



VESTFOLDBANEN (DRAMMEN) – LARVIK

Nykirke – Barkåker

Fagrapport klimabudsjett

- Akseptert
 Akseptert m/kommentarer
 Ikke akseptert / kommentert
Revider og send inn på nytt
 Kun for informasjon

Sign:

02B	Oversendelse til førstegangsbehandling	14.02.2018	EGR	SSN	SSN
01B	Oppdatert etter innspill fra Bane NOR	17.01.2018	HB	EGR	SSN
00B	Høringsutgave	20.10.2017	HB	SSN	SSN
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: VESTFOLDBANEN (DRAMMEN) – LARVIK NYKIRKE - BARKÅKER Fagrapport klimabudsjett		Sider: 27	Produisert av: 		
		Prod.dok.nr.:		Rev:	
		Erstatter:			
		Erstattet av:			
Prosjekt:	965102	Dokumentnummer: ICP-34-A-11044		Revisjon: 02B	
Parsell:	34 Nykirke-Barkåker				
Planfase:	Detalj- og reguleringsplan				
		Drift dokumentnummer:		Drift rev.:	

Endringslogg

Rev.	Endring
00B	Høringsutgave
01B	Oppdatert etter innspill fra Bane NOR
02B	Oversendelse til førstegangsbehandling

Terminologi

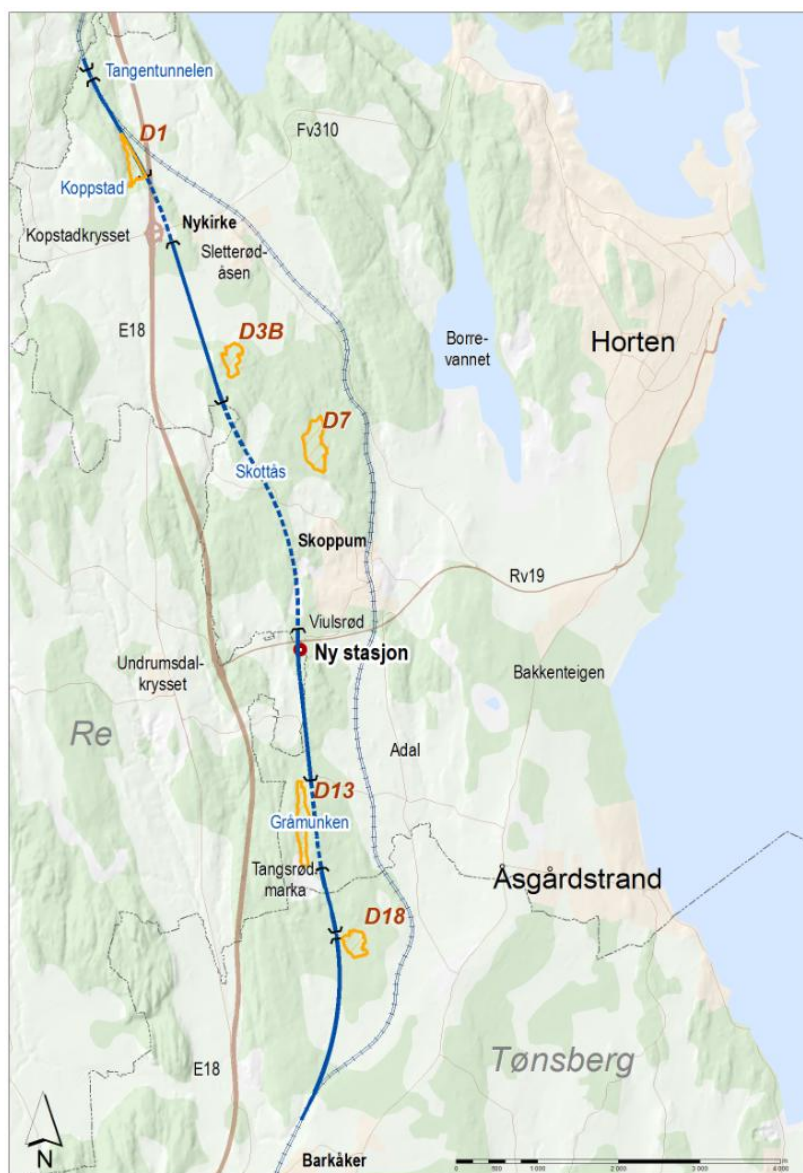
<u>Term</u>	<u>Utfyllende beskrivelse</u>
VegLCA 1.02	Verktøy for beregning av miljøpåvirkning (Statens vegvesen)

FORORD

Modernisering av Vestfoldbanen er en del av InterCity-utbyggingen på Østlandet, jfr. Nasjonal transportplan 2018 - 2029. Nytt dobbeltspor mellom Nykirke og Barkåker skal være bygget innen 2024.

Kommunedelplan med tilhørende konsekvensutredning for dobbeltspor Nykirke-Barkåker ble vedtatt i Horten, Re og Tønsberg kommune i oktober 2016.

Bane NOR utarbeider forslag til reguleringsplan for dobbeltspor Nykirke-Barkåker fra Fegstad/Tangenttunnelen i Horten kommune til Barkåker i Tønsberg kommune. Planforslaget omfatter ca. 14 km dobbeltspor med stasjon sørvest for Skoppum. Deponiområder for mulig permanent plassering av overskuddsmasser fra anlegget inngår i planen.



Oversiktstegning Nykirke – Barkåker

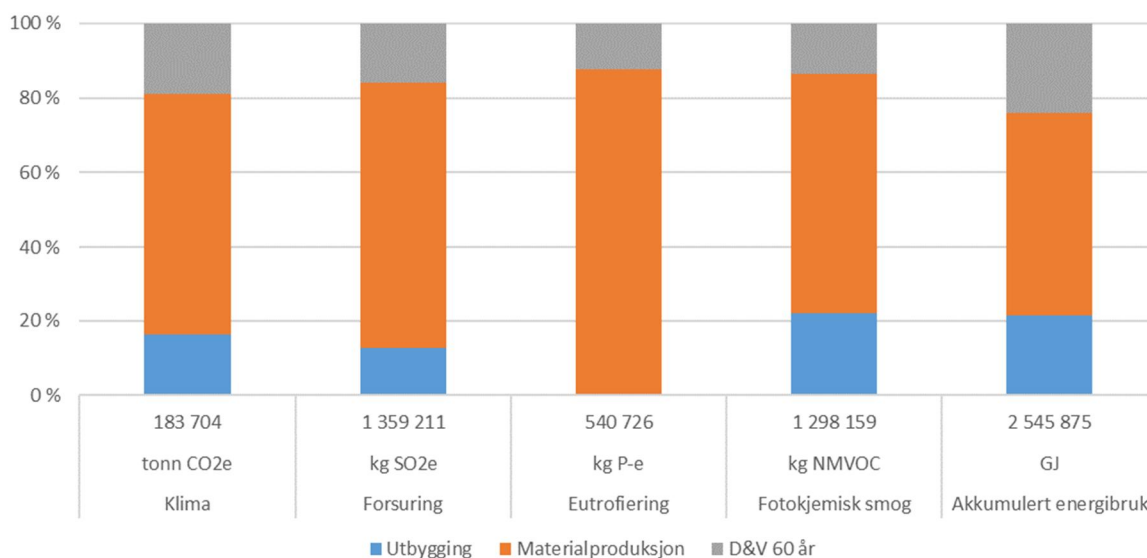
Planarbeidet ledes av Bane NOR, Utbygging Vestfoldbanen, med Elsebeth A. Bakke som planleggingssjef

Fagrapport klimabudsjett kartlegger omfanget av potensielle utslipp forbundet med utbygging, drift og vedlikehold av infrastrukturen. Videre identifisere den områder med potensial for utslippsreduksjon og fremskaffe et grunnlag for rangering og prioritering av mulige tiltak for utslippsreduksjon.

Rapporten er utarbeidet av Asplan Viak og ViaNova Plan og Trafikk AS. Dokumentet inngår som et grunnlag for detalj- og reguleringsplanarbeidet på planstrekningen Nykirke-Barkåker.

SAMMENDRAG

Figuren nedenfor presenterer totale miljøpåvirkninger for utbygging, materialproduksjon og drift/vedlikehold i 60 år av nytt dobbeltspor på strekningen Nykirke-Barkåker. Både utbygging og materialproduksjon er knyttet til bygging av anlegget. Utbygging omhandler arbeidsoperasjoner på byggeplassen og materialproduksjon er produksjon av innsatsfaktorer som inngår i anlegget.



Totale miljøpåvirkninger ved bygging og drift/vedlikehold i 60 år av dobbeltspor Nykirke-Barkåker.

Effektkategori	Enhet	Nykirke-Barkåker
Klimagasser	tonn CO ₂ ekv.	183 704
Terrestrisk forsuring	tonn SO ₂ ekv.	1 359
Eutrofiering, ferskvann	tonn P ekv.	541
Fotokjemisk smog	tonn NMVOC	1 298
Akkumulert energibruk	GJ	2 545 875

Resultatene viser at materialproduksjon knyttet til bygging av infrastrukturen utgjør den største utslippsposten for alle miljøpåvirkningskategorier. For klimagassutslipp utgjør det omtrent 64% av totale utslipp over en periode på 60 år, mens utslipp fra drift og vedlikehold i den samme perioden utgjør litt under en femtedel av samlede utslipp. Rundt 17% av de estimerte klimagassutslippene er knyttet til utbyggingsfasen, hvorav utslipp fra anleggsmaskiner og massetransport utgjør den klart dominerende andelen med til sammen 86%.

De største utslippene er forbundet med materialintensive konstruksjoner. Konstruksjoner utgjør 35% av estimerte livsløpsutslipp av klimagasser, bergtunnel utgjør 29% av utslippene, mens dagsone står for de resterende 36% til tross for å utgjøre den største lengdemessige andelen. For konstruksjoner er det i hovedsak Kopstadtunnelen (betong) og betongdelen av Skottåstunnelen, på henholdsvis 905 og 673 meter, som er utslippsdrivende. For bergtunnelene er det Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen på henholdsvis 2 100 og 1 135 meter som står for det meste av utslippene.

Materialene som bidrar mest til potensielle klimagassutslipp er betong og stål til ulike formål, som betongstøp, sprøytebetong, armerte betongelementer, skinner, armering, peler og spunt mm. Kalksementpeler bidrar med omtrent 8% av estimerte klimagassutslipp. I tillegg har kobber til elektro, signal og tele betydelig påvirkning innenfor flere kategorier, herunder klimagassutslipp og forsuring.

Potensielle tiltak for utslippsreduksjon er knyttet til materialreduksjon for ovennevnte materialer, materialsubstitusjon eller valg av materialer og/eller leverandører med dokumenterbar miljøprestasjon bedre enn generisk gjennomsnittsproduksjon. Videre viser utslippsbidraget fra anleggsmaskiner og masseflytting at en miljøvennlig maskinpark og en effektiv logistikk som reduserer transportarbeidet har betydelig potensial for utslippsreduksjon.

Totale resultater viser at utbyggingsfasen og materialproduksjon til denne medfører de største utslippene gjennom beregningsperioden på 60 år.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	8
2	NYTT ANLEGG	11
3	DATAGRUNNLAG OG DOKUMENTASJON	13
3.1	RAMMEVERK OG STANDARDER	13
3.2	BEREGNINGSGRUNNLAG	13
3.3	FUNKSJONELL ENHET	13
3.4	SYSTEMGRENSER	14
3.4.1	<i>Livsløpsfaser</i>	14
3.4.2	<i>Tidsperspektiv og levetidsbetraktninger</i>	14
3.4.3	<i>Geografisk avgrensning</i>	14
3.4.4	<i>Effektkategorier – miljøpåvirkning</i>	14
3.4.5	<i>Arealbruksendringer</i>	15
3.4.6	<i>Avgrensning mot andre tekniske installasjoner</i>	15
3.4.7	<i>Utslippsfaktorer</i>	16
3.4.8	<i>Prosjektspesifikke tilpasninger</i>	16
4	DATAGRUNNLAG OG DOKUMENTASJON	17
4.1	INVENTAR FOR UTBYGGING – ORGANISERING OG MENGDER	17
4.2	ELEKTRO OG TEKNISKE INSTALLASJONER.....	18
4.3	DRIFT- OG VEDLIKEHOLD.....	18
5	RESULTATER	19
5.1	UTBYGGING	19
5.1.1	<i>Utbyggingsfase</i>	19
5.1.2	<i>Materialinnsats – utbygging</i>	20
5.1.3	<i>Totale resultater – utbygging</i>	21
5.2	DRIFT OG VEDLIKEHOLD.....	22
5.2.1	<i>Materialinnsats – drift og vedlikehold</i>	22
5.3	TOTALE RESULTATER - LIVSLØP.....	24
6	DISKUSJON	26
7	REFERANSELISTE	27

1 INNLEDNING

Hensikt med rapporten

Denne fagrappporten gjelder klimabudsjett for prosjektet Utbygging Vestfoldbanen Nykirke-Barkåker (forkortet til UNB).

Klimabudsjettet er ikke begrenset til kun klimagassutslipp, men inkluderer også et utvalg andre potensielle utslipp og miljøpåvirkninger.

Regelverk, føringer og avvikshåndtering

Teknisk regelverk og teknisk designbasis

Fagrappporten er basert på Bane NOR's tekniske regelverk, gjeldende utgave pr. 01.02.2017 [1]. I tillegg er den basert på ICP-00-A-00030 Teknisk designbasis for InterCity, rev. 03A, datert 14.11.2016 [2].

Alle eventuelle avvik fra Bane NOR's tekniske regelverk skal godkjennes iht. Bane NORs tekniske regelverk Felles bestemmelser kap. 2 tabell 1 (se under). Dette gjelder også der formuleringene «bør» er benyttet.

Tabell 1: Myndighet til å gi dispensasjon

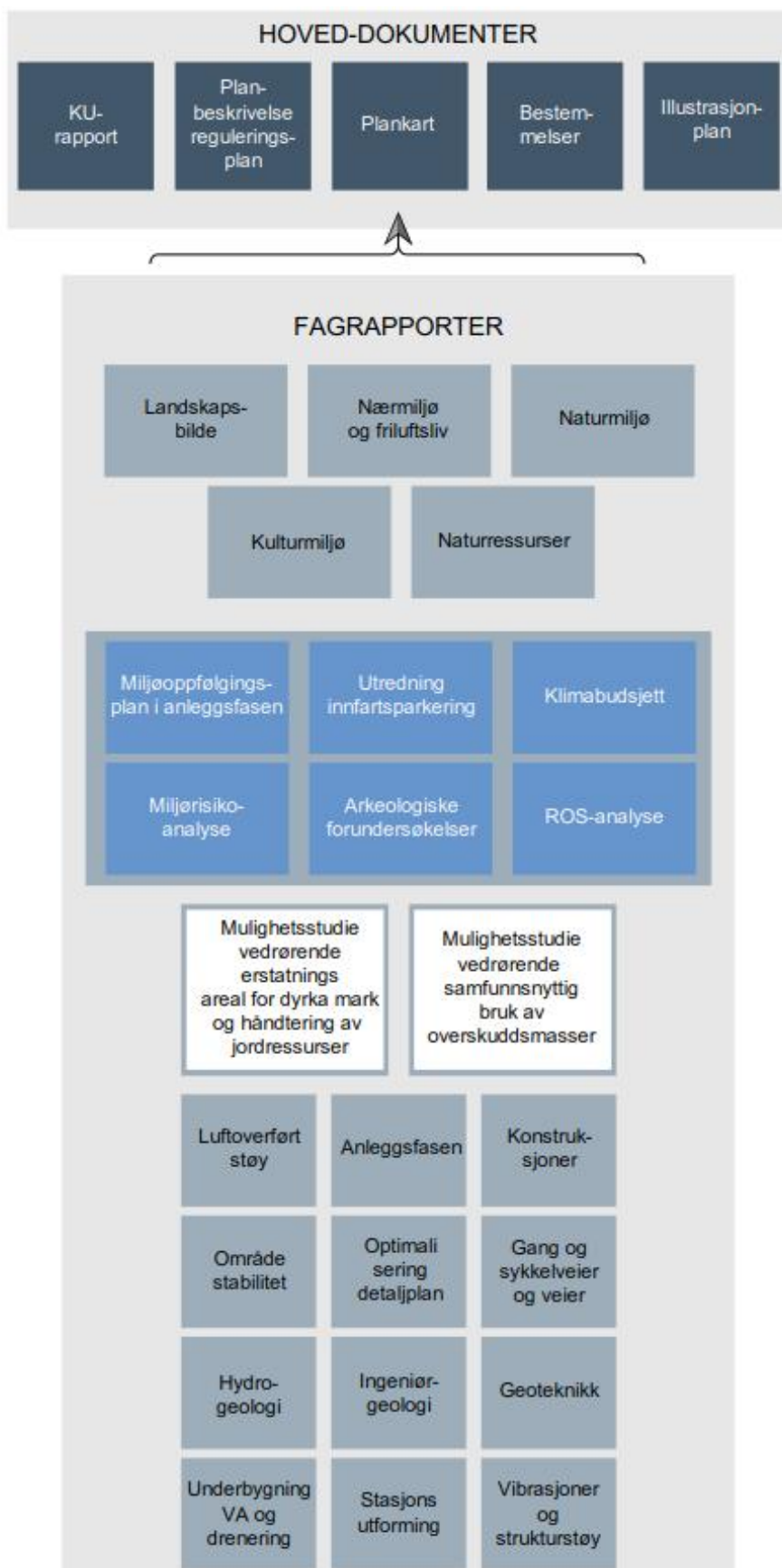
Regel	Verb	Myndighet til å gi dispensasjon
Myndighetskrav	<i>skal (i kursiv)</i>	Krav som Bane NOR selv ikke har myndighet til å gi dispensasjon fra
Krav	skal	Teknologidirektør
Anbefaling	bør	Infrastruktureier
Mulighet/alternative løsninger	kan	Den som prosjekterer, bygger eller vedlikeholder

Avvik fra Teknisk designbasis for InterCity skal håndteres som endringer fra prosjektbestillingen og følge vanlig endringsprosedyre for prosjekter. Alle avvik fra Teknisk designbasis for InterCity skal forelegges leder teknikk og konsept før prosjekteiers endelige beslutning.

Det er opprettet en egen avvikslogg der alle avvik blir registrert (ICP-34-Q-00005, Avviksregister for Nykirke - Barkåker). I prosjekteringen er det lagt til grunn at foreslåtte avvik vil bli godkjent.

Andre fagrappporter

Det er laget en rekke andre tekniske fagrappporter. Figur 1 nedenfor viser dokumentene for reguleringsplanen.



Figur 1: Dokumentoversikt for reguleringsplanen

Klimabudsjett

Et klimabudsjett omfatter direkte- og indirekte¹ utslipp av blant annet klimagasser fra material- og energibruk for utbygging, drift og vedlikehold av jernbaneinfrastruktur. Andre miljøtema, som støy, naturmangfold med flere behandles i andre deler av det tekniske plangrunnlaget.

Formål med klimabudsjett i detaljplanleggingen er å:

- Analysere alternative innsatsfaktorer og produksjonsmetoder av tiltaket med hensyn på miljøpåvirkninger i et livsløpsperspektiv på grunnlag av produksjonsspesifikke material- og transportdata.
- Dokumentere og kommunisere miljøpåvirkningene til de alternative innsatsfaktorene og produksjonsmetodene.
- Anbefale alternative innsatsfaktorer og produksjonsmetoder av tiltaket som gir lavest mulig miljøpåvirkning gjennom livsløpet.
- Danne grunnlag for miljøkrav for innkjøp av innsatsfaktorer og tjenester.
- Danne grunnlag for dokumentasjonskrav (mengde og miljødata) for videre oppfølging og produksjon av tiltaket

Miljøpåvirkningene er beregnet i Statens Vegvesens program VegLCA 1.02 basert på mengdedata fra prosjektets foreløpige kostnadsestimat pr. 18.09.2017. Verktøyet baserer seg på inndeling og mengdeestimer i henhold til prosesskodemodellen. I tillegg er det supplert med tilleggsberegninger for sentrale innsatsfaktorer som ikke er dekket av programmet.

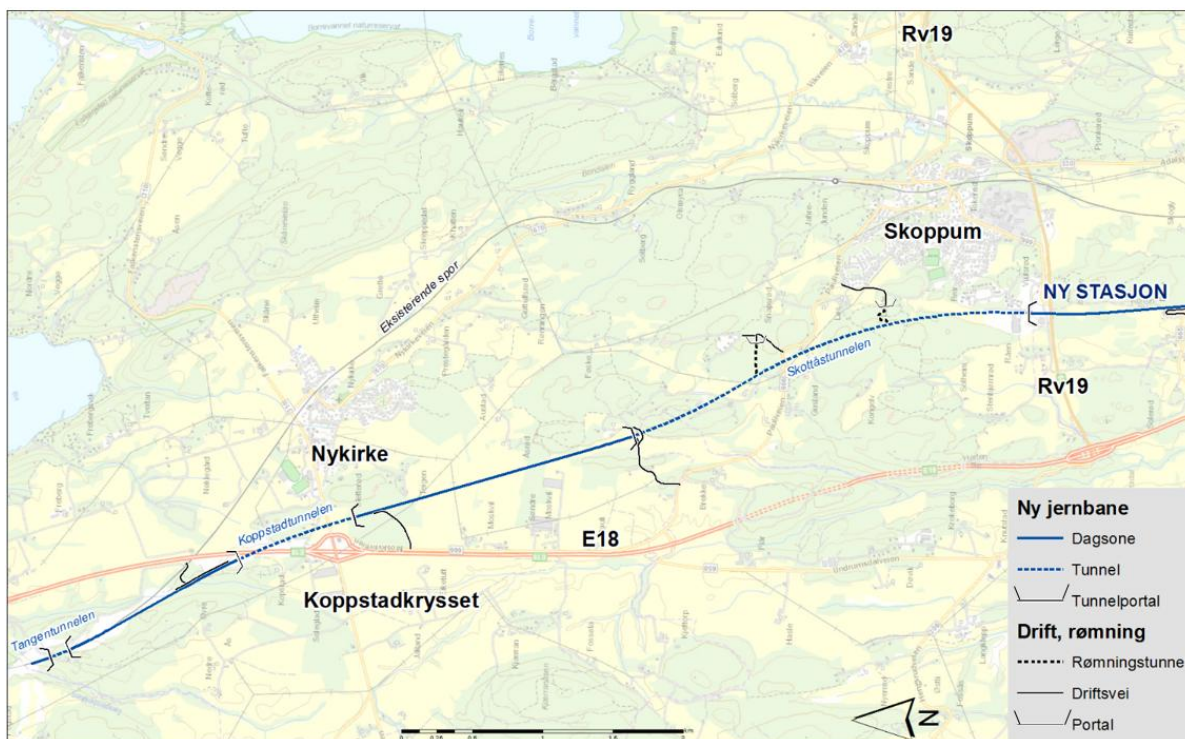
¹ Med indirekte utslipp menes utslipp som oppstår under produksjon og transport av energi og materialer

2 NYTT ANLEGG

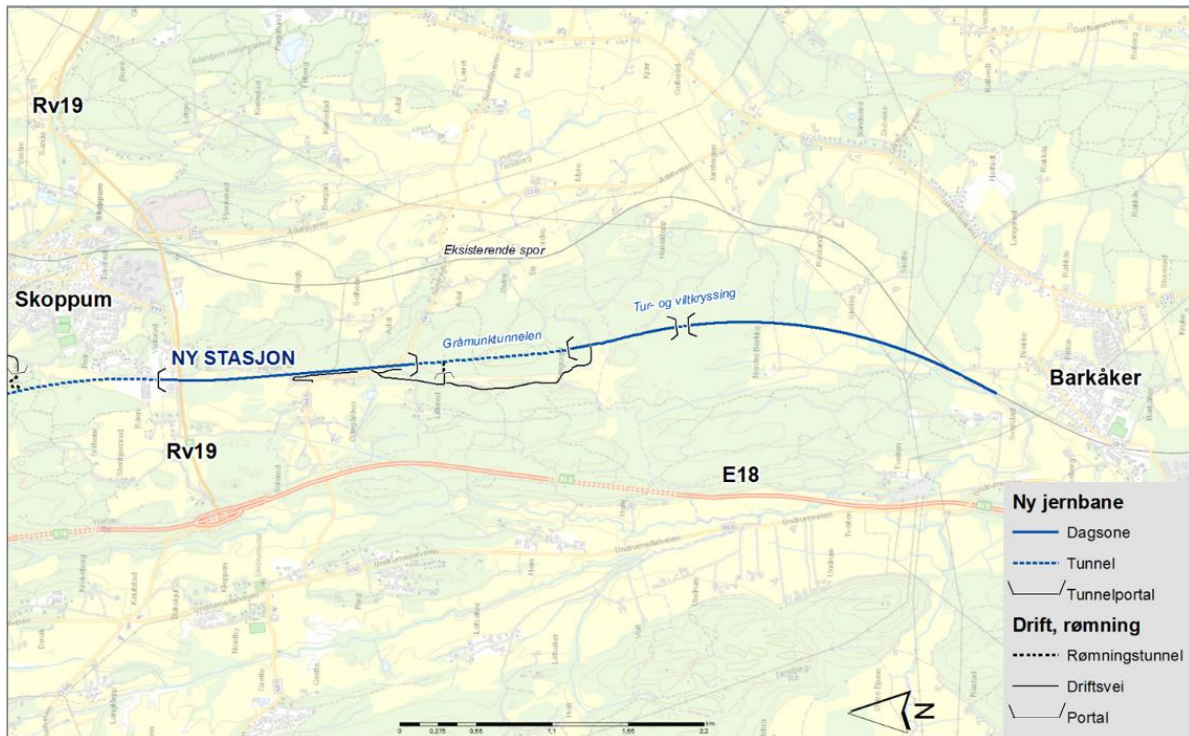
I nord kobles traseen til dobbeltspor Holm-Nykirke som ble åpnet høsten 2016. Eksisterende Tangentunnelen benyttes og oppgraderes innvendig. Det nye dobbeltsporet starter rett sør for denne tunnelen. Banen går i en kort dagsone før den krysser under E18 og Koppstadveien i en betongtunnel ca. 1 km lang. Banen krysser landbruksområde sørvest for Nykirke før den går inn i Skottåstunnelen med lengde ca. 2,9 km (ca. 2,2 km bergtunnel og 0,7 km betongtunnel).

Ved rv.19, vest for Skoppum, er ny stasjon lokalisert på sørsiden av veien. Banen går videre sørover, gjennom Tangsrødmarka i en ca. 1,1 km lang tunnel, kalt Gråmunktunnelen. Sør i Tangsrødmarka er det en kort betongtunnel for viltkryssing og turvei.

Den nye banen kobles til eksisterende dobbeltspor ved Barkåker.



Figur 2: Oversiktstegning delstrekningen Nykirke – Skoppum



Figur 3: Oversiktstegning delstrekningen Skoppum – Barkåker

3 DATAGRUNNLAG OG DOKUMENTASJON

3.1 Rammeverk og standarder

Metode og rammeverk er basert på Statens Vegvesens verktøy VegLCA hvor mengdeinformasjon etter prosesskodestrukturen kobles med miljø- og utslippsinformasjon. Overordnet rammeverk og metodikk er definert i:

- NS-ISO 14020:2000- "Miljømerker og deklarasjoner – generelle prinsipper" [1]
- NS-ISO 14025:2006- "Miljødeklarasjoner type III – prinsipper og prosedyrer" [2]
- NS-ISO 14040:2006- "Miljøstyring – Livsløpsvurderinger – Prinsipper og rammeverk" [3]
- NS-ISO 14044:2006- "Miljøstyring – Livsløpsvurderinger – Krav og retningslinjer" [4].

Beregning av miljøpåvirkninger er utført etter metode og standard for livsløpsvurderinger (LCA).

3.2 Beregningsgrunnlag

Grunnlaget for klimabudsjettet for Nykirke – Barkåker er kostnadsestimatets mengdeangivelser for ulike materialer og komponenter. Dette er bygget opp etter prosesskoder og gir god innsikt i mengder av ulike innsatsfaktorer for utbyggingen. For utslippsberegninger er Statens Vegvesens verktøy VegLCA for beregning av utslipp fra veginfrastruktur benyttet. VegLCA er bygget opp etter prosesskoden til Statens Vegvesen, men har stor overføringsverdi til bane, og er derfor hensiktsmessig å benytte for de fleste prosesskodepostene.

I VegLCA kobles kostnadssatte prosesskodeposter med mengder og utslippsdata for de samme mengdene. Dette inkluderer materialproduksjon, energiinnsats, transport- og maskinbruk. Dette samsvarer med format og inndeling av mengdeinformasjon fra kostnadsestimatet.

Siden verktøyet er utviklet for miljøvurdering av vegprosjekter er det for Nykirke – Barkåker utført tilleggsberegninger for å inkludere jernbanespesifikke komponenter (eksempelvis overbygning og signal-, tele og el-anlegg). Videre er det gjort tilleggsberegninger på viktige materialinnsatser hvor detaljeringsnivået fra kostnadsestimeringen er høyere enn det som er tilgjengelig i VegLCA. Dette gjelder i hovedsak spesifikke dimensjoner for spunt, stålkjernepeler, puter og lissestag, samt kalksementpeler.

3.3 Funksjonell enhet

Målsetningen til klimabudsjettet er å beregne og kvantifisere potensiell miljøpåvirkning i et livsløpsperspektiv ved utbygging, drift og vedlikehold av nytt dobbeltspor mellom Nykirke og Barkåker i forbindelse med InterCity-utbyggingen. Hensikten er videre å estimere og dokumentere potensiell miljøpåvirkning for infrastrukturen i et livsløpsperspektiv, identifisere forhold og innsats med stor betydning for total miljøpåvirkning, samt potensielle områder for utslippsreduksjon.

I henhold til målsetningen er derfor funksjonell enhet definert som jernbaneinfrastruktur for nytt dobbeltspor mellom Nykirke og Barkåker, som beskrevet i kapittel 2.

3.4 Systemgrenser

Påfølgende delkapitler beskriver avgrensninger og hvilke deler som er inkludert i beregninger for klimabudsjettet.

3.4.1 Livsløpsfaser

Utslippsberegninger for infrastruktur kan grovt sett deles i tre faser; utbygging, drift og vedlikehold, og avhending. I utbyggingsfasen er det skilt mellom materialproduksjon for bygging av anlegg og prosesser på byggeplassen. Det er ikke definert scenario for avhending i denne analysen, og resultatene er begrenset til å omfatte utbygging, drift og vedlikehold.

Riving og fjerning av midlertidige installasjoner er holdt utenfor klimabudsjettet.

3.4.2 Tidsperspektiv og levetidsbetraktninger

I henhold til Bane NORs veileder for klimabudsjett er beregningsperioden satt til 60 år [6]. Det vil si at drift og vedlikehold av infrastrukturen er beregnet for denne perioden. Levetid for komponenter og resulterende utskiftingsbehov er fastsatt i Bane NORs Tidligfaseverktøy og i VegLCA. Tidligfaseverktøyet ligger i Jernbaneverkets styringssystem STY-603204.

3.4.3 Geografisk avgrensning

Geografisk avgrensning er satt til prosjektets lengde, som vist beskrevet i kapittel 2.

3.4.4 Effektkategorier – miljøpåvirkning

Valg av effektkategorier for beregning av potensiell miljøpåvirkning er beskrevet i VegLCA. Dette omfatter følgende effektkategorier som beskrevet i tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over inkluderte miljøpåvirkningskategorier

Miljøeffektkategori	Engelsk uttrykk	Forurensningsfaktor	Beskrivelse
Klimagassutslipp/Global oppvarming (GWP 100)	Climate change	kg CO ₂ -ekvivalenter	Utslipp som bidrar til drivhuseffekten
Terrestrisk forsuring	Terrestrial acidification	kg SO ₂ -ekvivalenter	Utslipp som gjør vassdrag og jordsmonn sure (lav PH-verdi)
Eutrofiering av ferskvann	Freshwater eutrophication	kg P-ekvivalenter	Utslipp som bidrar til overgjødning i ferskvann (og f.eks algevekst)
Dannelse av fotokjemisk smog (bakkenær ozon)	Photochemical oxidant formation	kg NMVOC-ekvivalenter	Kjemisk reaksjon som skaper giftige og irriterende forbindelser for mennesker, planter og dyr
Akkumulert energibruk	Cumulative energy demand	GJ	Akkumulert energibruk, bunden energi i ved forbruk av materialer og energi.

3.4.5 Arealbruksendringer

Beregninger av arealbruksendringer er knyttet til de følgende prosessene:

- Prosesskode 21.2 - Vegetasjonsrydding
- Prosesskode 21.21 - Felling av trær til tømmer
- Prosesskode 21.22 - Felling av trær til ved
- Prosesskode 21.31 - Avtaking av vegetasjonsdekke
- Prosesskode 21.32 - Avtaking av matjord

Tall for klimagassutslipp for disse fem typer arealbruksendring er basert på rapporten CO₂-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Lagring, opptak og utslipp av CO₂ og andre klimagasser [8].

Utslipp fra transport av masser i forbindelse med utlegging av vegetasjonsdekke for naturlig vegetasjonsinnvandring er inkludert. Klimaeffekt av arealbruksendringer ved utlegging av nytt vegetasjonsdekke der det legges til rette for tilgroing med skog er ikke inkludert i beregningene.

Øvrige miljøkonsekvenser som endret arealbruk, miljørisiko i anleggs- og driftsfase, støy, utslipp av miljøgifter forbundet med normal drift, endring i avrenningsforhold, biologisk mangfold, påvirkning på fugl, fisk og dyreliv, avfallshåndtering, håndtering av forurenset grunn, deponering av rene masser med mer er omfattet av konsekvensutredninger og miljøoppfølgingsprogram. Disse miljøkonsekvensene er dermed ikke en del av resultatene i denne analysen.

3.4.6 Avgrensning mot andre tekniske installasjoner

Bygningsmasse på plattform, parkeringsplasser mm. på stasjonsområdene er ikke inkludert i klimabudsjettet. Stasjonsbygningene har lite relativt bidrag og er behandlet som cut-off (ikke inkludert). Infrastruktur knyttet til byggegrøp og selve sporet på stasjonen er inkludert tilsvarende som for resten av utbyggingen.

Elkraft-kabler og lignende er inkludert frem til hovednettet. I byggefasen og for drift og vedlikehold av infrastruktur brukes data for norsk elektrisitmiks på kjent innenlands forbruk og produksjon. For produksjon av innsatsfaktorer (materialer og komponenter) benyttes europeiske gjennomsnittstall for produksjon av elektrisitet.

3.4.7 Utslippsfaktorer

Utslippskoeffisienter for norsk gjennomsnitt er utviklet med tanke på materialer som er tilgjengelig på det norske markedet. Dette påvirker bl.a. produksjonsteknologi og miks av materialkvaliteter. For materialer som det er antatt er produsert i Norge er det benyttet norsk elektrisitmiks i produksjonen.

For betong er det antatt at all betong har utslipp tilsvarende bransjereferanse, iht. Norsk Betongforenings publikasjon 37 Lavkarbonbetong [9].

Tabell 2: Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp

	B20	B25	B30	B35	B35	B45	B55
	M90	M90	M60	M45/MF45	M40/MF40	M40/MF40	M40/MF40
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]							
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjereferanse	280	300	320	370	410	420	430

3.4.8 Prosjektspesifikke tilpasninger

Massetransport

Endelig bruk av overskuddsmasser er ikke avklart. Som grunnlag for et estimat av transportens påvirkning på klimabudsjett, er følgende anslag for transportavstander brukt:

- Jordmasser i linja, fra sidetak og fra lager til fylling i linja: 10 km
- Sprengt stein fra skjæring til fylling i linja, og sprengt stein fra lager til fylling i linja: 7,5 km

Transportavstandene samsvarer med distansene benyttet i kostnadsestimater.

Transport av materialer til anlegget

Transport inn til anlegget vil avhenge av valg av produsent eller leverandør for de ulike innsatsfaktorene. I detaljplanfasen er ikke dette fastlagt, og det er derfor antatt en transportdistanse basert på antagelser om standardverdier for transportavstander for de ulike materialene, løselig basert på tetthet av produksjonssteder i Norge samt hvorvidt materialet importeres. I beregningene inkluderes materialtransporten i totale beregnede utslipp fra det respektive materialet. Erfaringer fra tidligere arbeider indikerer at materialtransporten bidrar lite til miljøpåvirkning totalt for materialer, men i prosjekter der det inngår store mengder tilførte materialer bør det brukes prosjektspesifikke transportdistanser for de relevante materialene.

4 DATAGRUNNLAG OG DOKUMENTASJON

Kostnadsestimatet på detaljplannivå har dannet grunnlag for mengdeberegninger for prosjektet. Modellering og beregning av resultater i form av potensiell miljøpåvirkning er utført i VegLCA-verktøyet v1.02 med tilleggsberegninger for jernbanespesifikke tilpasninger.

4.1 Inventar for utbygging – organisering og mengder

Tabell 3 viser en oversikt over totale mengder av de viktigste innsatsfaktorene gjennom livsløpet og beregningsperioden.

Tabell 3: Oversikt over totale mengder innsatsfaktorer fra utbygging, materialproduksjon, drift og vedlikehold²

Innsatsfaktor	Enhet	Dagsone	Andel	Tunnel	Andel	Bru/ Konstr.	Andel	Totalt
Asfalt	tonn	-	-	-	-	123	100%	123
Betongelementer	tonn	17 148	56%	7 665	25%	6 000	19%	30 813
Betonghvelv	m3	-	-	272	100%	-	-	272
Diesel, anleggsmaskiner	liter	3 105 877	79%	743 386	19%	72 554	2%	3 921 818
Diesel, massetransport	liter	20 017 454	84%	3 822 384	16%	37 882	0,2%	28 193 475
Elektrisitet	kWh	-	-	28 429 723	100%	-	-	28 429 723
Fiberduk	m2	92 000	100%	-	-	-	-	92 000
Grus/pukk	m3	309 745 295	~100%	69 678	~0%	41 208	~0%	309 856 181
Kalksementpeler	tonn	10 867	100%	-	-	-	-	10 867
Kamstål	tonn	-	-	440	3%	13 069	97%	13 509
Plasstøpt betong	m3	47	~0%	50 050	43%	66 484	57%	116 455
Plast	tonn	144	100%	-	-	-	-	144
Skumglassgranulat	m3	14 400	100%	-	-	-	-	14 400
Sprengstoff	tonn	305	26%	853	73%	3	0,3%	1 162
Sprøytebetong	m3	-	-	18 080	100%	-	-	18 080
Spuntstål	tonn	-	-	-	-	2 861	100%	2 861
Stål	tonn	5 885	58%	2 804	28%	1 502	15%	11 068
Stål (peler, stag, puter)	tonn	-	-	-	-	907	100%	907
Trevirke	m3	1 385	12%	-	-	10 009	88%	11 393

Oversikten over totale mengder viser at det kreves betydelige mengder av de tunge fraksjonene betong og stål, i tillegg til at det er store mengder med ulike masser som skal behandles og transporteres. Materialmengdene er i stor grad knyttet til betong- og bergtunneler, og til konstruksjoner i grunnen.

For Skottås og Gråmunk tunnel er det forutsatt full utstøping med gjennomsnittlig 55 cm tykkelse. Dette gir store mengder plasstøpt betong i tilknytning til bergtunnelene. I tillegg er det store mengder plasstøpt betong forbundet med Kopstad og Skottås betongtunneler, og med ny Skoppum stasjon og tilhørende støttemurer, ramper etc. For tunnel ved Tangen er det forutsatt betonghvelv og sprøytebetong.

² Merknad: Mengder knyttet til KL-anlegg, signal, tele og elkraft, samt veistrekninger omfattet av prosjekter, er ikke inkludert i oversikten.

Armering, spunt, stålkjernepeler, wirestag og puter er i hovedsak knyttet til betongtunnelene og ny stasjon. De største andelene av annet stål er forbundet med skinner.

Dagsone har stabilisering med kalksementpeler med dimensjon $\varnothing 800$ og 50/50-blanding av sement og ulesket kalk. Videre står dagsone for det meste av transportarbeidet og maskinbruken. Dagsone har også de største andelene med sviller og skinner, som ligger under hhv. "Betongelementer" og "Stål" i tabellen ovenfor. Dagsone's utstrekning og andel av korridoren er medvirkende til dette.

4.2 Elektro og tekniske installasjoner

KL-anlegg, anlegg for signal og tele, lavspenning og diverse andre tekniske installasjoner knyttet til elektrifisering av banen er til en viss grad beskrevet i kostnadsanalysen, men i liten grad mengdemessig på materialnivå. For denne delen av infrastrukturen er det derimot utviklet et inventar som på detaljert nivå beskriver innsatsfaktorer for undersystemer og komponenter for elektro og tekniske installasjoner. Inventaret detaljerer ulike tekniske standardsystemer for ulike dimensjoneringshastigheter, herunder KL-system S25, som er utviklet for designhastighet inntil 250 km/t, og som også er valgt som teknisk løsning for Follobanen.

Inventaret for elektro og tekniske installasjoner skiller blant annet mellom undersystemene kontaktledningsanlegg, strømforsyning, signal- og teleanlegg, lys og ventilasjon for tunnel mm. [10]. Videre omfatter inventaret både dagsone og tunnel i utbyggingsfasen, og tilsvarende for drifts- og vedlikeholdsfasen for en 60 års beregningsperiode. Datagrunnlaget anses som mer detaljert, komplett og representativt enn tilgjengelig informasjon fra kostnadsanalysen, og er derfor benyttet i klimabudsjettet for Nykirke – Barkåker.

4.3 Drift- og vedlikehold

Kostnadsanalysen for detaljplannivået gir grunnlag for en god beregning av mengden innsatsfaktorer i form av materialer, energi og transport for utbyggingen av prosjektet. Datagrunnlaget er tilpasset prosjektspesifikke forhold for de ulike strekningselementene. For drift- og vedlikeholdsfasen foreligger det derimot ikke tilsvarende datagrunnlag fra kostnadsanalysen, og vurderingene for dette er derfor basert på Bane NORs Tidligfaseverktøy for klima og VegLCA-verktøyet.

Vurderinger knyttet til drift og vedlikehold er i mindre grad enn utbygging avhengig av prosjektspesifikke data siden de viktigste innsatsfaktorene er knyttet til generiske operasjoner og vedlikeholdsplaner for overbygning (skinner, sviller, ballast mm.), og til elektroteknikk i form av KL-anlegg, signal, tele etc. Drift- og vedlikeholdsoperasjoner for overbygning basert på Tidligfaseverktøyet er derfor ansett som tilstrekkelig representativt for prosjektet. Som nevnt ovenfor er drift og vedlikehold av elektro og tekniske installasjoner modellert med spesifikt inventar iht. kapittel 4.2.

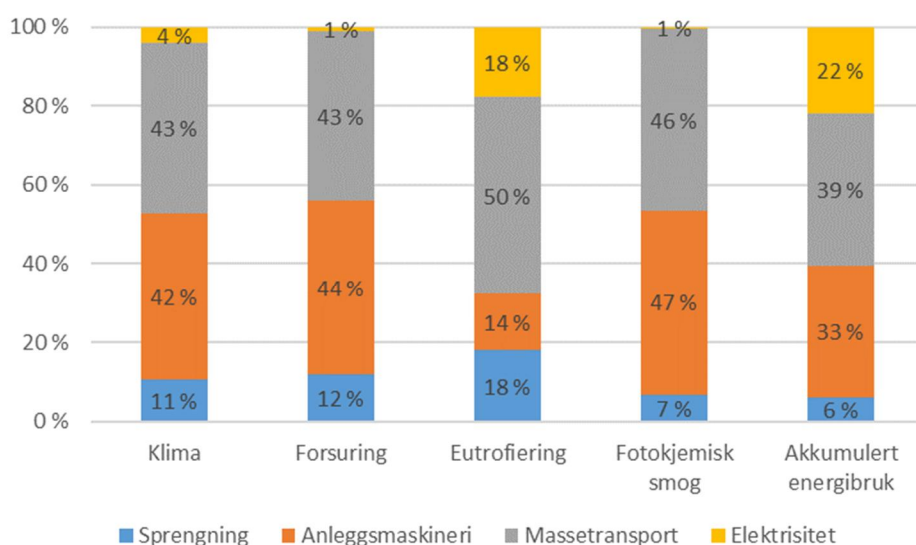
5 RESULTATER

De påfølgende delkapitlene presenterer resultater for utbygging, drift og vedlikehold av nytt dobbeltspor mellom Nykirke og Barkåker.

5.1 Utbygging

5.1.1 Utbyggingsfase

Figur 4 og Tabell 4 viser utslippsfordeling og totale utslipp for innsatsfaktorer i byggefase.



Figur 4: Utslippsfordeling for utbyggingsprosesser

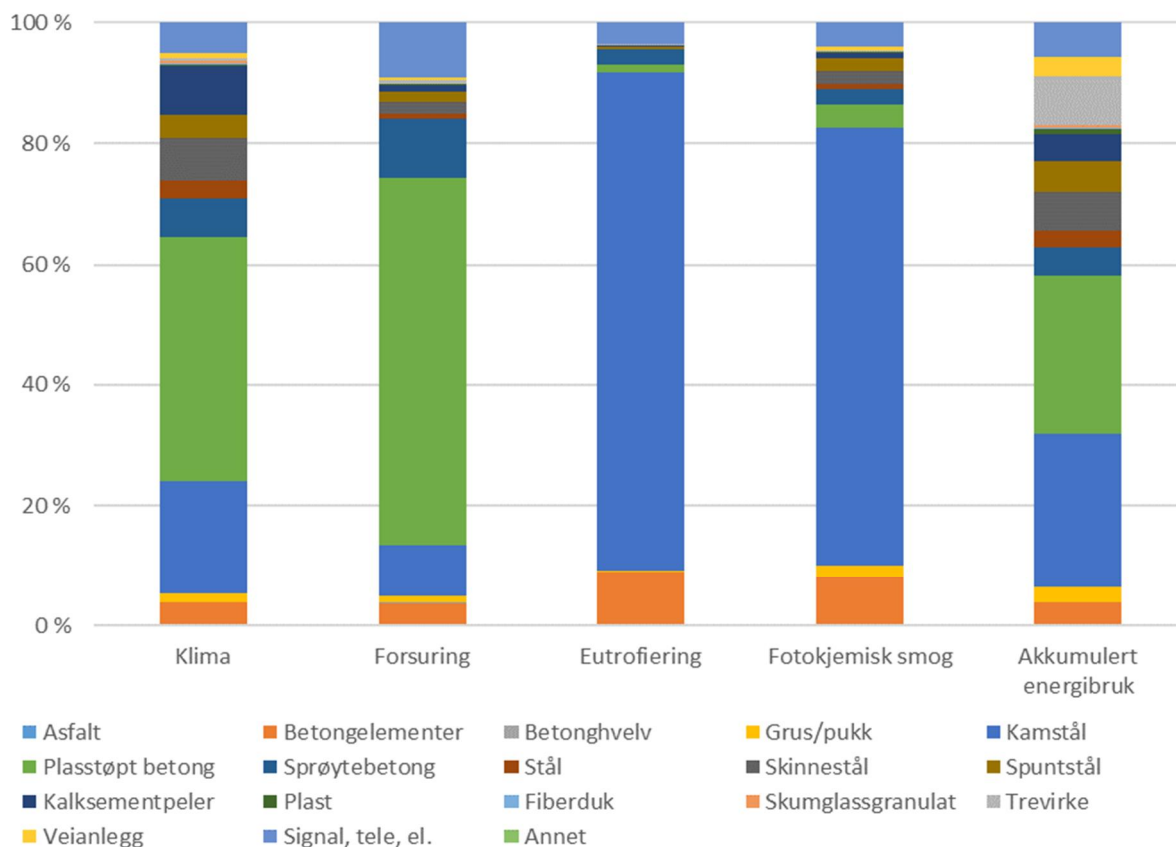
Tabell 4: Totale utslipp og utslippsfordeling for arbeidsoperasjoner i utbyggingsfasen

Utbygging	Klima	Forsuring	Eutrofiering	Fotokjemisk smog	Akkumulert energibruk
Materialkategori	<i>tonn CO2e</i>	<i>kg SO2e</i>	<i>kg P-e</i>	<i>kg NMVOC</i>	<i>GJ</i>
Sprengning	3 122	20 844	361	19 141	32 445
Anleggsmaskiner	12 513	75 888	284	131 282	181 993
Massetransport	12 694	74 018	999	128 857	211 362
Elektrisitet	1 237	2 205	356	1 709	118 686
Sum	29 566	172 956	2 000	280 988	544 486

Resultatene viser at anleggsmaskiner og massetransport utgjør den største andelen av utslippene fra utbyggingsfasen for de fleste miljøpåvirkningskategoriene. Dette inkluderer produksjon av drivstoff, direkteutslipp og maskinslitasje. For klimautslippene utgjør det til sammen 85%. Sprengning og elektrisitetsforbruk (til tunneldriving) på byggeplassen utgjør omtrent en tredjedel av eutrofieringsutslippene. Sprengning inkluderer produksjon av diesel-slurry-basert sprengstoff og direkteutslipp fra selve sprengningsarbeidet.

5.1.2 Materialinnsats – utbygging

Figur 5 og Tabell 5 viser utslippsfordeling og totale utslipp forbundet med materialproduksjon for bygging av infrastrukturen.



Figur 5: Utslippsfordeling fra materialproduksjon til utbygging

Resultatpresentasjonen i figuren ovenfor viser at de største bidragene til estimerte utslipp fra materialinnsatsen i utbyggingen er knyttet til de store postene plasstøpt betong og armering. For klimagassutslipp og forsuring er betonginnsatsen den største utslippsposten, mens for eutrofiering og fotokjemisk smogdannelse er det armeringsstålet som er den viktigste materialinnsatsen. For akkumulert energiforbruk har plasstøpt betong og armeringsstål omtrent samme bidrag.

I tillegg til armeringsstålet er det i tillegg betydelige bidrag forbundet med stål til skinner, spunt, stålkjernepeler, stag, puter mm.

Tabell 5 viser en oversikt over bidrag til estimerte utslipp fra ulike materialinnsatser i mer detalj. Materialpostene er sortert etter synkende bidrag til estimerte klimagassutslipp.

Tabell 5: Fordeling av estimerte utslipp fra materialproduksjon til utbygging

Materialer, bygging	Klima		Forsuring	Eutrofiering	Fotokjemisk smog	Akkumulert energibruk
	tonn CO ₂ e	Andel	kg SO ₂ e	kg P-e	kg NMVOC	GJ
Plasstøpt betong	47 707	40,5 %	586 598	6 604	31 634	361 982
Kamstål	22 212	18,8 %	81 814	389 490	600 569	350 247
Kalksementpeler	9466	8,0 %	11737	746	7922	59880
Skinnestål	8 259	7,0 %	18 257	1	17 020	87 267
Sprøytebetong	7 432	6,3 %	92 777	11 316	20 466	63 832
Signal, tele, el.	6 001	5,1 %	86 405	16 957	32 421	78 614
Betongelementer	4 444	3,8 %	36 105	42 592	64 878	51 112
Spuntstål	4436	3,8 %	15847	2493	17031	69586
Stål	3 575	3,0 %	8 351	125	7 709	38 840
Grus/pukk	1 772	1,5 %	10 898	370	16 714	34 482
Veianlegg	909	0,77 %	5 906	158	6 244	42 060
Trevirke	589	0,50 %	4 453	327	893	109 541
Skumglassgranulat	504	0,43 %	157	241	93	6 397
Plast	340	0,29 %	1 059	40	1 269	11 825
Fiberduk	171	0,15 %	671	80	454	4 007
Asfalt	36	0,03 %	189	5	1 810	1 692
Betonghvelv	12	0,01 %	123	26	53	133
Annet	74	0,06 %	441	104	252	1 366
TOTAL	117 940	100 %	961 788	471 675	827 435	1 372 862

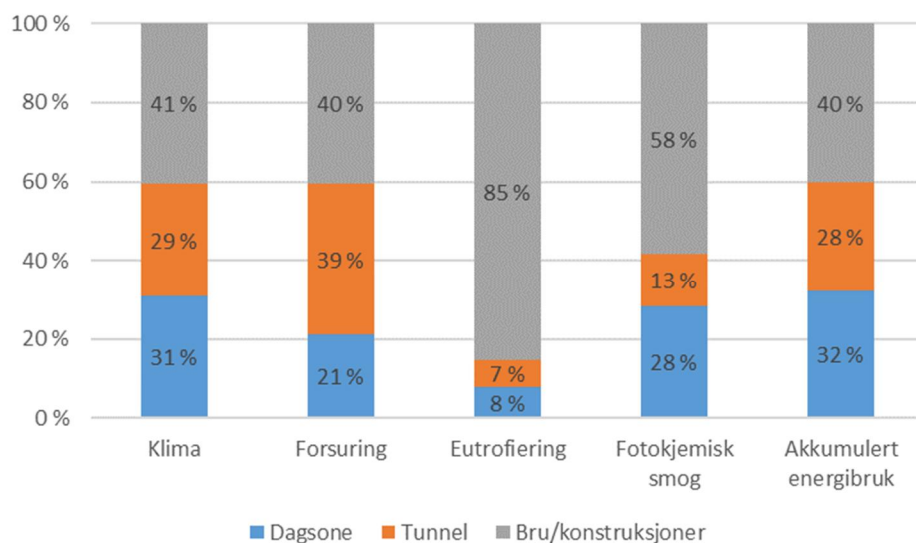
Plasstøpt betong og armeringsstål utgjør til sammen nesten 60% av totalutslippene for klima, hvorav 2/3 er forbundet med betongen. I tillegg kommer et bidrag fra sprøytebetong og betongelementer som utgjør omtrent 10%.

I tillegg til armeringsstål er det, som nevnt ovenfor, også betydelige mengder stål i skinner, spunt, peler etc., og dette utgjør ytterligere nesten 14%. Til sammen utgjør derfor materialinnsats av betong og stål til ulike formål over 83% av totale estimerte klimagassutslipp fra materialer.

Utenom betong og stål til ulike formål, og av ulike typer, er kalksementpeler og utstyr til signal, tele og el. de øvrige postene med betydelige bidrag, med henholdsvis 8% og 5%.

5.1.3 Totale resultater – utbygging

Figur 6 viser en oversikt over fordelingen av utslipp på ulike deler av infrastrukturen; dagsone, bergtunnel og bru/konstruksjoner.



Figur 6: Fordeling av utslipp fra utbygging på ulike infrastrukturelementer

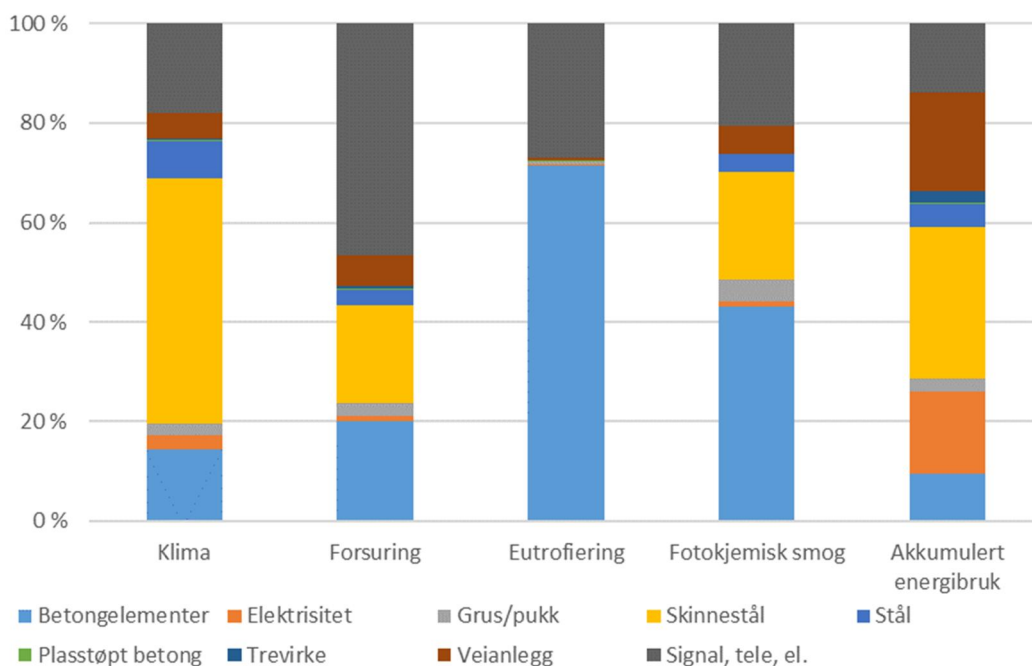
De største utslippene er forbundet med kategorien bru/konstruksjoner, som utgjør i overkant av 40% av estimerte klimagassutslipp fra utbygging. Dette skyldes i hovedsak materialintensive konstruksjoner. Dette understrekes av at bru/konstruksjoner utgjør den minste andelen av utbyggingen i utstrekning, med rundt 15 % av total lengden. Hovedårsaken til dette er materialintensive konstruksjoner knyttet til Kopstadtunnelen (betong) og betongdelen av Skottåstunnelen. For de andre miljøpåvirkningskategoriene er bidraget fra bru/konstruksjoner like store eller større, men opptil 85% av totalutslippene for eutrofiering.

Dagsone utgjør den største andelen av utbyggingens lengde, og omtrent dobbelt av bergtunnel. Tunnel krever større materialinnsats per lengde, og dagsone og tunnel kommer ut med i størrelsesorden samme bidrag til totale estimerte klimagassutslipp fra utbygging. For påvirkningskategorien akkumulert energibruk og eutrofiering er forholdet mellom dagsone og bergtunnel omtrent det samme som for klimagassutslippene, mens bidraget er dobbelt så høyt fra bergtunnel for forsuring, og omtrent motsatt for kategorien fotokjemisk smogdannelse.

5.2 Drift og vedlikehold

5.2.1 Materialinnsats – drift og vedlikehold

Utslipp fra materialproduksjon i forbindelse med drift og vedlikehold gjennom beregningsperiodens 60 år er vist i Figur 7 og Tabell 6.



Figur 7: Utslippsfordeling fra materialproduksjon til drift og vedlikehold (60 år)

Tabell 6: Totale utslipp og utslippsfordeling fra materialproduksjon for drift og vedlikehold (60 år)

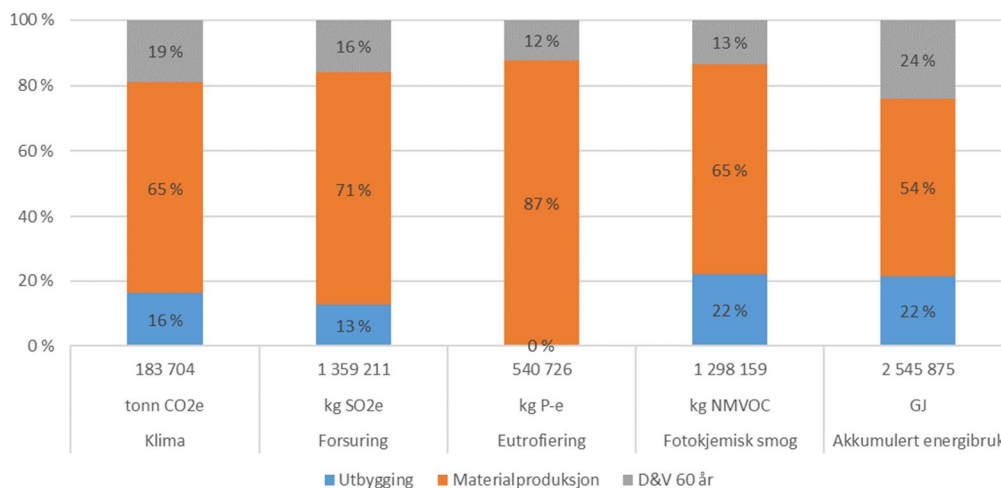
Materialer, D&V	Klima		Forsuring	Eutrofiering	Fotokjemisk smog	Akkumulert energibruk
	tonn CO ₂ e	Andel	kg SO ₂ e	kg P-e	kg NMVOC	GJ
Skinnestål	16 518	49,4 %	36 514	2	34 040	174 533
Signal, tele, el.	6 001	17,9 %	86 405	16 957	32 421	78 614
Betongelementer	4 779	14,3 %	37 457	44 720	67 946	53 700
Stål	2 483	7,4 %	5 955	130	5 472	27 343
Veianlegg	1 739	5,2 %	11 585	238	8 613	114 314
Elektrisitet	983	2,9 %	1 753	283	1 358	94 316
Grus/pukk	768	2,3 %	4 860	210	6 972	15 966
Trevirke	110	0,33 %	800	96	260	13 590
Plaststøpt betong	54	0,16 %	638	7	34	397
Sum	33 436	100,0 %	185 966	62 643	157 118	572 773

Resultatene for drift og vedlikehold viser at de største klimagassutslippene er forbundet med utskifting av overbygningen, og i hovedsak skinner og sviller, samt utskifting av komponenter i anlegg for signal, tele og elkraft.

For andre miljøpåvirkningskategorier er det også de samme materialene og komponentene som har de største utslippsbidragene. Stål er viktigst for klima og energibruk, mens betongelementer (i hovedsak sviller) er viktigst for eutrofiering og fotokjemisk smogdannelse. Signal og tele er viktigst for forsøringsutslipp, hovedsakelig som følge av bruk av kobber.

5.3 Totale resultater - livsløp

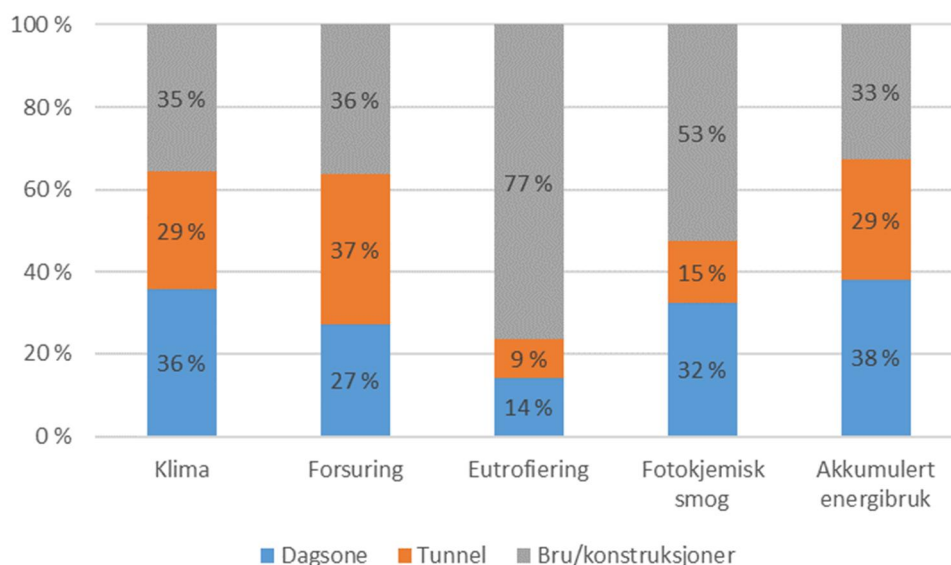
Figur 8 viser totale utslipp fra utbygging, drift og vedlikehold i 60 år. For utbygging er det skilt mellom materialinnsats og utslipp fra byggefasen.



Figur 8: Oversikt over fordeling av totale livsløpsutslipp

Figuren ovenfor med totale livsløpsutslipp viser at bygging av infrastrukturen utgjør den klart største andelen av utslippet, med mellom 76% og 88% for alle miljøpåvirkningskategoriene. For klimagassutslipp utgjør utbygging og materialinnsats til dette 81%. For alle påvirkningskategorier er det bidraget fra materialproduksjon som har det største bidraget, med mellom 54% og 87%. For klimagassutslipp utgjør materialproduksjonen 65%. Utslipp forbundet med drift og vedlikehold står for mellom 12% og 24%, og 19% for klimagassutslippene.

Figur 9 og Tabell 7 viser totale resultater for utbygging, drift og vedlikehold, fordelt på de ulike infrastrukturelementene.



Figur 9: Totale livsløpsutslipp fordelt på infrastrukturelementer

Tabell 7: Fordeling av totale livsløpsutslipp på infrastrukturelementer

Totale utslipp	Klima	Forsuring	Eutrofiering	Fotokjemisk smog	Akkumulert energibruk	Andel av lengde
Dagsone	65 635	367 664	76 196	419 743	969 433	57 %
Tunnel	52 912	500 855	50 788	196 175	742 362	28 %
Bru/konstruksjoner	65 157	490 692	413 741	682 241	834 080	15 %
Sum	183 704	1 359 211	540 726	1 298 159	2 545 875	100 %

Oversikten viser at de estimerte klimagassutslippene er forholdsvis jevnt fordelt mellom dagsone, tunnel og bru/konstruksjoner. Dagsone står for 36% av totale estimerte klimagassutslipp gjennom beregningsperioden, mens tunnel og bru/konstruksjoner utgjør henholdsvis 29% og 35%. Til sammenligning utgjør dagsone omtrent 57% av den planlagte utbyggingens lengde, mens tunnel og bru/konstruksjon utgjør henholdsvis 28% og 15%, og demonstrerer forskjellen i utslippsintensitet mellom de ulike infrastrukturtypene. Dette er vist i mer detalj nedenfor i Tabell 8.

For de andre utslippskategoriene er det noe større forskjell mellom bidragene fra de ulike infrastrukturtypene. Bru/konstruksjoner utgjør omtrent en tredel av utslippene for klima, forsuring og akkumulert energibruk, over halvparten for fotokjemisk smogdannelse, og over $\frac{3}{4}$ av eutrofieringsutslippene. For tunnel varierer bidraget mellom 9% og 37%, og tilsvarende 14% og 38% for dagsone.

Tabell 8: Forskjell i utslippsintensitet per km for ulike infrastrukturtyper

Totale utslipp [per km]	Klima	Forsuring	Eutrofiering	Fotokjemisk smog	Akkumulert energibruk
	<i>tonn CO₂e</i>	<i>kg SO₂e</i>	<i>kg P-e</i>	<i>kg NMVOC</i>	<i>GJ</i>
Dagsone	1	1	1	1	1
Tunnel	1,7	2,8	1,4	1,0	1,6
Bru/konstruksjoner	3,9	5,3	21,4	6,4	3,4

Tabell 8 viser forskjellen i utslippsintensitet mellom de ulike infrastrukturtypene. For klima har bru/konstruksjoner nesten fire ganger så høye utslipp per km som dagsone. Tunnel ligger 1,7 ganger så høyt. For flere av påvirkningskategoriene er forskjellen enda større.

6 DISKUSJON

Strekningen Nykirke – Barkåker består av en rekke ulike strekningselementer, hvorav spesielt Kopstadtunnelen (betong), Skottåstunnelen (berg og betong) og Gråmunktunnelen (berg), er materialintensive konstruksjoner som er drivende for totale utslipp. Disse bidrar også sterkt til at materialinnsats i byggefasen utgjør den største andelen av samlede livsløpsutslipp. I hovedsak er utslippene fra materialproduksjonen knyttet til store og tunge materialposter som betongstøp, armeringsstål, sprøytebetong, stål til fundamenteringsformål mm.

I forslag til NTP 2018-2029 gis det et mål om 40% reduksjon i klimagassutslippene fra utbygging, og 50% for drift frem mot 2030. Gitt at utslipp forbundet med materialinnsats utgjør den klart største delen av de totale klimagassutslippene, er det nødvendig å se på tiltak som kan både redusere total materialbruk, samt muligheter for materialsubstitusjon, lavutslippsvarianter av materialer og leverandørvalg. For å oppnå reduksjoner i denne størrelsesorden er det antakeligvis nødvendig å se på både teknologivalg og konstruksjonsteknikker, samt optimalisering av de løsningene man velger.

Ved vurdering av potensielle områder for utslippsreduksjon bør følgende prioriteres:

- Valg av tekniske og konstruksjonsmessige løsninger. I den grad det er mulig å vurdere løsninger som gir redusert materialbruk. Prioriterte områder bør være å se på løsninger som reduserer de store materialmengdene i utbyggingsfasen; i hovedsak betongstøp og stål. Kalksementpeler for stabilisering er også en viktig post for utslippene.
- Materialreduksjon gjennom optimalisering av valgte løsninger. Se på muligheter for å optimalisere dimensjoner og omfang av tiltak og materialbruk.
- Material/leverandørvalg. Stille krav til utslippsintensitet for materialer, f.eks. lavkarbonbetong, resirkuleringsandel i stål, sammensetning av kalksementpeler mm.
- Logistikk og masseflytting. Det bør søkes å optimalisere logistikken knyttet til massehåndtering ved å søke løsninger som gir lavt transportbehov og kortest mulige transportavstander. Videre kan man vurdere å stille krav til entreprenørers maskinpark for å redusere drivstofforbruk, samt på sikt eventuell bruk av elektrifisert maskinpark.

For utslipp fra selve utbyggingsfasen (ekskl. materialinnsats) er det massehåndtering og bruk av anleggsmaskiner som dominerer. På dette stadiet er ikke lokalisering av ulike masser fastlagt og resultatene vil være sensitive for antagelser om transportdistanser og planlegging av logistikk. Resultatene sier likevel noe om størrelsesforhold og betydning, og viser at effektive logistikk-løsninger som minimerer transportbehov og/eller distanse kan gi merkbar gevinst i klimabudsjettet. Tilsvarende kan ineffektive logistikk-løsninger bidra betydelig til å forverre det endelige miljøregnskapet.

Videre viser resultatene at bygging av infrastrukturen kan forventes å generere betydelig høyere utslipp enn drift og vedlikehold. Dette innebærer at tiltak for utslippsreduksjon bør i første rekke rettes mot hvordan infrastrukturen bygges, og hvordan utslipp fra materialproduksjon kan reduseres.

Utslipp fra drift og vedlikehold er i større grad knyttet til generiske vedlikeholdsoperasjoner og utskiftning av komponenter i overbygning og anlegg for signal, tele og elkraft.

7 REFERANSELISTE

- [1] Bane NOR, "Teknisk regelverk, 01.02.2017." 2017.
- [2] Bane NOR, "ICP-00-A-00030, Teknisk designbasis ofr InterCity, rev. 03A, 14.11.2016," 2016.
- [3] ISO, "14020: 2000 Environmental labels and declarations - General principles." 2000.
- [4] ISO, *14025:2006 Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures*. International Organization for Standardization (ISO), 2000.
- [5] ISO, *14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*, 2nd ed. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2006.
- [6] ISO, "14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines." International Organization for Standardization, 2006.
- [7] Jernbaneverket, "Veileder for utarbeidelse av miljøbudsjett for jernbaneinfrastruktur," 2012.
- [8] A. Grønlund, K. Bjørkelo, G. Hysten, and S. Tomter, "CO₂-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Lagring, opptak og utslipp av CO₂ og andre klimagasser. Bioforsk Report Vol 5. Nr 162," 2010.
- [9] Norsk Betongforening, "Publikasjon 37 - Lavkarbonbetong," 2015.
- [10] B. E. Ebrahimi, "Life Cycle Assessment of High Speed Rail Electrification Systems and Effects on Corridor Planning," NTNU, 2014.