NASJONAL TRANSPORTPLAN 2014 - 2023

UTREDNINGSFASEN

Klimagassbudsjett

AVINOR ■ JERNBANEVERKET ■ KYSTVERKET ■ STATENS VEGVESEN

Forord

Transportetatene og Avinor har fått i oppdrag fra Samferdselsdepartementet og Fiskeri- og kystdepartementet å utarbeide et forslag til Nasjonal transportplan 2014-2023. Etatenes forslag vil være et grunnlagsdokument for regjeringens arbeid med stortingsmelding om Nasjonal transportplan 2014-2023. Regjeringen ønsker å legge fram stortingsmeldingen ved årsskiftet 2012-2013.

Dette arbeidsdokumentet er laget på oppdrag fra den tverretatlige styringsgruppen for Nasjonal transportplan (NTP), og besvarer en del av oppdraget gitt i Retningslinjer 1 (R1) for NTP. Dokumentet er behandlet internt i transportetatene og Avinor og er en del av grunnlaget for transportetatene og Avinors plandokument som skal foreligge i desember 2011. Styringsgruppen for Nasjonal transportplan vil i denne perioden ta stilling til hvordan dette dokumentet videre skal benyttes.

Arbeidsdokumentet er utarbeidet av en arbeidsgruppe bestående av representanter for transportetatene og Avinor:

- Håvard Kjerkol, Jernbaneverket (Leder)
- Kjell Ottar Sandvik, Vegdirektoratet
- Rolf Jørn Fjærbu, Kystverket
- Olav Mosvold Larsen, Avinor AS

Fagpersoner i etatene og Avinor har bidratt i arbeidet. Misa og TØI har bistått i utarbeiding og sammenstilling av rapporten.

Dette arbeidsdokumentet, og øvrig informasjon om Nasjonal transportplan, er tilgjengelig på internett: www.ntp.dep.no, eller ved å kontakte adressen nedenfor.

Sekretariatet for Nasjonal transportplan

Vegdirektoratet

Telefon: 02030

Telefaks: 22 65 55 51

Postboks 8142 Dep.

0033 Oslo

E-post: ntp.sekretariat@vegvesen.no

Forord 1

1. Innledning 4

1.1 Bakgrunn 4

1.2 Formål og problemstilling 4

1.3 Innledende om forutsetninger og avgrensinger 5

2 Livsløpsvurdering (LCA) 7

2.1 Generelt om livsløpsvurdering som metode 7

2.2 Faser i livsløpsvurdering 7

2.3 Fastsettelse av hensikt og omfang 8

3 Mål og omfang for metoden 9

3.1 Prosjektavgrensing 9

3.2 Generelt om organisering av klimagassbudsjett 9

3.3 Datainnsamling for et klimagassbudsjett 14

3.4 Elektrisitetsmiks 17

3.5 Avgrensing mot annen virksomhet 17

3.6 Geografisk avgrensing 18

3.7 Klimagasser 18

4 Anvendelser og eksempel på resultat 19

4.1 Miljøbudsjett for Follobanen (JBV) 19

4.2 Struktur og resultater for energiforbruk og klimagassutslipp for et bygd vegprosjekt (SVV) 22

5 Konklusjon 32

6 Vedlegg 33

6.1 Vedlegg 1 Arbeidsgruppens mandat 33

6.2 Vedlegg 2 Litteraturgjennomgang utarbeidet av JBV 37

6.3 Vedlegg 3 Litteraturgjennomgang utarbeidet av Vegdirektoratet 40

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Gjennom Klimaforliket 17. januar 2008 har Stortinget bedt om at i forbindelse med rulleringen av Nasjonal Transportplan 2010-2019 *"..skal det så langt det er mulig foreligge et karbonbudsjett knyttet opp til alle større prosjekter som synliggjør effekten prosjektene og planene har på de nasjonale klimagassutslippene"*.

Partene i klimaforliket ønsker at det utvikles gode verktøy for å beregne klimaeffektene av infrastrukturtiltak i et livsløpsperspektiv. Bakgrunnen er at: *"Partene er enige om at tiltak som er kostnadseffektive i lys av en forventet stigende karbonpris over investeringenes levetid, og som ikke nødvendigvis utløses av dagens virkemiddelbruk, spesielt bør vurderes."* Grunnlaget for ønsket om å se på virkningene av infrastruktur i et livsløpsperspektiv, er at transportetatene og Avinor mener at det er nødvendig å se klimatiltak i et langsiktig perspektiv for å ha et verktøy i planlegging av prosjekter som gjør det enklere å velge miljøvennlige løsninger. Målet er å inkludere klimavirkningene til det enkelte prosjekt over et livsløpsperspektiv i konsekvensutredningen for prosjektet.

I løpet av arbeidet med NTP 2014-2023 er oppgaven blitt spesifisert av Programstyret: *Klimagassutslipp fra nye infrastrukturprosjekter skal beregnes både i form av globale utslipp og i form av de lokale utslippene knyttet til selve investeringen og drift/vedlikehold.*

Transportetatene og Avinor har etablert en samarbeidsgruppe for å utvikle en felles metode for å kunne beregne klimagassbudsjett for bygging, drift og vedlikehold av ny infrastruktur i transportsektoren. Ved at etatene gir hverandre innsyn og samarbeider om dette, sikres det at metoden gir resultater som er sammenliknbare mellom prosjekter og transportformer.

Levetidsbetraktninger på innsatsfaktorer er en viktig del for beslutning i planleggingsprosess og gir muliggjør valg av produkter med lavest utslipp over levetiden. Både selve byggingen av infrastrukturen og bruk og vedlikehold over prosjektets levetid skal sees i sammenheng, og de totale utslipp skal kunne sammenlignes fra prosjekt til prosjekt. På denne måten legges et grunnlag for å velge prosjekter som totalt over livsløpet gir lavest utslipp.

Vegdirektoratet og Jernbaneverket hadde i henholdsvis 2008 og 2009, før arbeidet med NTP 2014-2023 startet, satt i gang prosjekt for å utvikle metodeverktøy for å beregne klimagassutslipp. Vegvesenet har i et forprosjekt oppsummert nasjonale og internasjonale erfaringer som gir anbefalinger av metode for det videre arbeidet[1]. Jernbaneverket har i forbindelse med planleggingen av Follobanen utviklet et miljøbudsjett[2]. Prosjektet skal beregne og kvantifisere potensiell miljøpåvirkning i et livsløpsperspektiv ved utbygging, drift og vedlikehold av jernbaneinfrastruktur. Resultatene benyttes til å etablere et miljøbudsjett for Follobanen. Miljøbudsjettet for Follobanen er utviklet som et tillegg til konsekvensutredningen (KU) for utbyggingsprosjektet og skal bidra til en kvalitativ og kvantitativ vurdering av Follobanens fremtidige miljøpåvirkning utover den miljø- og naturpåvirkning som tradisjonelt blir behandlet i KU.

1.2 Formål og problemstilling

Formålet er å bygge opp en felles metode for klimagassbudsjett for transportetatene og Avinor. Metoden skal så langt det er mulig være lik for etatene. Der det ikke er mulig, skal metoden bygge på ens prinsipper slik at resultater også kan være sammenliknbare på tvers av etatsgrenser.

I NTP 2014- 2023 skal det redegjøres for klimagassutslipp som følge av nye investeringsprosjekter innen samferdsel. I forbindelse med statsbudsjettet er det også behov for årlige rapporteringer. Det skal også vurderes hvordan etatene og Avinor skal etablere klimagassbudsjett for prosjektene i inneværende NTP.

[1] Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter, Statens vegvesen 2009.
[2] Fagrapport Miljøbudsjett for Follobanen, versjon 0 03.11.2010

Mandatet legger til grunn at metoden skal omfatte bygging, drift og vedlikehold av ny transportinfrastruktur, og kunne brukes til å finne endringer i globale klimagassutslipp fra dette. En slik metode må dekke hele verdikjeder for innsatsfaktorer til utbygging, og følge materialregnskapet fra utbygging til avhending. Mandatet finnes i sin helhet i vedlegg 1.

1.3 Innledende om forutsetninger og avgrensinger

Ved utarbeiding av metode for klimagassbudsjett for investeringsprosjekter er det nødvendig å sette visse forutsetninger og foreta en rekke avgrensinger. Slike valg kan ha stor innvirking på resultatene fra analysene som utføres basert på metoden. Det finnes ingen fasitsvar. I dette kapitlet kommenteres derfor kort det som etter arbeidsgruppens skjønn er de viktigste forutsetninger og avgrensingene som er lagt til grunn. Disse er presentert og drøftet mer utfyllende i rapporten.

Det er gitt at klimagassbudsjettet skal dekke hele verdikjeden for innsatsfaktorer til utbygging, og følge materialregnskapet for utbygging til avhending. En standardisert og etter hvert utbredt metode for å oppnå dette er livsløpsvurderinger, på engelsk life-cycle assessment (LCA). Basert på litteraturstudiet (se vedlegg 1 og 2) legges livsløpsvurderinger som utgangspunkt for felles metode for transportetatene og Avinor.

Metoden omfatter bygging, drift og vedlikehold av infrastruktur for transport

Nasjonal transportplan er en infrastrukturplan og metoden som drøftes i denne rapporten omfatter bygging, drift og vedlikehold av infrastrukturen som omfattes av NTP. Det vil si at utslipp fra trafikken ”på” infrastrukturen – produksjon, drift, vedlikehold og avhending av biler, tog, fly og båter – ikke er omfattet.

Metoden er et budsjett – ikke et regnskap

Metoden utarbeides for bruk i klimagass*budsjetter*, altså vurderinger som gjøres i forkant av arbeidet. Slike budsjetter vil aldri samsvare fullstendig med det endelige klimagass*regnskapet* for prosjektet. Det tilstrebes derfor å lage en metode som bruker utslippsfaktorene for de innsatsfaktorene det er mest sannsynlig at vil bli benyttet.

Metoden er utarbeidet for klimagassutslipp

Metoden er utarbeidet for beregning av utslipp av klimagasser. Med klimagasser forstås de tre viktigste – Karbondioksid (CO_2), nitrogendioksider (N_2O) og metan (CH_4) – av de seks gassene eller gruppene av gasser som omfattes av Kyotoprotokollen. Det er imidlertid også mulig å hente ut data for andre typer utslipp fra databasen.

Metoden er utarbeidet for ”nye” anlegg

Formålet ved utarbeidelsen av metoden har vært å lage en metode som skal understøtte beslutninger om bevilgninger over statsbudsjettet. Metoden kan imidlertid også benyttes ved oppgradering og utviding av eksisterende infrastruktur dersom etatene skulle ønske eller ha behov for det.

Etatene har ulike behov og forutsetninger for arbeidet

De enkelte etatene har spesifikke forutsetninger og sine karakteristika som beskriver og avgrenser deres infrastruktur. Mest til felles har trolig Statens vegvesen og Jernbaneverket med strekninger i dagen, tunneler og bruer. Avinors rullebaner og anlegg i tilknytning til disse har fellestrekk med vegvesenets, men det er

også faktorer som skiller. Kystverkets anlegg i forbindelse med havner og farled skiller seg relativt mye fra de andre etatenes infrastruktur.

Metoden forutsetter systemavgrensninger for infrastruktur i sektorene.

Metoden som her legges frem er i stor grad basert på arbeidet som er gjort i Vegdirektoratet og Jernbaneverket i perioden 2008-2010. Mange av de forutsetningene og avgrensningene i nevnte arbeid er videreført i NTP-arbeidet. Statens vegvesen og Jernbaneverket har ansvar for utbygging drift og vedlikehold av strekninger i dagen, tunneler og bruer, og vil utarbeide klimagassbudsjett for dette, men i begrenset grad tilgrensende infrastruktur som parkeringsplasser, bensinstasjoner og publikumsareal på jernbanestasjoner. Kystverket vil først og fremst utarbeide klimagassbudsjett for nyinvesteringer i farled og havner, og Avinor for nye rulle- og taksebaner. Avinor er imidlertid et heleid statlig aksjeselskap, mottar ikke bevilgninger over statsbudsjettet og faller dermed utenfor den opprinnelige hensikten med utarbeiding av denne metoden.

Beregningsperiode og levetid

Beregningsperioden for infrastrukturprosjekter kan være kortere enn den reelle levetiden. Videre kan enkeltkomponenter ha annen levetid enn prosjektets samlede levetid. Arbeidsgruppen legger til grunn at metoden skal tilpasses den til enhver tid gjeldende beregningsperiode som foreslås av Finansdepartementet og godkjennes av Samferdselsdepartementet. Beregningsperiode for klimagassbudsjett for prosjekter i NTP 2014-2023, må avklares med Samferdselsdepartementet. Levetid for enkeltkomponenter skal baseres på erfaringstall fra den enkelte sektor.

Norsk elmiks skal legges til grunn

I metoden legges det inntil videre opp til å bruke SSBs anbefaling (Rapport 2008/49) [3] på 7 g/kWh som en norsk forbruksmiks. Elektrisitetsmiks til bruk i klimagassbudsjettberegningene for prosjekter i NTP 2014-2023, må avklares med Samferdselsdepartementet.

Nasjonale vs globale utslipp

Mange av innsatsfaktorene som benyttes i bygging av infrastruktur importeres fra utlandet. Eksempler kan være betong, armeringsstål og jernbaneskinner. Utslipp fra produksjon av innsatsfaktorer i utlandet vil ikke bli ”belastet” Norges klimagassregnskap, iht tilnærmingen lagt til grunn i Kyotoprotokollen. I herværende metodenotat har programstyret i NTP 2014-2023 besluttet at utslipp fra produksjonen av innsatsfaktorer i utlandet skal inkluderes så langt det er mulig, men at det også skal være mulig å skille ut utslippene som vil bli belastet Norges utslippsregnskap.

Databasen EcoInvent er valgt

Klimagassbudsjettgruppas konklusjon er å benytte databasen Ecoinvent. Arbeidsgruppen fant at denne databasen er svært omfattende, og at dataene undergår en grundig kontroll før de innlemmes i basen. Databasen inneholder data for svært mange prosesser, er transparent (alle inn- og utdata for alle prosesser kan ses, med mengder angitt) og man kan endre og tilpasse prosessene etter behov. I tillegg blir den oppdatert jevnlig.

[3] http://www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp_200849

2 Livsløpsvurdering (LCA)

2.1 Generelt om livsløpsvurdering som metode

Livsløpsvurdering, på engelsk life-cycle assessment (LCA), er en systematisk vurdering av miljøaspekter og miljøpåvirkninger for produktsystemer. Livsløpsvurdering er i dag etablert som en standardisert og anerkjent metode i industri, forskning og hos myndigheter. Det har blitt utviklet flere internasjonale standarder, håndbøker og lærebøker i LCA, blant annet er ISO-standardene nå i sin andre versjon. Vi holder oss her til ISO-14040, og bruker begrepet *livsløpsvurdering* fremfor livsløpsanalyse eller livssyklusanalyse.

Livsløpsvurdering dekker hele livsløpet fra ”vugge til grav”. En livsløpsvurdering summerer miljøpåvirkning fra innsatsfaktorer og utslipp fra alle faser i livsløpet; uttak av råstoff, produksjon og transport av materialer og produkt, bruk og avhending. Miljøpåvirkningen blir fordelt over produktets eller tjenestens definerte livsløp. Livsløpsvurdering har to sterke sider som gjør det til et anvendelig verktøy for systemanalyse: det omfatter hele livsløpet uavhengig av tid og sted, og det betrakter et sett av miljøkonsekvenser. Det er derfor en god metode for å avdekke situasjoner der forbedringer gjøres på et område på bekostning av økte miljøkonsekvenser et annet sted.

Livsløpsvurdering benyttes i dag til forskjellige formål, innenfor produktutvikling, miljøvaredeklarasjoner, miljøregnskap og støtte for politikkutforming. Vi fokuserer her på transportinfrastruktur, slik at med produktsystem mener vi utbyggingsprosjekter.

Livsløpsvurderinger benyttes av arbeidsgruppen til å etablere et klimagassbudsjett. Den generelle beskrivelsen i ISO 14040 tar utgangspunkt i å etablere et regnskap av miljøpåvirkninger. Forskjellen fra regnskap til budsjett er at det i budsjett benyttes erfaringstall fra andre prosjekter som input, mens at det i et regnskap i hovedsak benyttes reelle forbrukstall. Beskrivelsen tar utgangspunkt i generell beskrivelse, og det er derfor benyttet regnskap fremfor budsjett.

2.2 Faser i livsløpsvurdering

Generelt brukes følgende inndeling av faser i en livsløpsvurdering, i følge ISO-14040:

1. Fastsettelse av hensikt og omfang
2. Etablering av livsløpsregnskap
3. Omsetting av regnskap til livsløpseffekter
4. Tolkning av resultater

Fase 1 fastsetter omfanget av LCA-studien, inklusive systemgrense og detaljeringsnivå. Hensikt og omfang avhenger av hvilket system eller produkt som behandles og den tiltenkte bruken av resultatene.

Fase 2 omfatter utarbeidelse av et regnskap over inngangsdata til og utgangsdata fra det systemet som studeres. Det vil si en fysisk kvantifisering av hvilke innsatsfaktorer som energi og materialer som er nødvendig for å oppfylle den definerte funksjonen til systemet i studien, og utslipp som oppstår direkte fra arbeidsoperasjoner. Det inkluderer også kvantifisering av utgangsdata i form av avfall og utslipp til ulike resipienter.

Fase 3 omsetter kvantitative livsløpsdata til potensielle miljøpåvirkninger innenfor ulike effektkategorier.

Fase 4 omfatter livsløpsvurderingen der resultatene fra effektvurderingen i fase 3 vurderes i forhold til fastsatt hensikt og omfang i fase 1, med det formål å komme frem til konklusjoner og anbefalinger.

2.3 Fastsettelse av hensikt og omfang

Livsløpsanalyser kan brukes for å kartlegge, vurdere og prioritere ulike aspekter ved et gitt produktsystem. Dette kan brukes som grunnlag for å gjøre prioriterte forbedringer av miljøprestasjonen på ulike steder i livsløpet, og for komparative studier av ulike alternativer for å oppfylle samme funksjon. En god forståelse av arbeidets hensikt og omfang er en forutsetning for at resultatene som kommer fra livsløpsvurderingen kan brukes til det ønskede formål.

Tilnærmingsform til livsløpsbasert miljøregnskap

Den tiltenkte anvendelsen av livsløpsbaserte miljøregnskap er avgjørende for hvilken tilnærmingsform som skal benyttes. To former er vanlig å bruke. Den ene er regnskap for dokumentasjon, som er en deskriptiv tilnærming. Den andre er endringsorientert miljøregnskap, der vil si en tiltaksorientert tilnærming som søker i størst mulig grad å identifisere og beregne virkninger som skjer som følge av et tiltak, Endringsorienterte miljøregnskap vil naturlig måtte ta høyde for markedsmessige effekter samt marginalvurderinger for større tiltak.

Diskusjonen om deskriptiv og endringsorientert miljøregnskap er relevant for valg av miljødata og spesielt for valg av elektrisitet. Valg av gjennomsnittsproduksjon eller marginal elkraft avhenger av om en ønsker å se på samlede bidrag til et miljøregnskap ut fra et deskriptivt perspektiv, eller med målsetning om å vurdere systemeffekter av tiltak. Tilsvarende vurderinger må gjøres for alle innsatsfaktorer til et utbyggingsprosjekt**.**

Omfang for et livsløpsbasert miljøregnskap

En livsløpsvurderingsstudie krever flere valg med hensyn på tilnærming, begrensninger og datagrunnlag. Blant disse er (ISO14044):

- Funksjon og funksjonell enhet, det vil si hva som skal danne utgangspunkt for miljøregnskapet
- Systemgrenser for hva som betraktes innenfor studien, med hensyn på miljøkonsekvenser, innsatsfaktorer og komponenter
- Datakrav og forutsetninger for miljøregnskapet
- Rapportering og eventuelt bruk av kritisk gjennomgang

Vi vil her i hovedsak begrense oss til å beskrive hva som dekkes innenfor definisjon av systemgrenser, og hvordan dette påvirker datakvalitet og valg av kildedata.

Definisjon av systemgrenser er en viktig del av metodegrunnlaget i livsløpsvurdering, og er tilegnet et eget kapittel i ISO-standarden. Med systemgrenser mener vi skillet mellom det som er dekket av studien og det som betraktes som utenfor studiens omfang. Naturlig nok vil grensesettingen påvirke hvilke slutninger som kan trekkes av en studie. I praktisk henseende vil det bety hvilke innsatsfaktorer som skal beregnes i et miljøregnskap, og hvilke som anses som ikke betydelige for studiens konklusjoner eller ellers ikke ansees som relevante for formålet. Kriterier for slike grenser kan være knyttet til organisatoriske aspekter, for eksempel om de kan påvirkes av interessenter til studien, eller fysiske, det vil si at små bidrag i vekt, volum eller kostnad, ikke betraktes i regnskapet. Ideelt sett vil grensekriteriene være forbundet med krav til datakvalitet, slik at de deler som påvirker miljøregnskapet mest også dekkes av det tallgrunnlaget som er best dokumentert. Sammenlignbarhet mellom studier krever at de benytter de samme eller tilsvarende systemgrenser.

Det er vanlig å skille mellom de deler av produktsystemet som dekkes med spesifikke tall, det vil si tallmessig miljøinformasjon samlet inn for de aktuelle prosessene. Dette omtales gjerne som forgrunnsystemet. De delene av systemet som beskrives med gjennomsnittstall, gjerne fra databaser, kalles gjerne bakgrunnssystem. Et livsløpsregnskap med stor grad av spesifikke tall er dermed mer omfattende å gjennomføre, men vil kunne avsløre sammenhenger mellom teknologi og miljøprestasjon som er skjult når mye av grunnlagsdata er databaseinformasjon.

3 Mål og omfang for metoden

En avgrensning i mål og omfang dreier seg om både om *hvilke* prosjekter som skal omfattes av en livsløpsvurdering og *hvordan* prosjektenes omfang skal avgrenses.

I dette kapitlet diskuterer vi hovedsakelig prinsipper avgrensning for bruk av metoden. Hvilke prosjekter, størrelse og hva metoden skal omfatte. Generelle retningslinjer diskuteres i dette kapittelet, mens vi i kapittel 6 viser mer grundig hvordan mål og omfang omsettes i klimagassbudsjett i praksis.

3.1 Prosjektavgrensing

Etatsspesifikke forutsetninger

De enkelte etatene vil ha sine spesifikke forutsetninger og sine karakteristika som beskriver og avgrenser deres infrastruktur. Mest til felles har trolig Statens vegvesen og Jernbaneverket med strekninger i dagen, tunneler og bruer. Avinor med sine rullebaner og anlegg i tilknytning til disse har felles trekk med vegvesenet, men det er også faktorer som skiller. Kystverkets anlegg i forbindelse med havner og farled skiller seg relativt mye fra de andre etatenes infrastruktur. Utenom ansvar for noen statlige havner, er det hovedsakelig tiltak for framkommelighet og sikkerhet i farleden de har ansvar for.

Nedenfor er gjengitt lister over viktige innsatsfaktorer for Statens vegvesen og Jernbaneverket. Listene er ikke uttømmende, men en har søkt å komme fram til et hensiktsmessig avgrensingsnivå. Innsatsfaktorene kan så koples opp mot en Life Cycle Inventory (LCI)-database, Ecoinvent, som gir utslipp pr enhet.

- Sprengstoff
- Asfaltgrus
- Asfaltmembran
- Elektrisitet
- Polyeuretan (PE-skum)
- Betong
- Stål lavkvalitet (Armering)
- Aluminium
- Plast
- Transportarbeid
- Maskinslitasje
- Asfalt
- Pukk
- Sprengstein
- Sement
- Stål høykvalitet
- Kobber
- Maling

3.2 Generelt om organisering av klimagassbudsjett

Klimagassbudsjett anbefales utarbeidet med utgangspunkt i metodikk for livsløpsvurderinger (LCA). Et budsjett bør struktureres og organiseres i henhold til klart definerte enhetsprosesser som kan settes sammen og aggregeres til større komponenter og til slutt for en hel utbygging, eller på aller øverste nivå for et helt transportsystem i et livsløpsperspektiv. De enkelte delsystemer, komponenter, delkomponenter osv bør kunne identifiseres, og deres karakteristikker beskrives og deres bidrag til klimagassutslipp kunne identifiseres.

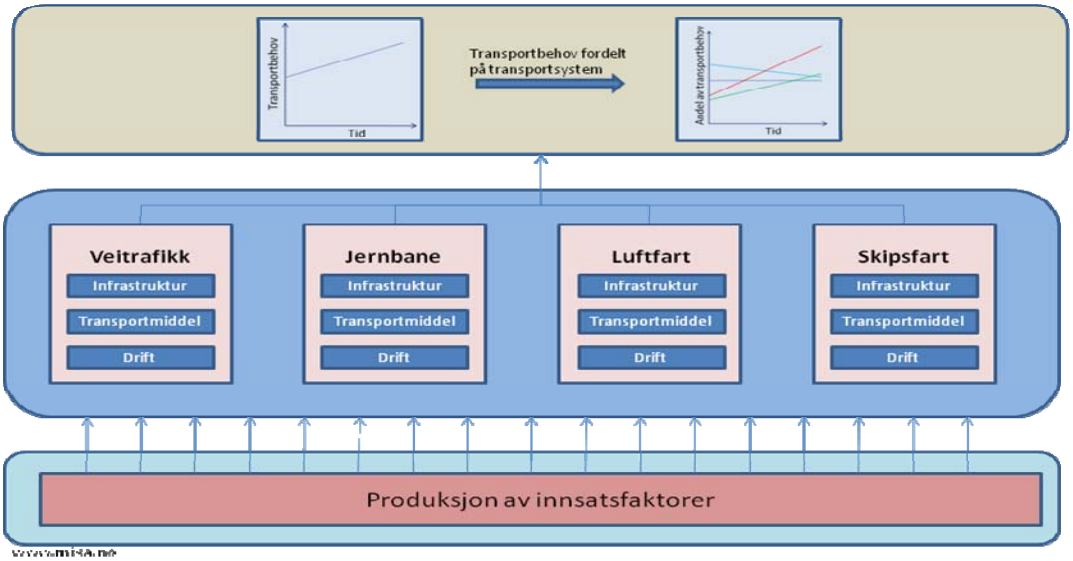
En slik tilnærming er gjennomført i miljøbudsjett for utbygging av Follobanen[4] og beskrevet som generell metode for klimagassutslipp for vegprosjekter[5].

[4] Miljøbudsjett for Follobanen Jernbaneverket 2010
[5] Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter, Statens vegvesen 2009.

Transportbehov og transportsystemer

På forenklet vis kan man si at fremtidige utbyggingsprosjekter initieres ut fra et transportbehov og ikke minst en forventning om fremtidig transportbehov. Transportbehovet dekkes av ulike transportsystemer, som på overordnet nivå kan inndeles i veitransport, jernbanetransport, luftfart og skipsfart. Dette reflekterer inndelingen i ulike direktorater. Figur 1 viser en prinsipiell inndeling for transportsystemer og deres oppbygning.

På øverste nivå har man transportsystemet i henhold til en gitt funksjonell enhet, som består av alle livsløps-faser og alle deler som utgjør transport av personer og/eller gods for det enkelte transportsystem.

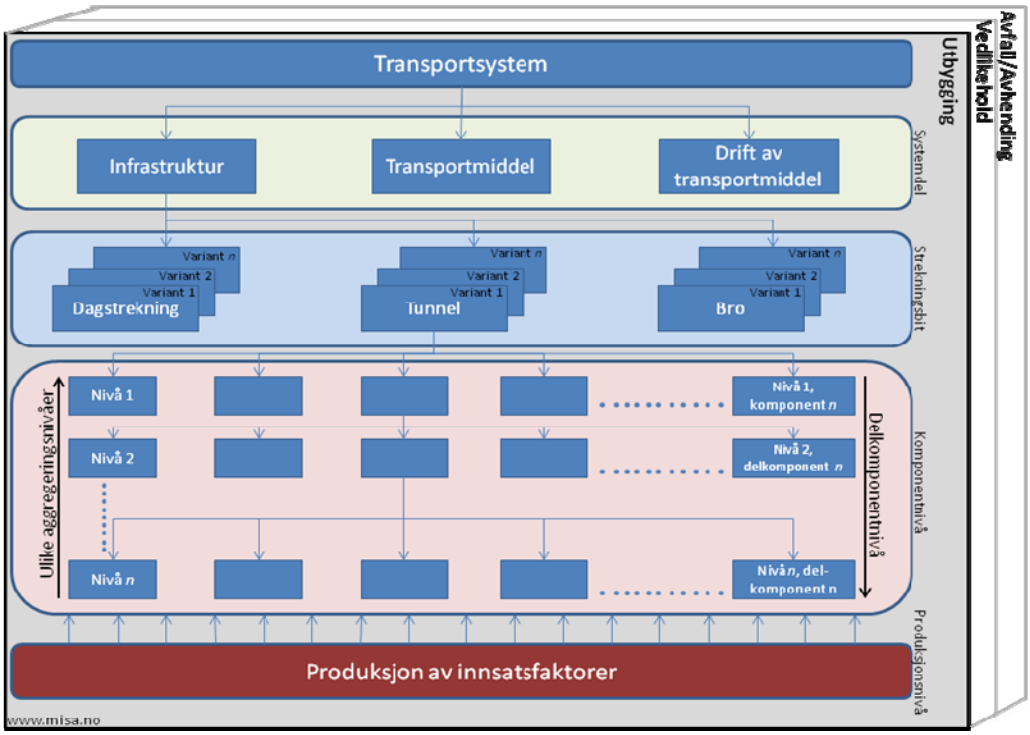


Figur 1: Transportbehov og transportsystemer

Hvert av de fire transportsystemene kan deles inn i hovedkomponentene infrastruktur, selve transportmidde-let og driften av dette. Produksjon og vedlikehold krever alle en bruk av innsatsfaktorer for å oppfylle sin funksjon.

Struktur og organisering av transportsystemer

En prinsipiell strukturering for oppbyggingen av transportsystemene er eksemplifisert for jernbaneutbygging i figur 2. Oppbyggingen er generell og overførbar til de andre transportsystemene. Figuren er prinsipiell og et utbyggingsprosjekt vil i praksis inneholde et utvalg av prosessboksene i figuren.



Figur 2: Organisering i nivåer for transportsystemer.

De ulike nivåene i transportsystemet er organisert som følger:

- **Systemdel:** Består av ”Infrastruktur”, ”Transportmiddel” og ’Drift av transportmiddel’.
- **Strekningstype:** Utbyggingen av jernbanetrasé er delt inn i tre hovedtyper av strekninger; dagstrekning, tunnel og bro. Tilsvarende inndeling vil gjelde for vegsektoren med tillegg av ferger for noen prosjekter. Kombinasjonen av disse strekningstypene utgjør en trasé. For hver strekningstype er det angitt en mulig inndeling i ulike varianter. Her kan man for eksempel se for seg en variant med tunnelutbygging i løst/porøst fjell, en variant med massivt fjell, enkeltspor, dobbelspor osv. Tilsvarende for broer med tanke på konstruksjonsmateriale og andre brotekniske aspekter, samt for dagstrekninger.
- **Komponentnivå:** På komponentnivå organiseres hver strekningstype i henhold til hovedkomponenter som inngår i strekningstypen. Hva som er en hensiktmessig inndeling krever teknisk kompetanse i forhold til prosjektering av jernbaneutbygging. Eksempel på inndeling kan være over- og underbygning, tekniske installasjoner, ulike konstruksjoner osv. Det er i figuren indikert en eventuell videre inndeling i *n* antall delkomponenter. I praksis vil det ikke være hensiktsmessig med et stort antall undernivåer. Det nederste delkomponentnivået er innsatsfaktorer i form av <u>mengder</u> av materialer og energi; dvs. ulike typer stål, betong, sement, aluminium, elektrisitet, drivstoff osv. Bruken av disse innsatsfaktorene er koblet med produksjonsnivået.
- **Produksjonsnivå:** Produksjonsnivået beskriver selve produksjonen av innsatsfaktorene (materialer og energi) og prosessering til ferdige innsatsfaktorer til bruk i utbyggingen. Med materialproduksjon menes produksjonen av selve materialet, mens prosessering er omformingen til et produkt, som for eksempel prosessering av stål til jernbaneskinner.

Produksjonsnivået vil representere grenseflaten mellom prosjekt(erings)tall og generiske databasetall. For konkrete utbyggingsprosjekter med gitte leverandører vil det være hensiktsmessig å tilpasse databasetall til dennes produksjonsteknologi. Dette kan brukes til å sammenligne leverandører og synliggjøre besparelser i klimagassutslipp gjennom bevisste valg av leverandører og teknologi.

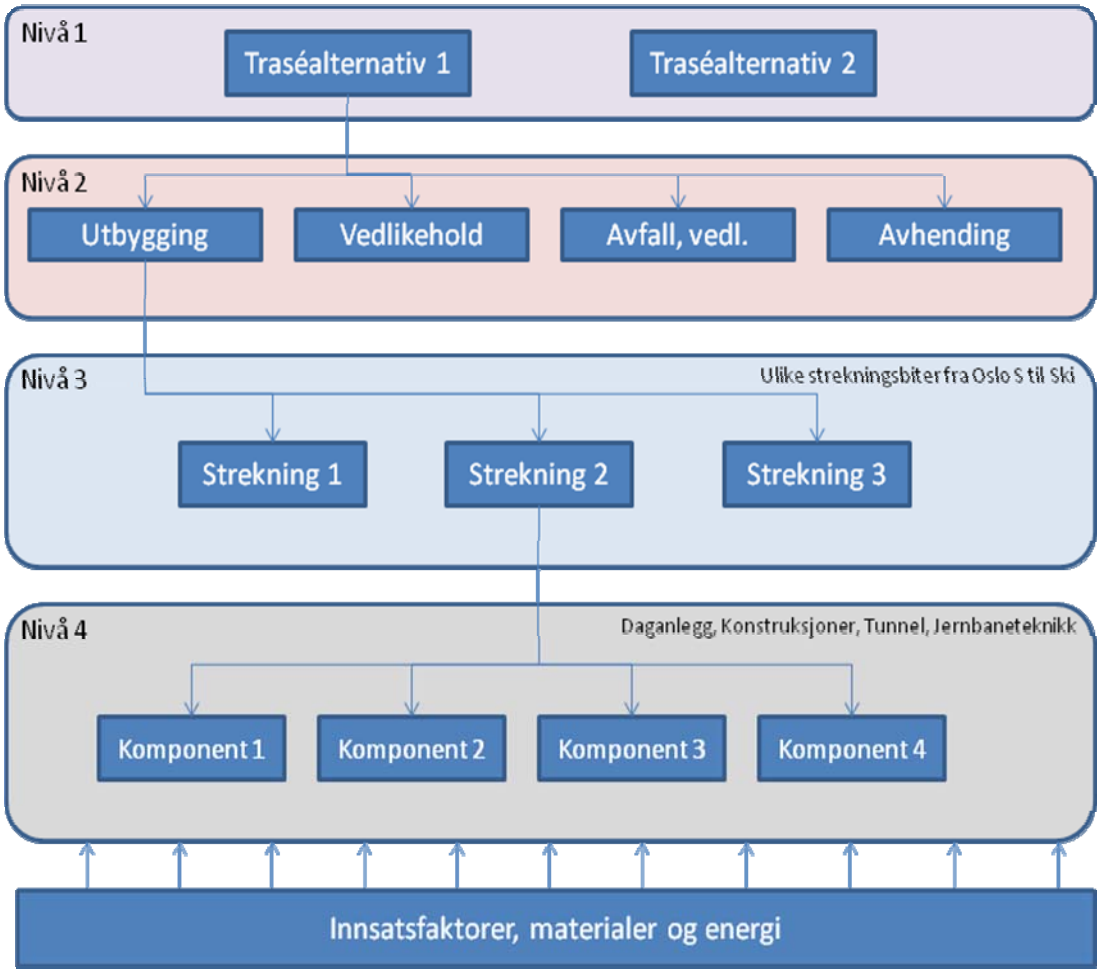
Figur 2 eksemplifiserer en generell strukturering og organisering for transportsystemer med tanke på utarbeidelse av klimagassbudsjett. Utbygging av jernbane er brukt som eksempel. Tilsvarende struktur og organisering bør benyttes for vedlikehold av infrastrukturen, samt for avfall fra vedlikeholdsaktivitet og avhending ved endt levetid. Dette er indikert i figuren øverst i høyre hjørne. Inndelingen bør beholdes, men hvorvidt det er hensiktsmessig med samme antall undernivåer vil være en avveining i hvert enkelt prosjekt i forhold til hensikt og omfang.

Figur 3 viser et eksempel på struktur og organisering for den planlagte utbyggingen av Follobanen mellom Oslo og Ski. Figuren viser at det er vurdert ulike traséalternativer som er beskrevet på nivå 1. For hvert traséalternativ er det modellert en fase med utbygging, vedlikehold, avfall fra vedlikeholdsarbeid og avfall fra avhending. Dette er indikert som nivå 2.

Nivå 3 viser sammensetningen av ulike strekninger; i det konkrete eksempelet bestående av en strekning fra Oslo S til en tunnel, selve tunnelen, og den siste strekningen som er innføring til Ski stasjon. Hver av strekningene er med utgangspunkt i prosjekteringstall beskrevet ved hjelp av underkomponenter. Beskrivelsen av hver underkomponent er gitt som mengder av ulike materialer, energibruk og maskinbruk. Dette er koblet mot databasetall som beskriver ressursbruk, utslipp og miljøpåvirkning forbundet med produksjonen av innsatsfaktorene. I dette konkrete tilfellet er SimaPro benyttet som modellerings- og analyseverktøy i kombinasjon med databasen Ecoinvent.

Ved en slik oppdeling kan man følge årsakskjeden bakover for å kartlegge hvor utslipp oppstår, hvorfor, og ikke minste identifisere hvor mange kan sette inn ressurser med tanke på å forbedre den totale miljøprestasjonen. Ulike materialer eller materialleverandører kan vurderes ut fra deres innvirkning på totale klimagassutslipp. Ved en valgt trasé følges utslippene bakover og identifiserer kritiske strekningsbiter, komponenter, innsatsfaktorer og utslipp i forbindelse med produksjon av innsatsfaktorer. Dette gir ikke bare en håndterbar oversikt over transportsystemets oppbygning, men også muligheter for enkelt å endre enhetsprosesser og deretter vurdere effekten.

Figur 3 representerer et konkret eksempel i henhold til den prinsipielle oppbyggingen presentert i figur 2.



Figur 3: Struktur og organisering for miljøbudsjett for Follobanen.

Systemgrenser

Viktige avgrensinger, antagelser og forutsetninger for livsløpsvurderingen, *systemgrenser*, skal dokumenteres. Systemgrensene viser rammen for verdikjeden som er gjenstand for livsløpsvurdering. Det er viktig å dokumentere hvilke deler og elementer fra livsløpet som er inkludert og også hvilke som er utelatt, eksempelvis

- *Enheter av systemet* - infrastruktur, belysning, transport av råstoff og materialer etc.
- *Livsfaser* – produksjon, bygging, drift, vedlikehold, avhending, resirkulering
- *Detaljeringsgrad* - avgrensing av materialer, innsatsfaktorer og enhetsprosesser i verdikjeden og livsløpet
- *Miljøeffektkategorier og miljøindikatorer* – presentasjon av resultat og utvalg av potensiell klimapåvirkning fra LCA; klimapåvirkning, forsuring, eutrofiering etc.

Enhetsprosesser

En modell bygges opp av kartlagte prosesser fra alle faser i livsløpet, *enhetsprosesser*. En enhetsprosess er den minste del som kvantifiserer innsatsfaktorer, generert utslipp og avfall. Inngangsfaktorer til en enhetsprosess kan være elementærstrømmer eller produkter fra oppstrøms enhetsprosesser.

Det er viktig å foreta en kvalifisert avgrensing og prioritering av underliggende prosesser i systemet for å hindre at livsløpsvurderingen blir uforholdsmessig omfattende og detaljert. Samtidig vil en hensiktsmessig inndeling og definisjon av enhetsprosesser sikre fleksibilitet i videre bruk av og utvidelser av modellen.

Funksjonell enhet og sammenlignbarhet

Funksjonelle enheter er definert ved produktets funksjon, egenskaper og levetid. Funksjonelle enheter er viktige i livsløpsvurderinger da de gjør det mulig å sammenligne ulike produkt eller system som er produsert med ulike innsatsfaktorer men *ivaretar samme funksjon og behov*.

Funksjonelle enheter med sammenlignbare systemavgrensinger gjør det mulig å sammenligne miljøpåvirkningen fra ulike transportløsninger, for eksempel på vei og jernbane.

Avhengig av hvordan en ønsker å bruke resultatene kan funksjonen være satt som et bestemt utbyggingsprosjekt, inkludert utbyggingsfase, drift, vedlikehold og avhending av infrastrukturkomponentene alene, eller medregnet produksjon og drift av kjøretøy. Om en kun betrakter infrastrukturkomponentene vil en definere infrastrukturen som funksjon, med funksjonell enhet som en traséløsning eller lignende. Til motsetning, om en ønsker å se på ulike utbyggingsalternativer, vil en definere et visst transportbehov som funksjon, og oppfylle dette behovet gjennom ulike transportløsninger.

3.3 Datainnsamling for et klimagassbudsjett

Datainnsamlingen for et klimagassbudsjett vil avhenge av prosjektets hensikt og omfang med tanke på detaljeringsnivå og tilgjengelige data. For en utbygging under planlegging vil modelleringen basere seg på prosjekteringstall, enten spesifikke for den konkrete utbyggingen, eller vha. tidligere liknende prosjekter eller generiske erfaringstall. For et realisert utbyggingsprosjekt kan det hentes inn konkret informasjon.

Forgrunns- og bakgrunnssystem

Data for livsløpsvurderingen kan innhentes fra mange ulike kilder; leverandører, produsenter, egne erfaringsdata, miljørapporter, statistiske data, databaser med ressursbruk og utslipp fra produkters livsløp; LCI-databaser.

- Spesifikke data er reelle forbruks- og miljødata for det aktuelle produktet i livsløpsvurderingen, oftest tilgjengelig for forgrunnsystemet
- Generiske data kan være forbruks- og miljødata hentet fra en LCI-database. Dette kan være gjennomsnittstall fra flere produksjonssteder eller spesifikke data for et produkt som vurderes som representativt for produktet. Generiske data benyttes ofte for bakgrunnssystemet.

Valg av kilder vil være avhengig av hensikt, målsetning og omfang for livsløpsvurderingen, hvilken fase av livsløpet den blir utført og tilgjengelighet av data. Datagrunnlaget vil ha varierende grad av usikkerhet avhengig av hvilke faser de er innhentet fra og hvilke faser som vurdert i LCA.

For forgrunnssystemet bør det tilstrebes å benytte data som er så nært knyttet til dagens norske praksis for bygging av infrastruktur. Det bør bygges opp et system basert på interne informasjonssystemer og materialregnskaper i Vegvesenet, Jernbaneverket, Kystverket og Avinor samt deres underentreprenører.

Et prosjekt i planleggings- og prosjekteringsfase vil ikke ha spesifikke data tilgjengelig verken for forgrunns- eller bakgrunnssystemet. Forbruk av materiell og produkter er ofte ikke kjent, leverandører er ikke valgt, transportarbeide er ikke kjent. Data må da hentes fra andre tilgjengelige kilder.

Systemet bør være så detaljert og spesifikt som det lar seg gjøre uten å miste grunnlaget for å generalisere til budsjettering av framtidige prosjekter. Det vil med andre ord si at prosjektene bør deles inn i typer etter hvilke hovedløsninger som er valgt. Forbruk av materialer og energi av ulike typer knyttes til dette etter

standardiserte modeller. F eks én km vegtunnel av en bestemt type og dimensjon fordrer bestemte mengder betong, stål, asfalt osv.

For materialer og energiformer som inngår i bygging og drift av prosjektet, bygger en gjerne på etablerte databaser for LCA. Her vil en finne utslippsdata for mange typer av materialer og prosesser. Dette gjelder ikke bare klimagasser som vi er interessert i her, men utslipp av lokalt virkende gasser, energiforbruk og andre miljøvirkninger ved produksjonen.

Basene innholder data fra råvareuttak til ferdig produksjon. Vanligvis er dette gjennomsnittsdata for flere produsenter, eller man velger ut data fra en produsent, som man regner med typisk. I rapporten til Statens vegvesen[6] er en del av disse beskrevet.

Innsatsfaktorer fra bakgrunnssystemet

Bakgrunnssystemet består av innsatsfaktorer som skal inngå i produksjonen i de senere fasene av prosjektet. For å beregne klimavirkningene av produksjonskjedene for hver av innsatsfaktorene, er det naturlig å basere seg på standardiserte beregninger. Det er naturlig her å benytte etablerte LCI-databaser, slik det er beskrevet tidligere. Klimagassbudsjettgruppas konklusjon er å benytte databasen Ecoinvent. Arbeidsgruppen fant at denne databasen er svært omfattende, og at dataene undergår en grundig kontroll før de innlemmes i basen. Databasen innholder en rekke miljøvirkninger, men for vårt formål her er det tilstrekkelig med klimavirkningene.

Til de ulike fasene av et prosjekt vil det gå med materialer av bestemte typer og mengder samt energi i forhold til omfanget av delprosjekter og de ulike aktivitetstypene under disse. For jernbanesektoren og vegsektoren vil det være slik at bygging av henholdsvis jernbane- og vegstrekninger i dagen, bruer og tunneler etter nærmere spesifikasjoner vedrørende dimensjoner og kvalitet krever input av bestemte kvanta av ulike innsatsfaktorer. Dette gjelder innsatsvarer som asfalt, betong, stål, sprengstoff og elektrisitet. For eksempel hver klasse av vegtunneler vil ha sine spesifiserte krav til inputfaktorer i bestemte mengder pr løpemeter.

Hver av etatene vil ha sine egne lister over innsatsfaktorer. Disse kan eventuelt slås sammen til en felles liste, eller en kan la dem forbli separate. Et eksempel på anvendelse av en slik liste er vist i kapittel 6 for et jernbaneinfrastrukturprosjekt. Tilsvarende liste er laget av Statens Vegvesen for generelle komponenter i et utbyggingsprosjekt på vei.

Utbygging

Utgangspunktet er bygging av et konkret infrastrukturprosjekt med klart definerte fysiske grenser og omfang.

Ved bygging av et prosjekt, f eks en veglenke, en jernbanestrekning, havn eller flyplass, vil store mengder av materialer og energi forbrukes, og store mengder masse (stein, jord og fjell mv) måtte forflyttes. Byggematerialer av ulik art og i et bestemt omfang vil medgå til prosjektet. Både byggematerialer, øvrige innsatsvarer og masser skal transporteres mellom de ulike produksjonsstedene som inngår i byggeprosessen. Vi har sett at for de enkelte innsatsfaktorene kan de beregnes standardiserte klimautslipp pr enhet, slik det er beskrevet ovenfor for databasekomponenter. Ved budsjettering av et prosjekt vil det imidlertid være ulike grader av usikkerhet knyttet til hvor mye som kreves av de ulike innsatsfaktorene i forgrunnssystemet. Denne usikkerheten varierer svært mye mellom de ulike elementene (aktivitetene) og innsatsmaterialene.

Det må foretas avgrensinger hvilke materialer og prosesser som skal inkluderes for hver type infrastruktur. Dette vil igjen være avhengig av hvilke underprosjekter som inngår. Et vegprosjekt vil kunne være sammensatt av veglenker, tunneler, bruer og fergestrekninger. Hver av disse har sine mer og mindre typiske aktiviteter, som krever ulike materialer, energi og transport av ulik art og omfang. Materialforbruket kan variere mye innenfor hver aktivitet, men det bør etableres et sett med standardaktiviteter med tilhørende

[6] Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter, Statens vegvesen

materialspesifikasjon, transportbehov og massebearbeidingsbehov. Av dette kan igjen utledes energibehov og klimagassutslipp.

De enkelte etatene, som Jernbaneverket og Statens vegvesen, har til dels utførlig statistikk over medgåtte materialer ved allerede fullførte prosjekter. Dette ligger til grunn for de estimatene som etatene har utarbeidet eller ønsker å utarbeide. Statens vegvesen (2009) har for elementene veg i dagen, tunnel, bru og ferge anslått grad av usikkerhet, betydning for resultatet og behov for utbedring av estimatene.

For vegprosjekter i dagen vil f eks materialbehovet variere med årsdøgnstrafikk, vegens standard og lokale klimatiske forhold. Lignende forhold vil trolig gjelde jernbanestrekninger i dagen. Flytting av masser medfører drivstofforbruk som er avhengig av transportavstand, noe som igjen kan være usikkert.

Tilsvarende for tunneler er mengde sprengstoff beregnet ut fra tverrsnitt, lengde, utforming og fjellets geologiske egenskaper. Transportarbeid for utsprengte masser er en usikkerhetsfaktor.

For bruer gjør lignende forhold seg gjeldende med relativt store avvik i materialforbruk i forhold til hva som er gjennomsnittet. De ulike typene bruer kan variere mye i utforming, og dette gir en usikkerhet av middels størrelse.

Ferger representerer en stor usikkerhet i Statens vegvesens beregninger, da beregningene bygger på nokså grove tilnærminger. Det er i alle tilfeller et usikkerhetsmoment om produksjonen av selve fartøyet bør være inkludert i disse beregningene.

Drift og vedlikehold

Over et prosjekts levetid kreves energi og materiell til den daglige driften. Dette vil være elektrisitet belysning, pumper vifter osv avhengig av type infrastruktur. Annen energi som diesel til drift bør også regnes med. Det samme gjelder forbruksmateriell til driften – om dette er av noen betydelig størrelse.

Det kan være vanskelig og egentlig heller ikke helt nødvendig å skille strengt mellom drift og vedlikehold. Vedlikehold vil gjerne være satt opp etter bestemte rutiner, som f eks reasfaltering hvert 10. år eller utskifter av skinner og sviller med bestemte mellomrom. Dette vil ha bestemte rutiner, alt etter etat og type av infrastruktur. Siden fokus er på klimautslipp, kan materiell etc som i liten grad bidrar til utslipp av CO_2-ekvivalenter, utelates.

Som tidligere nevnt vil lengden på beregningsperioden være et spørsmål. Om fokus kun er på det enkelte stykke infrastruktur, vil det være naturlig å se på hele prosjektets forventede fysiske levetid. Lengden på levetiden vil være av betydning for størrelsen på det årlige gjennomsnittlige utslipp som skyldes byggefasen. Innenfor beregningsperioden er det for viktige enkeltelementer definert spesifikke levetider. For Follobanen er levetiden på elementer av betong satt til 50 år basert på vurderinger i en egen LCC-rapport (Life-cycle cost). Tilsvarende er de fleste jernbanetekniske elementer, som kjøreledning og signalanlegg, gitt en levetid på 30 år.

Beregningsperioden reflekterer ikke levetiden, men representerer en gitt periode for å kunne foreta sammenligning med andre samfunnsmessige investeringer. Samtidig skal beregningsperioden også gjenspeile den perioden en forutsetter at samfunnet har nytte av investeringen.

Ved økonomisk planlegging som konsekvensanalyser og nytte-kostnadsanalyser brukes som regel en planleggingshorisont på 25 år. For at livsløpsberegningene skal være konsistente med denne planleggingen, kan utslippene omregnes for å gjelde en periode på 25 år. Om man gjør det, må det gjøres klart at utslippene gjelder bare en bestemt del (f eks 25/60) av infrastrukturens totale utslipp. I metoden for livsløpsvurderinger som nå utvikles for investeringer i Statens vegvesen blir denne metoden integrert i metoden og verktøyet for utførelse av nytte-kostnadsanalysen og de to metodene harmoneres med hensyn til en felles analyseperiode på 25 år og levetid for anleggene på 40 år.

Et alternativ er å tilpasse seg den fysiske levetiden på det elementet med kortest levetid som inngår i prosjektet. F eks kan et vegprosjekt som omfatter både veg i dagen med 40 års beregnet levetid og tunnel med 100 års levetid beregnes over en 40-årsperiode – der tunneldelen regnes om til vegens varighet ved at

bare 40/100 av utslippet ved byggefasen inkluderes. Beregningsperioden (kalkulasjonsperiode) for Follobanen er satt til 60 år.

Forskjellig beregningsperiode og levetid har implikasjoner på vedlikeholdsberegningene. Komponenter som har kortere levetid enn beregningsperioden vil måtte byttes ut og vedlikeholdsfase må tilskrives en forholdsvis andel av den nye komponentens levetid. Materialer og elementer som byttes ut under vedlikehold forutsettes å ha samme levetid som det de erstatter. Levetidsbetraktninger på innsatsfaktorer er en viktig del for beslutning i planleggingsprosess og gir muliggjør valg av produkter med lavest utslipp over levetiden.

Beregningsperiode for klimagassbudsjett for prosjekter i NTP 2014-2023, må avklares med Samferdselsdepartementet.

3.4 Elektrisitetsmiks

Det har tidligere vært vanlig å anta at elektrisitetsproduksjon i Norge ikke fører til utslipp av CO_2. Imidlertid har importen av elektrisitet fra andre nordiske land og fra kontinentet øket de senere årene samtidig som en begrenset norsk gasskraftproduksjon har kommet i gang fra 2007. I utgangspunktet er det naturlig å utnytte de fritt tilgjengelige ressursene vann- og vindkraft fullt ut. Import er først naturlig dersom det er behov for mer elektrisk energi utover dette.

Valg av elektrisitetsmiks vil være avhengig av hvilket formål vi har med analysen. De ulike aspektene ved valg CO_2-innhold i elektrisitetsproduksjonen er grundig behandlet i Statens Vegvesen (2009). I tråd med dette er det to hovedtilnærminger som er naturlige ved valg av elektrisitetsmiks, men det vil være flere modifikasjoner av disse.

Gjennomsnittsteknologi er innenlands produsert elektrisitet pluss import minus eksport over en gitt periode. Det kan være naturlig å legge dette til grunn dersom en har et tilbakeskuende perspektiv på analysen, eller ønsker å sammenlikne alternativer som ikke forandrer nivået på elektrisitetsforbruket innenlands.

Marginalteknologi er den teknologien som anvendes ved økning av elektrisitetsforbruket utover dagens nivå. Dersom vannkraften er utnyttet fullt ut, er det sammensetningen på den importerte energien som vil bestemme elektrisitetsmiksen. Denne kan igjen betraktes på ulike måter. En *langsiktig* marginal teknologi kan være beskrevet av gjennomsnittet av nordisk elektrisitetsproduksjon, som igjen er en miks av vannkraft, gasskraft, kullkraft etc. På *kort sikt* kan vi tenke oss at øket elektrisitetsforbruk fører til import av gasskraft eller i verste fall kullkraft, som fører til svært mye CO_2-utslipp pr kWh.

Selv om en velger en bestemt hovedtilnærming, er det mange beregningsmessige tilnærminger som kan anvendes og som gir stort sprik i CO_2-utslippet per kWh. Mens en *norsk* elektrisitetsmiks (norsk vannkraft pluss 7 % nordisk import) ifølge Toutain m fl (2008) gir et CO_2-utslipp på bare 7 g/kWh, gir en *nordisk* miks (gjennomsnitt av all nordisk elektrisitetsproduksjon) ca 200 g/kWh. Kullkraft alene gir 1000 g/kWh.

I tillegg til disse alternativene fins det en rekke andre alternativer som benyttes i ulike klima kalkulatorer og der ulike resonnementer ligger til grunn.

I metoden legges det inntil videre opp til å bruke SSBs anbefaling på 7 g/kWh som en norsk forbruksmiks. Elektrisitetsmiks til bruk i klimagassbudsjettberegningene for prosjekter i NTP 2014-2023, må avklares med Samferdselsdepartementet.

3.5 Avgrensing mot annen virksomhet

Hvordan skal selve prosjektet avgrenses mot virksomhet som har en klar sammenheng med prosjektet? En snever, men kanskje den mest ryddige definisjonen er bare å se på selve den infrastrukturen som skal til for framføring av transport, dvs. bare selve vegen inkludert aktiviteter som skilting og vegbelysning, men unnta tilknyttede infrastrukturtjenester, som bomstasjoner osv. For luftfarten får dette som konsekvens at bare selve rullebanen med taksebaner osv skal være med, mens terminalbygninger holdes utenfor. Arbeidsgruppen anbefaler at denne tilnærmingen legges til grunn for beregning av klimagassbudsjett.

3.6 Geografisk avgrensing

Når utslipp gjennom hele produksjonskjeden inkluderes, betyr det at også utslipp som oppstår utenfor Norges grenser er inkludert. Dette kan betraktes på to måter.

Den første måten å se dette på er at en bør måle så eksakt som mulig utslippet av klimagasser fra norsk område. Siden en betydelig del av de materialer som benyttes i bygging og drift av norsk transportinfrastruktur helt eller delvis er produsert i utlandet, finner også betydelige deler av utslippet del der. En kan da så godt det lar seg gjøre forsøke å anslå hvor stor del av denne produksjonen som finner sted på norsk jord for å få fram de totale utslippene fra norsk område som følger av dette prosjektet. Da kan en så, som en midlertidig tilnærming velge å se bort fra utenlandsandelen, men å ha som *mål* å lage anslag for "innenlandsandelen" på et framtidig tidspunkt.

Den andre tilnærmingen er å ønske å måle utslippene som er resultatet av *etterspørselen* som finner sted på norsk område, her etterspørselen fra infrastrukturprosjekter. Det spiller ingen rolle for klimaeffekten om utslippene skjer i Norge eller utlandet. Det er her de totale utslippene som blir generert av dette norske infrastrukturprosjektet som teller.

Foreløpig er resultatet det samme uansett hvilket prinsipp som legges til grunn. På forespørsel fra arbeidsgruppen har Programstyret i NTP 2014-2023 besluttet at metoden skal benytte globale utslipp som utgangspunkt og detaljere nasjonale utslipp der dette er kjent eller forventet. Det siste vil gjelde for det meste av transportbehovet ved utbygging og vedlikehold av infrastruktur, samt for produksjon av visse innsatsfaktorer. Det er særlig forventet at slik inndeling kan gjøres for prosjekter etter hvert som leverandører involveres og en blir mer kjent med hvilke underleverandører som står for produksjon. Presisjonen i beregning av nasjonal andel er dermed økende gjennom prosjektfasen.

3.7 Klimagasser

Seks klimagasser omfattes av Kyotoprotokollen[7]. Med klimagasser i denne metoden avgrenses det imidlertid til karbondioksid (CO_2), nitrogendioksider (N_2O) og metan (CH_4). Vurderingen er gjort på bakgrunn av arbeider i forbindelse med SVVs metode der en har kommet til at man oppnår tilstrekkelig nøyaktighet ved å inkludere disse tre gassene. Klimagassene regnes om til CO_2-ekvivalenter.

Ved bruk av databasen EcoInvent er det også mulig å hente ut data for andre typer utslipp.

[7] Karbondioksid, metan, nitrogendioksid, perfluorkarboner, hydrofluorkarboner og svovelhexafluorid

4 Anvendelser og eksempel på resultat

4.1 Miljøbudsjett for Follobanen (JBV)

Bakgrunn for prosjektet

Prosjektet ”Miljøbudsjett for Follobanen” er initiert av Samferdselsdepartementet med bakgrunn i *Nasjonal transportplan (NTP) 2010-2019.* NTP stiller krav til transportetatene om rapportering av klimaeffekt av langsiktige strukturelle endringer i transportsystemene.

Jernbaneverket har utviklet et *miljøbudsjett* for utbyggingen av Follobanen. Dette er et eksempel på kvantifisering, budsjettering og rapportering av forventet klima- og miljøpåvirkning av utbyggingen i et livsløpsperspektiv. Erfaringer herfra er viktig mht. struktur og utforming av et mer generelt verktøy for miljøvurderinger.

Dette utviklingsarbeidet blir koordinert mellom transportetatene som søker å utvikle verktøy basert på felles metodikk som gir mulighet til sammenligning av potensiell miljøpåvirkning fra ulike transportsystem.

Metodeutvikling

Med bakgrunn i litteraturstudier, internasjonale erfaringer og standarder er metodeverktøyet utviklet med utgangspunkt i livsløpsvurdering (life-cycle assessment - LCA). Miljøpåvirkning fra alle hovedfaser for jernbaneinfrastruktur behandles i et livsløpsperspektiv.

Miljøbudsjettet inkluderer alle livsløpsfaser for Follo-banen, fordelt på de tre hovedfasene, utbygging, drift/vedlikehold og avfall/avhending.

- *Utbyggingsfasen* - klargjøring av grunn og bygging av infrastruktur og andre elementer som inngår i jernbaneanlegget
- *Drifts- og vedlikeholdsfasen* - drift og vedlikehold av infrastruktur, og utskifting av utrangert jernbanemateriell
- *Avfall/avhendingsfasen* - avfall fra vedlikehold og utskifting av materialer og komponenter, samt demontering av infrastrukturen etter endt livsløp, transport og behandling av avfall

I tillegg er *avfall fra drift og løpende vedlikehold* skilt ut i en egen fase. Avfall fra vedlikehold og avhending holdes separert i miljøbudsjettet.

Utslipp og miljøpåvirkning som følge av produksjon og bruk av materialer og energi er modellert med utgangspunkt i europeiske gjennomsnittstall eller verdier som er representative for europeiske forhold, hentet fra en sveitsisk database; Ecoinvent.

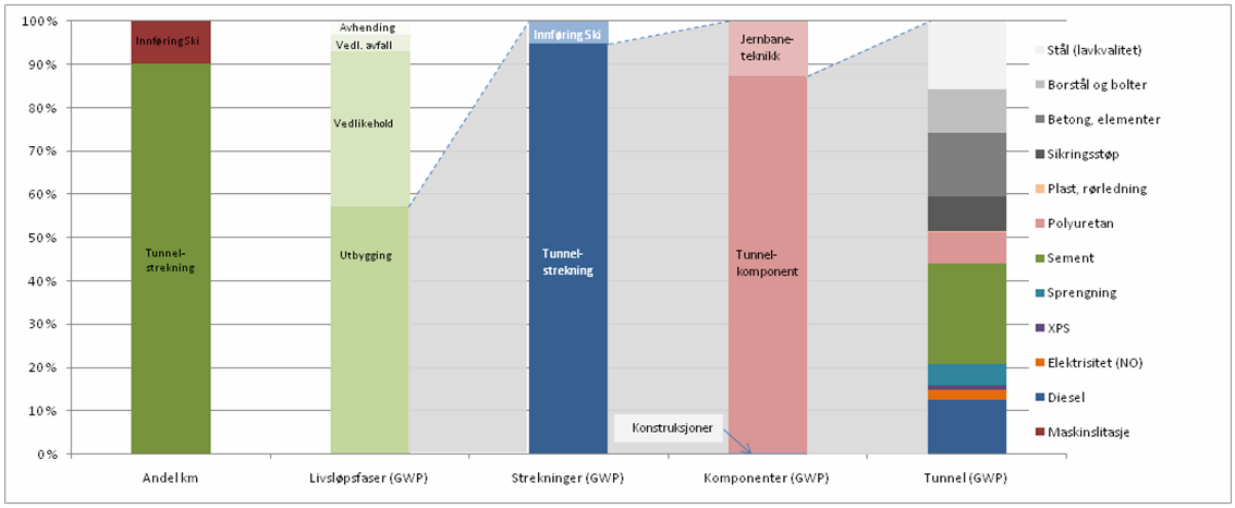
Miljøpåvirkningskategoriene omfatter *klimagassutslipp, ozonnedbrytning, forsuring, overgjødsling (eutrofiering) og fotokjemisk smogdannelse.*

Alle mengde- og forbruksdata for innsatsfaktorer til utbygging drift og vedlikehold er hentet fra prosjektets kostnadskalkyle og analyse av livssykluskostnader.

Miljødata for avfall og avhendingsfasen, samt for produksjon av innsatsfaktorer lenger bak i verdikjeden er hentet fra databasen Ecoinvent.

Hovedresultater fra livsløpsvurdering – Follobanen

Resultatene baserer seg på prosjekterte mengdedata for en trasé med 2-løpstunnel og tilhørende innsatsfaktorer knyttet til utbygging, vedlikehold og avhending. Beregningsperioden er 60 år.
Figur 4 viser eksempel på presentasjon og nedbrytning av resultater på ulike nivåer, her eksemplifisert for klimagassutslipp. Alle søylene viser relative resultater. Søylen merket "Andel km" viser sammensetningen for traséen (uten strekningen Oslo S til tunnelen), med en tunnelstrekning og en dagstrekning fra tunnel og inn til Ski stasjon. Dagsonen med innføring til Ski kun utgjør ca.10 % av totallengden på traséen. De påfølgende resultatene er alle gitt som totale størrelser og er derfor ikke egnet til en direkte sammenligning av dagstrekning vs. tunnelstrekning per km. Resultatene er spesifikke for Follobanen.



Figur 4: Nedbryting av resultater for klimagassutslipp

Søyle 2 fra venstre viser hvordan utslippene av klimagasser fordeler seg mellom de ulike fasene i livsløpet til banen; fordelt på utbygging, vedlikehold, avfall fra vedlikehold og avhending av banen ved endt levetid. Resultatene viser at det er innsatsfaktorene knyttet til utbyggingen som utgjør den største andelen, fulgt av vedlikehold, og at avfallsbehandlingen og avhendingen utgjør mindre andeler. Utbygging og vedlikehold utgjør til sammen over 90 %.

Søylen "Komponenter" viser hvordan hver strekningsbit er delt opp i komponenter, og deres relative bidrag til klimagassutslipp. Tunnelstrekningens viktigste komponenter er selve tunnelutbyggingen, som omfatter sprengningsprosessen, masseuttak, fjellsikring, betongutstøping, hvelv m.m. Den nest viktigste komponenten er "Jernbaneteknikk" som omfatter bl.a. ballast, skinner, sviller, kabelkanaler, kontaktledningsanlegg og tekniske installasjoner. De store massene forbundet med tunnelbyggingen gjør denne til en relativt sett større bidragsyter til klimagassutslippene enn jernbaneteknikken.

Helt til høyre er søylen som beskriver hvilke innsatsfaktorer som bidrar innenfor tunnelkomponenten. Det er først og fremst de store materialmengdene forbundet med tunnelen som dominerer når det kommer til klimagassutslipp. Stål av ulike kvaliteter, sement og betong utgjør hver omtrent en fjerdedel av de potensielle klimagassutslippene, og står dermed for nesten 75 %.

Hovedresultat -utslippsekvivalenter og energibruk

Hovedresultat for utslippsekvivalenter og energibruk for infrastrukturen i Follobanen er gitt i tabell 2. Resultatene omfatter totale utslipp i hele livsløpet ved utbygging, vedlikehold og avhending for hele traséen med to-løpstunnel dvs tunnelstrekning og dagsonen med dobbeltspor med innføring til Ski stasjon (Dagsonen med innføring til Oslo S er ikke inkludert).

Tabell 1: Utslippsekvivalenter og energibruk for total utbygging, vedlikehold og avhending for hele traséen med 2-løpstunnel (tunnelstrekning og dagsonen innføring til Ski, dobbeltspor)

Trasé 2-løpsalternativ	Utbygging	Vedlikehold	Vedlikeholdsavfall	Avhending	*Total (infrastruktur)*
Klimagassutslipp (kg CO_2-ekv.)	343 mill.	214 mill.	24,2 mill.	18,5 mill.	*599,7 mill.*
Ozonnedbrytning (kg CFC-11 ekv.)	80,5	86	4,18	0,798	*171,48*
Forsuring (kg SO_2-ekv.)	2,94 mill.	775 000	119 000	32 600	*3,87 mill.*
Overgjødsling (kg P-ekv.)	35 400	35 100	411	140	*71 051*
Fotokjemisk smog (kg NMVOC-ekv.)	3,35 mill.	716 000	200 000	51 300	*4,32 mill.*
Energi, ikke-fornybar, fossil (MJ-ekv.)	3 790 mill.	2 440 mill.	399 mill.	81,8 mill.	*6 710,8 mill.*
Energi, ikke-fornybar, kjernekraft (MJ-ekv.)	648 mill.	413 mill.	23,6 mill.	8,1 mill.	*1 092,7 mill.*
Energi, fornybar, biomasse (MJ-ekv.)	55,6 mill.	23,1 mill.	776 000	312 000	*79,8 mill.*
Energi, fornybar, vind, sol, geotermisk (MJ-ekv.)	10,8 mill.	6,8 mill.	236 000	107 000	*17,9 mill.*
Energi, fornybar, vannkraft (MJ-ekv.)	756 mill.	187 mill.	4,15 mill.	1,29 mill.	*948,4 mill.*

Resultatene i tabell 1 viser at over halvparten av utslippene er knyttet til utbyggingsfasen, de første fem årene av prosjektets levetid. Deretter vil de årlige utslippene relatert til Follobanenes infrastruktur være lave.

Klimagassutslipp som følge av endret bruk av transportmidler

Togdrift og trafikk på Follobanen er ikke med i denne versjon av miljøbudsjett. Basert på data fra tidligere faser i prosjektet "Nytt dobbeltspor Oslo – Ski" er det likevel vurdert av besparelser i klimagassutslipp fra endringer i transportmiddelfordeling.

For personbiltransport er dette tidligere beregnet til ca 8000 tonn CO_2 pr. år.

For godtransport er dette beregnet til opptil 33 000 tonn CO_2 pr. år, dersom en får utløst beregnet potensial for overføring av godtransport fra veg til jernbane. Her må imidlertid både krysningsspor syd for Moss, videreutvikling av Alnabru godsterminal og Bryndiagonalen bidra til å muliggjøre overføringen. Disse tiltakene vil også ha en miljøkostnad bl.a. i form av klimagassutslipp knyttet til bygging, som foreløpig ikke er beregnet. Disse klimagassutslippene må tas med i regnestykket når redusert klimagassutslipp ved endret transportmiddelbruk skal vurderes.

Dersom det blir aktuelt med en høyhastighetsbane til Gøteborg, er Follobanen bygget med en standard som gjør at denne kan være et første trinn på en slik forbindelse. Når denne er etablert vil den overta en del flytrafikk med en ytterligere CO_2-gevinst.

Bruk av verktøyet for livsløpsregnskap og miljøbudsjett

Miljøbudsjettet er et beslutnings- og oppfølgingsverktøy for alle prosjektfaser; planlegging, prosjektering, kontraktering og bygging og

- bidrar til en kvalifisert vekting av miljøhensyn i viktige beslutningsprosesser og identifiserer komponenter, prosesser og materialer som skal erstattes, eller krever spesiell oppfølging eller utvikling av nye løsninger.
- gir grunnlag for valg av produkt og løsninger; identifiserer miljøkriterier og – krav for innkjøpsprosessen.
- gir grunnlag for dokumentasjonskrav til prosjekterende, produsenter, leverandører og kontraktører; mengde- og miljødata, vedlikehold og levetider for komponenter, produkter og løsninger. Relevante data skal dokumenteres, rapporteres og registreres i miljøbudsjettet.

4.2 Struktur og resultater for energiforbruk og klimagassutslipp for et bygd vegprosjekt (SVV)

Strekningen Alvheim – Solli er del av vegprosjekt E6 i Østfold; Svingenskogen – Råde grense som sto ferdig i november 2008. Prosjektet på denne strekningen innebar utvidelse av eksisterende E6 med 2 nye kjørefelt, dvs 10 km ny motorveg med 11 m bredde. Det inkluderer 850 m med tunnel (tunnelprofil T9,5), omlegging av veger, landskapstilpasning, støyskjerm, belysning, vann og avløp (drenering) og 2 nye bruer, forlengelse av 2 kulverter og 3 nye miljøtunneler/portaler.

Dette vegprosjektet er analysert for å ha et eksempel å jobbe ut fra i utviklingen av beregningsmetodikken for livsløpsvurderigner som skal implementeres i nytt-kostnadsanalyseverktøyet EFFEKT. Data for prosjektet er hentet fra tilbudsdokumentet og konsekvensutredningen for prosjektet. Materialene som ansees som viktigst er inkludert.

I dette eksempelet er klimagassutslipp knyttet til både bygge- og driftsfasen over en analyseperiode på 25 år beregnet. I byggefasen er de viktigste materialene som inngår i de ulike vegelementene inkludert; sprengstein (forsterkningslag), pukk (bærelag), asfaltert grus (bærelag), asfalt (slitelag), stål (rekkverk), betong (tunneler, tunnelportaler og bruer), armering (tunneler, tunnelportaler og bruer), asfaltmembran (bruer) og PE-skum (tunneler). Videre er sprengning, transportarbeid, anleggsmaskineri og elektrisitetsforbruk knyttet til byggingen inkludert. I bruksfasen er re-asfaltering og elektrisitetsforbruk (vegbelysning og vifter, pumper og belysning i tunneler) tatt.

Figur 5: Sollikrysset[8], rød linje er de nye kjørefeltene

[8] http://www.vegvesen.no/s/region_ost/prosjekter/ostfoldpk/E6/bildemappe_w/index.htm

Inndata

Data fra tilbudsskjema er gjennomgått. Disse beskrives nedenfor i forhold til hva som inkluderes og ikke. Spørsmål og usikkerheter er også poengtert.

Masser og transportarbeid

Bruk av maskineri i byggefasen for vegprosjektet er beregnet på grunnlag av masser oppgitt i tilbudsdokumentet, romvekt og en antagelse på et forbruk på 0,3 liter diesel i *generell anleggsmaskin* per m^3 masse. Massene som inngår i beregningene for veg i dagen er listet i

Tabell ***2***. Antagelsen om dieselforbruk er tatt ut fra en eksisterende prosess i Ecoinvent som anslår et forbruk på 0,15 liter diesel per m^3 masse ved bruk av gravemaskin. Siden massene gjennomgår flere typer operasjoner, som for eksempel utlegging, planering og komprimering, er dieselforbruket doblet. Dette er en svært unøyaktig antagelse, foretatt i mangel av en bedre tilnærming.

Transportarbeid for veg i dagen beregnes ut fra masser angitt i tilbudsskjemaet, massetettheter og antagelser for transportavstand. I hovedsak er det antatt at masser som tas ut og forbrukes i linja i snitt transporteres 1 km, mens masser som transporteres inn eller ut av linja transporteres 2 km i snitt. Unntakene er tilført sprengt stein (5 km), samt asfaltert grus og asfaltert pukk (20 km, som tilsvarer norsk snitt for transport av asfalt fra produksjonssted til legging). Dataene er gitt i tabell 2.

Tabell 2: Beregning av bruk av maskineri og transportarbeid for veg i dagen

	Prosess	Mengde	Enhet	Tetthet [tonn / m^3]	Transport-avstand [km]	Transport-arbeid [tkm]
Forberedende tiltak	Masser utsprengt	133 300	fm^3	2,65	1	176 623
	Utgraving av ubrukbare masser	20 000	m^3	1,3	2	52 000
	Fylling med lettklinker (ekspandert leire)	4 500	m^3	1	2	9 000
	Masseflytting av fjell til fylling i linjen	128 500	fm^3	2,65	1	170 263
	Masseflytting av fjell til mellomlager	6 153	fm^3	2,65	1	8 153
	Jordmasser til motfyl-ling/bakkeplanering	80 200	m^3	1,3	1	52 130
	Jordmasser til støyvoll, ledevoll med mer	28 500	m^3	1,3	1	18 525
Grøfter, rør og kummer	Fundamentmasse pukk	1 502	m^3	1,4	2	4 204
	Omfyllingsmasse	12 542	m^3	1,3	2	32 609
	Gjenfylling med stedlige masser	20 675	m^3	1,4	1	57 890
	Gjenfylling med tilførte masser	17 348	m^3	1,4	2	48 574
	Fjerning av overskuddsmasser	9 590	m^3	1,4	2	26 852
Veg-fundament	Forsterkningslag av kult	9850	m^3	1,5	2	7 388
	Forsterkningslag av sprengt stein, tilført	10 000	m^3	1,8	5	90 000
	Vending av dypsprengning i dagsone	12 300	m^3	1,8	1	11 070
	Bærelag av knuste steinmaterialer	2 120	m^3	1,8	2,5	9 540
	Bærelag av asfaltert grus	21 350	tonn	2,65	20	427 000
	Bærelag av asfaltert pukk	41 850	tonn	2,4	20	837 000
	Dieselforbruk i anleggsmaskin:	**155 917**			**Transportarbeid$_v$:**	**2 468 800**

For tunneler er transportarbeidet beregnet ut fra mengder som sprenges ut oppgitt i tilbudsdokumentet (som fast masse), tetthet på 2,65 tonn / m^3 og en transportavstand på 2,5 km:

$Transportarbeid_t$ = (60 000+1 050+1 755)*2,65*2,5 = 416 083 tkm

Transportarbeid for bruer er utelatt, da dette vil utgjøre lite av det totale transportarbeidet og dermed svært lite av totale klimagassutslipp. Totalt transportarbeid for vegprosjektet blir dermed 2 459 903 tkm.

Forberedende tiltak og generelle kostnader

Utelater alt her (rigg, midlertidige bygninger, meter med ulike typer anleggsgjerder og rekkverk, m^2 riving og fjerning av faste vegdekker, stk transformatorer).

Sprengning, veg i dagen

Bruk av sprengstoff er inkludert (tovex; 2,2 kg per m^3 utsprengt tunnelmasse, 1 kg per m^3 utsprengt masse i åpent terreng).

Sikringsbolter i stål er inkludert; til sammen 1,1 tonn (varmforsinking og pulverlakkering med epoksy er ikke tatt med).

Det er oppgitt 5 500 m rør-rekkverk på stålstolper og 16 500 m wire-rekkverk (totalt 22 km med rekkverk). Foreløpig inkludert ved 500 tonn stål Vegutstyr og miljøtiltakHer utelates det meste (m^2 murer av naturstein, m^2 ulike typer støyskjermer, m^2 jordforbedring og beplantning, meter kantstein av betong, meter viltgjerde, meter rør, meter kabler, stk master m/fundamentering, stk armatur, meter vegmerking, stk skilt m/fundament, stk gittermaster og portaler)

Tunnel

Sikringsbolter på til sammen 27,7 tonn er inkludert (varmforsinking og pulverlakkering med epoksy er ikke tatt med).

Sprøytebetong er antatt lik betong. Fiber i sprøytebetong ikke inkludert. PE-skum er inkludert.

”Armering av sprøytebetong (m^2)” og ”Brannsikring (m^2)” ikke tatt med.

Rør og kummer med mer er ikke tatt med.

Boring ved utsprengning av tunnel (forbruk av elektrisitet) er beregnet ut fra et forbruk på 100 kWh / lm utsprengt, videre er ventilasjon av tunnelløpet under bygging antatt å forbruke 350 kWh per løpemeter tunnel.

Veg; grøfter, kummer og rør

Ingenting her er inkludert (fiberduk: 21 675 m^2, spuntvegger i stål (stk), armerte/uarmerte betongrør (m), spillvannsledninger, stikkrenner, rør og kummer, membraner og frostsikring).

Vegfundament

Fiberduk ikke inkludert (130 800 m^2)[9]

Forsterkningslag er antatt å bestå av sprengstein og bærelaget 90 % pukk og 10 % asfaltert grus.

[9] Det er beregnet totalt forbruk av 31 tonn fiberduk i vegstrekket. Dette er beregnet å forårsake under 0,2 % av totale utslipp dersom det inkluderes, og kan dermed utelates.

Vegdekke

Bindlag av asfaltbetong (20 000 tonn) er antatt pukk.

Slitelag av Ska 11, tykkelse 45 mm: 13 600 tonn.

Antatt 0,1125 tonn/m2 (dvs 2,5 tonn/m^3 og 121 000 m^2 med asfaltert veg).

17 200 meter med pukk i midtdeler ikke inkludert.

Vegutstyr og miljøtiltak

Ingenting her inkludert (beplantning, rekkverk, skilt, vegmerking med mer)

Bruer og tunneler

Forbruk av betong og armering inkludert. Diameter på betongpeler antatt 0,8 m.

Varmeisolering av betong, fiberduk og dybler er ikke tatt med. Pussing og avretting av betongoverflate er ikke tatt med. Noe sprengning (oppgitt i meter) ikke inkludert (små mengder, liten betydning). Brannskap, dører, luker og lignende er ikke tatt med. Rør, kummer og bolter er ikke tatt med. Glidelager er ikke tatt med.

Drift

Drift av anlegget gjennom levetiden (40 år) inkluderer reasfaltering og elektrisitetsforbruk i tunnelene. For reasfaltering antas at 65 % av opprinnelig lagt mengde legges hvert 10. år. Elektrisitetsforbruk i tunnelen antas 330 000 kWh per km og år (som antatt i *Miljøsammenligning av Bru, Tunnel og ferge*). Dette gjelder undersjøisk tunnel, og er antagelig for høyt for denne tunnelen.

Vegbelysning er antatt 29 000 kWh per km per år. Dette gir totalt forbruk på

6 633 750 kWh for hele vegstrekket (ekskludert 850 m tunnel) gjennom 25 år.

Trafikk

Resultater i konsekvensutredningen for hele strekket Svineskogen – Råde grense viser en økning i kostnader knyttet til CO_2-utslipp i forhold til 0-alternativet (ingen utbygging). Trafikkøkning i forhold til 0-alternativet kan være en årsak til økningen i utslippene. Økt fartsgrense, for eksempel fra 70 til 80 km/t, vil også bidra til økte utslipp. Utslippsmengder kommer ikke frem i KUen, så disse er beregnet ut fra kostnaden. I EFFEKT benyttes en kalkulasjonsrente på 4,5 %, en analyseperiode på 25 år og en CO_2-kostnad på 210 kr/tonn. Total økning i CO_2-kostnad for vegstrekket Alvim – Råde grense er beregnet til 200 000 kr (i forhold til 0-alternativet). Strekket Alvim – Solli utgjør ca 1/3 av dette, og kan antas å ha en total økning i CO_2-kostnad på 70 000. Dette vil med gitt CO_2-kostnad og kalkulasjonsrente tilsvare en økning i årlige utslipp på 22,5 tonn fra trafikken på vegen i forhold til 0-alternativet.

Resultater

Resultatene er i første omgang beregnet totalt for byggingen av prosjektet. Dette er videre benyttet som basis for beregninger av resultater for analyseperioden.

Totale resultater for byggefasen

De totale resultatene omfatter material- og energiforbruk i byggefasen og der hele verdikjeden for fremstiling av disse materialene er inkludert. Tabell 3 viser utslipp knyttet til *byggefasen* av elementene veg i dagen, bru og tunnel.

Tabell 3: Totale klimagassutslipp i tonn CO_2-ekvivalenter for bygging av vegprosjekt Alvheim - Solli

	Byggefasen			**TOTALT**
	Veg i dagen	**Tunneler**	**Bruer**	
Betong	24	971	625	**1 620**
Konstruksjonsstål	807	45	59	**910**
Armeringsstål	12	480	440	**932**
Sprengstein	40	0	0	**40**
Pukk	195	0	0	**195**
Asfaltert grus	258	0	0	**258**
Asfalt	416	0	0	**416**
Asfaltmembran	0	0	0	**0**
PE-skum	0	61	0	**61**
Sprengning	317	299	0	**616**
Transportarbeid	311	52	0	**363**
Diesel	501	44	11	**555**
Elektrisitet	0	78	0	**78**
TOTALT	**2 940**	**1 969**	**1 135**	**6 045**

Resultatene viser at i byggefasen er det betong i bruer og tunneler som dominerer utslippene. Videre bidrar stål i veg i dagen (dette er hovedsakelig rekkverk), armering i tunneler og bruer, asfalt for veg i dagen og sprengning. Dieselforbruk og transportarbeid bidrar også en del, men forbruket her er svært usikkert.

Resultater per år i analyseperioden

De ulike vegelementene forutsettes i dette eksemplet å ha ulik levetid og analyseperioden omfatter 25 år. Utslipp knyttet til byggefasen må justeres for dette for å gjelde kun for analyseperioden. Det er benyttet en levetid på 40 år for veg i dagen og 100 år for bruer og tunneler.

Klimagassutslipp knyttet til byggefasen gjeldende for analyseperioden

Veg i dagen:	2 940 tonn CO_2-ekvivalenter * (25 / 40) =	1 838 tonn CO_2-ekvivalenter
Tunnel:	1 969 tonn CO_2-ekvivalenter * (25 / 100) =	492 tonn CO_2-ekvivalenter
Bru:	1 135 tonn CO_2-ekvivalenter * (25 / 100) =	284 tonn CO_2-ekvivalenter
For analyseperioden på 25 år:		2 614 tonn CO_2-ekvivalenter

Drift

Reasfaltering hvert 10. år: 270 tonn CO_2-ekvivalenter (65 % av opprinnelig mengde lagt). Belysning, pumper og vifter i tunnel hvert år: 58 tonn CO_2-ekvivalenter (El-forbruk: 330 000 kWh/ km per år (Veritas 2000). Dette forbruket gjelder opprinnelig for undersjøisk tunnel og vil være noe for høyt for oversjøisk tunnel da det er mindre behov for ventilasjon i disse. Det er benyttet nordisk el-miks).

Vegbelysning: 55 tonn CO_2-ekvivalenter

Trafikk

Utslipp på 22,5 tonn CO_2-ekvivalenter mer i forhold til 0-alternativet hvert år

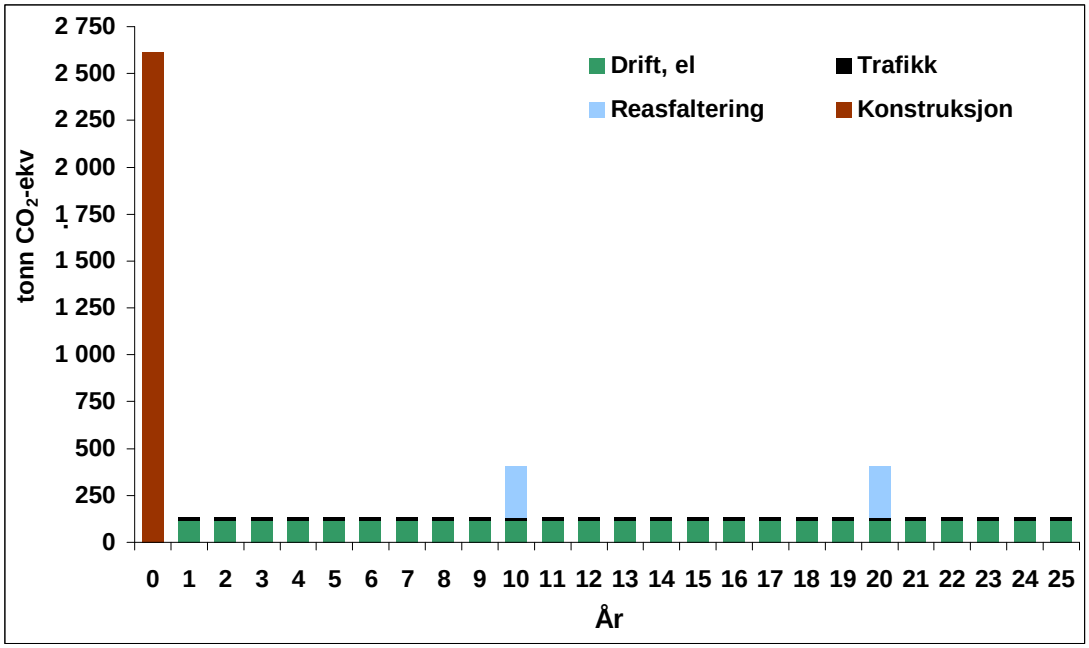
Tabell 4 og 6 viser resultatene per år i analyseperioden. Utslippene knyttet til byggefasen (år 0), er den andelen av de totale utslippene relatert til byggefasen som kan tilskrives analyseperioden.

Tabell 4: Klimagassutslipp (tonn CO_2-ekvivalenter) per år i analyseperioden

År	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Konstruksjon	2614								
Reasfaltering									
Drift, el		111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9
Trafikk		22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Totalt	2614	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4

År	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
Konstruksjon									
Reasfaltering		270,5							
Drift, el	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9
Trafikk	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Totalt	134,4	404,9	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4

År	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**TOT**
Konstruksjon									**2614**
Reasfaltering			270,5						**541**
Drift, el	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	111,9	**2797**
Trafikk	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	**563**
Totalt	134,4	134,4	404,9	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	**6515**

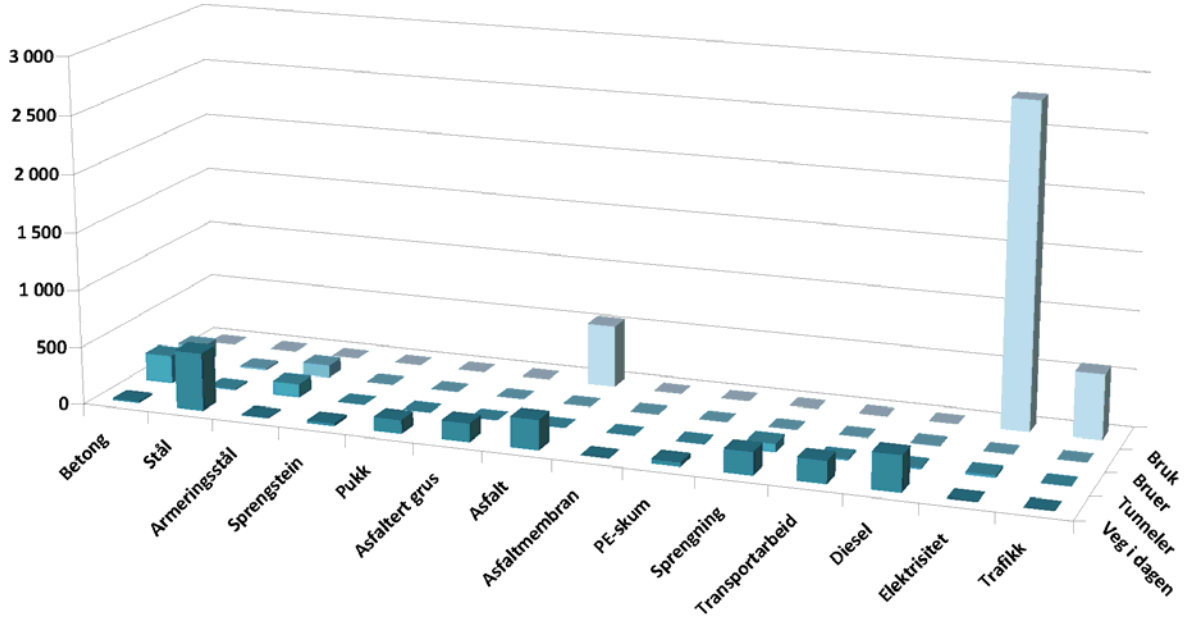


Figur 6: Klimagassutslipp per år i analyseperioden

Av de totale utslippene for analyseperioden er omtrent 40 % knyttet til byggingen av vegen, mens 60 % er knyttet til bruksperioden på 25 år. Utslippene knyttet til trafikkendringer utgjør i underkant av 9 % av de totale utslippene.

Totale utslipp er beregnet ved at nåtidige og fremtidige utslipp summeres direkte, uten diskontering. Dette er på grunn av at vi forholder oss til mengder klimagasser som slippes ut, og ikke kostnader knyttet til dette.

De totale utslippene for analyseperioden er vist i figur 7 og Tabell 5 nedenfor. Resultatene er fordelt på hvert element i byggefasen og samlet for bruksfasen.



Figur 7: Klimagassutslipp for analyseperioden fordelt på materialer, vegelementer og bruk

Bruk av elektrisitet i bruksfasen utgjør en stor del av de totale utslippene (43,2 %), dette omfatter belysning på hele vegstrekket pluss vifter og pumper i tunnelen (siden dette er en oversjøisk tunnel som sannsynligvis ikke har pumper installert, er forbruket her noe for høyt). Elektrisitetsforbruk til belysning vil med stor

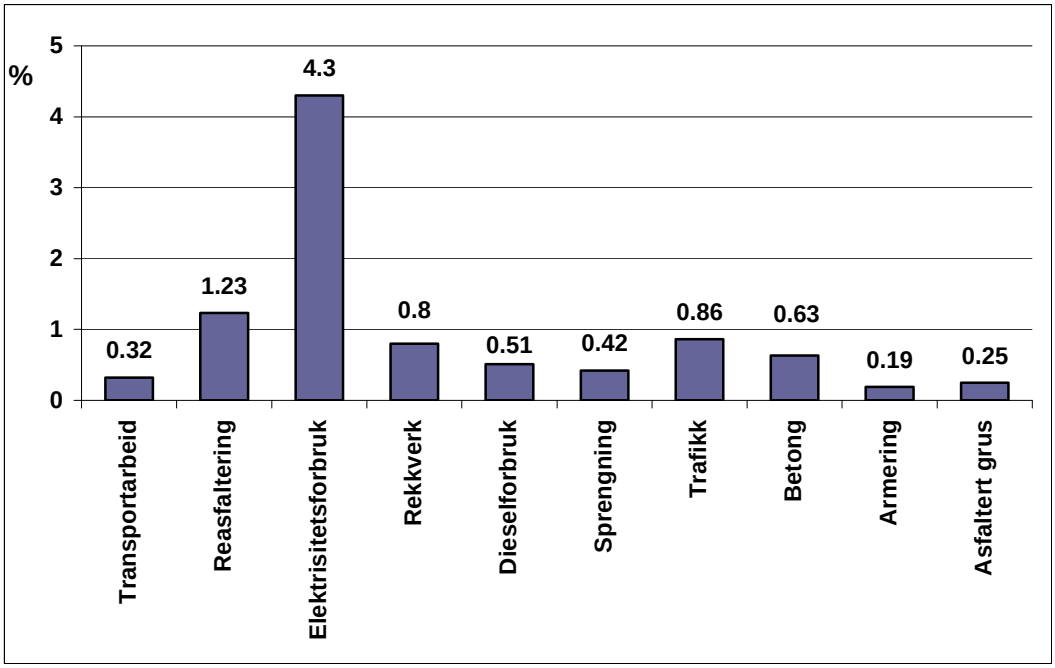
sannsynlighet reduseres i løpet av de neste 25 år siden det stadig benyttes mer energieffektiv belysning. Dette er det ikke tatt høyde for i denne analysen. Reasfaltering utgjør 8,3 % og endring i trafikken 8,6 %. I byggefasen er det bruken av stål i veg i dagen som utgjør mest (7,7 %), dette er rekkverk. Videre bidrar betong og armering i bruer og tunneler henholdsvis 6,4 % og 3,7 %. Forbruk av anleggsmaskineri bidrar med 5,0 %, sprengning med 4,2 % og transportarbeidet med 3,2 %.

Tabell 5: Totale klimagassutslipp i tonn CO_2-ekvivalenter for analyseperioden, fordelt på vegelementer i byggefasen og totalt for bruksfasen

	Byggefasen			**Bruks-fasen**	**TOTALT**	**Andeler**
	Veg i dagen	**Tunneler**	**Bruer**			
Betong	15	243	156	0	**414**	6,35 %
Stål	504	11	15	0	**530**	8,14 %
Armering	8	120	110	0	**238**	3,65 %
Sprengstein	25	0	0	0	**25**	0,38 %
Pukk	122	0	0	0	**122**	1,87 %
Asfaltert grus	161	0	0	0	**161**	2,47 %
Asfalt	260	0	0	541	**801**	12,30 %
Asfaltmembran	0	0	0	0	**0**	0,00 %
PE-skum	38	0	0	0	**38**	0,59 %
Sprengning	198	75	0	0	**273**	4,19 %
Transportarbeid	194	13	0	0	**207**	3,18 %
Diesel	313	11	3	0	**327**	5,01 %
Elektrisitet	0	20	0	2 797	**2 817**	43,24 %
Trafikkendring	0	0	0	563	**563**	8,63 %
TOTALT	**1 838**	**492**	**284**	**3 901**	**6 515**	100,00 %
Andeler	28,21 %	7,55 %	4,36 %	59,88 %	100,00 %	

Usikkerheter og følsomhetsanalyse

For flere av materialene er det knyttet usikkerheter i forhold til hvor mye som forbrukes. Det vil i tillegg være usikkerheter knyttet til utslippsdataene for materialene. Beregningene er derfor testet ut i forhold til hvordan en 10 % økning i mengde for hvert materiale slår ut i de totale resultatene, slik at en kan si noe om hvor høye krav det er til nøyaktighet for de ulike materialene. Resultatene er gitt i Figur og videre følger betraktninger for hvert av materialene.



Figur 8: Resultater av følsomhetsanalyse

Transportarbeid

På kommunedelplannivå er det knyttet stor usikkerhet til mengden masser som må transporteres både innad i, samt inn og ut av vegprosjektet under bygging. I tillegg er transportavstanden også svært usikker. De totale resultatene i denne studien viser at massetransporten ikke utgjør noen stor del av de totale utslippene knyttet til prosjektet. Og selv om massetransporten økes kraftig vil ikke dette slå veldig ut i de totale resultatene. 10 % økning i massetransporten gir en økning i de totale resultater på 0,32 %. Dette indikerer at det ikke er av avgjørende betydning å ha stor nøyaktighet i inkluderingen av transportarbeidet, om en forutsetter at antagelsene som ligger til grunn for beregning av transportarbeidet i denne analysen ikke er svært feilaktige.

Reasfaltering

Reasfalteringen utgjør en betydelig del av de totale utslippene, og følsomhetsanalysen viser at en økning av asfaltmengde i driftsfasen på 10 % øker de totale utslippene med 0,83 %. Om en inkluderer den opprinnelige mengden asfalt lagt i konstruksjonsfasen ville økningen komme på 1,23 %. Her kreves dermed større nøyaktighet i mengde- og utslippsdata.

Elektrisitetsforbruk

Resultatene viser at elektrisitetsforbruket i driftsfasen utgjør en stor andel av de totale utslippene. 10 % økning i elektrisitetsforbruk gir en økning på 4,29 % for totalutslippene, og rimelig høy grad av nøyaktighet kreves dermed for elektrisitetsforbruket i driftsfasen (som omfatter belysning, vifter og pumper i tunnelen samt belysning langs hele det resterende vegstrekket).

Rekkverk

Rekkverk har ev viss betydning i totalresultatene (rekkverk utgjør hovedparten av konstruksjonsstål forbrukt i veg i dagen), i og med at stål er et utslippsintensivt materiale. En økning i mengde rekkverk på 10 % gir 0,80 % økning i totalresultatene. Rimelig nøyaktighet påkreves.

Dieselforbruk

Dette er knyttet til bruk av maskineri i konstruksjonsfasen, og mengder er svært usikre her. Anslagene gjort i denne analysen gir små bidrag til totale utslipp, og følsomhetsanalysen viser at 10 % økning av dieselforbruket gir en økning på 0,51 % i totalresultatet. Det er dermed ingen krav til høy nøyaktighet her.

Sprengning

10 % økning i bruk av sprengstoff fører til 0,42 % økning i totale utslipp. Høy nøyaktighet er ikke påkrevd.

Trafikk

Trafikk gjennom levetiden på vegprosjektet er allerede beregnget i EFFEKT. Resultatene er testet for følsomhet for endringer her, og en økning på 10 % gir 0,86 % økning i totale utslipp.

Betong

I denne analysen, hvor andelen bruer og tunneler/tunnelportaler er ganske høy i forhold til vegstrekningen, utgjør betongforbruket en relativt høy andel av det totale resultatet. 10 % økning i betongmengden gir 0,63 % økning i totale utslipp. Dette i tillegg til at betongforbruket er relativt høyt i akkurat dette prosjektet indikerer at høy nøyaktighet ikke påkreves her.

Armering

10 % økning i mengden armering gir 0,19 % økning i totale resultater. Samme konklusjon som for betong.

Asfaltert grus

En økning på 10 % her gir 0,25 % økning i totale utslipp. Høy nøyaktighet er ikke påkrevd Materialene sprengstein, asfaltmembran og PE-skum er ikke tatt med i følsomhetsanalysen, da hver av disse bidrar til mindre enn 1 % av de totale utslippene.

Konklusjon

De parametrene som bidrar mest til utslippene i byggefasen er asfalt, asfaltert grus, betong, stål, armering, sprengning, transportarbeid og dieselforbruk i anleggsmaskineri. I driftsfasen er elektrisitet, asfalt og trafikkendringen de viktigste parametrene.

Elektrisitetsforbruk i driftsfasen dominerer utslippene. Dersom annen elektrisitetsmiks benyttes i analysen vil dette kunne påvirke resultatene i stor grad.

Denne analysen er ikke komplett i forhold til hvordan en analyse integrert i EFFEKT skal være når metodikken er ferdig utviklet. Det er ikke fullt ut sammenlignet med 0-alternativet. Her er det kun endring i trafikk som er beregnet i forhold til 0-alternativet. Dette er på grunn av mangel på data for 0-alternativet. Det vil være naturlig også å beregne differanse for eventuelle driftsrelaterte utslipp for vegprosjektet og det relevante 0-alternativet. I tillegg skal også energiforbruk med i beregningene i EFFEKT i tillegg til klimagassutslippene.

5 Konklusjon

Ved utarbeiding av metode for klimagassbudsjett for investeringsprosjekter er det nødvendig å sette visse forutsetninger og foreta en rekke avgrensinger. Slike valg kan ha stor innvirking på resultatene fra analysene som utføres basert på metoden. Arbeidsgruppens valg av metode som skal ligge til grunn for utarbeidelse av klimagassbudsjett for prosjektene i NTP 2014-2023, er i stor grad basert på det allerede utførte arbeidet i SVV og Jernbaneverket.

I arbeidsgruppens mandat ble det lagt til grunn at det skulle utarbeides en metode for utarbeidelse av klimagassbudsjett for bygging, drift og vedlikehold av *ny* infrastruktur som inngår i NTP 2014-2023 og/eller som finansieres over statsbudsjettet. Utover det har arbeidsgruppen satt en del forutsetninger og avgrensninger, slik at metoden kan tilpasses eksisterende behov og praksis i transportetatene og Avinor, men også for å muliggjøre sammenligning på tvers av etatsgrenser. Forutsetningene og avgrensningene som arbeidsgruppen mener vil gi mest utslag på resultatet i klimabudsjetteringen er relatert til:

- Etatsspesifikke tilpasninger i forhold til systemavgrensning for infrastruktur. Gruppen anbefaler at bare infrastrukturen som skal til for framføring av transport skal legges til grunn for beregningene.
- Beregningsperiode for klimagassbudsjett for prosjekter i NTP 2014-2023, må avklares med Samferdselsdepartementet. Levetid for enkeltkomponenter skal baseres på erfaringstall fra den enkelte sektor.
- Elektrisitetsmiks til bruk i klimagassbudsjettberegningene for prosjekter i NTP 2014-2023, må avklares med Samferdselsdepartementet
- Nasjonale og globale utslipp skal beregnes så langt det er mulig. Det vil si at utslipp fra produksjonen av innsatsfaktorer i utlandet skal inkluderes så langt det er mulig, men at det også skal være mulig å skille ut utslippene som vil bli belastet Norges utslippsregnskap.
- Arbeidsgruppen foreslår at klimagassbudsjettet baserer seg på utslippsfaktorer hentet fra databasen fra EcoInvent, og knyttes opp til prosjektspesifikke innsatsfaktorer basert på erfaringstall fra sektorene.

Arbeidsgruppens oppgave har vært å utarbeide en felles metode for beregning av klimagassbudsjett. Metoden skal benyttes i arbeidet med planfasen til NTP 2014-2023. Arbeidsgruppen vil anbefale at metoden testes på enkelte prosjekter i inneværende NTP, slik at man kan vurdere om de foreslåtte forutsetninger og avgrensninger er hensiktsmessige før metoden benyttes på alle nye prosjekter i NTP 2014-2023. De avklaringer arbeidsgruppen har bedt om, bør avklares i R2, slik at arbeidet med klimagassbudsjett kan videreføres. Videre er det viktig at Samferdselsdepartementet koordinerer arbeidet med kvalitetssikring av metoden mot de andre sektorene, som også har krav til utarbeidelse av klimagassbudsjett, før den tas i bruk.

6 Vedlegg

6.1 Vedlegg 1 Arbeidsgruppens mandat

Nasjonal transportplan 2014 - 2023 - utkast til mandat

Metode for beregning av klimagassutslipp fra nye transportprosjekter

Formål og oppdrag

Gjennom klimaforliket har Stortinget bedt om at det utarbeides klimagassbudsjett for alle større samferdselsprosjekt. I NTP 2010-2019 er det oppgitt noen utslippsberegninger for utslipp og pekt på at det arbeides med å utvikle bedre metodeverktøy. (Jf sitater i avsnitt 9)

Vegdirektoratet, Jernbaneverket, Kystverket og Avinor er enige om å etablere en samarbeidsgruppe for å utvikle en felles metode for beregning av klimagassbudsjett ved bygging, drift og vedlikehold av ny transportinfrastruktur. Etatene skal gi hverandre innsyn i arbeide den enkelte etat utfører innenfor dette området. Dette skal sikre at metoden resulterer i sammenlignbare data mellom prosjekter og transportformer.

I neste NTP 2014- 2023 skal det redegjøres for endring i klimagassutslipp som følge av store investeringsprosjekter innen samferdsel. I forbindelse med statsbudsjettet er det også behov for årlige rapporteringer. Det skal også vurderes hvordan etatene og Avinor skal etablere klimagassbudsjett for prosjektene i inneværende NTP.

Gruppen skal i tillegg vurdere følgende problemstillinger.

- Kan klimagassutslipp for prosjekter som er aktuelle for bygging i inneværende planperiode beregnes?
- Skal metoden også gi grunnlag for å beregne bidrag til nasjonale utslipp?
- Hvordan skal prosjektgruppens arbeid koordineres med Miljøverndepartementets arbeid med ny klimamelding, forventet ferdigstilt våren 2011.

Krav til metode

Metoden arbeidsgruppen utarbeider skal være lik så langt det er nødvendig slik at resultatene av beregningene skal være sammenlignbare mellom transportformer og prosjekter. Utvikling av metodikk for klima- og miljøanalyser må skje i samråd med miljødirektoratene.

Metoden skal omfatte både byggefasen og driftsfasen til et prosjekt og videreføres i etatsvise beregningsverktøy/beregningsmoduler.

Beregningsresultatene skal kunne brukes for å finne endring i globale (totale) klimagassutslipp som følge av ny infrastruktur.

Som grunnlagsmateriale for beregningene skal etatene bruke samme klimadatabase

Avgrensninger og produkt

a) Det vil bli utarbeidet en felles metode, ikke verktøy

b) Det vil ikke bli utarbeidet metodikk for beregning av overføring av trafikk mellom transportformer

c) Eksisterende infrastruktur omfattes ikke

Samarbeidsgruppa for beregning av klimagassutslipp skal gjennom arbeidet med metodutviklingen og deretter verktøyutvikling sørge for at arbeidet blir koordinert, og at dette, så langt det er mulig, bygger på samme forutsetninger og beregningsprinsipper. Gruppa skal levere en rapport med beskrivelse av forutsetninger og beregningsprinsipper felles for etatene og med påpeking av eventuelle etatsspesifikke tilpasninger i metoder og verktøy. Rapporten vil ha et oppsummerende kapittel som i utgangspunktet ikke vil overstige 5 sider inkludert sammenfattende konklusjoner. Konklusjonene må utformes slik at de gir veiledning til arbeidet i planfasen.

Organisering og sammensetning

Innenfor godkjent mandat og prosjektplan, har prosjektleder delegert myndighet. Programstyret/sekretariatet skal involveres i valg og dilemmaer som ikke fremsto klart da rammene for oppdraget ble avtalt.

Håvard Kjerkol fra Jernbaneverket er prosjektleder for klimagassbudsjettgruppen. Forventet ressursinnsats er om lag 6 uker

Prosjektets deltagere og forventet ressursinnsats:

- Kjell Ottar Sandvik, Statens vegvesen 4 ukeverk
- Liv Kristine Hammer, Jernbaneverket 4 ukeverk
- Rolf Jørn Fjærbu, Kystverket 4 ukeverk
- Olav Mosvold Larsen, Avinor 4 ukeverk

Behov for ekstern bistand:

En prosjektsekretær leies inn for å bistå med nødvendig samordning. Det er anslått en kostnad med en økonomisk ramme på inntil kr 200.000 til prosjektsekretær.

Samhandling med andre aktører

Å etablere bredt eierskap og felles forståelse for rammebetingelser, grunnlagsmateriale og faglige utfordringer samt å ha en mest mulig omforent oppfatning av trender og utviklingstrekk er en viktig del av utredningsfasen. Oppnåelse av nasjonale mål krever felles satsing fra alle aktører innenfor samferdselssektoren. Kontakt med miljødirektoratene og referansegruppen er vesentlig for oppgaveløsningen i dette prosjektet. Mellom milepæl 2 og milepæl 4 må miljødirektoratene og referansegruppen involveres. Dette administreres av NTP-sekretariatet, men med klimagassbudsjettgruppen som ansvarlig for det faglige innholdet i møtene.

Samhandling med øvrige NTP-prosjekter

Det vil være jevnlig kontakt mellom de tverretatlige prosjektene og programstyret/sektretariatet. I løpet av våren og høsten vil det bli invitert til 2 stormøter hvor alle deltagere møter hverandre. Det er vesentlig at hver av de tverretatlige prosjektlederne tar kontakt med sekretariatet for avklaringer underveis og ved behov. Prosjektlederne må også holde innbyrdes kontakt når oppgavene tilgrenser andre prosjekter. Det vises her til jevnlige prosjektledermøter som programstyret inviterer til. Aktuelle tema for prosjektledermøter er status, koordinering, behov samt aktuelle leveranser.

Budsjett og anskaffelser

Jernbaneverket som har ledelsen for prosjektet, er ansvarlig for å håndtere anskaffelser og har hovedansvar for budsjettoppfølging. Det vises til samarbeidsavtalen for ytterligere utdyping.

Teknisk gjennomgang

Programstyret tar sikte på å gjennomføre en såkalt teknisk gjennomgang av Beregning av klimagassutslipp prosjektets mål, mandat og arbeidsopplegg i juni. Dette som en støtte og kvalitetssikring av arbeidsopplegget.

Framdriftsplan og milepæler

16. februar 2010 – Retningslinje 1 foreligger

- 17. februar – kick-off for NTP 2014-2023
- mars - frist for prosjektgruppene for å levere sitt forslag til mandat
- 11. mars – prosjektlederforum
- 17. mars - styringsgruppemøte (SG)

Milepæl 1 26. mars – godkjent mandat

- 31. mars - frist for prosjektgruppene for å levere behov for eksterne ressurser og utredningsmidler
- 12. april – prosjektlederforum
- mai - alle prosjektgruppene leverer forslag til prosjektplan.
- mai - kontaktforum/styringsgruppemøte

Milepæl 2 31. mai – godkjent prosjektplan

- Juni - teknisk gjennomgang
- 14. juni – stormøte/prosjektlederforum

Milepæl 3 Evt. korrigeringer i prosjektplan etter teknisk gjennomgang

- 23. august – prosjektlederforum
- Uke 35/36 – styringsgruppemøte
- 10. september – utkast til rapport fra prosjektgruppene for perspektivanalyse og målstruktur
- 16. september – prosjektlederforum
- 21. og 22. september – work-shop og stormøte. Gjennomgang av perspektiver, følsomhet og mulige scenarioer/utviklingsbaner samt kvaliteter transportsystemet bør ha. Målstrukturens betydning/innflytelse for den langsiktige utviklingen.
- oktober – prosjektrapport fra perspektivanalyse og målstruktur presenteres for kontaktforum og styringsgruppen
- 11. oktober – prosjektlederforum
- 29. oktober – prosjektlederforum
- november - Del I av bestilling av strategisk studie for infrastrukturbehov i nord presenteres for kontaktforum og styringsgruppen.

- november – utkast til rapport fra klima og miljø, klimagassutslipp, klimatilpasning, personknutepunkt, godsknutepunkt, byområdene, regional utvikling, kapasitetsutfordringer i Osloområdet, transportanalyse og metode
- 12. november – prosjektlederforum
- 19. november – øvrige prosjektrapporter presenteres for kontaktforum og styringsgruppen

Milepæl 4 **19. november – prosjektrapport** offentliggjøres

- 25. november – prosjektlederforum

Milepæl 5 **28. januar 2011 – Avslutning fase 1**,

Etatene og Avinor leverer rapport fra utredningsfasen til Samferdselsdepartementet og Fiskeri- og kystdepartementet

Annen vesentlig informasjon

Innst. S. nr. 145 – 2007-2008 , Norsk klimapolitikk, 14.2.2008 (s 191)

Flertallet er enig om at Regjeringen skal sette i gang arbeid for å utvikle gode verktøy som vurderer klimaeffekter av ulike tiltak. I forbindelse med rulleringen av Nasjonal transportplan 2010-2019 skal det så langt det er mulig foreligge et karbonbudsjett knyttet opp til alle større prosjekter som synliggjør effektene prosjektene og planen som helhet vil ha på de nasjonale klimagassutslippene.

St.meld. nr. 16 (2008-2009) Nasjonal transportplan 2010-2019 (kap 12.1.1)

I klimaforliket ble det enighet om at det i Nasjonal transportplan så langt det er mulig, skal foreligge et karbonbudsjett knyttet opp til alle større prosjekt, som synliggjør effektene prosjektene og planen som helhet vil ha på de nasjonale klimagassutslippene. Endringer i utslipp som følge av større vegprosjekter er presentert i kapittel 10. Statens vegvesen har dessuten, på oppdrag fra Samferdselsdepartementet, satt i gang et arbeid for å utvikle et bedre metodeverktøy for å beregne de samlede effektene på klimagassutslipp som kan forventes ved etablering av ny infrastruktur og vedlikehold av eksisterende infrastruktur. Beregningsmodellene skal inkludere utslipp fra vegbygging, og eventuelt også fra vedlikehold og drift av vegene. Tilsvarende verktøy skal utvikles for jernbane- og luftfartssektoren, og for transportsektorene samlet.

Regjeringen er opptatt at man i utviklingen av metodeverktøy for sektoren legger vekt på å i større grad fange opp effektene av langsiktige strukturelle endringer. Også politisk legger regjeringen vekt på å prioritere hensynet til å få til en gradvis omlegging av transportsystemet i mer miljø- og klimavennlig retning, selv om dette på kort sikt og med dagens karbonpriser ikke er "lønnsomt". Beregningene av samfunnsøkonomisk lønnsomhet må ta hensyn til at forventet pris på klimagassutslipp ("karbonprisen") vil øke over tid, og at en økt karbonpris også vil føre til økte energipriser. Slike prisøkninger vil isolert sett øke den relative lønnsomheten av energieffektive samferdselsinvesteringer, f.eks. i form av jernbaneinvesteringer i sentrale strøk. Regjeringen har nedsatt et ekspertutvalg som arbeider med en NOU om klima- og bærekraftshensyn i offentlige beslutninger der blant annet disse hensynene vil bli belyst. Det tas sikte på at utvalgets rapport legges fram i juni.

6.2 Vedlegg 2 Litteraturgjennomgang utarbeidet av JBV

Her presenteres den mest relevante litteraturen som ligger til grunn for valg av fremgangsmåte og metode for å utføre en livsløpsvurdering og utarbeide et miljøbudsjett for utbygging av jernbaneinfrastruktur. Litteraturgjennomgangen er utarbeidet av JBV.

Miljödeklarerad infrastruktur – Metodutveckling för miljödedöming av infrastruktursystem, 2003

Av Uppenberg, Stripple, Ribbenhed / IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Rapporten gjengir metodeutvikling for å miljødeklarere infrastruktur for henholdsvis tog og fly, for å kunne gjøre sammenligninger av ulike transportinfrastrukturløsninger, og identifiserer de viktigste miljøkonsekvensene for ulike deler av infrastrukturen. Mye av datagrunnlaget for jernbaneinfrastrukturen er hentet fra Botniabanan, mens flyplassinfrastrukturen er basert på en gjennomsnittlig svensk flyplass.

Forslag til modell for miljødeklarasjon av jernbaneinfrastruktur omfatter produksjon, drift og vedlikehold av hele infrastruktursystemet. Systemets levetid er satt til 60 år. Produksjon, drift og vedlikehold av transportmidler er ikke med i beregningsgrunnlaget. Det er sett på de enkelte komponenters bidrag til klimagassutslipp, gjengroing, forsuring, bakkenær ozon og ozonnedbryting, i tillegg til forbruk av ikke-fornybar og fornybar energi og andre ressurser, samt utslipp av farlig avfall og annet avfall.

Basert på livsløpsvurderinger er det beregnet miljønøkkeltall som beskriver konsekvenser av infrastrukturtiltaket som helhet, sett i forhold til tiltakets nytteverdi. Dette nøkkeltallet kan til en viss grad brukes for sammenligne tiltaket med andre infrastrukturtiltak. Det er f eks beregnet at bygging av Botniabanan gir et klimagassutslipp på *0,013 kg* CO_2 pr transportkilometer for transport av *én person* eller *ett tonn gods* når trafikkprognosene og en levetid på 60 år legges til grunn.

Videre er det beregnet miljønøkkeltall som viser utslippsbidraget fra de enkelte elementer som inngår i infrastrukturen. Disse nøkkeltallene, som viser hvor forbedringspotensialet i forhold til utslipp er størst, kan brukes ved planlegging av ny infrastruktur. Produksjon av stålkomponenter og sement gir de største bidragene til samlet klimagassutslipp, i tillegg til redusert binding av CO_2 som følge av avskoging langs traseen. Stål står for 36 % av samlet klimagassutslipp fra bygging av jernbaneinfrastruktur for Botniabanan, avskoging for 28 %, sement for 11 % og anleggsarbeid for 7 %.

Rapporten inneholder en omfattende produktdeklarasjon for jernbaneinfrastruktur.

Energi- og miljøkonsekvenser av moderne transportsystemer. Effekter ved bygging av høyhastighetsbaner i Norge, 2008

Av H Schlaupitz / Norges Naturvernforbund

Rapporten tar for seg en studie av energiforbruk og klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv for høyhastighetstog, biltransport og flytransport for mellomdistanse og langdistansetrafikk.

Analysen dekker bygging, drift og vedlikehold av infrastruktur, transportarbeid, samt produksjon og vedlikehold av transportmidler. Beregningene er gjort for en tenkt trasé mellom Gardermoen og Trondheim. Levetid/beregningstid for anlagt infrastruktur er satt til 100 år.

Beregningene er fortrinnsvis gjort for persontransport.

Studien tar for seg fire hovedprosesser:

1. Energibruk i transportmidlene
2. Energibruk og klimagassutslipp fra produksjon og distribusjon av energi til fremføring av transpormidlene
3. Energibruk og klimagassutslipp fra produksjon og vedlikehold av transportmidlene
4. Energibruk og klimagassutslipp fra bygging, drift og vedlikehold av infrastruktur

Ved beregning av energiforbruk og klimagassutslipp er det sett på henholdsvis engangsbelastning som følge av bygging av infrastruktur, tidsavhengig belastning (uavhengig av bruk) og bruksavhengig belastning. Dette gjør det mulig å vurdere energiforbruk og utslipp sett i forhold til utnyttelsesgrad.

Utredningen har følgende hovedfunn:

Bygging av dobbeltsporet høyhastighetsbane fører til et samlet klimagassutslipp på 4100 tonn CO_2-ekvivalenter pr km bane, eller 49 tonn pr km pr år over en 100års periode. I tillegg kommer bruksavhengig slitasje. Bygging av enkeltspor med krysningsfelt vil kunne redusere samlet utslipp med ca 25 %. I driftsfasen er forskjellen mellom enkeltspor og dobbeltspor enda mindre.

For anleggsfasen gir bygging av dobbeltsporet høyhastighetsbane noe høyere samlet klimagassutslipp i forhold til bygging av 4-felts motorvei, mens høyhastighetsbane kommer gunstigst ut dersom driftsfasen inkluderes i beregningene.

Regnet om til klimagassbelastning pr personkilometer vil dobbeltsporet høyhastighetsbane ha et utslipp mellom 0,017 og 0,027 CO_2-ekvivalenter, 4-feltsvei vil ha et utslipp mellom 0,066 og 0,079 kg CO_2-evivalenter, mens flytransport vil ha utslipp mellom 0,146 og 1,90 CO_2-ekvivalenter. Variasjonene gjelder henholdsvis langdistanse- og mellomdistansetransport. Beregnet klimagassbelastning gjelder samlet utslipp for alle fire hovedprosesser.

Beregningene er gjort for en tenkt transportkorridor med en estimert andel tunneler og bruer.

Rapporten inneholder ellers omfattende bakgrunnsinformasjon som kan benyttes ved vurdering av klimagasskonsekvenser ved bygging, drift og vedlikehold av samferdselsinfrastruktur (basert på klimadata fra GEMIS-databasen), samt en fyldig referanseliste.

Product category rules (PCR) for preparing an environmental product declaration (EPD) for Rail Transport and Railway infrastructure, 2009

Av Uppenberg / Swedish Environmental Management Council

Beskriver fremgangsmåte for å gjennomføre en livsløpsvurdering (LCA) andre miljømessige analyser som grunnlag for utarbeide en miljødeklarasjon for et jernbaneprosjekt hvor det tas hensyn til miljøkonsekvenser fra både infrastruktur og transport. Metodeutviklingen er basert på ISO 14025 og ISO 14040, og er basert på erfaringer fra bygging av Botniabanan i Sverige. Dokumentet gir forslag til systemavgrensninger ved gjennomføring av miljøanalyser som legges til grunn for miljødeklareringen. Metoden er utviklet for å vurdere persontransport eller godstransport, en kombinasjon av begge transportformer, samt miljøbelastning fra tog og infrastruktur. Basert på forslag til metode kan det etableres miljødata for å sammenligne ulike systemløsninger for en jernbanestrekning, samt sammenligne med andre transportløsninger for samme strekning/transportkorridor. Metoden kan også brukes for å vurdere og minimalisere miljøbelastningen for forskjellige materialer som benyttes i infrastrukturen (feks for å vurdere ulike typer stål ved bygging av skinner).

Rapporten lister opp mulige kilder for å innhente generiske miljødata for ulike infrastrukturelementer, blant annet Ecoinvent-databasen.

Forslag til metode for utarbeidelse til miljøbudsjett for Follobanen er i stor grad basert på dette dokumentet.

Ecology profile of the German High-speed Rail passenger Transport System, ICE, 2003

Av Rozycki, Koeser, Schwarz / Martin-Luther-University

Forskningsrapport som beskriver energiforbruk, ressursforbruk og klimagassutslipp i driftsfase for ICE-tog, samt bygging og drifting av infrastruktur og bygninger. Beregningene er basert på ekspertuttalelser, produsentdata, litteraturstudier. Høyhastighetsruten Hanover-Wuerzburg er brukt som beregningsgrunnlag. Energiforbruk, ressursforbruk og klimagassutslipp er beregnet pr 100 personkilometer.

I motsetning til hva de finner i annen litteratur, mener forfatterne med at infrastrukturen *ikke* utgjør det største ressursforbruket i et jernbanesystem. For referansestrekningen utgjør infrastrukturen kun 13 % av

samlet energiforbruk. Transportfasen dominerer forbruket i livsløpet. For selve infrastrukturen er det bygging av tunneler og bruer, samt oppvarming av sporvekslere vinterstid som utgjør det største energiforbruket. I transportfasen bidrar dessuten tunneler til å redusere hastigheten, og øke energiforbruket grunnet aerodynamiske effekter.

Forfatterne konkluderer med at tiltak for å redusere energiforbruket i transportfasen vil gi størst effekt for å redusere samlet energiforbruk for et jernbanesystem.

Papporten inneholder oversiktlige tabeller med referanseverdier som kan benyttes for lignende analyser.

Life-Cycle Considerations for Environmental Management of the Swedish Railway Infrastructure, 2006

Av Niclas Svensson (PhD thesis Environmental Technology and Management, Department of Mechanical Engineering, Linköpings Universitet, Sweden)

Dr.grads-avhandling som blant annet ser på en fremgangsmetode for å bestemme miljømessige konsekvenser av materialbruk ved bygging av jernbaneinfrastruktur i Sverige som ledd i et større miljøstyringssystem.

Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for veiprosjekter, 2009

Vegdirektoratet, Statens Vegvesen

Kartlegging av eksisterende metodebruk for beregning av klimagassutslipp og energiforbruk for veginfrastrukturprosjekter. Rapporten inneholder referanser til relevant litteratur, samt gir status for Statens Vegvesens innfallsvinkel til problemstillingen. Viktig innspill til Transportetatenes felles arbeide for utvikling av metodeverktøy, ref NTP 2010-1019.

Norsk Standard, NS-EN ISO 14040:2006 Miljøstyring Livsløpsvurdering, 2006.

Beskriver prinsipper og rammeverk for livsløpsvurderinger (LCA), inkludert fastsettelse av hensikt og omfang for vurderingen, ulike faser i vurderingen, tolkningsfase, rapportering, systemavgrensninger, og vilkår for bruk av verdivalg og valgfrie elementer. Beskriver ikke metoder og anvendelse av resultater.

Norsk Standard, NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring Livsløpsvurdering Krav og retningslinjer, 2006.

Beskriver hvordan en livsløpsvurdering (LCA) skal gjennomføres. Standarden benyttes i samband med EN ISO 14040.

6.3 Vedlegg 3 Litteraturgjennomgang utarbeidet av Vegdirektoratet

Tidligere nordiske livsløpsstudier på veger er gjenomgått og presenteres her.

Miljøsammenligning av bro, tunnel og ferge

Statens vegvesen; Bruavdelingen og Det Norske Veritas, 2000

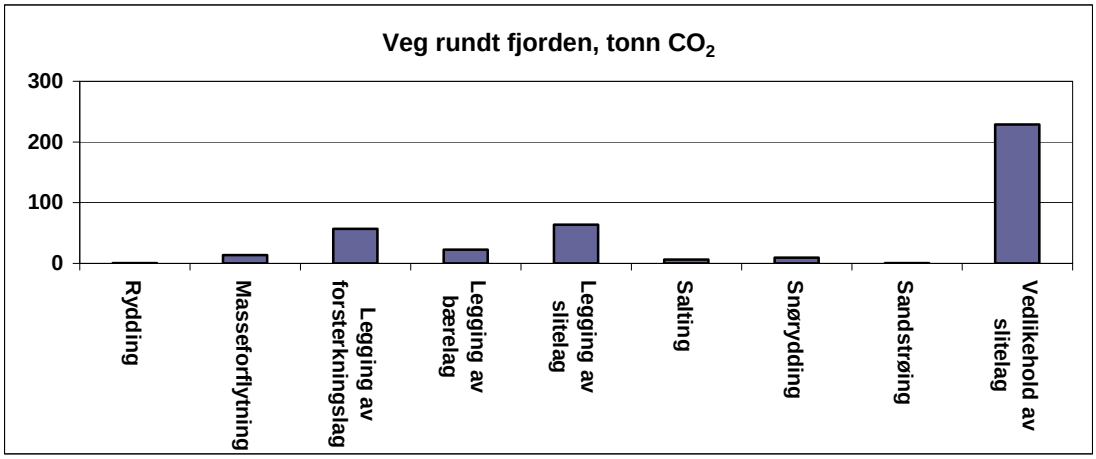
Miljøsammenligning av bro, tunnel og ferge er tre alternative krysninger av en fjord, samt kjøring rundt fjorden, sammenlignet når det gjelder miljøbelastning. Funksjonell enhet er *Fjordkrysning for en års-døgnstrafikk på 3000 enheter i 25 år*. Alle alternativene har samme start- og stoppsted (ved tunnelåpningene, et strekk på 3,2 km), slik at for alternativet *Bro* og *Ferge* vil noe veg på hver side være inkludert. *Veg rundt fjorden* er også analysert med denne avstanden, og man kan sammenligne denne løsningen ved å multiplisere opp til faktisk lengde rundt en bestemt fjord. Utslipp relatert til material- og energibruk i byggefasen er inkludert i forhold til levetid og analyseperiode. Det vil si at for bro er utslippene knyttet til byggefasen dividert med 100 som er levetiden for bro, og så multiplisert med 25 som er analyseperioden. Levetider for de ulike elementene; veglenke 50 år, bro og tunnel 100 år og ferge 40 år. Trafikken i bruksfasen er inkludert, og denne dominerer resultatene i stor grad. Trafikk-resultatene er utelatt her, for å synliggjøre miljøeffekten til konstruksjonene. Studien har benyttet ren vannkraft for elektrisitetsproduksjon, og ingen utslipp er knyttet til elektrisitetsforbruket.

Totale CO_2-utslipp for de ulike alternativene i tonn:

	ekskl. trafikk	inkl. trafikk
Veg rundt fjorden:	403,2	18 703,2
Tunnel:	816,4	30 716,4
Ferge:	1 688,3	50 988,6 (drivstoff ferge inkl. her)
Bru:	3 844,9	23 015,8

Veg rundt fjorden

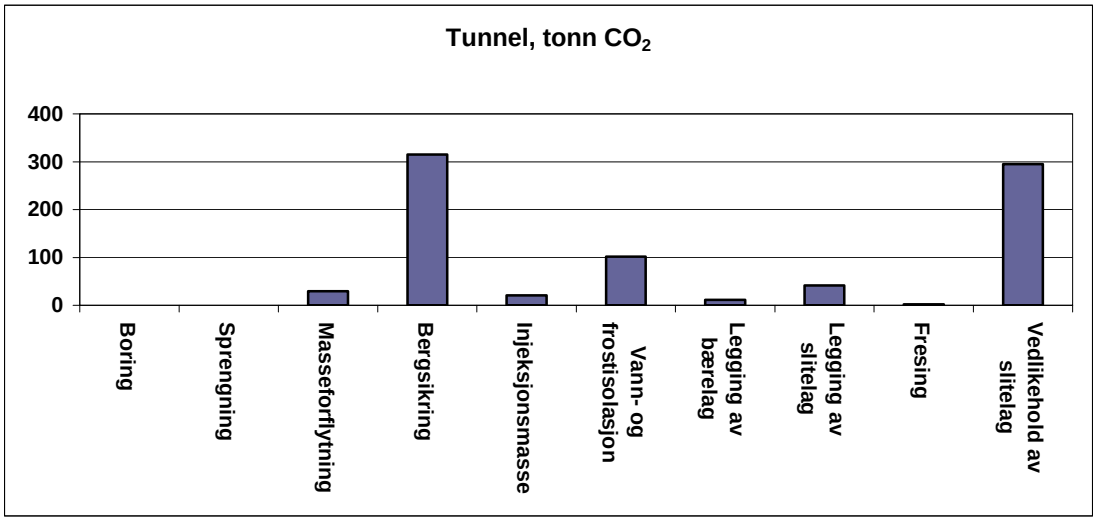
Resultatene for alternativet *veg rundt fjorden* viser at størstedelen av utslippene er relatert til slitelaget (legging og vedlikehold av slitelag representerer 72,6 % av utslippene). Legging av forsterkningslag representerer 13,7 % av utslippene, legging av bærelag 5,6 % og masseforflytning 3,4 %. Resterende parametre bidrar i svært liten grad (under 2 %).



Figur 1: CO_2-utslipp for alternativet Veg rundt fjorden

Tunnel

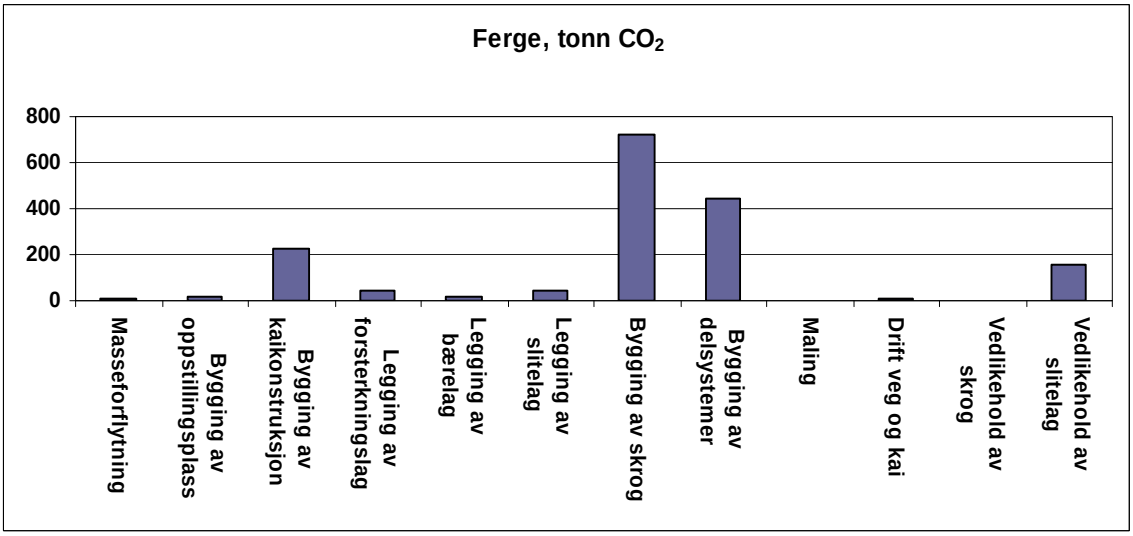
Legging og vedlikehold av slitelag bidrar med 41,2 % av utslippene. Bergsikring bidrar med 38,6 % (inkluderer 60 tonn stålbolter og 2 000 tonn betong per km tunnel). Vann- og frostisolasjon bidrar med 12,5 % og masseforflytning med 3,6 % (masseforflytningen er antatt en distanse på 2 km). De resterende parametrene bidrar med 2,5 % eller mindre hver. Boring og sprengning bidrar ikke til CO_2-utslipp.



Figur 2: CO_2-utslipp for alternativet Tunnel

Ferge

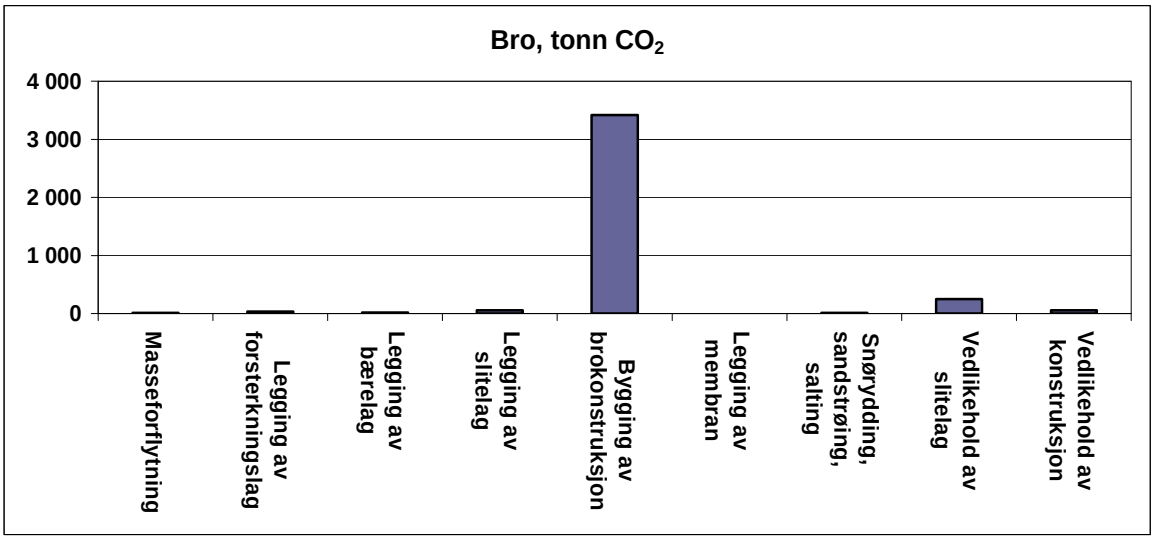
Bygging av skrog og delsystemer bidrar med henholdsvis med 42,9 % og 26,1 % av de totale utslippene. Bygging av kaikonstruksjon bidrar med 13,3 %. Legging og vedlikehold av slitelag bidrar med 2,6 % og 9,32 %. De resterende parametrene bidrar med 2 % eller mindre hver til totalen.



Figur 3: CO_2-utslipp for alternativet Ferge

Bru

Bygging av brukonstruksjonen bidrar med 95 % av totalutslippene. Vedlikehold av slitelaget bidrar med 2,9 %. Resten bidrar med 1,5 % eller mindre.



Figur 4: CO_2-utslipp for alternativet Bru

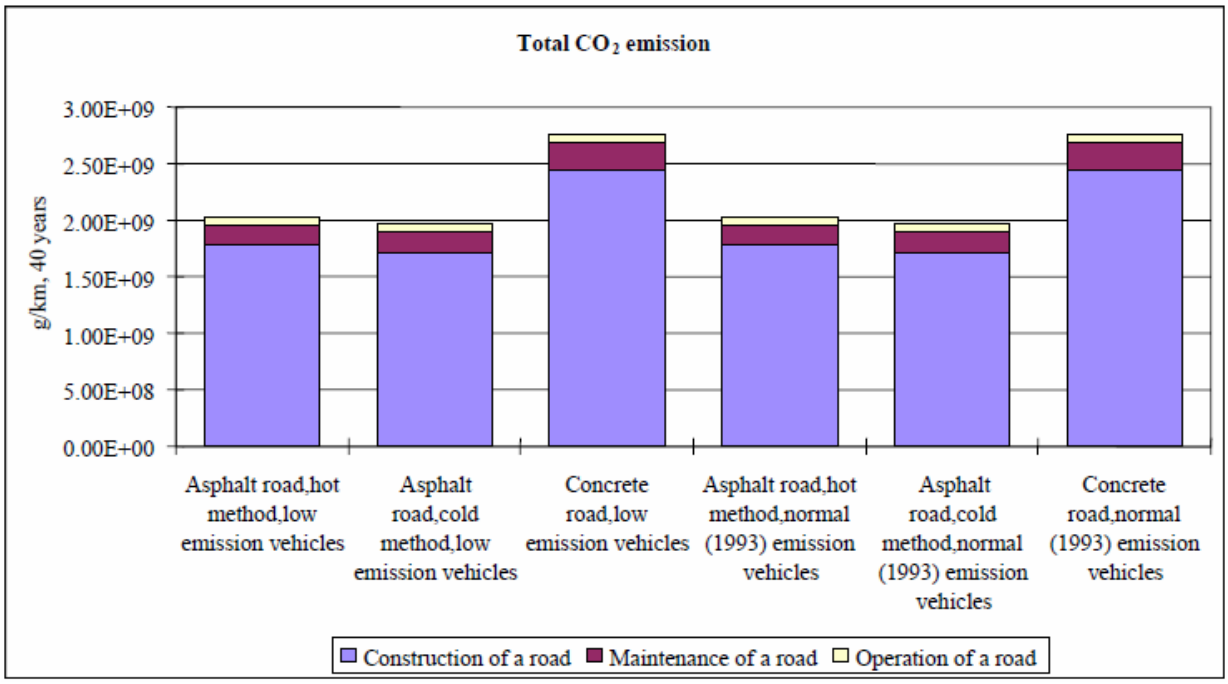
Livsløpsanalyse av veg

Life Cycle Assessment of Road. A Pilot Study for Inventory Analysis

Håkan Stripple, Sweden Environmental Research institute, 2001

Denne studien sammenligner 3 alternative vegdekker; betong, varmprodusert asfalt og kaldprodusert asfalt. Levetiden for vegstrekket på 1 km med 13 meters bredde er satt til 40 år. Studien omfatter byggefasen og drift og vedlikehold gjennom levetiden. Det er i tillegg sett på 2 alternativer for dieselmotorer i anleggsmaskineriet for alle 3 dekkealternativene; konvensjonell dieselmotor og moderne lavutslipps dieselmotor (sistnevnte er antatt å ha halvparten så stort utslipp av NO_x og SO_2 sammenlignet med konvensjonell dieselmotor, CO_2-utslippene er lik for de to motoralternativene). Kun resultater for energibruk og klimagassutslipp knyttet til de ulike dekketypene omtales her.

I konstruksjonsfasen er det høyest energibruk og klimagassutslipp for betongdekket. Kaldprodusert asfalt har lavest energibruk og klimagassutslipp i konstruksjonsfasen. Energibruken i driftsfasen er hovedsakelig knyttet til vegbelysning og trafikkregulering. Resultatene er vist i figur 5, hvor man for eksempel kan se at totale utslipp for varmprodusert asfalt er i overkant av 2 000 tonn CO_2.



Figur 5: CO_2-utslipp for 3 alternative vegdekker, hver med 2 alternativer for dieselmotorer[10]

Rapporten inneholder videre detaljert data på forbruk av materialer og energi i de ulike livsfasene for vegen, samt utslippsparametre for alle parametre som inngår (material- og energibruk).

Energibruk og klimagassutslipp for 1 km veg

Anlæg af 1 km motorvej = 1 030 tons CO_2 og 750 tons råolje – og meget mere

Harpa Birgisdottir, Dansk vejtidsskrift, december 2008

5 scenarioer for 11 km lang og 30,2 m bred vegstrekning (Danmark) er analysert:

1: Asfalt, tradisjonell oppbygning

2: Asfalt, med tynt slitelag (SRS)

3: Asfalt, med sementstabilisert grus som bærelag (CG)

4: Asfalt, med "skærvemakadam"[11] som bærelag (SKM)

5: Betong, med sementstabilisert grus som bærelag (CB)

Byggefasen og drift gjennom en antatt levetid på 100 år er inkludert. Totale utslipp for de 5 scenarioene for veg er gjengitt i tabell 1, her er ikke trafikken inkludert.

Tabell 1: Totale utslipp av CO_2-ekvivalenter for de 5 scenarioene

Rang	Scenarie	CO_2-ekvivalenter
1	2: Asfalt, med tynt slitelag (SRS)	26 909 tonn
2	4: Asfalt, med "skærvemakadam" som bærelag (SKM)	27 666 tonn
3	3: Asfalt, med sementstabilisert grus som bærelag (CG)	28 136 tonn
4	1: Asfalt, tradisjonell oppbygning	29 354 tonn
5	5: Betong, med sementstabilisert grus som bærelag (CB)	37 366 tonn

[10] Figuren er kopiert fra rapporten til Stripple
[11] Kjenner ikke til tilsvarende ord på norsk

For scenario 1, tradisjonell motorveg, oppstår 40 % av drivhusgassutslippene i anleggsfasen og 60 % i driftsfasen (100 år). 55 % av utslippene er relatert til produksjon av asfalt (gjenbruk av 30 % asfalt inkludert). Dersom trafikken på vegen inkluderes (ÅDT 12 000, 15 % tungtrafikk, årlig trafikkvekst 1,5 %), vil 3 år med trafikk på vegen resulterer i utslipp like store som bygging og drift i 100 år.

Energi- og klimagassutslipp ved nye transportsystemer

Energi- og klimakonsekvenser av moderne transportsystemer. Effekter ved bygging av høyhastighetsbaner i Norge.

Holger Schlaupitz, Norges Naturvernforbund, 2008

I dette arbeidet sammenlignes høyhastighetsbaner med personbiltrafikk, ekspressbusstrafikk og flytrafikk. Studien omfatter 4 hovedprosesser:

1. Energibruk i transportmidlene
2. Energiforbruk og klimagassutslipp fra produksjon og distribusjon av energien transportmidlene bruker.
3. Energiforbruk og klimagassutslipp fra bygging, drift og vedlikehold av transportmidlene
4. Energiforbruk og klimagassutslipp fra bygging, drift og vedlikehold av infrastrukturen som transportmidlene bruker.

Kun resultater knyttet til punkt 4 for veger omtales her. Tre vegkategorier er vurdert; tofeltsveg (9,5 m bred), to-/trefeltsveg (gjennomsnittlig 13 m bred) og firefeltsveg (19 m bred). Det er tatt antagelser på andeler av vegdistansen som er bru, tunnel (enkle eller doble løp), miljøtunnel eller har kryssende bruer. Det er videre foretatt antagelser på gjennomsnittlige masseuttak per vegmeter (dagstrekninger og tunneler) og gjennomsnittlig masseforflytningsdistanser.

Tabell 2 gir totale utslipp knyttet til bygging, tapt karbonlagring, drift og vedlikehold gjennom en levetid på 100 år. Resultatet er gitt per meter og år, dvs utslipp relatert til byggingen er delt på 100.

Tabell 2: Totale årlige utslipp av CO_2-ekvivalenter (tonn)

	Tofeltsveg	To-/trefeltsveg	Firefeltsveg
Dagstrekning	15,3	22,1	40,9
Tunnel	75,9	138,0	104,4
Vegbru	81,0	99,7	165,4
Kryssende bru	119,6	142,7	172,9

Driftsrelaterte utslipp er beregnet ut fra 2 definerte driftskategorier; *Drift 2020* og *Drift 2030*. Det er antatt en energieffektivisering på 10 % fra 2020 til 2030. Gjennom levetiden antas *Drift 2020* å representere de 10 første årene og *Drift 2030* de resterende 90 år.

For mer detaljerte resultater henvises det til rapporten.

ETSI – LCA på bruer

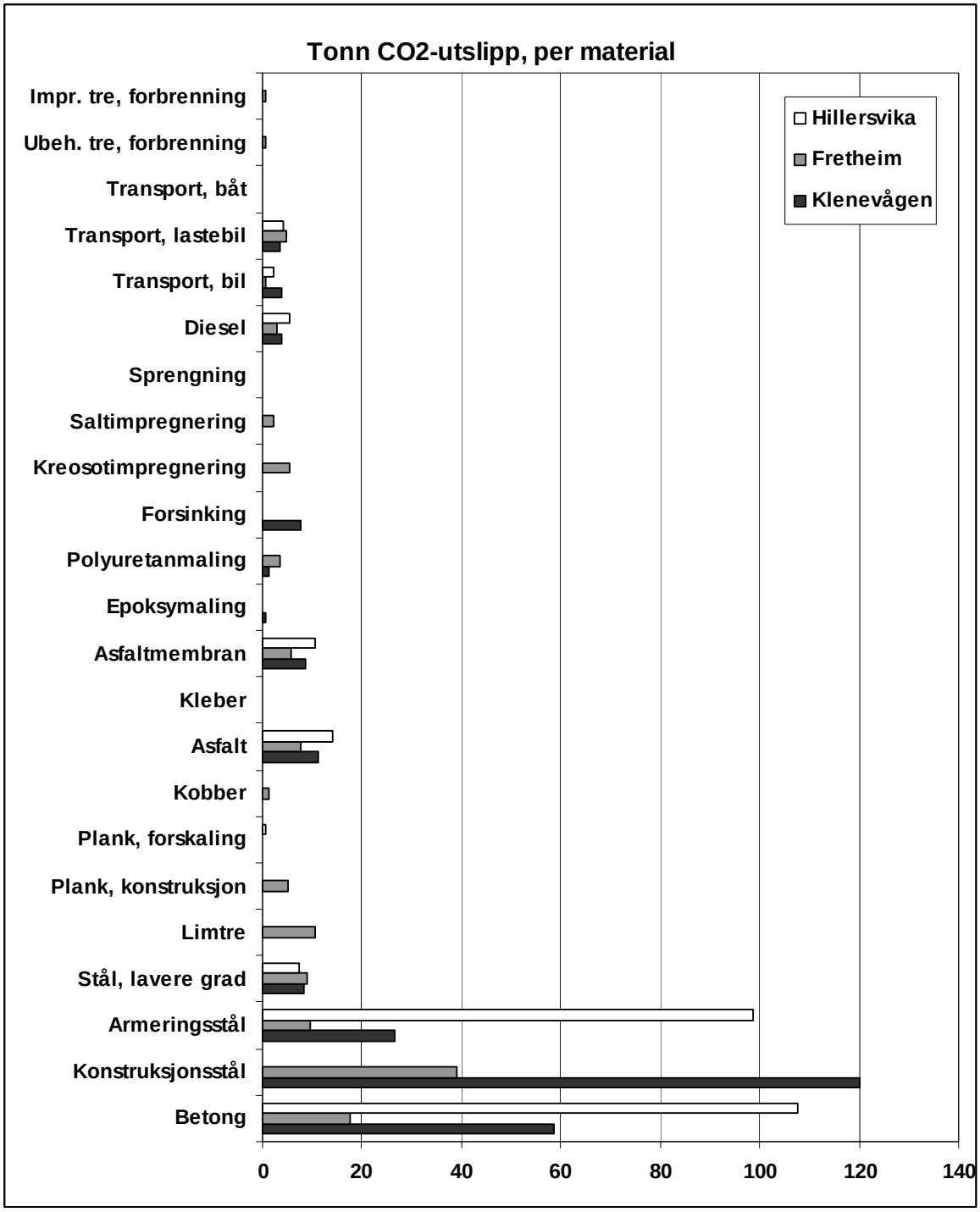
ETSI er et samarbeidsprosjekt mellom vegmyndighetene og noen universiteter i Norge, Sverige og Finland. Prosjektet omhandler utvikling av metodikk til vurdering av bruers bærekraftighet, med hensyn på kostna-

der, miljøpåvirkning og estetikk i et livstidsperspektiv. Den norske gruppa arbeidet med miljøpåvirkninger, og det ble i denne sammenheng foretatt en analyse på tre bruer; Klenevågen (stålkassebru), Fretheim (trebuebru) og Hillersvika (betongkassebru). Byggefasen og drift gjennom hele levetiden på 40 år er inkludert. Tabell 3 viser forbruket av materialer og energi som er inkludert i analysen av de tre bruene.

Tabell 3: Material og energibruk for Klenevågen stålkassebru, Fretheim trebuebru og Hillersvika betongkassebru.

		Klenevågen	Fretheim	Hillersvika
Betong	m3	225	67,5	413
Konstruksjonsstål	ton	67,2	21,9	0
Armeringsstål	ton	28	10	103,4
Stål, lavere grad	ton	7	7,5	6,2
Limtre	m3	0	59,4	0
Plank, konstruksjon	m3	0	56,4	0
Plank, forskaling	m2	130	45	400
Kobber	kg	0	654,1	0
Asfalt	m2	2 329	1570	2877
Kleber	m2	340	0	420
Asfaltmembran	m2	340	229	420
Epoksymaling	m2	820	15	0
Polyuretanmaling	m2	1 805	4 900	0
Forsinking	m2	1 232	0	0
Kreosotimpregnering	m3	0	58,2	0
Saltimpregnering	m3	0	68,3	0
Sprengning	kg	102	0	67,5
Diesel	l	748	551	1 036
Transport, bil	pkm	26 600	3 275	14 580
Transport, lastebil	tkm	13 250	19 535	13 993
Transport, båt	tkm	5 040	0	0
Ubeh. tre, forbrenning	ton	0	56,4	0
Impr. tre, forbrenning	ton	0	59,4	0

Figur 6 viser totale utslipp av CO_2-ekvivalenter for de 3 bruene, per material/prosess. I forhold til klimagassutslipp er de viktigste materialene betong, stål, armering, asfalt, asfaltmembran og limtre. Diesel (forbrent i anleggsmaskineri) bidrar ikke mye til totale klimagassutslipp, det samme gjelder transport av materialer (som her inkluderer transport til brustedet i byggefasen og transport av avfallsmaterialer til sluttbehandling etter riving av brua). Asfalt inkluderer her re-asfaltering av brua hvert 10. år, med 65 % av opprinnelig lagt mengde og bidrar derfor merkbart til de totale utslippene. Asfaltmembran benyttes i svært små mengder (26 kg/m^2, tykkelse 12 mm) men bidrar likevel merkbart til utslippene.



Figur 6: Utslipp av CO_2-ekvivalenter per materiale for hver bru

Totale klimagassutslipp for de 3 bruene per m^2 effektive bruoverflate er 770 kg for Klenevågen, 540 kg for Fretheim og 590 kg for Hillersvika.

KYSTVERKET

Statens vegvesen

Jernbaneverket

AVINOR

Sekretariatet for nasjonal transportplan 2014-2023
Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
0033 Oslo
Telefon 02030
Telefaks 22 64 45 46

ISBN: 978-82-7704-128-5

grafisk.senter@vegvesen.no - 1355-10 - trykk: hustrykkeriet i vegdirektoratet - forsidefoto: Colourbox.com