikke for vegstrekninger og det er spesielt krevende å identifisere tidligere endringer flere tiår tilbake i tid. For jernbanestrekninger er det færre strekninger og derfor mulig å lage en komplett oversikt. For veginfrastruktur har vi benyttet

en utforskende tilnærming og sett på strekninger og infrastrukturobjekter der vi har klart å oppdrive en tilnærmet komplett oversikt.

For å undersøke faktisk levetid av infrastruktur har vi satt sammen syv datasett. En av utfordringene i datainnsamlingen har vært å finne nok observasjoner av både start- og endepunkt for infrastruktur til at det tillater en statistisk analyse. Vi finner ikke et enkelt datasett som gir tilstrekkelig informasjon om levetid og bruker derfor flere datakilder.

Det første datasettet gjelder jernbane. De øvrige seks gjelder veginfrastruktur. For jernbane er antall strekninger håndterbart og det er mulig å gjøre en vurdering av alle strekninger og alle betydelige endringer i nettverket. For veginfrastruktur er situasjonen mer krevende. Antallet strekninger er stort og det er adskillig større variasjon i vegtype (antall felt, bredde og fartsgrense), ansvarsområde (stat, fylke eller kommune) og geografi (bynært, kystnært, høyfjell). For veginfrastruktur ser vi derfor på seks datasett (se Tabell 5-1), som på forskjellige måter gir innsikt i levetid. Fire av datasettene gjelder for objekter som broer og tunneler. Fordelen med broer og tunneler er at antallet er mer håndterbart og at dataene er lettere tilgjengelig. Det er imidlertid levetid på vegstrekninger som er målet med denne studien, noe som er mer krevende å analysere. Vegstrekninger endres mer kontinuerlig med breddeutvidelser og retting av veglinjen. Vi ser derfor på endringer i vegstandarden for E18 (Svenskegrensen–Kristiansand) og E6 (Kornsjø–Hedmark grense). Nedenfor går vi nærmere inn på hver av disse kildene.

Tabell 5-1: Oversikt over datakilder

Nr.	Beskrivelse	Hovedkilde
1	Jernbanestrekninger i Norge	Bjerke mfl. (2013)
2	Broer i Akershus	Skari (2000)
3	Tunneler i Rogaland	Smedberg og Kleven (2016)
4	Norske broer over 400 meter	Brun (2003)
5	Broer bygget etter 1960	Staten vegvesens database Brutus
6	Europaveg 18 (Ørje–Kristiansand)	Wiik (2016, 2020)
7	Europaveg 6 (Svinesund–Hedmark grense)	Wiik (2017)

Det første datasettet er for jernbanestrekninger. Her trekker vi ut det aller meste av dataene fra oppslagsverket Banedata 2013 (Bjerke mfl. 2013). Banedata 2013 gir en detaljert informasjon om infrastrukturen til jernbanene i Norge, med historiske datoer for de enkelte banestrekningene, oversikter over

stasjoner, holdeplasser, større bruer, tunneler og mye annet. Boken er utgitt av Norsk Jernbaneklubb og Norsk Jernbanemuseum.

Det andre datasettet er for 187 fylkesbroer i Akershus (del av Viken per 2021). Dette datasettet består av alle broer i Akershus frem til i dag, og er hentet fra den detaljerte beskrivelsen av broer fra Skari (2000). Denne datakilden gir åpningsår, lengde, type og plassering av hver bro. For å identifisere nedlagte/fjernede broer har vi sammenlignet broene fra Skari (2000) med uttrekk av broer i det tidligere fylket Akershus fra Statens vegvesens digitale vegkart (vegkart.atlas.vegvesen.no). Denne sammenligningen gir oss 21 nedlagte broer i perioden.

Det tredje datasettet er hentet fra Smedberg og Kleven (2016) som gir en detaljert oversikt over de 121 tunnelene på fylkesvegene i Rogaland, inkludert åpningsår, endring i bruk eller breddeutvidelser/strossing av tunnelene.

Det fjerde datasettet gjelder norske broer over 400 meter, i alt 111 stykker. Hovedgrunnen til avgrensingen til 400 meter er at info om disse broene er relativt lett tilgjengelig. Primærkilden er Brun (2003), rapporter fra Statens vegvesen (vegkart.atlas.vegvesen.no) og nyhetsartikler. Denne gjennomgangen viser at for 11 av broene har det vært en vesentlig oppgradering eller endring i formålet siden den opprinnelige åpningen av broen.

Det femte datasettet er norske broer bygget etter 1965. Dette datasettet er hentet fra Staten vegvesens database Brutus. Broene er hentet ut ved å først trekke ut alle norske broer bygget etter 1965, noe som gir 15 416 broer fordelt på alle typer av veger (europaveg, riksveg, fylkesveg, kommunal veg og private veger).[11] For om lag 500 av disse broene er det registrert en statusendring i Brutus, noe som tyder på en bruksendring. For eksempel at vegen er lagt om, broen er erstattet, stengt eller fjernet. Statusendringer oppstår i tilfeller som ikke er knyttet til type endringer vi er ute etter. For eksempel navneendringer eller vedlikeholdsstatus. I dette tilfellet er derfor hver enkelt bro undersøkt ved å gå inn i informasjonen fra Brutus. Brutus inneholder også informasjon om årlig døgntrafikk (ÅDT) som er hentet fra Nasjonal vegdatabank (NVDB).

[11] Vi holder endringer pga. forvaltningsreformen utenfor.

Det sjette datasettet er vegstrekninger på E18. I dette tilfellet har vi sett på åpnings-/fullføringsår for strekninger ved å søke via Statens vegvesens vegkart. Dette årstallet gir info om året for den siste oppgraderingen av en strekning. Tidligere vegprosjekter og investeringer på disse strekningene finner vi fra de veghistoriske bøkene Wiik (2016, 2020) samt oversikter fra Wikipedia, som oppgir en rekke relevante kilder for å etterprøve årstall for vegstrekninger.[12] Disse er deretter søkt opp via digitaliserte artikler, rapporter og bøker fra Nasjonalbibliotekets database.

Det syvende datasettet er vegstrekninger på E6. Her har vi sett på strekningene fra Svinesund frem til Hedmark grense og årstallet fra åpning av tofelts- og firefeltsveg. Disse årstallene er hentet fra Wiik (2017), med noe komplettering av tabellene for åpning av tofeltsveg.

5.4 Beskrivelse av datamaterialet

Tabell 5-2 viser deskriptiv statistikk for åpningsår for datasettene. For det første datasettet, jernbane, har vi 177 observasjoner. Det gjennomsnittlige åpningsåret er på begynnelsen av 1900-tallet. For de 187 broene i Akershus er det gjennomsnittlige åpningsåret på slutten av 1970-tallet. De 121 tunnelene i Rogaland er i gjennomsnitt åpnet på midten av 1960-tallet. Her er spennet stort med den eldste tunnelen bygget i 1881 og den siste i 2003. De 105 broene over 400 meter har et gjennomsnittlig åpningsår i 1986. De 33 strekningene på E18 og 42 strekningene på E6 ble opprinnelig bygget som motorveg/motortrafikkveg på 1960-tallet.

I tillegg til åpningsåret er antall hendelser sentralt. Ulike typer hendelser er blitt brukt i de ulike datasettene, men det som er felles er at en hendelse skal representere en betydelig endring i infrastrukturen som er av betydning for trafikantene. Et annet viktig aspekt når det gjelder antall hendelser er for hvor mange av observasjonene i datasettene en hendelse har funnet sted (både observert start og endepunkt i Figur 5-1) og for hvor mange av observasjonene vi kun har en observasjon av startåret for enheten.

[12] https://no.wikipedia.org/wiki/Europavei_18_(Norge)

Tabell 5-2: Deskriptiv statistikk for åpningsår

Datasett	N	Gjennom-snitt	Median	Std. avvik	Min.	Max.
1. Jernbane	177	1909	1902	38	1854	2020
2. Broer i Akershus	187	1977	1976	8	1960	1990
3. Tunneler i Rogaland	121	1964	1973	27	1881	2003
4. Norske broer over 400 meter	105	1986	1987	17	1946	2020
5. Broer bygget etter 1960	1917	1993	1993	16	1965	2021
6. Europaveg 18 (E18)	33	1966	1965	6	1952	1977
7. Europaveg 6 (E6)	42	1967	1969	17	1952	1993

Merknad: Alle data med unntak av datasett nr. 5 vises i vedlegg 1.

En oversikt over type og hyppighet av hendelser ser vi fra Tabell 5-3. Her angis både hyppighet av de ulike hendelsene i datasettene og hvilke typer hendelser det er snakk om.

Tabell 5-3: Oversikt over hendelser i datasettene

Nr.	Navn	Hendelse	Type ombygging
1	Jernbanestrekninger	Ombygging: 113 (64 %) Nedlagt: 56 (32 %)	Fjernstyring: 87 Elektrifisering: 88 Automatisk togstopp: 70 Dobbeltspor: 20
2	Broer i Akershus	Nedlagt (sperret): 21 (11 %)	Ukjent
3	Tunneler i Rogaland	Ombygd: 74 (100 %) Nedlagt[1]: 29 (24 %)	Utvidet: 12 Støpt portal: 2
4	Broer > 400 meter	Ombygd/erstattet/linje-omlegging: 8 (8 %)	Erstattet: 2 Utvidet: 2 Rehabilitering: 2 Linjeomlegging: 2
5	Broer etter 1965	Nedlagt (sperret): 6 (0,3 %) Nedlagt (revet): 87 (6 %) Trafikkert: 1 821 (95 %)	Ukjent
6	Europaveg 18	Ombygd: 29 (88 %)	Endret fra to- til firefelts eller linjeomlegging: 29
7	Europaveg 6	Ombygd: 42 (100 %)	Endret fra to- til firefelts: 42: 42

[1] Inkluderer kategoriene fjernet, nedlagt, stengt og G/S-veg

6 Resultater

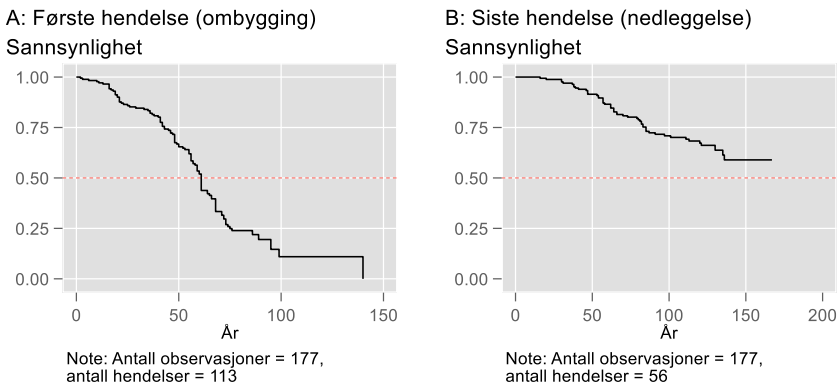
Datasettene presentert i forrige kapittel benyttes til å lage Kaplan-Meier overlevelsesfunksjoner, noe som tilsvarer en kumulativ overlevelsesprosent over tid. Disse overlevelsesfunksjonene grupperes avhengig av tilgjengelig informasjon fra datasettene samt hvordan dette gir info om forhold som har betydning for levetiden. Hovedinteressen i overlevelsesfunksjonene er hvilket år overlevelsesfunksjonen krysser p50-linjen (0,50 på y-aksen) noe som representerer medianlevetiden. Dette skjæringspunktet gir et anslag på faktisk økonomisk levetid. Når linjen krysser p50-linjen betyr dette at halvparten av objektene har falt ut av datasettet.

6.1 Levetid jernbane

Figur 6-1 viser overlevelsesfunksjoner for norske jernbanestrekninger. Den venstre figuren viser overlevelse fra åpning til første ombygging av strekningen, mens den høyre figuren viser overlevelse fra åpning til nedleggelse av strekningen.

Fra figuren med nedlegging ser vi at det tar mange år før strekninger legges ned. Selv etter 75 år er kun et fåtall av strekningene lagt ned, og etter 150 år er mer enn halvparten av strekningene fortsatt i drift.

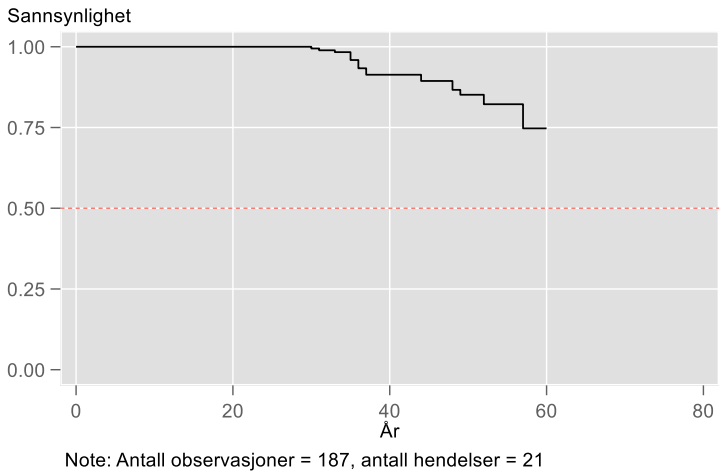
Overlevelse til første ombygging er vesentlig kortere. Fra figuren ser vi at etter rundt 60 år var halvparten av strekningene ombygd. Fra overlevelseskurven ser vi enkelte strekninger ble ombygd bare få år etter åpning og at kurven blir brattere etter hvert. De fleste ombyggingene er teknologiske forbedringer som automatiske togstopp, elektrifisering og fjernstyring, mens vesentlig færre er bygging av dobbeltspor (Tabell 5-3).



Figur 6-1: Kaplan-Meier overlevelsesfunksjon – jernbanestrekninger

6.2 Levetid vegbroer

Figur 6-2 viser overlevelse av broer i Akershus. For dette datamaterialet har vi bare identifisert endringer for 21 av 187 broer. Vi ser det derfor ikke forsvarlig å dele inn datamaterialet i ulike grupper, som type veg eller åpningsår.



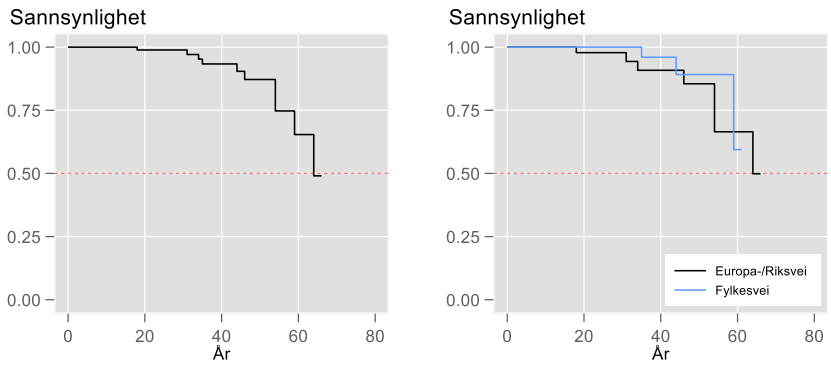
Figur 6-2: Kaplan-Meier overlevelsesfunksjon – broer i Akershus

Figuren viser at levetiden for broene i Akershus har vært lang. Vi ser fra figuren at tre av fire broer fortsatt er i bruk ved utløpet av

observasjonsperioden. Analysen gir derfor i dette tilfellet ikke noe svar på medianlevetiden, men den viser at denne i hvert fall overstiger 60 år. Hvis vi gjør en spekulativ ekstrapolering av trenden for overlevelsesfunksjonen, ser det ut til at funksjonen vil krysse p50-merket ved om lag 80 år.

Figur 6-3 viser overlevelse av broer over 400 meter. Som nevnt er disse broene på både Europa-, riks-, fylkes- og private veger. I dette tilfellet skiller vi mellom vegtype.

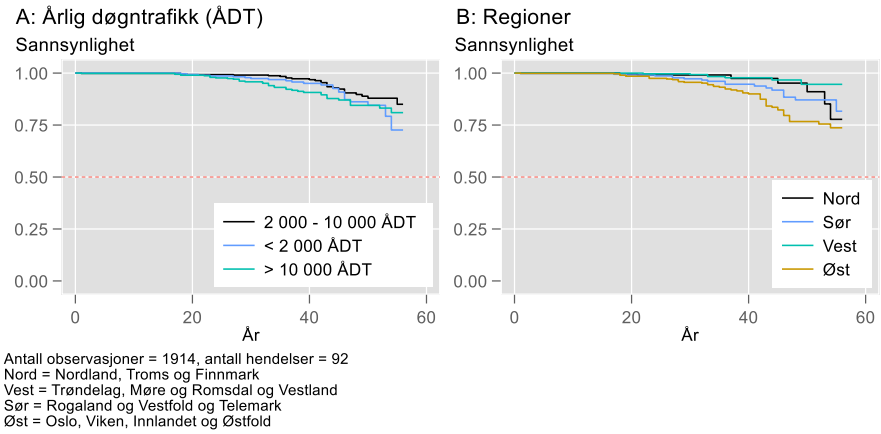
Overlevelsesfunksjonen viser i dette tilfellet en levetid på drøye 60 år. Vi ser dette ved at overlevelsesfunksjonen krysser p50-linjen rett etter 60-årsmerket. Funksjonen viser også at overlevelsesfunksjonen blir litt brattere etter ca. 50 år. I den høyre figuren skiller vi på vegtype. Det er ganske klart at det er lite forskjell i overlevelse mellom vegtypene i dette tilfellet. Vi ser dette fra det klare overlappet mellom den svarte og den blå linjen. Ikke overraskende viser en statistisk test at det ikke er forskjell på gruppene i dette tilfellet.[13]



Note: Antall observasjoner = 104, antall hendelser = 10

Figur 6-3: Kaplan-Meier overlevelsesfunksjon – broer over 400 meter. Venstre panel inkluderer alle broene. Høyre panel utelater kommunale broer (1 stk.) og deler broene inn i Europa-/Riksvei og Fylkesvei.

[13] Log-rang-testen for likhet av overlevelsesfunksjonen gir en observator (som asymptotisk er kjikvadratfordelt) på 0,36, som er langt under den kritiske verdien.



Figur 6-4: Kaplan-Meier overlevelsesfunksjon – europavegbroer bygget etter 1965. Venstre panel deler inn broene etter ÅDT. Høyre panel deler inn broene geografisk.

Figur 6-4 viser overleveselsfunksjonen for europavegbroer bygget etter 1965. Vi deler her broene etter trafikkmengde (figur A til venstre) og etter regioner (figur B til høyre). Formålet med å dele inn etter trafikkmengde er å undersøke om levetiden er kortere der trafikken er høyere. Inndelingen etter regioner har mye av den samme begrunnelsen, men her er tanken motivert av at trafikkveksten skiller seg regionalt, slik at denne inndelingen kan gi en pekepinn om levetiden er kortere i områder hvor det har vært sterkest vekst i trafikkmengde.

Når vi deler inn broene etter trafikkmengde ser vi ingen klare forskjeller. Det generelle bildet er at levetiden for alle kategoriene er lang, og tre av fire bruer benyttes fortsatt etter knappe seksti år. Figuren viser at linjen for veger med mest trafikk (årlig døgntrafikk på over 10 000) ligger nederst i området, 20 til 50 år, men ligger mellom de to andre på slutten av perioden. Her ligger de minst trafikkerte vegene nederst. Disse forskjellene er imidlertid for små til at de bør tillegges mye vekt.

Siden dette datasettet inkluderer mange observasjoner og detaljer om trafikk og geografi kan vi undersøke sammenhengen nærmere med mer avansert statistisk analyse. I Cox-regresjonen kombinerer vi både regioner og trafikkmengde. Vi gjør først enkeltestimeringer med bare region, kolonne (1), eller trafikk i modellen, kolonne (2), i tillegg til en modell som inkluderer begge to, kolonne (3). Koeffisientene som vises i tabellen tolkes som effekt på hazardraten. Hvis vi trekker fra 1 og multipliserer med 100 blir dette

prosentvise effekter. Tolkningen av den øverste koeffisienten fra venstre (broer i region Nord) blir dermed en økning i hazardraten på 110 prosent, sammenlignet med referansegruppen region Vest.[14] I vårt tilfelle er den kumulative sannsynligheten for at levetiden avsluttes etter 60 år på 20 prosent. Tolkningen blir dermed at sannsynligheten for at levetiden for broer i Nord avsluttes innenfor en 60 årsperiode endres fra 20 til 44 prosent.[15]

Tabell 6-1: Estimeringsresultater av Cox-proporsjonal hazard regresjon (Cox-regresjon). Europavegbruer bygget etter 1965

Variabler	(1)	(2)	(3)
Region			
Nord	2.103		1.491
	(1.001)		(0.733)
Sør	3.047**		3.500***
	(1.348)		(1.566)
Øst	5.476***		6.025***
	(2.202)		(2.507)
ÅDT			
2 000–10 000 ÅDT		0.550**	0.924
		(0.138)	(0.245)
< 2 000 ÅDT		0.872	1.978**
		(0.221)	(0.587)
Observasjoner	1,914	1,914	1,914

Merknad: Standard errors in parentheses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 Referansekategoriene er region Vest og ÅDT > 10 000. De estimerte hazardratene tolkes som avvik fra referansekategoriene.

Cox-regresjonen viser at både region og trafikk påvirker levetiden. Vi ser at koeffisientene i Sør og Øst er signifikante og større enn 1. Det betyr at levetiden er kortere i Sør og Øst. For trafikken ser vi at det er kun en tendens til kortere levetid for bruene på strekninger med lavere ÅDT enn 2000, som er signifikant. Merk at virkningen av trafikkmengde endres totalt i forhold til modellen hvor vi utelater den geografiske dimensjonen. I kolonne (2) ser vi at

[14] $(2{,}103 - 1) \times 100 \approx 110$.

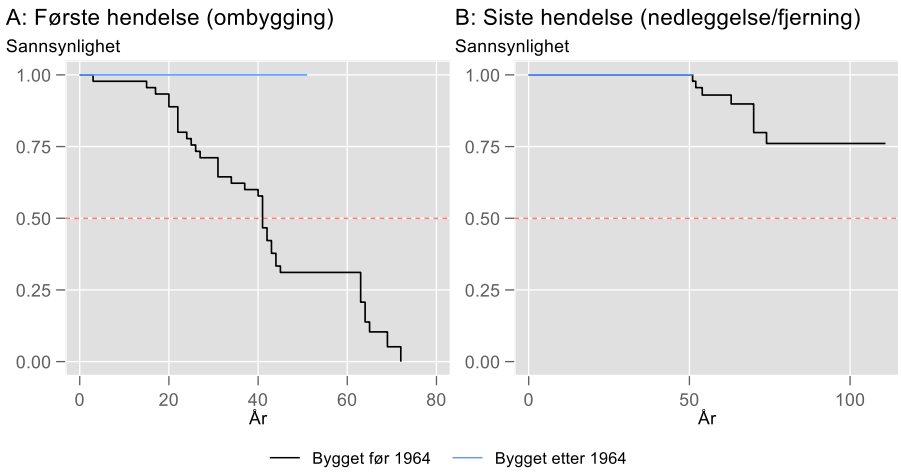
[15] $0{,}2(1 + 1{,}1) = 0{,}44$.

koeffisientene med minst trafikk er langt fra signifikante og har en estimert hazardrate på under 1, noe som betyr lavere sannsynlighet for hazard for denne gruppen, sammenlignet med broene med høyest trafikk. Årsaken til denne effekten er at trafikk på broene i Sør og Øst er høyest i gjennomsnitt. Samlet sett ser vi fra resultatene at den geografiske dimensjonen er den mest avgjørende. En mulig forklaring på dette er at disse områdene har hatt klart høyest befolkningsvekst i perioden vi ser på. Virkningen går altså gjennom vekst i trafikk snarere enn nivået på trafikken.

6.3 Levetid vegtunneler

Den neste analysen ser på overlevelse av fylkesvegtunneler i Rogaland. Vi skiller mellom byggeår før og etter 1964 og mellom ombygging (utbedring) og nedleggelse/fjerning. Ombygging betyr i dette tilfellet breddeutvidelse eller annen oppgradering av tunnelen. Nedleggelse/fjerning gjelder om en har erstattet tunnelen med en annen tunnel, noe som oftest betyr en tunnel med en rettere linjeføring og større bredde. Andre tilfeller gjelder hvor tunnelen rett og slett er fjernet ved å sprenge bort hele fjellet og erstatte tunnelene med en vegskjæring.

Figur 6-5 viser at tunnelene som ble bygd etter 1964 uten unntak benyttes fortsatt. Disse tunnelene har i dag en levetid som nærmer seg 50 år. De eldre tunnelene hadde en vesentlig kortere levetid. Når vi ser på ombygging, ble en ombygging i gjennomsnitt foretatt etter 40 år. Hovedgrunnen til endringene er at de eldste tunnelene ble drevet med gammel teknologi (de aller eldste ble drevet med håndmakt). Disse tunnelene var derfor smale, og bredden ble utvidet når nyere teknologi ble tatt i bruk. Vi ser også at nesten ¾-deler av tunnelene drevet før 1964 fortsatt benyttes i dag.

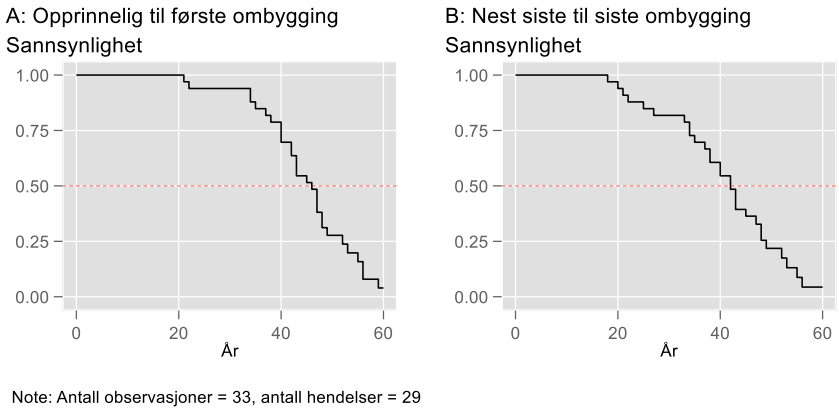


Figur 6-5: Kaplan-Meier overlevelsesfunksjon – fylkesvegtunneler i Rogaland

6.4 Levetid motorvegstrekninger

De siste datasettene ser på overlevelse av motorvegstrekninger, noe som er nærmest hovedinteressen knyttet til levetidskonseptet i denne rapporten. Vi ser først på levetiden for strekninger på E18 fra den svenske riksgrensen til Kristiansand. På grunn av det lave antallet observasjoner på 33 ser vi det ikke som hensiktsmessig å dele inn datasettet i ulike grupper i dette tilfellet.

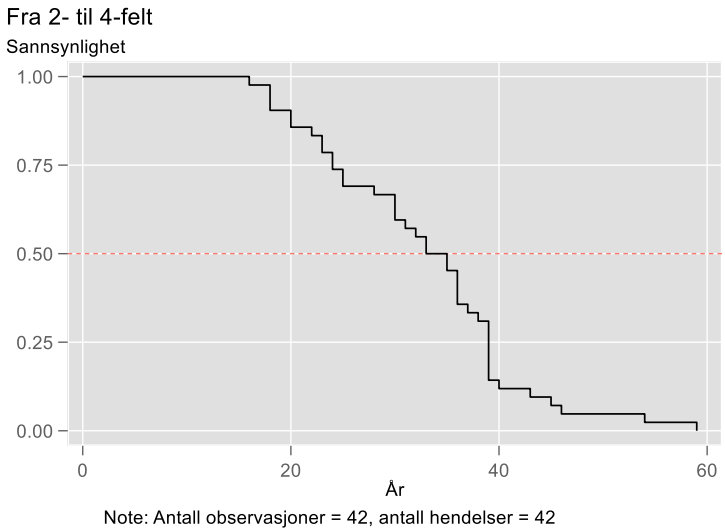
Figur 6-6 viser overlevelsesfunksjonen for strekninger på E18. Vi skiller mellom levetid fra opprinnelig motorveg til første ombygging. I praksis betyr dette antall år fra den første motorvegen bygd på 1960-tallet til den første vesentlige ombygging (oppgradering). Dette vises i figur A til venstre. I figur B ser vi på levetid som år fra nest siste til siste ombygging.



Figur 6-6: Kaplan-Meier overlevelsesfunksjon E18 Ørje–Kristiansand

Overlevelsesfunksjonen viser her en forventet levetid på drøye 40 år i begge tilfellene. Når vi ser på levetid fra opprinnelig motorveg ser vi at de fleste ombyggingene starter etter drøye 30 år. Når vi inkluderer strekningene med flere ombygginger siden 1960-tallet, starter endringene 20 år etter ferdigstillelse av vegen. Med få unntak skjer ombyggingen gradvis etter 20 år.

Figur 6-7 viser overlevelsesfunksjonen for E6-strekningene. Som forklart over inkluderer disse dataene tiden fra etablering av tofelts motorveger på E6 til åpning av firefeltsveger. Denne figuren viser et sammenfall med analysen fra E18. Strekningene med kortest levetid er på rundt 20 år og den gjennomsnittlige levetiden er på litt under 40 år.



Figur 6-7: Kaplan-Meier overlevelsesfunksjon, E6 Svinesund–Hedmark grense

Begge europavegstrekningene som blir analysert, kommer fra områder med høy befolkningstetthet og befolkningsvekst, i en norsk sammenheng. Det er derfor sannsynlig at levetiden andre steder i landet har vært høyere. Analysen av europevegbruer i kapittel 6.2 viser også en lavere levetid i Øst- og Sør-Norge. Nybygging av veger i hele landet de siste årene tyder også på en lav erstatningstakt. Som gjennomsnitt erstattes kun 1 prosent av strekningene hvert år det siste tiåret (se Tabell V1-7 i vedlegget). En slik erstatningstakt er konsistent med en forventet levetid på 69 år.[16] Erstatningstakten det siste tiåret er altså konsistent med en levetid på over 40 år.

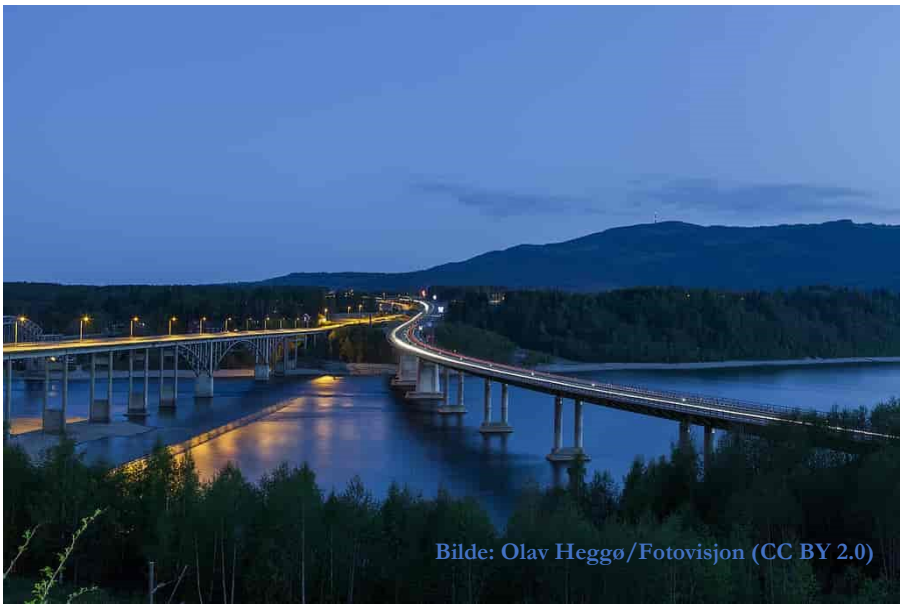
6.5 Illustrerende eksempler

For å utdype resultatene ser vi i dette avsnittet på fire eksempler som illustrerer den historiske økonomiske levetiden.

[16] Vi har fra ligning (5) at $S(t_i) = \prod_{i:t_i<t} \frac{n_i - d_i}{n_i}$. Hvis vi setter overlevelse-sannsynligheten til ½ og en fast sannsynlighet for at strekning blir erstattet (hazardraten), får vi $0{,}5 = 0{,}99^t$. Løser for t og får $t = \frac{\ln(1/2)}{\ln(0{,}99)} = 68{,}97$.

1. E6 Minnesundbroene – kapasitetsbegrensning

Det første eksempelet er broene over Minnesundet i Eidsvoll kommune langs E6. Disse broene illustrerer at levetiden kan bli kort dersom infrastrukturen bygges med lav kapasitet som fordrer utbedring eller erstatning når trafikkmengden øker.



Figur 6-8: Minnesundbroene. Fra venstre: Minnesund bru (jernbanebroen), Langset bro og Minnesund bro

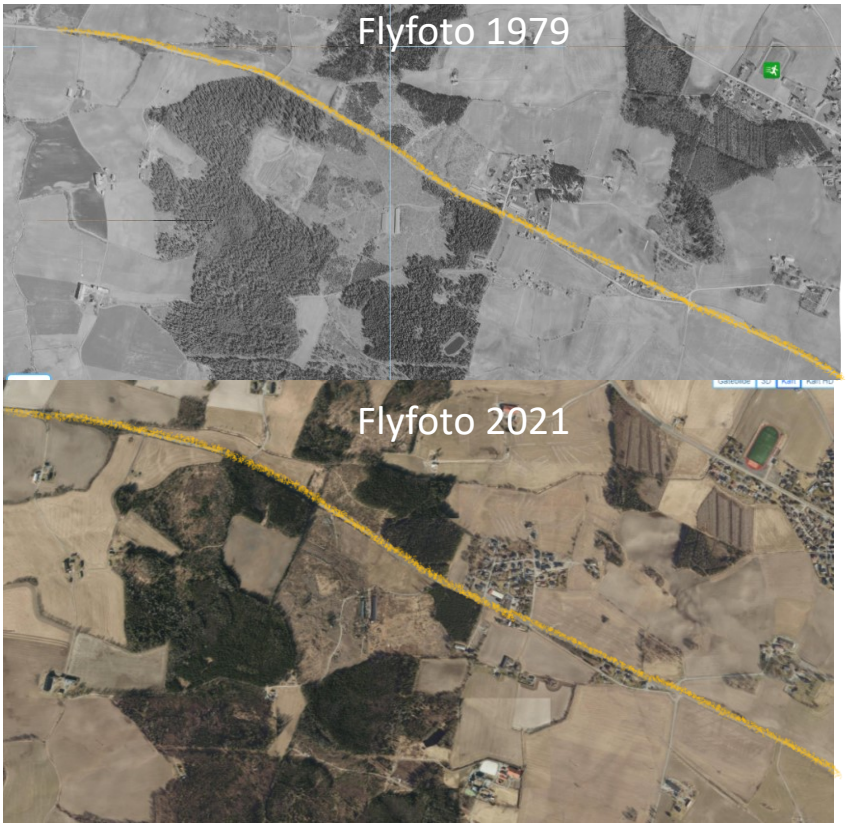
Over Minnesundet er det i dag tre broer. Langset bru (Gamle Minnesund bru) ble åpnet i 1959, på vegen het Riksvei 50, men som fra 1965 ble hetende E6. Langset bru ble erstattet av (Nye) Minnesund bru i 1993 og ble da nedklassifisert til fylkesvegbro på Fv177. Denne broen hadde ved åpning to felt. I forbindelse med etablering av E6 med fire felt ble imidlertid broen utvidet med to ekstra felt og åpnet som firefeltsbro i 2011. Utvidelsen av broen ble gjort på det samme pilarfundamentet.

I tillegg til vegbroene ligger det en jernbanebro her som ble åpnet i 1880. Denne broen ble bygget om til en kombinert veg- og jernbanebro i 1925, med vegbroene bygget som oppheng på siden av den opprinnelige jernbanebroen. Disse vegbroene ble demontert i 1965, noen år etter at Langset bro ble bygget. Vegbroene over Minnesundet har altså hatt ganske kort levetid. Vegbroen som var kombinert med jernbanebroen fungerte i 34 år før Langset bru ble bygget.

Deretter tok nye 34 år før Minnesund bru ble åpnet og 18 år før denne broen ble utvidet med to ekstra felt. Hvis vi definerer at utvidelsen av broen teller som en ny bro har altså levetiden for vegbruene over Minnesundet vært knappe 30 år.

2. E18 Kråkstadsletta – lave byggekostnader ga lang levetid

Det andre eksempelet er E18 ved Kråkstadsletta i Ski. Ifølge Wiik og Johansen (2015) var Kråkstadsletta et begrep langt tilbake. Her var det «mulig å trykke på gasspedalen» på en strekning som stort sett har vært uforandret trasémessig fra 1961 til i dag. Dette ser vi også fra flyfotoene i Figur 6-9.



Figur 6-9: Flyfoto av tidligere E18 ved Kråkstadsletta i Ski. Kilde: kart.finn.no/Norkart

Levetiden, til nå, er altså over 60 år, noe som må betegnes som lang tid i et område hvor trafikkmengden og befolkningen har økt kraftig i denne perioden.

Årsaken til at denne vegstrekningen levde lenge har nok sammenheng med at det var billig å bygge motorveg med ganske høy standard allerede på 1960-tallet, noe som kommer av det flate landskapet som ikke krevde kostnadskrevende broer, tunneler eller andre dyre elementer.

3. Strynefjellstunnelene – endringer i reguleringer og krav

Levetiden til tunnelen over Strynefjellet illustrerer konsekvenser av endringer i krav. Vegen mellom Stryn og Skjåk (Riksveg 15) er en viktig fjellovergang mellom Nord-Vestlandet og Østlandet. Samlet tunnellengde er 11 kilometer fordelt på tunnelene Grasdalstunnelen og Ospelitunnelen. Trafikkmengden varierer betydelig gjennom året og strekningen har høy andel av tunge biler på 22 prosent pr. 2020.[17] Det er dels stor rasfare på veg i dagen, særlig ved Breiddalen og Grasdalen. Dette fører til at vegen stenges i perioder med høy rasfare i vintersesongen, noe som også skaper problemer for næringslivet på vestsiden av Strynefjellet (Olaussen mfl. 2017).

Figur 6-10: Strynefjellstunnelen. Foto: Thomas Thaule.

Et problem med dagens tunneler over Strynefjellet er at de ikke tilfredsstiller kravene i EU-direktivet om sikkerhetsgodkjenning, som tunnelsikkerhetsforskriften er basert på, og kan derfor ikke

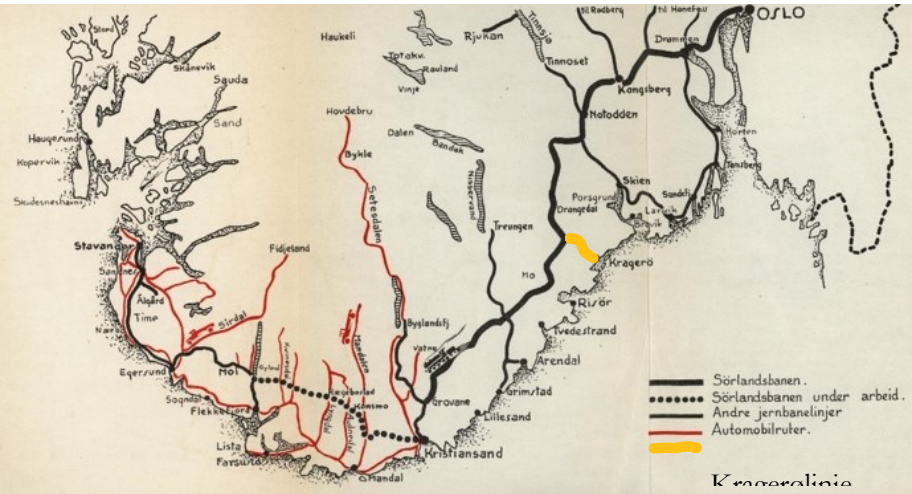
[17] Data fra trafikktellinger ved tellepunktet Ospelitunnelen fra https://www.vegvesen.no/trafikkdata.

sikkerhetsgodkjennes. EU satte krav om at alle tunneler over 500 meter skulle oppfylle krav til f.eks. ventilasjon, belysning og nødstasjoner innen 2019, noe som mangler ved dagens tunneler over Strynefjellet. Dagens tunneler, som ble bygget i 1978, hadde allerede ved bygging en smalere profil enn både vegnormaler og det som var planlagt. Skiltet høyde er økt fra 3,5 til 4,2 meter ved å skilte for sentrisk kjøring. Dette innebærer at kjørebanen har en bredde på mellom 5,45 og 5,7 meter.

For å tilfredsstille sikkerhetsforskriftene er det behov for kostnadskrevende investeringer. Strekningens behov for utbedring knyttes primært til trafikksikkerhet, oppfyllelse av EU-krav og behovet for veg som ikke stenges ved ras eller rasfare. Det er planlagt en ny lang tunnel til erstatning for eksisterende tunneler, men strekningen ligger ikke inne med midler i Nasjonal transportplan 2022-2033. Dersom tunnelene bygges i denne perioden, vil levetiden til tunnelene bli om lag 50 år.

4. Kragerølinjen – endringer i alternative transportformer

Jernbanestrekninger har hatt lang levetid, men det finnes unntak. Kragerølinjen fra Neslandsvatn til Kragerø, som ble åpnet i 1927, er et eksempel på dette. Banen ble åpnet samtidig med Sørlandsbanen fra Nordagutu til Neslandsvatn. Kragerø var frem til 1935 endestasjon for Sørlandsbanens tog. Banen vises som den gule linjen i Figur 6-11 hvor Neslandsvatn er lengst Nordvest mens Kragerø er lengst Sørøst. Kragerølinjen ble etter åpningen av strekningen Neslandsvatn-Nelaug i 1935 en sidebane til Sørlandsbanen. Fra 1935 og frem til banen var ferdig til Kristiansand i 1938, var Arendal endestasjon for Sørlandsbanens tog. Persontransporten på Kragerølinjen opphørte fra 1. januar 1989, og banestrekningen ble nedlagt ved stortingsvedtak i 1989. Strekningen frem til Merkebekk hadde etter banenedleggelsen status som sidespor, og ble benyttet til tømmertransport frem til år 2000 (Digitalt museum 2022).



Figur 6-11: Jernbanestrekninger, 1935. Kilde: lokalhistoriewiki.no

Nedleggelsen av Kragerølinjen burde sees i sammenheng med kvaliteten på alternative transportformer samt takten på utbredelsen av både jernbanenettet og vegnettet. Sørlandsbanen mellom Kongsberg og Neslandsvatn (avgreningsstasjonen for Kragerølinjen) ble besluttet bygd ved stortingsvedtak allerede i 1908, og stod ferdig i 1927. Strekningen Neslandsvatn–Grovane ble besluttet bygd i 1923 og stod ferdig i 1938. Sørlandsbanen ble anlagt et stykke fra kysten, og det ble etablert og oppgradert sidebaner for tilførsel til kystbyene. Flere av sidebanene hadde lavt trafikkgrunnlag for persontransport, og etter hvert som vegnettet ble utbedret og biltrafikken skjøt fart på 1960-tallet mistet sidebanene betydning for persontransport og godstransport. For eksempel ble Treungenbanen, nordvest for Kragerølinjen nord for Simonstad, lagt ned i 1967, og traséen ble senere delvis gjenbrukt som bilvei.

Det var også tidlige tegn på at levetiden til Kragerølinjen skulle bli kort. Banen ble ikke elektrifisert sammen med strekningen Lunde-Neslandsvatn i 1943 eller Neslandsvatn–Nelaug i 1948. Banen fikk heller ikke fjernstyring da Lunde og

Neslandsvatn fikk fjernstyring i 1969. Følgelig fikk den heller ikke automatisk togstopp da strekningen Drammen-Kristiansand fikk montert dette i 1985.[18]

Først og fremst er det trolig utbedring av vegnettet og økt bilhold som ga kort levetid for Kragerølinjen. Da banen ble etablert hadde de aller færreste tilgang til bil, noe som endret seg betydelig fra 1960-tallet. Med utviklingen i bilholdet ble sidebanene mindre attraktive for både person- og godstransport. Kragerølinjen hadde derfor en levetid godt under snittet, og oppnådde en levetid for persontransport på 62 år, og for godstransport på 73 år.[19]

[18] I forbindelse med Jernbaneverkets utredning av Grenlandsbanen (Porsgrunn-Brokelandsheia) i 2008 ble det foreslått at Kragerølinjen skulle re-etableres med regiontog Kragerø-Kongsberg til erstatning for fjerntogene som ville gå via Vestfold- og Grenlandsbanen.

[19] Til sammenlikning ble Arendalsbanen etter 25 års levetid omlagt til normalspor (1935). Den var nedleggingstruet siden 1970-tallet, men ble etter 86 års levetid elektrifisert (1995-96) og fikk etter 104 års levetid fjernstyring og automatisk togstopp (2014). Fra midten av 1980-tallet har offentlig kjøpt togtrafikk hatt konkurranse av flere lavpris-ekspressbuss-selskaper på relasjonen Arendal-Oslo. I dag trafikkeres banen av Go-Ahead, som vant konkurransen om trafikk i jernbanepakke Sør fra 2019.

7 Diskusjon

7.1 Anslag på økonomisk levetid

Analysen av levetid i forrige kapittel ga anslag på faktisk økonomisk levetid, men med noe sprikende resultater. I utgangspunktet er ikke dette overraskende, siden enhetene i analysene varierer mellom enkeltobjekter (broer og tunneler) og strekninger. Innad i disse kategoriene er det også forskjeller – fra korte fylkesvegtunneler til lange broer på europaveger.

Analysen av jernbanestrekninger tyder på lang levetid. Levetid før strekningene har blitt lagt ned er godt over 100 år, mens det typisk har gått 60 år fra åpningsår til betydelige utbedringer (hendelser) har skjedd. Historisk har altså levetiden, i gjennomsnitt, vært godt over 75 år. En levetid på 75 år virker derfor som et rimelig anslag for levetid som også inkluderer risiko for uventede hendelser og forhold som ikke kan prognostiseres i dag. For jernbaneinfrastruktur virker det derfor rimelig å beholde dagens forutsetning på levetid i samfunnsøkonomisk analyse, til tross for at denne er relativ høy sammenlignet med de fleste sammenlignbare land

For veginfrastruktur er bildet mer sammensatt. Ifølge analysen av europavegstrekninger på Østlandet, tyder resultatene på en levetid på drøye 40 år. Mer presist: Det har tatt drøye 40 år fra åpningsåret til en betydelig oppgradering av strekningen. En slik levetid vil ikke være langt unna middelverdien av levetid på 30 til 60 år som vi kom frem til i litteraturgjennomgangen. Datamaterialet tyder på en lengre levetid for broer og tunneler i historien, men disse resultatene sier nok mer om den tekniske levetiden som en forventer å være lengre. For broer tyder resultatene på levetider mellom 60 og 70 år, mens levetiden for tunneler er enda lenger. Dette er også i tråd med resultatene fra litteraturgjennomgangen. Riktignok, er ikke disse resultatene direkte sammenlignbare, siden de fleste broene og tunnelene er på fylkesveger, mens de analyserte strekningene er europaveger. Samlet tyder resultatene på en levetid på mellom 40 og 60 år for veginfrastruktur, noe som ligger godt under anslaget på en levetid på 75 år som benyttes i dag. Men det ligger nært et gjennomsnitt av levetiden i andre land som ble gjennomgått i kapittel 3.2 og studiene som estimerer økonomisk levetid av veginfrastruktur fra kapittel 4.2.

7.2 Forskjeller i faktisk økonomisk levetid

I tillegg til et anslag på den mest sannsynlige levetiden, er det også interessant å diskutere faktorer som kan forklare disse forskjellene. Datamaterialet vårt er ikke tilstrekkelig til å gi en entydige forklaringer på hvordan og hvorfor levetiden varierer så mye som den gjør. Men noen forskjeller kan vi peke på.

Som nevnt over, har levetiden på jernbanestrekninger vært lang – og over 75 år – ut fra de historiske dataene. Levetiden for vegstrekninger ser ut til å være godt under dette. Resultatene peker altså på at jernbanestrekninger lever lengst, noe som ikke er overraskende. Et skille mellom levetid for veg og levetid for jernbane i samfunnsøkonomiske analyser, vil være i overenstemmelse med retningslinjene fra Sverige, som også skiller mellom ulike typer infrastruktur selv om levetiden for motorveger og jernbanestrekninger settes lik i Sverige.

Når det gjelder vegstrekninger, ser vi antydninger til at motorvegstrekninger på Østlandet i gjennomsnitt har hatt ganske kort levetid. Ut fra analysen av både tunneler i Rogaland og motorvegbroer, ser det ut til dette kan ha sammenheng med at befolknings- og trafikkveksten i disse områdene har vært sterkest. Utover dette kan vi ikke si noe om faktorer som påvirker overlevelse.

7.3 Levetiden fremover

I de samfunnsøkonomiske analysene som skal gjøres fremover er det forventet økonomisk levetid som er av betydning. Denne levetiden avhenger av flere forhold. Nedenfor presenterer vi først argumenter for at levetiden fremover kan bli lenger, og deretter argumenter for at den blir kortere, enn historiske levetider.

Bedre prosjektvalg kan øke den økonomiske levetiden. Etter at en rekke offentlige prosjekter på 1990-tallet hadde betydelige kostnadsoverskridelser og lav måloppnåelse, ble det i 2000 innført en ordning med krav om ekstern kvalitetssikring av beslutningsgrunnlaget. Først omfattet ordningen kun en kvalitetssikring før investeringsbeslutning (KS2), utført av en ekstern tredjepart. Senere har ordningen blitt utvidet til å omfatte konseptvalget (KS1). Målet bak innføringen av kvalitetssikringen var at prosjektene skulle utredes etter en fast metodikk for å kvalitetssikre prosjektvalget og forutsetningene satt for prosjektet. Dersom kvalitetssikringsordningen virker etter hensikten kan

dette også bidra til at infrastruktur som bygges i dag får lengre levetid enn tidligere.

Færre teknologiske fremskritt i tiden fremover kan også understøtte en lang levetid. Et syn som tilsier at vi ikke burde forvente veldig store hendelser de neste tiårene er argumentet som fremføres blant annet i Gordon (2017). I en detaljert studie av den økonomiske veksten i USA de siste 200 årene, argumenterer Gordon for at veksten fremover vil være lavere enn tidligere siden de viktigste oppfinnelsene allerede er gjort. Overgangen fra driving av tunneler med håndmakt til moderne metoder er et eksempel på dette. Dette teknologiske fremskrittet gjorde tunneldriving veldig mye billigere enn tidligere. Det er vanskelig å se for seg like stor utvikling i tunnelteknologi i fremtiden. Den nylige publiserte studien fra Bloom mfl. (2020) analyserer hvor stor innsats som trengs for å gjøre innovasjoner, og viser at det trengs betydelig mer innsats i dag enn tidligere for å generere den samme innovasjonstakten. Dette kan gi grunnlag for å tro at vi har de største oppfinnelsene bak oss og at det krever mer å oppnå tilsvarende fremskritt fremover.

Et mer optimistisk syn på økonomisk vekst er konsistent med kortere levetid. Et slikt syn fremføres av flere (se for eksempel Marsh 2012, Brynjolfsson og McAfee 2018, McAfee 2019). I disse kildene er troen stor på at den digitale utviklingen vil fortsette å bidra til store fremskritt i årene som kommer. Relevante eksempler er autonome kjøretøy, bildeling og andre teknologiske fremskritt. En slik utvikling kan påvirke infrastrukturbehovet på en rekke måter vi ikke klarer å se for oss i dag og gjøre at infrastrukturen kan bli utdatert på ulike måter og derfor få kortere levetid.

Raske endringer i dagens samfunn kan bidra til at levetiden blir kortere enn i historien. For eksempel er utviklingen det neste tiåret usikker når det gjelder nettopp teknologi, noe som påpekes både i Teknologiutvalget (2019) og Bane NOR mfl. (2022). Slike endringer er vanskelige å forutsi, og historien viser også at man ikke klarte å spå langt frem i tid. For eksempel var prognosene for trafikkvekst i det norske stamvegnettet for 1980-årene mye lavere enn den reelle veksten fra 1974–1977 (Bjørnland 1989). Den reelle trafikkveksten fra 1981–1988 ble 4,5 prosent pr. år, mot en prognose på 1,5–2 prosent. Prognosene hadde betydning for hvilken vegbredde og hastighetsstandard som ble bygd ut på 1970-og 80-tallet, og Bjørnland argumenterer for at man allerede i 1988 hadde nådd den trafikkmengde *Norsk vegplan 1982-85* (St. Meld nr. 80 (1980-81)) antok man ville nå ved årtusenskiftet. Et annet eksempel,

med motsatt fortegn, er Japan hvor mye av infrastrukturen bygget mellom 1950 og 1970 var basert på en voksende befolkning. Befolkningen har imidlertid falt siden 2008 og blitt betydelig lavere enn det som ble lagt til grunn. Med den fallende befolkningen har det blitt vanskelig å opprettholde kvaliteten på denne infrastrukturen (PWC 2021). Siden befolkningsnedgangen er ventet å vedvare også de neste tiårene, vil denne utfordringen tilta i styrke.

En samlet vurdering av disse argumentene er åpenbart utfordrende. Men det at det finnes gode argumenter både for og imot at levetiden blir kortere eller lengre i fremtiden illustrerer uansett vårt hovedpoeng at levetiden varierer betydelig.

8 Avsluttende kommentarer

Denne studien har undersøkt faktisk levetid til transportinfrastruktur ved å se på hvor lenge infrastrukturen har blitt brukt før den har blitt oppgradert eller erstattet. Analysen er aktualisert av endringene i økonomisk levetid og analyseperiode i samfunnsøkonomiske analyser det siste tiåret. Disse endringene har også økt de beregnede nytteverdiene betydelig (Halse mfl. 2021).

Med dagens forutsetninger skal infrastrukturen som bygges i dag bidra med samfunnsnytte flere generasjoner. Bare fremtiden vil vise om disse forutsetningene holder stikk. Men som et alternativ til å spå om fremtiden kan vi studere historien og undersøke hva levetiden av infrastrukturen har vært. En slik undersøkelse er bidraget i denne rapporten.

Studien har sett på levetid for veg- og jernbaneinfrastruktur bygget i Norge. For veginfrastruktur ser vi i hovedsak på infrastruktur (veger, tunneler og strekninger) bygget etter 1960-tallet. For jernbane er infrastrukturen mer oversiktlig og vi ser helt tilbake til siste halvdel av 1800-tallet da de første linjene ble bygget. Den metodiske tilnærmingen er overlevelsesanalyse. Denne metoden benyttes for å kunne studere forventet levetid på tross av at mye av infrastrukturen rundt oss fortsett eksisterer og derfor har en ukjent (rest)levetid.

Hovedfunnene i studien er at jernbanestrekninger har hatt lang levetid, og en levetid på 75 år virker som et konservativt estimat. Vegstrekningene har vesentlig kortere levetid. Når vi ser på motorveger fra Østlandet og Vestlandet har levetiden i snitt vært på under 40 år. Vi finner også her noen tegn til at levetiden har vært kortere der befolkningsveksten har vært størst. Utover dette kan vi ikke si noe om faktorer som påvirker overlevelse.

Selv om resultatene spriker noe og ikke gir et komplett bilde av levetiden til veger og jernbanelinjer kan disse resultatene bidra i debatten om økonomisk levetid og analyseperiode i samfunnsøkonomiske analyser. Først og fremst viser våre ex-post analyser at levetiden varierer kraftig. Dersom infrastrukturen i historien skulle ha en levetid på 75 år, betyr dette at infrastruktur bygget rett før andre verdenskrig skal bidra til positiv nettonytte frem til 2014. Men hvor

mye visste man på slutten av 1930-tallet om behovene for transportinfrastruktur på 1990-tallet? Endringene fremover kan bli mindre, men vi burde ikke utelukke at de blir like store som i tiårene vi har bak oss. En måte å håndtere en slik usikkerhet på er å sette den økonomiske levetiden for infrastruktur en del kortere enn den tekniske levetiden. En annen tilnærming er å la levetiden variere i større grad mellom prosjekter.

Så vidt vi vet, er denne studien den første i sitt slag, både i Norge og andre land inkludert. Selv om vi har sett på flere datasett har vi bare skrapt på overflaten av levetid til tidligere bygget infrastruktur. Følgende temaer kan bidra til å øke kunnskapen om levetid:

- En analyse av hele det norske nettverket, både europa- og riksveger. En slik analyse vil gi et mer komplett bilde og eliminere flere av usikkerhetsmomentene i vår studie. Dataene fra databasen for broer kan også utnyttes mer.
- Tilsvarende analyser for andre sektorer, transportformer og land.
- En kvalitativ analyse som går i dybden på utvalgte prosjekter for å undersøke vurderingene om levetid for tidligere prosjekter.
- En analyse med fokus på drifts- og vedlikeholdskostnader, oppetid/pålitelighet/avbrudds- og ulempekostnader og/eller anslag på reinvestering/ midtlivsoppdatering mot slutten av levetiden.
- Studere hvordan fordelingen av nytte og kostnader har utviklet seg i historien.
- Se på veger som blir nedklassifisert og/eller der trafikken synker dramatisk.

Forhåpentligvis kan dette øke kunnskapen om historien og sette oss i enda bedre stand til å lage prognoser for fremtiden.

Referanser

Bane NOR, Jernbanedirektoratet, Statens vegvesen, Nye Veier og Ruter (2022). Teknologi og samferdselsprosjekter - Veien fra visjoner til solid beslutningsunderlag. https://ruter.no/globalassets/dokumenter/ruterrapporter/2022/teknologi-og-samferdselsprosjekter-korr.pdf.

Barth, N., Å. Cappelen, T. Skjerpen, S. Todsen og T. Åbyholm (2016). "Expected service lives and depreciation profiles for capital assets: Evidence based on a survey of Norwegian firms." Journal of Economic and Social Measurement **41**(4): 329-369.

Bjerke, T., F. Holom, T. Haugen og O. Tovås (2013). Banedata 2013, Norsk jernbanemuseum.

Bjørnland, D. (1989). Vegen og samfunnet: en oversiktlig fremstilling og analyse i anledning Vegdirektoratets 125-årsjubileum 1864-1989, Vegdirektoratet

Bloom, N., C. I. Jones, J. Van Reenen og M. Webb (2020). "Are ideas getting harder to find?" American Economic Review **110**(4): 1104-1144.

Brun, J. (2003). Våre bruer, Damm.

Brynjolfsson, E. og A. McAfee (2018). "The second machine age." New York.

Commonwealth of Australia (2006). Handbook of Cost-Benefit Analysis. January 2006. FINANCIAL MANAGEMENT REFERENCE MATERIAL NO. 6

Cox, D. R. (1972). "Regression models and life-tables." Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological) **34**(2): 187-202.

CPB (2013). General guidance for Cost-Benefit Analysis. CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis

Dawkins, C. J., Q. Shen og T. W. Sanchez (2005). "Race, space, and unemployment duration." Journal of Urban Economics **58**(1): 91-113.

DfT (2021). TAG UNIT A1.1. Cost-Benefit Analysis. Department for Transport. Transport Analysis Guidance (TAG). https://www.gov.uk/transport-analysis-guidance-tag.

Digitalt museum (2022). Kragerølinjen (Trafikkstrekninger). https://digitaltmuseum.org/021227773445/kragerolinjen-trafikkstrekninger.

Direktoratet for økonomistyring (2018). "Veileder i samfunnsøkonomisk analyse (DFØ)."

Ebrahimi, B., H. Wallbaum, K. Svensson og D. Gryteselv (2019). "Estimation of Norwegian Asphalt Surfacing Lifetimes Using Survival Analysis Coupled with Road Spatial Data." Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements **145**(3): 04019017.

European commission (2015). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. Desember 2014

Finansministeriet (2017). Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger.

Flügel, S., A. H. Halse, N. Hulleberg, G. N. Jordbakke, K. Veisten, H. B. Sundfør og M. Kouwenhoven (2020). Value of travel time and related factors. Technical report, the Norwegian valuation study 2018-2019 (English summary). Institute of Transport Economics. Report no. 1762/2020.

Gordon, R. J. (2017). The rise and fall of American growth: The US standard of living since the civil war, Princeton University Press.

Greene, W. H. (2003). Econometric analysis. Upper Saddle River, N.J, Prentice Hall, 5th ed.

Halse, A. H., P. B. Wangsness og H. Minken (2021). Endringer i beregningsforutsetninger og betydning for samfunnsøkonomisk lønnsomhet i samferdselsprosjekter. Concept rapport 66.

HEATCO (2005). HEATCO Work Package 3: Current practice in project appraisal in Europe Deliverable 1/Volume 1.

Herman, R. og J. H. Ausubel (1988). Cities and Their Vital Systems: Infrastructure Past, Present, and Future, National Academies Press.

Jernbanedirektoratet (2018). Veileder i samfunnsøkonomiske analyser i jernbanesektoren

Johansen, J. M. og M. Granden (2015). "Varige veger-Nytteberegning."

Jonsson, D. K. (2005). Indirekt energi för svenska väg-och järnvägstransporter: ett nationellt perspektiv samt fallstudier av Botniabanan och Södra Länken.

Kaplan, E. L. og P. Meier (1958). "Nonparametric estimation from incomplete observations." Journal of the American statistical association **53**(282): 457-481.

Kennan, J. (1985). "The duration of contract strikes in US manufacturing." Journal of Econometrics **28**(1): 5-28.

Langston, C. (2011). Estimating the useful life of buildings. Proceedings of the 36th Annual conference for Australasian Building Educators Association (AUBEA), AUBEA.

Lemer, A. C. (1996). "Infrastructure obsolescence and design service life." Journal of infrastructure systems **2**(4): 153-161.

Link, H. (2021). Estimating the Capital Stock of Transport Infrastructure. International Encyclopedia of Transportation. R. Vickerman. Oxford, Elsevier**:** 449-456.

Mackie, P., T. Worsley og J. Eliasson (2014). "Transport appraisal revisited." Research in Transportation Economics **47**: 3-18.

Mann, H.-U. (2015). Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/bvwp-methodenhandbuch.pdf?__blob=publicationFile.

Marsh, P. (2012). The new industrial revolution, Yale University Press.

McAfee, A. (2019). More from less: The surprising story of how we learned to prosper using fewer resources—and what happens next, Scribner.

NOU 2012:16 (2012). Samfunnsøkonomiske analyser. Norges offentlige utredninger. Finansdepartementet. Oslo, Finansdepartementet.

NOU 2014:13 (2014). Kapitalbeskatning i en åpen økonomi.

NZ Treasury (2015). Guide to Social Cost Benefit Analysis. The Treasury, New Zealand Government. http://www.treasury.govt.nz/publications/guidance/planning/costbenefitanalysis/guide/.

OECD (2001). Measuring Capital. OECD Manual. Paris, France.

OECD og EUROSTAT (2013). Eurostat-OECD survey of national practices in estimating net stocks of structures.

Olaussen, S., S. Bråthen og E. Tveter (2017). Ekstern kvalitetssikring fase 1 (KS1) tilleggsrapport av KVU rv. 15 Strynefjellet Revidert tilleggsutgreiing inkl. fv. 63 heilårsveg til Geiranger (juni 2016) med tilleggsdokumentasjon oktober 2017 : rapport til Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet. Metier AS; Møreforsking Molde AS

PWC (2021). Smart cities in 2050: Rebuilding the future of Japanes cities. https://www.pwc.com/jp/en/knowledge/thoughtleadership/assets/pdf/smart-city2050-en.pdf.

Samferdselsdepartementet (2019). Nasjonal transportplan 2022 - 2033: Oppdrag 4 Analyseverktøy og forutsetninger for samfunnsøkonomiske analyser

Simonsen, M. (2010). LEVETID OG LENGDE FOR VEI OG JERNBANE. Notat 10. januar 2010. Vestlandsforsking.

Skari, B. (2000). Fylkesvegene i Akershus 1960-90. Oslo, Statens vegvesen Akershus.

Smedberg, P. A. og O. Kleven (2016). Historien om vegtunnelene i Rogaland, Statens vegvesen.

Statistics Canada (2018). Table 34-10-0169-01 Average expected useful life of new publicly owned bridge and tunnel assets. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3410016901

Teknologiutvalget (2019). Ekspertutvalget - Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet

Trafikverket (2020). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0. Versjon 2020-12-01.

Ulstein, H., P. Aalen, M. U. Gulbrandsen, A. Bruvoll, K. Magnussen og K. Midttømme (2020). Kvalitetssikring av samfunnsøkonomiske analyser i transportvirksomhetenes grunnlagsarbeid for Nasjonal transportplan 2022-2033. Menon-publikasjon nr. 12/2020.

USDOT (2022). Benefit-cost analysis guidance for discretionary grant programs, USDOT Washington, DC.

Vegdirektoratet (2018). Håndbok V712 - Konsekvensanalyser. Statens vegvesen.

Vennemo, H., J. Furuholmen, O. Rosnes og L. Andrev (2020). Noen krevende tema i anvendte samfunnsøkonomiske analyser. En undersøkelse av praksis i Statens prosjektmodell. Concept rapport nr. 60.

Vennemo, H. og S. M. Godeseth (2021). Veiledning om levetid i samfunnsøkonomiske analyser av infrastrukturprosjekter i transportsektoren. Vista analyse. Rapport 2021/13.

Wiik, T. H. (2016). Riksveiene som ble til E18, Bok sirkus.

Wiik, T. H. (2017). Veiene som ble til E6, Bok sirkus

Wiik, T. H. (2020). Sørlandske hovedvei, Bok sirkus.

Wiik, T. H. og P. Johansen (2015). Riksveiene som ble til E18: fra Ørje til Drammen, Bok sirkus.

Vedlegg: Data

Tabell V1-1: Data jernbanestrekninger. Årstall for åpning, endringer og nedleggelse

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Hovedbanen (Oslo-Bryn)	1854	1927	1904	1972	1985	
Hovedbanen (Bryn-Lillestrøm)	1854	1927	1903	1972	1985	
Hovedbanen (Lillestrøm-Eidsvoll)	1854	1953		1965	1984	
Rørosbanen (Hamar-Elverum)	1862			1994	2001	
Rørosbanen (Elverum-Grundset)	1862			1990	2001	
Kongsvingerbanen (Lillestrøm-Kongsvinger)	1862	1951		1966		
Dovrebanen (Trondheim G-Selsbakk)	1864					1884
Dovrebanen (Selsbakk -Støren)	1864	1970		1965	1984	
Kongsvingerbanen (Kongsvinger - Riksgrensen)	1865	1951		1967		
Randsfjordbanen (Drammen-Hokksund)	1866	1929		1966	1987	
Randsfjordbanen (Hokksund-Vikersund)	1866	1959		1973	1988	
Randsfjordbanen (Vikersund-Tyristrand)	1867	1959		1974	1988	
Randsfjordbanen (Tyristrand-Hønefoss)	1868	1959		1974	1988	
Randsfjordbanen (Hønefoss-Hen-Randsfjord)	1868					1979
Rørosbanen (Grundset-Rena)	1871			1990	2001	
Sørlandsbanen Ø (Hokksund-Kongsberg)	1871	1929		1967	1987	

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Drammenbanen (Asker-Heggedal)	1872	1922		2005		
Drammenbanen (Heggedal-Spikkestad)	1872	1922		2005		
Drammenbanen (Spikkestad-Brakerøya)	1872	1922				1973
Drammenbanen (Brakerøya-Drammen)	1872	1922	1996	1973		
Drammenbanen (Sandvika-Asker)	1872	1922	1958	1993		
Drammenbanen (Oslo V - Sandvika)	1872	1922	1922	1992		
Krøderbanen (Vikersund-Krøderen)	1872					1985
Rørosbanen (Rena-Koppang)	1875			1990	2001	
Rørosbanen (Støren-Singsås)	1876					
Rørosbanen (Singsås-Røros)	1877					
Rørosbanen (Røros-Koppang)	1877			1994	2001	
Sørlandsbanen V (Sandnes-Stavanger)	1878	1956	2009	1964	1987	
Sørlandsbanen V (Egersund -Sandnes)	1878	1956		1964	1987	
Østfoldbanen (Oslo Ø - Bekkelaget)	1879	1936	1929	1987	1988	
Østfoldbanen (Bekkelaget-Ljan)	1879	1936	1924	1987	1988	
Østfoldbanen (Ljan-Kolbotn)	1879	1937	1936	1987	1988	
Østfoldbanen (Kolbotn-Ski)	1879	1939	1939	1988	1989	
Østfoldbanen (Tveter-Vestby-Rustad)	1879	1940	1990	1972	1985	
Østfoldbanen (Ski-Ås-Tveter)	1879	1940	1994	1972	1985	
Østfoldbanen (Rustad-Kambo-Sandbukta)	1879	1940	1996	1972	1985	

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Østfoldbanen (Sandbukta-Moss-Rygge)	1879	1940		1973	1985	
Østfoldbanen (Rygge-Haug)	1879	1940	2000	1973	2000	
Østfoldbanen (Haug-Fredrikstad)	1879	1940		1973	1985	
Østfoldbanen (Fredrikstad-Sarpsborg)	1879	1940		1974	1985	
Østfoldbanen (Sarpsborg-Halden)	1879	1940		1974	1985	
Østfoldbanen (Halden-Riksgrensen)	1879	1939		1975	1985	
Dovrebanen (Eidsvoll-Hamar)	1880	1953		1965	1984	
Meråkerbanen (Trondheim-Hommelvik)	1881	2024		1976	1994	
Meråkerbanen (Hommelvik-Hell)	1881	2024		1976	1994	2011
Meråkerbanen (Hell-Riksgrensen Storlien)	1881	2024				
Vestfoldbanen (Drammen-Kobbervik)	1881	1957		1971	1990	
Vestfoldbanen (Kobbervik-Holm)	1881	1957	2001	1971	1990	2001
Vestfoldbanen (Holm-Nykirke)	1881	1957		1971	1990	2016
Vestfoldbanen (Nykirke-Barkåker)	1881	1957		1971	1990	
Vestfoldbanen (Barkåker-Tønsberg)	1881	1957	2011	1971	1990	2011
Vestfoldbanen (Tønsberg-Larvik)	1881	1957		1971	1990	
Vestfoldbanen (Skoppum-Horten)	1881	1957				2002
Vestfoldbanen (Oklungen-Eidanger)	1882	1956		1971	1991	2018
Vestfoldbanen (Larvik-Farriseidet)	1882	1956		1971	1991	
Vestfoldbanen (Farriseidet-Oklungen)	1882	1956		1971	1991	2018

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Vestfoldbanen (Eidanger-Skien)	1882	1949		1972	1991	
Østfoldbanen - Østre linje (Ski-Mysen-Sarpsborg)	1882	1958				
Bergensbanen (Bergen-Voss)	1883	1954		1980		
Dovrebanen (Selsbakk-Trondheim S)	1884	1970		1965	1991	
Sulitjelmabanen (Sjønstå-Fossen)	1892					1972
Sulitjelmabanen (Fossen-Hellarmo)	1893					1972
Solørbanen (Kongsvinger-Flisa)	1893					
Osbanen (Nesttun-Os)	1894					1935
Dovrebanen (Hamar-Tretten)	1894	1966		1966	1984	
Vestfoldbanen (Eidanger-Brevik)	1895	1949				
Sørlandsbanen Ø (Lillesand-Flaksvand)	1896					1954
Dovrebanen (Tretten-Otta)	1896	1967		1968	1984	
Kongsvingerbanen (Bingsfos-Bjørkelangen)	1896					1960
Sørlandsbanen Ø (Grovane-Byglandsfjord)	1896					1962
Sørlandsbanen Ø (Kristiansand-Grovane)	1896	1949		1970	1987	
Kongsvingerbanen (Bjørkelangen-Skulerud)	1898					1960
Gjøvikbanen (Grefsen-Jaren)	1900	1961		1972		
Gjøvikbanen (Jaren-Røykenvik)	1900					1957
Oslo Ø (Grefsen-Alnabru)	1900	1961				
Vestfoldbanen (Tønsberg-Eidsfoss)	1901					1938
Nordlandsbanen (Hell-Værnes-Stjørdal)	1902			1976	1994	

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Vestfoldbanen (Holmestrand-Hvittingfoss)	1900					1938
Nordlandsbanen (Stjørdal-Levanger)	1902			1977	1994	
Ofotbanen (Narvik-Riksgrensen)	1902	1923		1963	1985	
Oslo Ø (Loenga-Tøyen)	1902	1961	1961			
Gjøvikbanen (Oslo Ø-Grefsen)	1902	1961	1962	1998		
Gjøvikbanen (Jaren-Gjøvik)	1902	1963				
Gjøvikbanen (Reinsvoll-Skreia)	1902					1987
Gjøvikbanen (Eina-Dokka)	1902					1999
Gjøvikbanen (Dokka-Tonsåsen)	1903					1988
Kongsvingerbanen (Sørumsand-Bingsfos)	1903					1960
Drammenbanen (Lier-Svangstrand)	1904					1934
Nordlandsbanen (Levanger-Verdal)	1904			1977	1994	
Sørlandsbanen V (Tronvik-Egersund)	1904	1950		1966	1987	
Nordlandsbanen (Tverrånes-Storforshei)	1904					1943
Gjøvikbanen (Tonsåsen-Aurdal)	1905					1988
Nordlandsbanen (Verdal-Sunnan)	1905			1977	1994	
Gjøvikbanen (Aurdal-Fagernes)	1906					1989
Oslo Ø (Loenga-Alnabru)	1907	1928				
Arendalsbanen (Grimstad-Rise)	1907					1961
Oslo Ø (Havnebanen i Oslo)	1907					1980
Bergensbanen (Gulsvik-Voss)	1908	1964		1984		

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Thamshavnbanen (Thamshavn-Svorkmo)	1908					1974
Rjukanbanen (Rjukan-Mæl)	1909					1991
Tinnosbanen (Tinnoset-Notodden)	1909					
Gjøvikbanen (Roa-Hønefoss)	1909	1961		1973		
Bergensbanen (Hønefoss-Gulsvik)	1909	1962		1986		
Thamshavnbanen (Svorkmo-Løkken)	1910					1974
Solørbanen (Flisa-Elverum)	1910					
Arendalsbanen (Arendal-Nelaug)	1910	1996				
Treungenbanen (Nelaug-Åmli)	1910					1967
Bergensbanen (Minde-Bergen nye)	1913	1954				
Dovrebanen (Otta-Dombås)	1913	1968		1968	1984	
Treungenbanen (Åmli-Treungen)	1913					1967
Sulitjelmabanen (Hellarmo-Lomi-Fagerli)	1915					1972
Bratsbergbanen (Nordagutu-Eikonrød)	1917	1936		1972	1991	
Østfoldbanen - Østre linje (Askim-Solbergfoss)	1918					1965
Kongsvingerbanen (Skotterud-Vestmarka)	1918					1965
Sørlandsbanen Ø (Kongsberg-Hjuksebø)	1920	1936		1968	1987	
Dovrebanen (Dombås-Støren)	1921	1970		1968	1984	
Sørlandsbanen Ø (Hjuksebø-Nordagutu)	1917	1936		1968	1987	
Sørlandsbanen Ø (Nordagutu-Gvarv)	1922	1942		1968	1987	

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Raumabanen (Dombås-Åndalsnes)	1924					
Sørlandsbanen Ø (Gvarv-Bø)	1924	1942		1968	1987	
Sørlandsbanen V (Ganddal-Ålgård)	1924					1988
Sørlandsbanen Ø (Bø-Lunde)	1925	1942		1969	1987	
Randsfjordbanen (Hen-Sperillen)	1926					1957
Nordlandsbanen (Sunnan-Snåsa)	1926			1984	1994	
Numedalsbanen (Kongsberg-Flesberg)	1927					1997
Numedalsbanen (Flesberg-Rødberg)	1927					1989
Sørlandsbanen Ø (Lunde-Neslandsvatn)	1927	1943		1969	1987	
Sørlandsbanen Ø (Neslandsvatn-Kragerø)	1927					1989
Nordlandsbanen (Snåsa-Grong)	1929			1985	1994	
Nordlandsbanen (Grong-Namsos)	1933					
Bergensbanen (Voss-Granvin)	1935					1988
Sørlandsbanen Ø (Neslandsvatn-Nelaug)	1935	1948		1970	1987	
Sørlandsbanen Ø (Nelaug-Grovane)	1938	1949		1970	1987	
Nordlandsbanen (Grong-Eiterstraum-Mosjøen)	1940			2011	2011	
Nordlandsbanen (Mosjøen-Elsfjord)	1941					
Bergensbanen (Myrdal-Flåm)	1941	1944				
Nordlandsbanen (Elsfjord-Bjerka)	1942					
Nordlandsbanen (Bjerka-Mo i Rana)	1942					

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Nordlandsbanen (Mo i Rana-Tverrånes)	1942					
Nordlandsbanen (Storforshei-Grønfjelldal)	1943					
Sørlandsbanen V (Sira-Tronvik)	1944	1950		1966	1987	
Sørlandsbanen V (Sira-Sirnes)	1944					1991
Sørlandsbanen V (Kristiansand-Sira)	1944	1946		1969	1987	
Nordlandsbanen (Grønfjelldal-Dunderland)	1945					
Nordlandsbanen (Dunderland-Lønsdal)	1947					
Nordlandsbanen (Lønsdal-Røkland)	1955					
Sulitjelmabanen (Ågifjellet-Finneid)	1956					1972
Nordlandsbanen (Stavne-Leangen)	1957					
Nordlandsbanen (Røkland-Fauske)	1958					
Nordlandsbanen (Fauske-Bodø)	1962					
Bergensbanen (Tunestveit-Ulriken-Bergen)	1964			1980		
Drammenbanen (Asker-Tuverud-Brakerøya)	1973					
Oslo-tunnelen (Oslo S-Skøyen)	1980					
Gardermobanen (Lillestrøm-Venjar)	1998					
Gardermobanen (Etterstad-Lillestrøm)	1999					
Askerbanen (Sandvika-Asker)	2005					
Askerbanen (Lysaker-Sandvika)	2011					
Sørlandsbanen V (Tronvik-Flekkefjord)	1904					1991

Bane (strekning)	Åpnings-år	Elektrifisert	Dobbelt-spor	Fjern-styring	Togstopp	Nedlagt
Tinnosbanen (Notodden-Nordagutu)	1917	1936		2012	1985	
Bergensbanen (Gråskallen tunnel-Larsbu)	1999					
Bergensbanen (Finsetunellen)	1993					
Nordlandsbanen (Gevingåsen tunnel)	2011	2024				
Dovrebanen (Langset Kleverud)	2015					
Bergensbanen (Finse-Lågheller)	1908	1964		1984		1993
Bergensbanen (Gråskallen-Larsbu)	1908	1964		1984		1999
Vestfoldbanen (Kobbervik-Holm)	2001					
Vestfoldbanen (Barkåker-Tønsberg)	2011					
Vestfoldbanen (Holm-Holmestrand st-Nykirke)	2016					
Dovrebanen (Langset-Kleverud)	1880	1953		1965	1984	2015
Vestfoldbanen (Farriseidet-Porsgrunn)	2018					
Østfoldbanen (Ljan-Holm)	1879		1925			1925
Bergensbanen (Tunestveit-Ulriken-Bergen)	1883	1954				1964
Dunderlandsbanen (Gulsmedvik-Storforshei)	1904					1942
Bergensbanen (Arna-Fløen)	1964			1980		
Bergensbanen (Arna-Fløen)	2020					
Bergensbanen (Fløen-Bergen)	1913					
Dovrebanen (Venjar-Langset)	1880					
Bergensbanen (Minde-Bergen ga)	1883					1913

Merknader: Tallene i kolonne 2–6 viser årstall for ulike hendelser på hver strekning. Åpning = Året for åpning av strekning, Elektrifisert = Årstall for elektrifisering av strekning hvis dette ble gjort etter åpning, dobbeltspor = årstall for dobbeltspor hvis det ble implementert etter åpning, fjernstyring = system som muliggjør fjernstyring av signalanlegg for tog hvis implementer etter åpning, togstopp = årstall for implementering av automatisk togstopp (Automatic Train Control, delvis (DATC) fullstendig (FATC)).

Tabell V1-2: E6-strekninger med endring fra to til fire felt

Nr.	Fra – til	Kryss nr.	2-felt (år)	4-felt (år)
1	Fylkesgrense Akershus – Riksgrense Sverige	0	1946	2005
2	Svinesund	1	1951	2005
3	Svineskogen	2	1978	2008
4	Ingedal	3	1978	2008
5	Solberg	4	1986	2008
6	Årum	5	1978	2008
7	Alvim	6	1975	2008
8	Lekevoll	7	1973	2008
9	Kalnes	8	1962	2008
10	Solli	9	1969	2008
11	Åsgård	10	1969	2005
12	Jonsten	11	1967	2005
13	Halmstad	12	1965	2004
14	Årvoll	13	1965	2004
15	Mosseporten	14	1963	2003
16	Sonsveien	15	1982	1998
17	Vestby S	16	1964	1995
18	Vestby N	17	1962	1995
19	Korsegården	18	1962	1999
20	Horgen	19	1963	1999
21	Vassum	20	1963	1999
22	Vinterbro	21	1970	2009
23	Grense Oslo		1970	2009
24	Hvam	44	1940	1968
25	Skedsmovollen[1]	45	1940	1964
26	Berger[1]	46	1940	1964
27	Gran[1]	47	1940	1972
28	Kløfta[1,2]	48	1940	1975
29	Haug (ved Stanger meieri)		1940	1976
30	Jessheim S (Langeland)	49	1940	1979
31	Kverndalen	50	1940	1979
32	Jessheim N (Grønvold)[3]	51	1984	2009
33	Hauerseter	52	1989	2009
34	Mogreina	53	1989	2009

Nr.	Fra – til	Kryss nr.	2-felt (år)	4-felt (år)
35	Dal	54	1984	2009
36	Skihytta (Eidsvoll verk)	55	1988	2011
37	Boksrud	56	1988	2011
38	Hammerstad		1993	2011
39	Tømte[4]	57	1993	2011
40	Minnesund[4]	58	1993	2011
41	Ørbekk[4]	59	1993	2015
42	Grense Hedmark		1972	2015

Kilde: Wiik (2017)

Merknader:

[1] Fulgte RV50 trasé inntil E6 ble flyttet.

[2] To felt fra Arteid bro, Ny Arteid bro sørgående felt kom i 1993

[3] Delvis 4-felt

[4] Utbygging i forbindelse med Lillehammer-OL i 1994.

Tabell V1-3: Norske broer over 400 meter

Navn	Lengde (meter)	Åpning (år)	Strekning	År med endring	Endring/ Årsak
Drammensbrua	1892	1975	E18	2006	Utvidelse til firefelt/ Kapasitetsbehov
Nordhordlands-brua	1614	1994	E39		
Hålogalandsbrua[1]	1559	2018	E6		
Sandesund bru[2]	1525	1978	E6		
Mjøsbrua[3]	1421	1985	E6		
Hardangerbrua	1380	2013	Rv7		
Tresfjordbrua	1290	2015	E136		
Måløybrua	1274	1973	Rv15		
Gjemnessundbrua	1257	1992	E39		
Sotrabrua	1236	1971	Rv555		
Sandnessundbrua	1220	1973	Fv862		
Gisundbrua	1147	1972	Fv86		
Stordabrua	1077	2000	E39		
Stavanger bybru[4]	1067	1978	Fv4566	2022	Re-habilitering/ Kapasitetsbehov
Helgelandsbrua	1065	1991	Fv17		
Osterøybrua	1065	1997	Fv566		
Askøybrua	1057	1992	Fv562		
Tromsøbrua	1016	1960	Fv862		
Hadselbrua	1011	1978	Fv82		
Skarnsundbrua	1010	1991	Fv755		
Tjeldsundbrua[5]	1007	1967	E10	2021	Re-habilitering/ Holdbarhet
Bømlabrua	998	2001	Rv542		
Sortlandsbrua	948	1975	Rv82		
Bergsøysundbrua	931	1992	E39/Rv70		
Sykkylvsbrua	860	2000	Fv5914		
Mjøsundbrua[6]	840	1994	Rv848		
Gimsøystraumen bru	839	1981	E10		
Fredrikstadbrua	824	1957	Rv110		

Navn	Lengde (meter)	Åpning (år)	Strekning	År med endring	Endring/ Årsak
Vingnesbrua[7]	816	1934	Kommu-nal	2017	GS-veg (kun gangbro)/ Flytting av E6 til sørsiden av Mjøsa.
Skattørsundet bru	804	1971	Fv866		
Lepsøybrua	800	2022	FV659		
Saltstraumen bru	768	1978	FV17		
Rombaksbrua	765	1964	E6	2018	Linjeomlegging/ Bygging av Hålogalandsbroa
Andøybrua	750	1974	Rv82		
Kvalsundbrua	741	1977	Rv94		
Gulli bru	741	2014	E16		
Åstfjordbrua	735	2021	Rv714		
Skjomen bru	711	1972	E6		
Raftsundbrua	711	1998	E10		
Nye Svinesundbrua[8]	704	2005	E6		
Nærøysund bru	701	1981	Fv770		
Karmsund bru	691	1955	Rv47		
Vesterbrua[9]	679	1980	E18	2026	Kapasitet/ Erstattet av ny infrastruktur
Breviksbrua[10]	677	1962	Rv354	1996	Annen infrastruktur/ Kapasitetsbehov
Tverlandsbrua	670	2013	Rv80		
Nye Varoddbrua	663	1994	E18		
Kjellingstraumen bru	662	1975	Fv17		
Lysefjordbrua	640	1997	Rv13		
Kråkvågbrua	630	2003	Privat		
Helland bru	621	2001	E18		
Hagelsundbrua	623	1982	E39		
Dalsfjordbrua	619	2013	Fv609		
Grenlandsbrua	608	1996	E18		
Dyrøybrua	605	1994	Fv7842		
Langset bru[11]	598	1959	Fv177	1994	Kapasitet/

Navn	Lengde (meter)	Åpning (år)	Strekning	År med endring	Endring/ Årsak
					Annen infrastruktur
Fetsund bru	595	1959	Rv22		
Marøybrua	590	1978	Rv770		
Rongesundet bru	584	1986	Fv561		
Sandsfjordbrua	580	2015	Fv46		
Beitstadsundbrua	580	2020	Fv17		
Farrisbrua	570	2018	E18		
Fedafjorden bru	566	2006	E39		
Bolsøybrua	555	1991	Fv64		
Giskebrua	552	1987	Rv658		
Kjerringstraumen bru	551	1969	E6		
Brønnøysundbrua	550	1979	Fv7234		
Imarsundbrua	550	2007	Fv680		
Engeløybrua (høy bru)	548	1978	Fv835		
Herøybrua	544	1976	Fv654		
Lillehammer bru	543	1984	E6		
Sundøybrua	538	2003	Fv7314		
Minnesund bru	532	1993	E6	2011	Utvidelsen fra 2 til 4 felt/Kapasitet
Stokkøybrua	525	2000	Fv723		
Nylandsvegen sør bru	525	1967	Rv162		
Sommarøybrua	522	1978	Fv7766		
Veidnesbrua	520	1999	E69		
Aursundbrua	486	1995	Fv680		
Nygårdstangen viadukt	486		E39		
Tauterbrua	483		Fv6830		
Årnes bru	480	1963	Fv177		
Stolmabrua	467	1998	Fv5138		
Vrengen bro	465	1981	Fv308		
Dolmsundbrua	462	2016	Fv714		
Nye Puddefjordsbroen	461	1999	Rv555		

Navn	Lengde (meter)	Åpning (år)	Strekning	År med endring	Endring/ Årsak
Frednesbrua	461	1995	Fv354		
Hundvåkøybrua	460	2007	Fv546		
Sandvika bru	458		E18		
Strømsøbrua	454	1966	Rv282		
Sørstraumen bru	440	1980	E6		
Storholmenbrua	439	2007	Fv546		
Gamle Puddefjordsbroen	436	1956	Rv555		
Lokkaren bru	435	1977	Fv767		
Menstadbrua	433	1991	Fv32		
Nerlandsøybrua	430	1968	Fv5878		
Rundebrua	428	1982	Fv5876		
Kvalsaukan bru	425	1974	Fv82		
Gamle Svinesundbrua[1][2]	420	1946	Fv118	2005	Linjeomlegging (erstattet av ny bro over Svinesund)/Kapasitet
Støvset bru	420	1993	Fv812		
Ognasundbrua	420	1991	E39		
Hølendalen bruer	416	1996	E6		
Straumsundbrua	412	1991	E39		
Vassåsbrua	412	1980	Fv7200		
Sørsundbrua	408	1963	Fv6242		
Eiksundbrua	405	2005	Fv653		
Fosnstraumbrua	404	1989	Fv565		
Kroppanbrua	402	1975	E6		
Norddalsfjord-brua	401	1987	Fv614		
Tromøybrua	400	1961	Fv409		
Melhusbrua	400	2003	Fv708		

[1] Erstattet ferga Knarvik–Lindås

[2] Erstattet også strekningen Ornes–Rombaksbrua, som har lav standard og er utsatt for snøskred og steinsprang.

[3] Egentlig to broer. Bro nr. 2 ble bygd i 2008 og ga fire felt. Altså ikke en ombygging, men en utsatt ferdigstillelse

[4] Økt behov for kapasitet pga. Ryfast. Kostnaden var 22,4 MNOK er dette stort nok?

[5] Ble spådd 50 års levetid da den åpnet.
[6] Erstattet fergesambandet Andørja-Hamnvik
[7] Kun gangbro
[8] ≈350 m i Norge
[9] Ny infrastruktur E18/E39 Gartnerløkka-Kolsdalen.
[10] Nedgradert etter åpning av Grenlandsbrua
[11] Erstattet av Nye Minnesundbroa i 1994.
[12] ≈180 m i Norge

Tabell V1-4: Tunneler i Rogaland

Id	Navn	Veg	Meter	Åpningsår	Hendelse-år	Hendelse
1	Kvelven tunnel	Rv13	15	1881	1921/1955/1994	Utvidet/Utvidet/GS-veg
2	Lundevatn I	E39	47	1904	1945/1967	Endret fra jernbane til vegtunnel/Fjernet
3	Lundevatn II	E39	52	1904	1945/1967	Endret fra jernbane til vegtunnel/ Fjernet
4	Lundevatn tunnel	E39	80	1904	1945/1967	Endret fra jernbane til vegtunnel/ Utvidet
5	Gya I	Fv42	47	1911	1926	Utdatert/Nedlagt
6	Varstad I	Fv520	65	1913	1935/1965	Utvidet/Fjernet
7	Varstad II	Fv520	65	1913	1933/1983	Støpt portal/GS-veg
8	Varstad III	Fv520	35	1913	1933/1983	Støpt portal/GS-veg
9	Varstad IV	Fv520	35	1913	1956	Sprengt bort
10	Varstad V	Fv520	40	1913	1935/1983	Utvidet/Utvidet
11	Varstad IV	Fv520	45	1913	1930	Stengt
12	Varstad IIV	Fv520	110	1913	1982	G/S-veg
13	Kvaløy I	Fv46	19	1922	1967	
14	Iglatjørn I	F46	15	1922	1953	
15	Jøssinghavn I	Fv44	65	1922	1986	
16	Jøssinghavn II	Fv44	250	1922	1985	Utvidet
17	Austrumdalen 4	Fv117	60	1930	1995	
18	Austrumdalen 3	Fv117	20	1931	1995	
19	Austrumdalen 1	Fv117	20	1932	1995	
20	Austrumdalen 2	Fv117	20	1932	1995	
21	Suldalsporten 1	Rv13	50	1937	1978	
22	Suldalsporten 2	Rv13	50	1937	1978	
23	Moibukta tunnel	Fv44	25	1939	1983	Fjernet
24	Skiftesvik	Rv13	20	1940	1983	Fjernet
25	Osberg 1	Rv13	55	1940	2012	Nedlagt
26	Rossajuvet tunnel	Rv13	35	1940	1962	Utvidet
27	Giljajuvet 1 og 2	Fv45	110	1943	1985	Nedlagt
28	Giljajuvet 1 og 2	Fv45	110	1943	1985	Nedlagt
29	Lundevatn IV (Klubben)	E39	40	1944	1981	G/S-veg
30	Mydland tunnel	Fv117	250	1948		

Id	Navn	Veg	Meter	Åpningsår	Hendelse-år	Hendelse
31	Kilane tunnel	Rv13	20	1949	1993	
32	Iversflaten 2	Rv13	15	1950	1977/2004	Utvidet
33	Iversflaten 1	Rv13	55	1953	1977/2004	Utvidet
34	Brorvik tunnel	Fv520	46	1953	1987	Utvidet
35	Djupevik tunnel	Fv520	36	1953	1984	Utvidet
36	Kolstø tunnel	Rv13	100	1955	1986	Utvidet
37	Husa tunnel	Rv13	75	1957	1983	Utvidet
38	Galtadalen	Rv13	75	1958	1983	Utvidet
39	Vela 1 tunnel	Rv13	50	1960	1963	
40	Lovraide I tunnel	Rv13	207	1962		
41	Lovraide II tunnel	Rv13	207	1962		
42	Kilen tunnel	Fv691	450	1962		
43	Vika tunnel	Fv496	120	1963		
44	Velaskaret tunnel	Rv13	294	1963	1985	Utvidet
45	Vindsvik II tunnel	Rv13	70	1964		
46	Vindsvik I tunnel	Rv13	70	1965		
47	Rekefjord tunnel	Fv40	80	1965		
48	Hamra tunnel	Fv517	95	1966		
49	Kvaløy tunnel	Fv46	144	1967		
50	Jårvik tunne	Fv517	68	1967		
51	Tveita tunnel	Fv681	69	1968		
52	Aksland	Fv46	84	1969		
53	Heskestad tunnel	E39	308	1971		
54	Økstra tunnel	Fv686	428	1971		
55	Nærheimsklei v tunnel	Fv632	25	1971		
56	Ørsdalstunnel en	Fv117	1399	1972		
57	Urheim tunnelen	Rv13	440	1962		
58	Geitatangen tunne	Rv13	160	1973		
59	Nes tunnel	Fv520	106	1973		
60	Gjuvsåna tunnel	Rv13	477	1973		
61	Bukkaskår tunnel	Rv13	410	1973		
62	Auglendshøyd en tunnel	E39	360	1973		

Id	Navn	Veg	Meter	Åpningsår	Hendelse-år	Hendelse
63	Bryningsland tunnel	E39	227	1974		
64	Krokanseodden tunne	Rv13	350	1974		
65	Klubben	Fv45	227	1974		
66	Hyllen tunnel	Rv13	2320	1975		
67	Fossane tunnel	Fv660	360	1975		
68	Våge tunnel	Rv13	837	1975		
69	Røynevarden tunnel	Rv13	587	1976		
70	Vika tunnel	Rv13	1193	1977		
71	Falkali tunnel	Rv13	1210	1977		
72	Flossåna tunnel	Fv691	446	1977		
73	Baksmett tunne	Fv691	316	1977		
74	Kyrteig tunnel	Rv13	141	1977		
75	Litlehamar tunnel	Rv13	61	1997		
76	Mokleive tunnel	Rv33	145	1977		
77	Suldalsporten 1978	Rv13	733	1978		
78	Mokleivåsen tunnel	Rv13	467	1978		
79	Vardane tunnel	Rv13	200	1977		
80	Sildafjell tunnel	Fv632	533	1978		
81	Røyrdalen tunnel	Rv45	722	1979		
82	Kjøladalen tunnel	Rv11	133	1978		
83	Skottet	Rv13	630	1979		
84	Lauåsen tunnel	Fv502	232	1978		
85	Bukka tunnel	Rv13	215	1979		
86	Bastlid	Rv13	245	1979		
87	Varstad	Fv520	887	1980		
88	Førre tunnel	E134	3030	1980		
89	Tronvik	E39	202	1981		
90	Nibå tunnelen	Rv13	113	1981		
91	Eide tunnelen	Fv47	74	1981		
92	Honganvik tunnelen	Fv520	1355	1982		
93	Vinjavatn tunnel	Fv503	200	1983		
94	Giljajuvet 1 og 2	Fv45	547	1984		

Id	Navn	Veg	Meter	Åpningsår	Hendelse-år	Hendelse
95	Byhaugen tunnel	E39	638	1985		
96	Lysetunnelen	Fv500	1103	1985		
97	Jøssinghavn II	Fv44	245	1986		
98	Auglenshøyde n tunnel	E39	359	1987		
99	Bergjeland tunnel	Fv509	705	1987		
100	Drengstig tunnel	Fv46	1232	1988		
101	Håklepp tunnel	E39	608	1988		
102	Gya I	Fv42	500	1989		
103	Almenningen tunnel	Fv46	642	1989		
104	Byfjordtunnel en	E39	5875	1991		
105	Skjoldavik tunnel	E134	140	1991		
106	Notvik tunnel	Rv13	150	1992		
107	Høllesli tunnel	Rv13	822	1992		
108	Botshei	Rv13	200	1993		
109	Kjeldhamar tunnel	Rv13	265	1993		
110	Djupedal tunnel	Rv13	404	1993		
111	Fureli tunnel	Fv117	1673	1995		
112	Raudeli tunnel	Fv117	429	1995		
113	Torgrimsli tunnel	Fv117	334	1995		
114	Liahammar tuunel	Fv13	257	1995		
115	Iglatjørn tunnel	Fv46	447	1996		
116	Frafjord tunnel	Fv281	3812	1998		
117	Storhaug tunnel	Fv427	1260	1999		
118	Indre Sandvik	Fv686	136	2000		
119	Ytre Sandvik	Fv686	377	2000		
120	Landsnes tunnel	Fv686	596	2000		
121	Ivarsflott tunnel	Fv13	1015	2003		

Tabell V1-5: Broer i Akershus

Åpning (år)	Navn	Status	Type	Strekning	Lengde (m)
1961	Fjellhaug		Vegbro	F	10.77
1962	Eikeberg		Vegbro	F	6.58
1962	Fjerdingby gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1963	Høvik		Bro i fylling	F	0
1963	Prestå		Vegbro	F	7.2
1963	Myrer	Nedlagt	Vegbro	F	6.5
1963	Bøn		Vegbro	F	25
1963	Nessfossen		Vegbro	F	8.23
1964	Foss		Bro i fylling	F	0
1964	Brånås		Vegbro	F	16
1964	Breiå bekkekulvert		Bro i fylling	F	0
1964	Brustad		Bro i fylling	F	0
1965	Heishagen bekkekulvert		Bro i fylling	F	0
1965	Fossen		Vegbro	F	3.37
1965	Haslum		Vegbro	F	6.53
1966	Bølstad		Vegbro	F	13.8
1966	Oreholtet		Vegbro	F	17
1966	Drengsrud		Vegbro	F	16.8
1966	Ovlien		Vegbro	F	6.45
1967	Løkkeberg		Vegbro	F	6
1968	Kjærstad	Nedlagt	Bro i fylling	F	7.5
1968	Bjørnsvik Utg.		Vegbro	F	55
1968	Bjørnsvik Inng.		Vegbro	F	55
1968	Slependen Utg.		Vegbro	F	32.5
1968	Slependen Inng.		Vegbro	F	32.5
1968	Melby II		Vegbro	F	26
1969	Kjersund		Vegbro	F	21.96
1969	Lokshaug		Vegbro	F	12
1969	Åsnes		Vegbro	F	9.43
1969	Liahagen		Vegbro	F	18.65
1969	Langset		Vegbro	F	101.89

Åpning (år)	Navn	Status	Type	Strekning	Lengde (m)
1970	Ringnes		Vegbro	F	20.65
1970	Lerskallen		Vegbro	F	15
1970	Nydammen		Vegbro	F	20
1970	Vanntroa elvekulvert		Bro i fylling	F	0
1970	Kauserud		Vegbro	F	9.6
1970	Holm		Bro i fylling	F	0
1970	Stensby gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1970	Bråthen driftsvegkulvert		Bro i fylling	F	0
1970	Fiskelausa		Vegbro	F	8.83
1971	Son		Vegbro	F	16.85
1971	Vines		Vegbro	F	5
1971	Stasjonsvegen		Vegbro	F	20
1971	Tangen		Vegbro	E	18
1971	Solberg		Vegbro	F	4
1971	Fjellbo		Vegbro	F	24
1971	Gran		Vegbro	F	25
1971	Hau	Nedlagt	Vegbro	F	6.97
1971	Lie		Bro i fylling	F	0
1971	Verksbrua		Vegbro	F	5.2
1971	Svendsrud		Vegbro	F	19.37
1971	Ringshaug		Vegbro	F	11.28
1971	Ingeborgrud		Vegbro	F	15
1971	Hombledalen		Vegbro	F	15.87
1972	Nesbru Utg.		Vegbro	F	25.5
1972	Nesbru Inng.		Vegbro	F	26
1972	Hestesund		Vegbro	F	28
1972	Våler		Vegbro	F	13
1972	Vestre Skjerva	Nedlagt	Vegbro	F	5.09
1972	Slattum		Vegbro	F	27
1972	Brutangen		Vegbro	F	8.95
1972	Splitten	Nedlagt	Vegbro	F	10
1973	Falentin bekkekulvert		Bro i fylling	F	0

Åpning (år)	Navn	Status	Type	Strekning	Lengde (m)
1973	Langhus senter gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1973	Vevelstad skole gangbru		G/S-bro	P	14
1973	Vevelstadåsen gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1973	Fjellhagen kulvert		Bro i fylling	F	0
1973	Nordveien		Vegbro	F	17
1973	Grorud elvekulvert		Bro i fylling	F	0
1973	Ås		Vegbro	F	10.85
1974	Nes		Vegbro	F	19
1974	Tveter		Vegbro	F	29.37
1974	Rise		Vegbro	F	4.05
1974	Funni o/jernbane		Vegbro	F	17.5
1974	Funnefoss		Vegbro	F	20.4
1974	Dal		Vegbro	F	4.3
1974	Råholt gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1974	Hammerstad gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1975	Billingstadveien jernbanebru		Jernbanebro	F	0
1975	Hvalstad gngkulvert		Bro i fylling	F	0
1975	Høgbrua bekkekulvert I		Bro i fylling	F	0
1975	Arteid nordg.		Vegbro	F	29.2
1975	Lønås gangbru		G/S-bro	K	19
1975	Eiksveien		Vegbro	F	0
1975	Østerås skole gangbru		G/S-bro	K	15
1975	Hosleveien gangbru		G/S-bro	K	17.4
1975	Bårlidalen		Vegbro	F	29.5
1976	Linnestad	Nedlagt	Bro i fylling	F	
1976	Sykehusveien		Vegbro	F	21
1976	Brubakk bekkekulvert		Bro i fylling	F	0
1976	Ihle	Nedlagt	Vegbro	F	6.96
1976	Bønsdalen		Vegbro	F	31
1977	Rød		Vegbro	F	45
1977	Jonsrud gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1977	Østreng gangbru		G/S-bro	K	16

Åpning (år)	Navn	Status	Type	Strekning	Lengde (m)
1977	Ødegård		Vegbro	F	4.8
1977	Bryn gangbru		G/S-bro	K	15
1977	Kvisla		Bro i fylling	F	0
1977	Sagstua		Vegbro	R	17
1977	Rakeie elvekulvert		Bro i fylling	F	0
1977	Bjørknes		Vegbro	F	8.2
1977	Fartjern elvekulvert		Bro i fylling	F	0
1978	Lenken		Vegbro	F	41
1978	Stormyrvegen		Bro i fylling	F	0
1978	Marikollen gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1978	Valstadsvingen gangkulvert		Bro i fylling	K	0
1978	Leirsund		Vegbro	F	15.7
1978	Råholt kirke gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1979	Børtnes		Vegbro	R	5.3
1979	Langeland		Vegbro	F	25.5
1979	Haug		Vegbro	F	7.33
1979	Auli		Vegbro	F	14
1979	Fløyta vannkulvert		Bro i fylling	F	0
1980	Solheimkrysset gangbru		G/S-bro	F	15.93
1980	Norheim gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1980	Opakermoen gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1981	Snipetjern gangbru		G/S-bro	F	19
1981	Assurdalen		Vegbro	F	36
1981	Taraldrud		Vegbro	F	3.3
1981	Røykenveien gangbru		G/S-bro	K	24
1981	Møller gangbru		G/S-bro	K	25.55
1981	Skreksrud bekkekulvert		Bro i fylling	F	0
1982	Askerhallen gangbru		G/S-bro	K	20
1982	Semsveien gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1982	Rabbe elvekulvert		Bro i fylling	F	0
1982	Verket		Bro i fylling	E	0
1982	Fosser		Vegbro	F	7.35

Åpning (år)	Navn	Status	Type	Strekning	Lengde (m)
1983	Randem	Nedlagt	Vegbro	F	7
1983	Hamangskogen	Nedlagt	Vegbro	F	9
1983	Løkkeberg		Vegbro	F	6
1983	Slora elvekulvert		Vegbro	F	9.2
1983	Bråte		Vegbro	F	3.5
1983	Grønvold	Nedlagt	Bro i fylling	F	
1983	Mogreina skole gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1983	Ladderud gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1983	Vestbysvingen		Bro i fylling	F	
1983	Nordby		Bro i fylling	R	0
1984	Vestby krk. gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1984	Rød, nordre	Nedlagt	Vegbro	F	12
1984	Bekkestua	Nedlagt	Vegbro	F	12
1984	Nadden elvekulvert		Bro i fylling	F	0
1984	Bråthen	Nedlagt	Vegbro	F	8.5
1984	Hovinbakken		Vegbro	F	15
1984	Knattenkrysset		Vegbro	F	27
1984	Baskop kulvert		Bro i fylling	F	0
1984	Fjellberg	Nedlagt	Vegbro	F	7
1984	Hellern		Vegbro	F	4
1985	Slalomgjennomgangen angkulvert		Bro i fylling	F	0
1985	Normannsslopa gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1985	Guldbrandslia kulvert	Nedlagt	Bro i fylling	F	
1985	Vigfoss		Vegbro	F	26
1985	Møllerkrysset kulvert	Nedlagt	Bro i fylling	F	
1985	Finstad	Nedlagt	G/S-bro	F	
1985	Hagaløkka gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1985	Asak kulvert	Nedlagt	Bro i fylling	F	
1985	Thurman gangkulvert		Bro i fylling	F	
1985	Kristenstudalen		Vegbro	F	28.3
1985	Kverndøla		Vegbro	F	8.45
1986	Skoglia gangbru - Q3		G/S-bro	K	20

Åpning (år)	Navn	Status	Type	Strekning	Lengde (m)
1986	Østby bekkekulvert		Bro i fylling	F	0
1986	Nordliveien gangbru		G/S-bro	K	22.2
1986	Vallerud gangkulvert II		Bro i fylling	F	0
1987	Vebekk	Nedlagt	Vegbro	F	12.75
1987	Åmotneset bekkekulvert		Bro i fylling	F	0
1987	Knutehull		Vegbro	F	10
1987	Brevik		Vegbro	R	272
1987	Grevlingen gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1987	Alicenborg gangbru		G/S-bro	K	19
1987	Kadettangen		Vegbro	F	24
1987	Aulifeltet gangkulvert		Bro i fylling	F	0
1987	Sundbyveien		Vegbro	F	42
1989	Ny Rånåsfoss		Vegbro	F	120
1989	Sandnesenga jernbanekulvert	Nedlagt	Bro i fylling	F	0
1989	Sandnes driftsvegkulvert		Bro i fylling	F	0
1989	Bjørnholthagan gangbru		G/S-bro	K	18.89
1989	Mogreina sørgående		Vegbro	K	11.2
1990	Bru		Vegbro	F	10.4
1990	Nadderud I		Bro i fylling	F	0
1990	Nadderud gangkulvert II		Bro i fylling	F	0
1990	Nadderud III		Bro i fylling	F	0
1990	Kirkevegen		Bro i fylling	F	0
1990	Gjellumvannet		Vegbro	F	14
1990	Nebbenes	Nedlagt	Bro i fylling	F	

Kilde: Skari (2000)

E – Europaveg, R – Riksveg, F – Fylkesveg, K – Kommunalveg

Tabell V1-6: Strekninger på E18 fra Riksgrensen til Kristiansand

Nr	Strekning	Åpningsår (dagens)	Tidligere strekninger	Merknad
1	Riksgrensen (Ørje)-Ørje sentrum	2017	1965	Ny veg åpnet i 1959, men enkelte forbedringer etter dette.
2	Ørje sentrum-Melleby	2003	1965	
3	Melleby-Momarken	2013	1965	
4	Momarken-Sekkelstein	2013	1965	
5	Sekkelstein-Nordre Rom	2005	1965	
6	Nordre Rom-Berger	1961	1961	
7	Berger-Vinterbro	2010	1965	Tilsvarer nesten prosjektet Sekkelsten–Krossby.
8	Vinterbrosletta - Vinterbrosletta	2018	1965	
9	Vinterbrosletta-Mastemyr	1986	1965	
10	Mastemyr-Kongshavn	1970	1970	
11	Kongshavn-Filipstad	2010	1970/1990	Endringen gjelder festningstunnelen. Den vestligste delen av Operatunnelen, åpnet i 1990.
12	Filipstad-Blommenholm	2010	1964/1972	Utvidet til 4 felt i 1972.
13	Blommenholm-Asker	1975	1975	Drammensbroa åpnet i 1975 og utvidet i 2008. Åpningsår mellom 2017 og 2020 mellom Asker og Drammensbroa.
14	Asker-Drammensbroa	2017	1975	Enkelte strekninger er åpnet i 2020.
15	Berg-Nykirke	2001	1954/1983	Vegen ble lagt utenom Holme.
16	Nykirke-Larvik	2017	1962	Åpningsår varierer mellom 2016 og 2018.
17	Larvik-Langangen bro	2009	1975	
18	Langanen bro - Kokkersvoll	2012	1965/1979/1996	
19	Kokkersvoll-Rønningen	1987	1965	
20	Rønningen-Mule	2011	1962	
21	Mule-Rugtvedt	2021	1962/1996	Breiviksbroa kom i 1962 og danner startpunktet for opprinnelig veg. Tidligere var vegen lagt via omveg om Krabberødstrand. Tidligere ble fjorden krysset med ferje. Bambletunnelen og Grenlandsbroa ble utvidet og rehabilitert i 2021 av Nye veier.

Nr	Strekning	Åpningsår (dagens)	Tidligere strekninger	Merknad
22	Rugtvedt-Dørdal	2021	1965	Ny parsell mellom Dørdal og Tangen i 1971, men ellers er vegen eldre. I hovedsak ble vegen lagt om mellom 1965 og 1970 (Wiik, s. 140).
23	Dørdal-Sannidal	2011	1971	Den nye vegen er fra 1971 (Wiik, s 140).
24	Sannidal-Bråvann	1975	1975	
25	Bråvann-Brokelandsheia	1997	1962	Enkelte kilder skriver at vegen er fra 2004, men https://vegkart.atlas.vegvesen.no sier 1997. Parsellen Brokelandshei–Østerhold ble bygd om i 1989, men siden kostnaden var 48 mill. tolkes dette som vanlig vedlikehold.
26	Brokelandsheia-Akland	2008	1965	
27	Akland-Rømyr (Tvedestrand)	2008	1971	
28	Rømyr-Harebakken	2018	1971	
29	Harebakken-Sørsvann	2019	1977	
30	Sørsvann-Bringsvær	2000	1966	
31	Bringsvær-Berge	2008	1965	Omkjøringsveg ble bygget i 1981. Det ble byd ny veg nordøst for Grimstad sentrum i 1991.
32	Berge-Kristiansand dyrepark	2008	1965	
33	Kristiansand dyrepark–Kristiansand sentrum	2008	1952/1981	Ny veg fra Lillesand til Kristiansand senter, inkl. bygging av Varoddbroa ble åpnet i 1952.

[1] Wiik, T. (2017). Riksveiene som ble til E18: fra Ørje til Drammen.

[2] https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/europaveg/e18orjevinterbro/delprosjekter/

[3] https://www.nb.no/items/URN:NBN:no_b_digavis_arbeiderbladetoslo

[4] https://vegkart.atlas.vegvesen.no/

[5] https://www.nb.no/items/URN:NBN:no_digavis_arbeiderbladetoslo

[7] Avisa Varden, 05.07.1989

[6] Wiik, T og P. Johansen (2015). Riksveiene som ble til E18. Bok sirkus. 2015

Tabell V1-7: Andel nye Riksvegstrekninger 2011-2020. Km

År	Statens vegvesen*	Nye Veier**	Sum	Eksisterende***	Andel nye veg
2011	49.8		49.8	10509	0.5 %
2012	73.8		73.8	10525	0.7 %
2013	77.1		77.1	10606	0.7 %
2014	185		185	10668	1.7 %
2015	67.4		67.4	10689	0.6 %
2016	124.2		124.2	10694	1.2 %
2017	95.5		95.5	10681	0.9 %
2018	84.6		84.6	10713	0.8 %
2019	233.2	50.5	283.7	10756	2.6 %
2020	127.3	30	157.3	10501	1.5 %
Gjennomsnitt					1.1 %

*Tall fra Statens vegvesens årsrapporter (inkluderer både nybygd veg og breddeutvidelse).
Årsrapporter og tertialrapporter for Statens vegvesen | Statens vegvesen
**Kilde: Hentet fra Nye Veiers hjemmeside: "Veiprosjekter som er åpnet | Nye Veier AS"
***Kilde: 2016-2020 Statens vegvesens årsrapporter, 2013-2015 OFV Vei og samfunn-rapporter, 2011-2012: NVDB-data

Concept rapportserie

Papirtrykk: ISSN 0803-9763

Elektronisk utgave på internett: ISSN 0804-5585

Lastes ned fra: https://www.ntnu.no/concept/concept-rapportserie

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 1	Styring av prosjektporteføljer i staten. Usikkerhetsavsetning på porteføljenivå *Project Portfolio Management. Estimating Provisions for Uncertainty at Portfolio Level.*	Stein Berntsen og Thorleif Sunde
Nr. 2	Statlig styring av prosjektledelse. Empiri og økonomiske prinsipper. *Economic Incentives in Public Project Management*	Dag Morten Dalen, Ola Lædre og Christian Riis
Nr. 3	Beslutningsunderlag og beslutninger i store statlige investeringsprosjekt *Decisions and the Basis for Decisions in Major Public Investment Projects*	Stein V. Larsen, Eilif Holte og Sverre Haanæs
Nr. 4	Konseptutvikling og evaluering i store statlige investeringsprosjekt *Concept Development and Evaluation in Major Public Investment Projects*	Hege Gry Solheim, Erik Dammen, Håvard O. Skaldebø, Eystein Myking, Elisabeth K. Svendsen og Paul Torgersen
Nr. 5	Bedre behovsanalyser. Erfaringer og anbefalinger om behovsanalyser i store offentlige investeringsprosjekt *Needs Analysis in Major Public Investment Projects. Lessons and Recommendations*	Petter Næss
Nr. 6	Målformulering i store statlige investeringsprosjekt *Alignment of Objectives in Major Public Investment Projects*	Ole Jonny Klakegg
Nr. 7	Hvordan tror vi at det blir? Effektvurderinger av store offentlige prosjekter *Up-front Conjecture of Anticipated Effects of Major Public Investment Projects*	Nils Olsson
Nr. 8	Realopsjoner og fleksibilitet i store offentlige investeringsprosjekt	Kjell Arne Brekke

Rapport	Tittel	Forfatter
	Real Options and Flexibility in Major Public Investment Projects	
Nr. 9	Bedre utforming av store offentlige investeringsprosjekter. Vurdering av behov, mål og effekt i tidligfasen *Improved Design of Public Investment Projects. Up-front Appraisal of Needs, Objectives and Effects*	Petter Næss med bidrag fra Kjell Arne Brekke, Nils Olsson og Ole Jonny Klakegg
Nr. 10	Usikkerhetsanalyse – Kontekst og grunnlag *Uncertainty Analysis – Context and Foundations*	Kjell Austeng, Olav Torp, Jon Terje Midtbø, Ingemund Jordanger, og Ole M Magnussen
Nr. 11	Usikkerhetsanalyse – Modellering, estimering og beregning *Uncertainty Analysis – Modeling, Estimation and Calculation*	Frode Drevland, Kjell Austeng og Olav Torp
Nr. 12	Metoder for usikkerhetsanalyse *Uncertainty Analysis – Methodology*	Kjell Austeng, Jon Terje Midtbø, Vidar Helland, Olav Torp og Ingemund Jordanger
Nr. 13	Usikkerhetsanalyse – Feilkilder i metode og beregning *Uncertainty Analysis – Methodological Errors in Data and Analysis*	Kjell Austeng, Vibeke Binz og Frode Drevland
Nr. 14	Positiv usikkerhet og økt verdiskaping *Positive Uncertainty and Increasing Return on Investments*	Ingemund Jordanger
Nr. 15	Kostnadsusikkerhet i store statlige investeringsprosjekter; Empiriske studier basert på KS2 *Cost Uncertainty in Large Public Investment Projects. Empirical* Studies	Olav Torp (red.), Ole M Magnussen, Nils Olsson og Ole Jonny Klakegg
Nr. 16	Kontrahering i prosjektets tidligfase. Forsvarets anskaffelser. *Procurement in a Project's Early Phases. Defense Aquisitions*	Erik N. Warberg

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 17	Beslutninger på svakt informasjonsgrunnlag. Tilnærminger og utfordringer i prosjekters tidlige fase *Decisions Based on Scant Information. Challenge and Tools During the Front-end Phases of Projec*	Kjell Sunnevåg (red.)
Nr. 18	Flermålsanalyser i store statlige investeringsprosjekt *Multi-Criteria Decision Analysis In Major Public Investment Projects*	Ingemund Jordanger, Stein Malerud, Harald Minken, Arvid Strand
Nr. 19	Effektvurdering av store statlige investeringsprosjekter *Impact Assessment of Major Public Investment Projects*	Bjørn Andersen, Svein Bråthen, Tom Fagerhaug, Ola Nafstad, Petter Næss og Nils Olsson
Nr. 20	Investorers vurdering av prosjekters godhet *Investors' Appraisal of Project Feasibility*	Nils Olsson, Stein Frydenberg, Erik W. Jakobsen, Svein Arne Jessen, Roger Sørheim og Lillian Waagø
Nr. 21	Logisk minimalisme, rasjonalitet - og de avgjørende valg *Major Projects: Logical Minimalism, Rationality and Grand Choices*	Knut Samset, Arvid Strand og Vincent F. Hendricks
Nr. 22	Miljøøkonomi og samfunnsøkonomisk lønnsomhet *Environmental Economics and Economic Viability*	Kåre P. Hagen
Nr. 23	The Norwegian Front-End Governance Regime of Major Public *Projects – A Theoretically Based Analysis and Evaluation*	Tom Christensen
Nr. 24	Markedsorienterte styringsmetoder i miljøpolitikken *Market oriented approaches to environmental policy*	Kåre P. Hagen
Nr. 25	Regime for planlegging og beslutning i sykehusprosjekter *Planning and Decision Making in Hospital Projects. Lessons with the Norwegian Governance Scheme.*	Asmund Myrbostad, Tarald Rohde, Pål Martinussen og Marte Lauvsnes

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 26	Politisk styring, lokal rasjonalitet og komplekse koalisjoner. Tidligfaseprosessen i store offentlige investeringsprosjekter *Political Control, Local Rationality and Complex Coalitions. Focus on the Front-End of Large Public Investment Projects*	Erik Whist, Tom Christensen
Nr. 27	Verdsetting av fremtiden. Tidshorisont og diskonteringsrenter *Valuing the future. Time Horizon and Discount Rates*	Kåre P. Hagen
Nr. 28	Fjorden, byen og operaen. En evaluering av Bjørvikautbyggingen i et beslutningsteoretisk perspektiv *The Fjord, the City and the Opera. An Evaluation of Bjørvika Urban Development*	Erik Whist, Tom Christensen
Nr. 29	Levedyktighet og investeringstiltak. Erfaringer fra kvalitetssikring av statlige investeringsprosjekter *Sustainability and Public Investments. Lessons from Major Public Investment Projects*	Ola Lædre, Gro Holst Volden, Tore Haavaldsen
Nr. 30	Etterevaluering av statlige investeringsprosjekter. Konklusjoner, erfaringer og råd basert på pilotevaluering av fire prosjekter *Evaluating Public Investment Projects. Lessons and Advice from a Meta-Evaluation of Four Projects*	Gro Holst Volden og Knut Samset
Nr. 31	Store statlige investeringers betydning for konkurranse- og markedsutviklingen. Håndtering av konkurransemessige problemstillinger i utredningsfasen *Major Public Investments' Impact on Competition. How to Deal with Competition Issues as Part of the Project Appraisal*	Asbjørn Englund, Harald Bergh, Aleksander Møll og Ove Skaug Halsos
Nr. 32	Analyse av systematisk usikkerhet i norsk økonomi. *Analysis of Systematic Uncertainty in the Norwegian Economy.*	Haakon Vennemo, Michael Hoel og Henning Wahlquist

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 33	Planprosesser, beregningsverktøy og bruk av nytte-kostnadsanalyser i vegsektoren. En sammenlikning av praksis i Norge og Sverige. *Planning, Analytic Tools and the Use of Cost-Benefit Analysis in the Transport Sector in Norway and Sweden.*	Morten Welde, Jonas Eliasson, James Odeck, Maria Börjesson
Nr. 34	Mulighetsrommet. En studie om konseptutredninger og konseptvalg *The Opportunity Space. A Study of Conceptual Appraisals and the Choice of Conceptual Solutions.*	Knut Samset, Bjørn Andersen og Kjell Austeng
Nr. 35	Statens prosjektmodell. Bedre kostnadsstyring. Erfaringer med de første investeringstiltakene som har vært gjennom ekstern kvalitetssikring	Knut Samset og Gro Holst Volden
Nr. 36	Investing for Impact. Lessons with the Norwegian State Project Model and the First Investment Projects that Have Been Subjected to External Quality Assurance	Knut Samset og Gro Holst Volden
Nr. 37	Bruk av karbonpriser i praktiske samfunnsøkonomiske analyser. En oversikt over praksis fra analyser av statlige investeringsprosjekter under KVU-/KS1-ordningen. *Use of Carbon Prices in Cost-Benefit Analysis. Practices in Project Appraisals of Major Public Investment Projects under the Norwegian State Project Model*	Gro Holst Volden
Nr. 38	Ikke-prissatte virkninger i samfunnsøkonomisk analyse. Praksis og erfaringer i statlige investeringsprosjekter *Non-Monetized Impacts in Economic Analysis. Practice and Lessons from Public Investment Projects*	Heidi Bull-Berg, Gro Holst Volden og Inger Lise Tyholt Grindvoll
Nr. 39	Lav prising – store valg. En studie av underestimering av kostnader i prosjekters tidligfase *Low estimates – high stakes. A study of underestimation of costs in projects' earliest phase*	Morten Welde, Knut Samset, Bjørn Andersen, Kjell Austeng

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 40	Mot sin hensikt. Perverse insentiver – om offentlige investerings-prosjekter som ikke forplikter *Perverse incentives and counterproductive investments. Public funding without liabilities for the recipients*	Knut Samset, Gro Holst Volden, Morten Welde og Heidi Bull-Berg
Nr. 41	Transportmodeller på randen. En utforsking av NTM5-modellens anvendelsesområde *Transport models and extreme scenarios. A test of the NTM5 model*	Christian Steinsland og Lasse Fridstrøm
Nr. 42	Brukeravgifter i veisektoren *User fees in the road sector*	Kåre Petter Hagen og Karl Rolf Pedersen
Nr. 43	Norsk vegplanlegging: Hvilke hensyn styrer anbefalingene *Road Planning in Norway: What governs the selection of projects?*	Arvid Strand, Silvia Olsen, Merethe Dotterud Leiren og Askill Harkjerr Halse
Nr. 44	Ressursbruk i transportsektoren – noen mulige forbedringer *Resource allocation in the transport sector – some potential improvements*	James Odeck (red.) og Morten Welde (red.)
Nr. 45	Kommunale investeringsprosjekter. Prosjektmodeller og krav til beslutningsunderlag. *Municipal investment practices in Norway*	Morten Welde, Jostein Aksdal og Inger Lise Tyholt Grindvoll
Nr. 46	Styringsregimer for store offentlige prosjekter. En sammenliknende studie av prinsipper og praksis i seks land. *Governance schemes for major public investment projects: A comparative study of principles and practices in six countries*	Knut F. Samset, Gro Holst Volden, Nils Olsson og Eirik Vårdal Kvalheim
Nr. 47	Governance Schemes for Major Public Investment Projects. A comparative study of principles and practices in six countries.	Knut F. Samset, Gro Holst Volden, Nils Olsson og Eirik Vårdal Kvalheim
Nr. 48	Investeringsprosjekter og miljøkonsekvenser. En antologi med bidrag fra 16 forskere. *Environmental Impact of Large Investment Projects. An Anthology by 16 Norwegian Experts.*	Kåre P. Hagen og Gro Holst Volden

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 49	Finansiering av vegprosjekter med bompenger. Behandling av og konsekvenser av bompenger i samfunnsøkonomiske analyser. *Financing road projects with tolls. The treatment of and consequences of tolls in cost benefit analyses.*	Morten Welde, Svein Bråthen, Jens Rekdal og Wei Zhang
Nr. 50	Prosjektmodeller og prosjekteierstyring i statlige virksomheter. *Project governance and the use of project models in public agencies and line ministries in Norway.*	Bjørn Andersen, Eirik Vårdal Kvalheim og Gro Holst Volden
Nr. 51	Kostnadskontroll i store statlige investeringer underlagt ordningen med ekstern kvalitetssikring. *Cost performance in government investment projects that have been subjected to external quality assurance.*	Morten Welde
Nr. 52	Statlige investeringer under lupen. Erfaring med evaluering av de 20 første KS-prosjektene. *A Close-up on Public Investment Cases. Lessons from Ex-post Evaluations of 20 Major Norwegian Projects*	Gro Holst Volden og Knut Samset
Nr. 53	Fremsynsmetoder *Foresight methods*	Tore Sager
Nr. 54	Neglected and underestimated impacts of transport investments	Petter Næss, Gro Holst Volden, James Odeck og Tim Richardson
Nr. 55	Kostnadsstyring i entreprisekontrakter *Cost performance of construction contracts*	Morten Welde, Roy Endre Dahl, Olav Torp og Torbjørn Aass
Nr. 56	Styring og gjennomføring av store statlige IKT-prosjekter *Governance of Major Public ICT-projects*	Håkon Finne
Nr. 57	Effektivitet og produktivitet i norsk veibygging 2007-2016 *Efficiency and productivity in Norwegian road construction 2007-2016*	Kenneth Løvold Rødseth, Rasmus Bøgh Holmen, Finn R. Førsund og Sverre A.C. Kittelsen

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 58	Mandater for konseptvalgutredninger. En gjennomgang av praksis. *The Terms of Reference Document for Conceptual Appraisal. A Review of Current Practice.*	Knut Samset og Morten Welde
Nr. 59	Estimering av kostnader i store statlige prosjekter: Hvor gode er estimatene og usikkerhetsanalysene i KS2-rapportene? *Estimating costs in large government investment projects. How good are the estimates and uncertainty analyses in the QA2-reports?*	Morten Welde, Magne Jørgensen, Per Fridtjof Larsen og Torleif Halkjelsvik
Nr. 60	Noen krevende tema i anvendte samfunnsøkonomiske analyser. En undersøkelse av praksis i Statens prosjektmodell. *Salient topics in cost-benefit analyses of major public projects in Norway*	Haakon Vennemo, Jens Furuholmen, Orvika Rosnes og Lenid Andreev
Nr. 61	Samspillprosjekter i bygg- og anleggsbransjen *Partnering in construction projects*	Svein Bråthen, Maria Laingen, Paul Torgersen og Merethe Kristin Woldseth
Nr. 62	Vegprosjekter, verdiskaping og lokale mål *Road projects and local economic impacts*	Morten Welde, Eivind Tveter og Anne Gudrun Mork
Nr. 63	Betydningen av lønnsomhet ved valg av vegtrasé i kommunedelplanprosessen *The importance of value for money when choosing a road route in the municipal sub-plan process*	Ingri Bukkestein og Ole Henning Nyhus
Nr. 64	Hvordan lykkes med digitalisering? En undersøkelse av nyttestyring i IT-prosjekter i offentlig sektor. *How to succeed with digitalization? A study of benefit management in public IT projects*	Helene Berg, Kjetil Holgeid, Magne Jørgensen og Gro Holst Volden
Nr. 65	Styring av prosjektporteføljer i offentlig sektor *Management of project portfolios in the public sector*	Ingri Bukkestein, Gro Holst Volden og Bjørn Andersen

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 66	Endringer i beregningsforutsetninger og betydning for samfunnsøkonomisk lønnsomhet i samferdselsprosjekter *Changes in cost-benefit analysis assumptions and their impact on net benefits of transport investments*	Askill H. Halse, Paal B. Wangsness og Harald Minken
Nr. 67	Til Dovre faller? En studie av faktisk levetid for veg og jernbane *The service life of transport infrastructure: An ex-post analysis of rail and roads*	Eivind Tveter, Tore Tomasgard og Maria Laingen

Concept-rapport nr. 67

www.ntnu.no/concept/

Forskningsprogrammet Concept skal utvikle kunnskap som sikrer bedre ressursutnytting og effekt av store, statlige investeringer. Programmet driver følgeforskning knyttet til de største statlige investeringsprosjektene over en rekke år. En skal trekke erfaringer fra disse som kan bedre utformingen og kvalitetssikringen av nye investeringsprosjekter før de settes i gang.

Concept er lokalisert ved Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet i Trondheim (NTNU), ved Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi. Programmet samarbeider med ledende norske og internasjonale fagmiljøer og universiteter, og er finansiert av Finansdepartementet.

The Concept research program aims to develop know-how to help make more efficient use of resources and improve the effect of major public investments. The Program is designed to follow up on the largest public projects over a period of several years, and help improve design and quality assurance of future public projects before they are formally approved.

The program is based at The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Engineering Science and Technology. It cooperates with key Norwegian and international professional institutions and universities, and is financed by the Norwegian Ministry of Finance.

Address:
The Concept Research Program
Høgskoleringen 7A
N-7491 NTNU
Trondheim
NORWAY

ISSN: 0803-9763 (papirversjon)
ISSN: 0804-5585 (nettversjon)
ISBN: 978-82-8433-022-8 (papirversjon)
ISBN: 978-82-8433-023-5 (nettversjon)

EX ANTE