

TEMANOTAT NR.09

Oppdrag: **NYTT HOVEDRENSEANLEGG, LIER KOMMUNE**

KLIMAREGNSKAP



Dato 2021-03-15

Rambøll
Erik Børresens allé 7
Pb 113 Bragernes
NO-3001 DRAMMEN

T +47 32 25 45 00
Epost drammen@ramboll.no
www.ramboll.no

Utført: VEUL og INGW
Kontrollert: HEMA
Godkjent: CEHE

Forsidebilde: Rambøll

1. Sammendrag og oppsummering

Lier kommune skal bygge et nytt og større renseanlegg. Målet er å etablere det som et ressurscenter hvor alle ressurser utnyttes, og på sikt oppnå klimanøytral drift. Med Lier kommune sitt mål om å bli et lavenergi- og lavutslippssamfunn er det også nødvendig å se på muligheter for utslippskutt fra utbygging. Prosjekteringen setter rammene for klimagassutslipp fra renseanlegget i lang tid framover.

For å vite hvor mye klimagassutslipp det er mulig å kutte må det totale klimagassutslippet først identifiseres. I dette klimaregnskapet er klimagassutslipp for å *bygge og drifte Lier renseanlegg i ett år* beregnet ved hjelp av en livsløpsvurdering. Regnskapet inkluderer utslipp fra utbygging, dvs. bygging av administrasjonsbygg, fjellhall, renseanlegget og ny vei, samt et års drift av renseanlegget med energi, slamhåndtering og avløpsstrømmer.

For utbygging av renseanlegget og det første året med drift beregnes det totale klimagassutslippet til 8 173 tonn CO₂-ekv. Av disse er 7 648 tonn tilhørig utbygging og 525 tonn tilhørig årlig drift. 8 173 tonn CO₂-ekv. tilsvarer det årlige klimagassutslippet til ca. 1000 nordmenn.

Ved å se på effekten til de ulike klimagassbesparende tiltakene som kan gjennomføres ble det funnet at prosjektet totalt kan spare 2 422 tonn CO₂-ekv. De mest effektive tiltakene i et klimaperspektiv for utbygging er å benytte sprengstein lokalt, erstatte betong i lavkarbonklasse B med lavkarbonklasse pluss og lavkarbonklasse A, samt å etablere ny vei med lavtemperaturasfalt. De mest effektive tiltakene i et klimaperspektiv for drift er reduksjon av fremmedvann, økt varmeproduksjon fra avløpsstrømmer, bruk av utrånnet slam som gjødsel, og biogassproduksjon.

Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag og oppsummering	2
2. Innledning	4
2.1 Bakgrunn	4
2.2 Ordliste	5
2.3 Hensikt og omfang	6
3. Utbygging	7
3.1 Administrasjonsbygg	7
3.2 Fjellhall	9
3.3 Renseanlegg i fjellhall	10
3.4 Vei	12
4. Drift	14
4.1 Energi	14
4.2 Slam	15
4.3 Overvann	16
5. Oppsummering	17
5.1 Totalt klimagassutslipp og måloppnåelse	17
5.2 Klimagassreduserende tiltak under utbygging	17
5.3 Klimanøytral drift	18
6. Referanser	19
7. Vedlegg	21

2. Innledning

2.1 Bakgrunn

Lier kommune trenger et nytt og større renseanlegg. For å imøtekomme Lier sin visjon om å bli et lavenergi- og lavutslippssamfunn er det ønskelig å bygge et ressurscenter som kan bidra til dette. Det betyr at ressurser skal utnyttes med sirkulærøkonomiske prinsipper, for å holde de i kretsløpet så lenge som mulig. I praksis betyr dette at renseanlegget skal utnytte avløpsvannet som kommer inn som en ressurs, f.eks. som biogass, slam, varme og vann. Biogass og slam kan i sin tur erstatte elektrisitet, varme og gjødsel. Varmeutnyttelse og vann kan brukes internt på renseanlegget.

I tillegg til ressursmålene sine har Lier kommune ambisiøse mål for klima. Renseanlegget skal bygges med fokus på klimatilpasning, med kapasitet til å takle fremtidens overvannsmengder. Administrasjonsbygget skal oppnå 20 % klimagassreduksjon fra materialer sammenlignet med et referansebygg. Det er også ønskelig på sikt å oppnå en klimanøytral drift av anlegget.

For å oppnå disse målene er det nødvendig å identifisere de ulike elementene fra utbygging og drift av renseanlegget og beregne deres klimagassutslipp. Deretter kan de mest effektive klimagassreducerende tiltakene iverksettes for å nå målsetningene.

Denne rapporten beskriver metode og resultater for klimagassregnskap av fremtidige Lier renseanlegg i Gullaugfjellet. Avslutningsvis presenteres de klimagassreducerende tiltakene som vil være de mest effektive i prosjektet.

2.2 Ordliste

Klima er et relativt nytt fagfelt for mange. For å få mest mulig ut av klimaregnskapet som blir presentert i rapporten er det derfor laget en ordliste med mye brukte begreper i fagfeltet.

Tabell 1: Ordliste for fagbegreper

Begrep	Forklaring
Klimagass	En gass som bidrar til drivhuseffekten og global oppvarming ved å samle mer stråling i atmosfæren.
CO ₂ -ekvivalent	Uttrykker en klimagass sitt bidrag til global oppvarming i mengde CO ₂ . Metan har f.eks. 25-30 ganger så stor effekt på klimaet som karbondioksid (CO ₂).
LCA	En livsløpsvurdering (LCA) beregner og beskriver den mulige miljøpåvirkningen fra et system eller et produkt gjennom livsløpet.
Effektkategori	En klasse eller type miljøpåvirkning som LCAen beregninger, f.eks klimaendringer, forsurening, eutrofiering eller ozonnedbrytning
Utslippsfaktor	Mengden CO ₂ -ekv. produsert per enhet, f.eks. kg CO ₂ -ekv. per kg betong.
Funksjonell enhet	Referanseenheden til analysen, det du skal beregne miljøpåvirkningen fra, f.eks en bygning, et bord eller en bil.
Produktsystem	Samling av prosesser og strømmer som former et livsløp.
Inngangsfaktor	Produkt, materiale eller energistrøm som går inn i en prosess. F.eks. vann, energi eller stål.
Livsløpsfase	En tidsperiode i enhetens levetid, f.eks. materialproduksjon, transport og rivning. Har standardiserte modulnavn fra A1-C4.
EPD	Miljøvaredeklarasjon. Beregner utslippene fra et produkt fordelt på faser.
Klimaregnskap	En beregning av hvor stort klimagassutslipp renseanlegget har. Kalles også klimagassregnskap.
Lavkarbonbetong	Betong som har lavere CO ₂ -utslipp enn vanlig betong fordi den produseres på en mer klimavennlig måte, f.eks med gjenbrukte materialer. Lavkarbonbetong kommer i klasse Ekstrem til C, hvor klasse Ekstrem har lavest utslipp.
Direkte utslipp	Utslipp som skjer når et produkt brukes, f.eks. gasser fra et forbrenningsanlegg eller en bilmotor. Skjer på det samme stedet som den funksjonelle enheten fysisk.
Indirekte utslipp	Utslipp som har skjedd tidligere i produksjonskjeden for å lage et produkt, f.eks. utslipp fra materialene i bilen eller fra produksjon av strøm. Kan skje helt andre steder i verden.
Inventar	«Ingredienslisten» til et produkt eller system, eksempelvis hvor mange kg betong, tre og stål som kreves for å bygge en bygning.
kjt/d	Kjøretøy per døgn, benyttes som mål for generert trafikk på en vei.
Referansebygg	Fiktivt bygg tilsvarende prosjekterbygg i BTA og størrelse. Bygget etter TEK17, uten spesiell tanke på miljø.

2.3 Hensikt og omfang

For å utarbeide klimaregnskapet er det gjort en livsløpsvurdering (LCA) hvor miljøpåvirkningen på klima er beregnet. Hensikten er å anvende resultatet til å peke på områder hvor klimagassreducerende tiltak er effektive, slik at den miljøpåvirkningen på klimaet kan minimeres. Klimaregnskapet kan anvendes av Lier kommune som et verktøy for å nå sine ambisiøse klimakrav og av andre fag i prosjekteringen. Det er ikke tenkt brukt ved absolutte sammenligner og offentlig komparative utsagn. Analysen følger ISO 14040:2006 – Miljøstyring – Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk [1].

Omfanget for LCAen er vist ved produktsystemet i Figur 1. Funksjonen til produktsystemet er å bygge og drifte et renseanlegg. Den funksjonelle enheten er derfor å bygge og drifte Lier renseanlegg i ett år. Det vil gi rom for å se på tiltak for klimagassreduksjon både fra materialer og drift av anlegget. Årsaken til at det er valgt ett års drift i funksjonell enhet er at det er usikkerhet rundt fremtiden til renseanlegget, både om det skal utvides, tilby overskuddsvarme til fjernvarmenettet og eventuelt være selvforsynt med energi. Forenklingen ved å se på ett år gjør at det er enklere å fokusere på tiltak som kan iverksettes i dag.

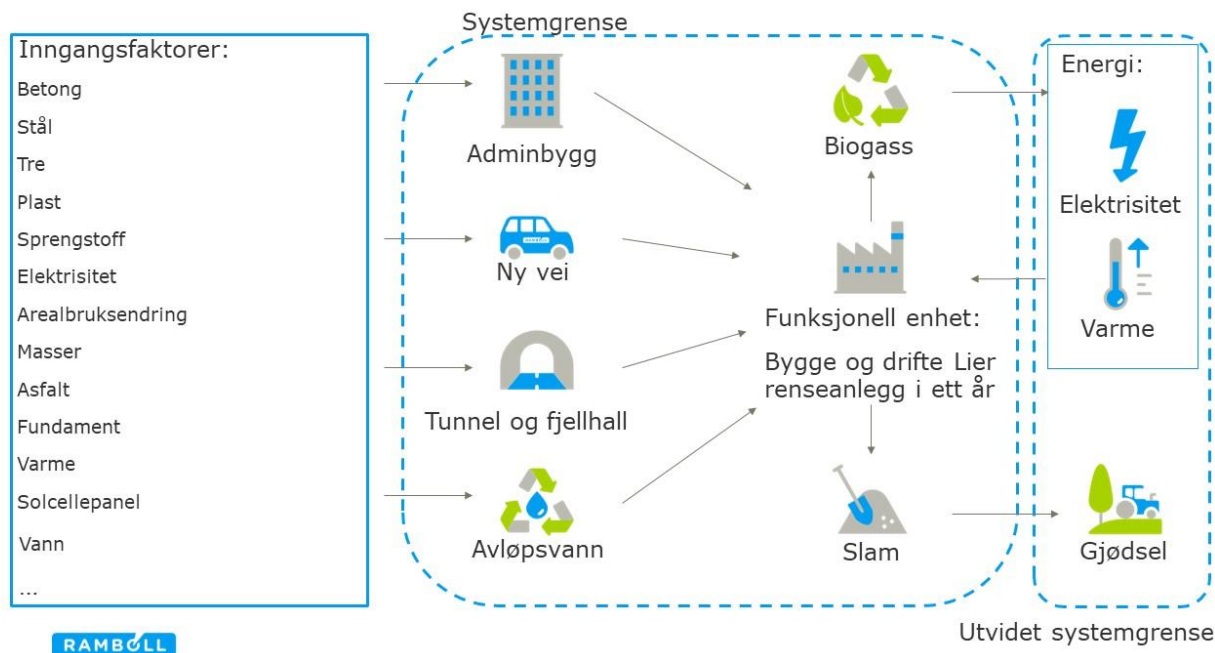
Utslipp fra avhending av materialer vil skje senere og er derfor ekskludert. Systemgrensen inkluderer et nytt renseanlegg, administrasjonsbygg, opprettelse av ny vei, sprenging og bygging av fjellhall med tunnel, samt innstrømmende avløpsvann. En utvidet systemgrense er anvendt for å inkludere elektrisitet, varme og gjødsel. Det medfører at miljøgevinsten fra å bruke egenprodusert elektrisitet og varme fra biogass, og å produsere slam til gjødselbruk, blir telt positivt i klimaregnskapet.

Rapporten er delt i to hoveddeler for å skille mellom klimagassutslipp fra utbygging og klimagassutslipp fra drift. Materialbruk til opprettelse av nytt renseanlegg, administrasjonsbygg, vei og fjellhall er presentert i kapittel 3, mens energi, biogassproduksjon og utnyttelse av slam er presentert i kapittel 4.

Den eneste effektkategorien anvendt er klimaendringer, målt i CO₂-ekvivalenter. Inventaret er hovedsakelig bygget ved hjelp kostnadsestimat fra andre fag. Livsløpseffektvurderingen (beregningene) er utført med flere verktøy avhengig av egnetheten for de ulike prosessene som inngår i produktsystemet. Både inventar og effektvurderinger er nærmere beskrevet i kapittel 3 og 4.

Data er hovedsakelig hentet fra verktøyene VegLCA [2], OneClick LCA [3] og databasen Ecoinvent [4]. Supplerende datakilder er nevnt løpende i rapporten. Lier renseanlegg er fortsatt i forprosjektfasen, noe som medfører antagelser og påfølgende usikkerhet i analysen. Analysen vil likevel gi en god indikasjon på størrelsesområdet til klimagasspåvirkningen og danne et solid beslutningsgrunnlag. En viktig begrensning er kunnskapshull og manglende tall for miljøpåvirkning fra materialer i tekniske anlegg, som derfor er utenfor systemgrensene. Kritisk gjennomgang av analysen er utført i form av intern kvalitetssikring av beregninger og rapport.

Rapporten følger formatet til forprosjektet for nytt renseanlegg i Lier kommune. Hvert område under utbyggingsfasen og driftsfasen blir gjennomgått for seg med metode og resultater, før det gjøres en oppsummering i kapittel 5 med totalt klimaregnskap og potensiale for utslippskutt.



Figur 1: Flytskjema med produktsystemet til analysen. Systemgrense og funksjonell enhet er vist for Lier rensanlegg. Kilde: Rambøll

3. Utbygging

Utbygging medfører klimagassutslipp. Bruk av nye materialer, transport til og fra byggeplass, og drift av anleggsplass er noen av hovedbidragsyterne. Dette kapitlet tar for seg utslippene tilknyttet utbygging av administrasjonsbygg, fjellhall, rensanlegg i fjellhall, og vei.

3.1 Administrasjonsbygg

Administrasjonsbygg, eller servicebygg, er et kontorbygg utenfor fjellhallen til bruk for de ansatte som bl.a. skal drifte rensanlegget.

3.1.1 Metode

For å kvantifisere klimagassutslippet er et administrasjonsbygg opprettet i klimagassprogrammet OneClick LCA med referansebyggverktøyet Carbon Designer [3]. Program og verktøy er iht. NS 3720:2018 [5]. Bygget er satt opp som et kontorbygg med én etasje og 250 m² BTA. Programmet regner ut byggets klimagassutslipp ifb. utbygging fordelt på livsløpsfaser og typer materialer.

3.1.2 Resultat

Administrasjonsbygget medfører ca. 103 tonn CO₂-ekv. for livsløpsfasene tilknyttet utbygging, fordelt på materialproduksjon (A1-A3), transport til byggeplass (A4), og byggeplass (A5), se Tabell 2. Energibruk i drift (B6) er ikke inkludert her, men blir beregnet i kapittel 4.1.

Tabell 2: Resultat klimagassutslipp for administrasjonsbygg for livsløpsfasene A1-A5 i kg CO₂ -ekv.

Livsløpsfase	Klimagassutslipp	Enhet	Prosentvis andel
Materialproduksjon (A1-A3)	95 378	kg CO ₂ -ekv.	92,6 %
Transport til byggeplass (A4)	2 652	kg CO ₂ -ekv.	2,6 %
Byggeplass (A5)	4 665	kg CO ₂ -ekv.	4,8 %
Sum	103	tonn CO₂ -ekv.	100 %

Livsløpsfasen materialproduksjon (A1-A3) står for hovedparten av utslippene. I Figur 2 er de fem mest medvirkende materialene innen denne livsløpsfasen listet opp. Betong, stål og isolasjon utgjør de største utslippene i bygget.

▼ Most contributing materials (Global warming)		
No.	Resource	Cradle to gate impacts (A1-A3)
1.	Concrete (Norwegian low-carbon)	24 tons CO ₂ e
2.	Structural steel profiles, generic	14 tons CO ₂ e
3.	EPS Insulation	10 tons CO ₂ e
4.	Hollow core concrete slabs, generic	10 tons CO ₂ e
5.	Reinforcement steel (rebar), generic	5,7 tons CO ₂ e

Figur 2: Mest medvirkende materialer til klimagassutslipp i administrasjonsbygg for livsløpsfasen A1-A3 i tonn CO₂-ekv.
Kilde: OneClick LCA

3.1.3 Klimagassreducerende tiltak

De mest effektive tiltakene er de som berører materialene som bidrar mest til klimagassutslipp. Det kan gjøres ved å erstatte de mest utslippsintensive materialene med materialer som er produsert med hensyn til klima og derfor har en lavere utslippsfaktor. Eksempler på slike tiltak kan være:

- Erstatte betong og stål i bæresystem med tre hvor mulig
- Bruk betong i høy lavkarbonklasse (A, pluss eller ekstrem) [6]
- Senk fasthetsklasse til betong hvor mulig
- Bruk stål med høy resirkuleringsgrad (over 90 % for strukturelle stålprofiler, over 30 % for hule stålprofiler, 100 % for armering)
- Bruk takteking med lavt utslipp

Tabell 3 viser resultatet ved å benytte betong i lavkarbonklasse pluss, stål med høyest mulig resirkuleringsgrad og klimavennlig takteking. Utslippene er redusert med ca. 30 % som tilsvarer **31** tonn CO₂-ekv.

Tabell 3: Resultat klimagassutslipp etter tiltak for livsløpsfasene A1-A5 i kg CO₂ -ekv

Livsløpsfase	Klimagassutslipp	Enhet	Prosentvis andel
Materialproduksjon (A1-A3)	66 812	kg CO ₂ -ekv.	91,5 %
Transport til byggeplass (A4)	2 648	kg CO ₂ -ekv.	3,6 %
Byggeplass (A5)	3 495	kg CO ₂ -ekv.	4,9 %
Sum	73	tonn CO₂ -ekv.	100 %

3.2 Fjellhall

En ny fjellhall og tunnel krever store naturinngrep, med miljøpåvirkning på både klima og økosystemer. I et klimagassperspektiv er de største postene utslipp fra sprenging og transport av masser, som tilfaller utslipp fra byggeplass (A5). For tunneler vil også materialproduksjonen (A1-A3) være av betydning da det krever større andel av materialer.

3.2.1 Metode

For å lage en fjellhall i Gullaugfjellet er det nødvendig å sprengte ut masser til hallen og tunnel. Bygging av en tunnel krever i tillegg materialer som sprøytebetong, injeksjonssement og stål. Mengder er oppgitt av fagansvarlig ingeniørgeolog og er samlet i et inventar i VegLCA (Vedlegg b).

Mellomfaseverktøyet til VegLCA v.4.10 er utviklet for bruk i planleggingsfase og er anvendt i disse beregningene. Utslippsfaktor er satt til europeisk strømmiks, geografisk område er Østlandet, og levetid er satt til ett år. I realiteten er levetiden til fjellhallen mye lenger, men ett år er valgt for å tilpasse den funksjonelle enheten. Det er antatt en avstand på 20 km for masser som skal fraktes ut av anlegget.

3.2.2 Resultat

VegLCA beregner at klimagassutslippet fra å bygge og drifte tunnelen og fjellhallen i ett år har et totalutslipp på 1 588 tonn CO₂-ekv. (Tabell 4). Av disse skjer over 50 % av utslippene under materialproduksjonen, som er indirekte utslipp fra renseanlegget.

Den realistiske levetiden til fjellhallen er vesentlig lenger enn ett år. Over levetiden vil derfor utslipp fra drift og vedlikehold utgjøre en større andel av utslippene enn det gjør i denne analysen. Årsaken til at det er valgt ett års drift i funksjonell enhet er at det er usikkerhet rundt fremtiden til renseanlegget, både om det skal utvides, tilby overskuddsvarme til fjernvarmenettet og eventuelt være selvforsynt med energi. Forenklingen ved å se på ett år gjør at det er enklere å fokusere på tiltak som kan iverksettes i dag.

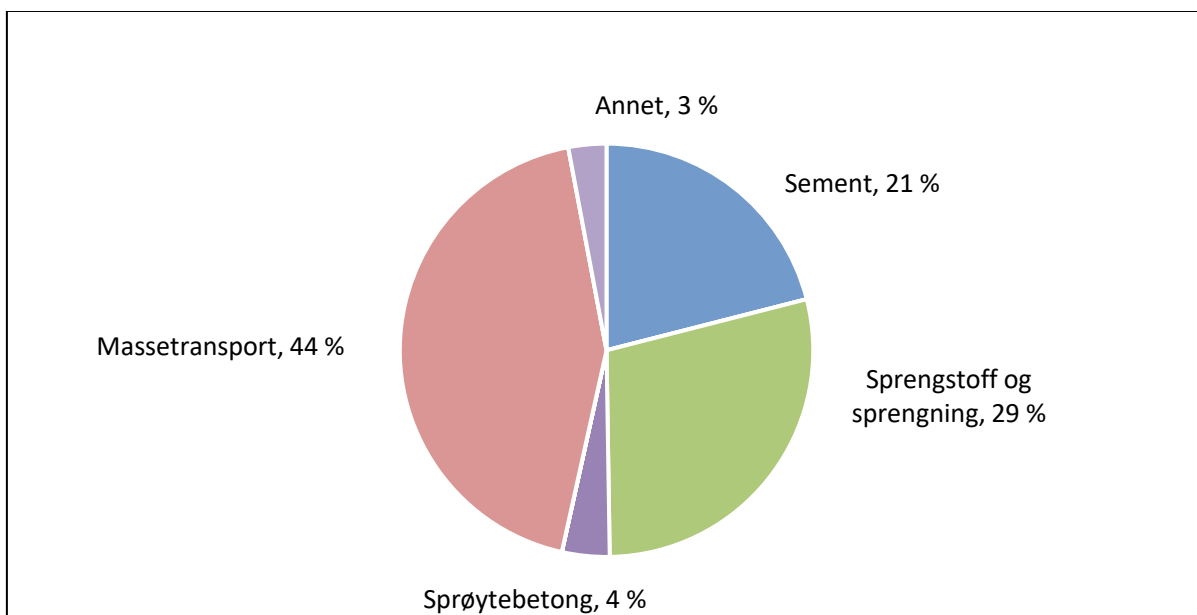
For å inkludere de indirekte utslippene fra produksjon av energisystemer er solcellepanel, el-kjel og varmepumpe lagt inn under materialproduksjon (Vedlegg c).

Tabell 4: Klimagassutslipp fra fjellhall med tilhørende tunnel fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Klimagassutslipp	Enhet	Prosentvis andel
Materialproduksjon og transport (A1-A4)	1 512	tonn CO ₂ -ekv.	53,8 %
Byggeplass (A5) og arealbruksendring	1 290	tonn CO ₂ -ekv.	45,9 %
Drift og vedlikehold ett år (B4-B6)	6	tonn CO ₂ -ekv.	0,3 %
Sum	2 809	tonn CO₂-ekv.	100 %

Figur 3 viser at å sprengte ut fjell til tunnel og fjellhall er en prosess med stort klimaavtrykk. Til sammen utgjør sprengstoff, sprenging og massetransport av sprengte masser for 73 % av utslippet i livsløpsfasene materiellproduksjon (A1-A3), transport (A4) og byggeplass (A5).

Tunnelen og fjellhallen har trolig litt andre krav og behov fra drift og vedlikehold enn en standard veitunnel. Programvaren VegLCA er designet for en standard tunnel. Ettersom ett års drift utgjør så lite av de totale utslippene antas det at denne usikkerheten er akseptabel.



Figur 3: Klimagassutslipp fra materialproduksjon (A1-A3), transport til byggeplass (A4) og byggeplass (A5) fordelt på materialer. Kilde: VegLCA

3.2.3 Klimagassreducerende tiltak

De mest effektive klimagassreducerende tiltakene er de som kutter mest mulig CO₂-ekv. Derfor bør tiltak for de største utslippspostene i Figur 3 undersøkes. Det er Rambølls erfaring at det ikke finnes gode klimavennlige alternativer for sprengningsmetoder og sprengstoff, selv om f.eks. bruk av elektriske tennere kan redusere miljøpåvirkningen gjennom redusert plast. Bruk av elektriske borerigger kan være aktuelt i noen prosjekter. Likevel anses det å kutte utslipp fra de to gjenværende største postene, massetransport og sement, som de mest realistiske mulighetene til å redusere klimaavtrykket i dette prosjektet.

Lokal utnyttelse av massene gir en redusert transportdistanse. Dersom transportdistansen for massene ut av anlegget kan reduseres fra 20 til 5 km vil klimagassutslippene fra byggeplass (A5) minke fra 1 290 tonn CO₂-ekv. til 375 tonn CO₂-ekv., en klimagassbesparelse på **915** tonn CO₂-ekv. Bruk av biodiesel eller om mulig elektriske maskiner til massetransport vil også være med på å senke utslippene.

Som nevnt i kapittel 3.1 er det mulig å erstatte de mest utslippintensive materialene med materialer som er produsert med hensyn til klima og derfor har en lavere utslippsfaktor. Dersom sprøytebetongen kan erstattes av betong i lavkarbonklasse A vil klimagassutslippet per kubikk reduseres fra 332 kg CO₂-ekv. til 258 kg CO₂-ekv, altså 74 kg CO₂-ekv. Totalt for fjellhallen utgjør dette en klimagassbesparelse på **22** tonn CO₂-ekv. Dette er avhengig av at tiltaket er teknisk og praktisk gjennomførbart.

3.3 Renseanlegg i fjellhall

Renseanlegget i fjellhallen vil bestå av bl.a. store mengder betong, både som dekke, vegger, men også som basseng for avløpsvann i forskjellige trinn i rensingen.

3.3.1 Metode

For å kvantifisere klimagassutslipp fra byggematerialer i fjellhall er materialmengder lagt til i klimagassprogrammet OneClick LCA [3]. Mengder er tatt fra kostnadsoverslag utarbeidet av rådgivende ingeniør bygg (RIB).





3.3.2 Resultat

Renseanlegget medfører ca. 3 855 tonn CO₂-ekv. for livsløpsfasene tilknyttet utbygging (A1-A3, A4 og A5), se Tabell 5. Energibruk i drift (B6) er ikke inkludert her, men blir beregnet i kapittel 4.1.

Tabell 5: Resultat klimagassutslipp for renseanlegg for livsløpsfasene A1-A5 i kg CO₂-ekv

Livsløpsfase	Klimagassutslipp	Enhet	Prosentvis andel
Materialproduksjon (A1-A3)	3 489	tonn CO ₂ -ekv.	90,5 %
Transport til byggeplass (A4)	199	tonn CO ₂ -ekv.	5,1 %
Byggeplass (A5)	167	tonn CO ₂ -ekv.	4,4 %
Sum	3 855	tonn CO₂ -ekv.	100 %

Livsløpsfasen materialproduksjon (A1-A3) står for hovedparten av utslippene. I Figur 4 er de fem mest medvirkende materialene innen denne livsløpsfasen listet opp. Betong, stål og epoksy utgjør de største utslippene i bygget. Denne rapporten tar for seg klimagass, men Rambøll ønsker å belyse epoksys negative påvirkning på andre miljøaspekter. Mer om dette kan leses i Vedlegg g.

▼ Most contributing materials (Global warming)		
No.	Resource	Cradle to gate impacts (A1-A3)
1.	Concrete (Norwegian low-carbon)  ?	2 409 tons CO ₂ e
2.	Reinforcement steel (rebar), generic  ?	646 tons CO ₂ e
3.	Ready-mix concrete, normal-strength, generic  ?	200 tons CO ₂ e
4.	Waterproof epoxy floor paint, for interior application  ?	57 tons CO ₂ e
5.	Rock wool insulation panels, unfaced, generic ?	23 tons CO ₂ e

Figur 4: Mest medvirkende materialer til klimagassutslipp for renseanlegg for livsløpsfasen A1-A3 i tonn CO₂-ekv. Kilde: OneClick LCA

3.3.3 Klimagassreducerende tiltak

De mest effektive tiltakene er de som berører materialene som bidrar mest til klimagassutslipp. Eksempler på tiltak kan være:

- Bruk betong i høy lavkarbonklasse (A, pluss eller ekstrem) [6]
- Senk fasthetsklasse til betong hvor mulig
- Bruk stål med høy resirkuleringsgrad (100 % for armering)
- Velg vegg- og gulvbelegg med lavest utslipp per kvadrat

Tabell 6 viser resultatet ved å benytte betong i lavkarbonklasse pluss og armering med 100 % resirkuleringsgrad. Utslippene er redusert med ca. 40 % eller **1 420** tonn CO₂-ekv.

Tabell 6: Resultat klimagassutslipp etter tiltak for livsløpsfasene A1-A5 i kg CO₂-ekv

Livsløpsfase	Klimagassutslipp	Enhet	Prosentvis andel
Materialproduksjon (A1-A3)	2 118	tonn CO ₂ -ekv.	87,3 %
Transport til byggeplass (A4)	199	tonn CO ₂ -ekv.	8,2 %
Byggeplass (A5)	110	tonn CO ₂ -ekv.	4,5 %
Sum	2 427	tonn CO₂ -ekv.	100 %

3.4 Vei

Å bygge ny vei er en nødvendig aktivitet som kan ha stor miljøpåvirkning, med klimagassutslipp fra hele livsløpet. Under materialproduksjonen (A1-A3) oppstår utslipp fra produksjonen av for eksempel slite- og bærelag i asfalten, støttemurer og masser. Dersom materialene må fraktes langt kan også utslippene fra transport til byggeplass (A4) bli store. Derfor er det gunstig å finne alternativer lokalt. Utslipp fra byggeplassen (A5) domineres ofte av arealbruksendringene, klimagassutslipp som oppstår når karbonet i jord og organisk materiale oksiderer og danner CO₂. Under drift og vedlikehold (B4-B6) kan det være klimagassutslipp fra reasfaltering, belysning og utskiftning av skilt og rekkverk.

3.4.1 Metode

Mellomfaseverktøyet til VegLCA er brukt til å beregne klimagassutslippet til den nye adkomstveien fra E134 til renseanlegget, med de samme parameterne som for fjellhallen. Inngangsfaktorer til inventaret (Vedlegg d) er hentet fra fagrapporten til Vei med tilhørende mengde- og kostnadsanslag [7]. Veien er ca. 650 meter lang og leder til tunnelen inn i fjellet. ÅDT fra mobilitetsplanen på 100 kjt/d er benyttet [8].

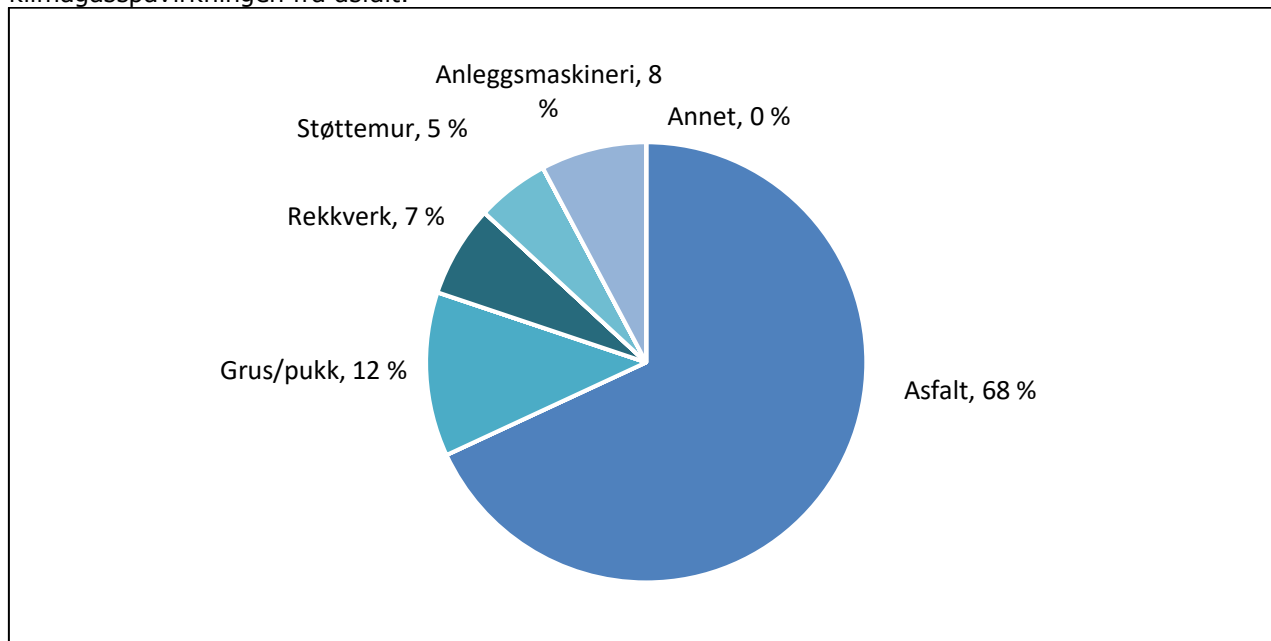
3.4.2 Resultat

Fra resultatet i Tabell 7 er det tydelig at de indirekte utslippene fra materialproduksjon (A1-A3) og transporten av disse til byggeplass (A4) er dominerende. Arealbruksendringer, det vil si fjerning av eksisterende skogsvegetasjon og jordsmonn, står for 254 av 302 tonn CO₂ i livsløpsfasen byggeplass (A5). Utslipp fra drift og vedlikehold (B4-B6) er svært lave. Her er det viktig å påpeke at levetiden til veien vil være mye lenger enn det ene året som her er beregnet. Over et helt livsløp vil derfor utslippene knyttet til drift og vedlikehold (B4-B6) utgjøre en større andel.

Tabell 7: Klimagassutslipp fra ny vei til renseanlegget fordelt på livsløpsfase

Livsløpsfase	Klimagassutslipp	Enhet	Prosentvis andel
Materialproduksjon og transport (A1-A4)	566	tonn CO ₂ -ekv.	64,2 %
Byggeplass (A5)	302	tonn CO ₂ -ekv.	34,3 %
Drift og vedlikehold ett år (B4-B6)	13	tonn CO ₂ -ekv.	1,5 %
Sum	881	tonn CO₂ -ekv.	100 %

Utslipp fra de ulike inngangsfaktorene fra livsløpsfasene materialproduksjon, transport og byggeplass (A1-A5) er vist i Figur 5. Direkte utslipp fra byggeplass er inkludert, mens arealbruksendringer er ekskludert fra figuren. Figuren viser at det kan være effektivt med tiltak for å redusere klimagasspåvirkningen fra asfalt.



Figur 5: Klimagassutslipp for materialproduksjon, transport til byggeplass og byggeplass (A1-A5), fordelt på inngangsfaktorer. Kilde: VegLCA

3.4.3 Klimagassreducerende tiltak

Figur 5 illustrerer at det mest effektive tiltaket for å redusere utslippene fra bygging av ny vei er å benytte en mer klimavennlig asfalt. Dette er et område som forskes og testes mye i dag. Noen av mulighetene er lavtemperaturasfalt, kaldprodusert asfalt, asfalt med fornybar bitumen eller resirkulert asfalt. Asfaltlaget som skal fjernes fra den eksisterende lokalveien i dag kan eksempelvis benyttes i den nye veien.

Å erstatte asfaltlagene med lavtemperaturasfalt har en klimagevinst på ca. 3 kg CO₂-ekv./m² asfalt. Total klimagassbesparelse for den planlagte veistrekningen for alle asfaltlagene utgjør **56** tonn CO₂-ekv. Over veiens reelle levetid vil veien reasfalteres flere ganger. For hver gang veien reasfalteres vil det være mulig å spare den samme mengden.

Andre mulige tiltak som ikke har en beregnet effekt i denne analysen er å revegetere skogsarealet som blir fjernet og ikke benyttes til vei, å benytte sensorstyrt belysning for å redusere energiforbruk i drift og utslippsfrie maskiner under utbygging. Betong brukt til støttemur kan endres til lavkarbonklasse pluss eller A for å gi ytterligere klimagassbesparelser. En annen mulighet er å bruke overskuddsbetong fra andre prosjekter.

4. Drift

4.1 Energi

Klimagassutslipp fra fossile energikilder, f.eks. diesel, består av direkte utslipp fra forbrenning og indirekte utslipp fra produksjon. Ved bruk av energikilder som hydrogen og elektrisitet er det ingen direkte utslipp. Derimot vil det alltid være indirekte utslipp, f.eks. ved produksjonen av hydrogen og elektrisitet. Derfor er det nødvendig å se på klimagassutslippene til energikildene over hele livsløpet.

I prosjektet er det valgt å bruke en varmepumpe til å utnytte overskuddsvarmen fra avløpsvannet og solceller til strømproduksjon. Slammet fra renseprosessen kan benyttes til biogassproduksjon. Biogassen kan videre produsere varme og strøm med en gasturbin på anlegget.

4.1.1 Metode

Energibalansen for termisk og elektrisk energi danner grunnlaget for inventaret til klimagassberegningene for energi [9]. Energibehov gir en klimabelastning, mens energiproduksjon gir en klimagevinst ettersom renseanlegget trenger mindre strøm fra nettet. Effektvurderingen er utført i OneClick LCA, hvor energibehovet for de ulike prosessene er lagt inn med positivt fortegn, mens energiproduksjonen er lagt inn med negativt fortegn. Beregningsperioden er satt til ett år.

4.1.2 Resultat

Utslippene fra energi er dominert av utslippene fra drift og vedlikehold (B4-B6). Av de nærmere 9 % av utslippene som ikke er fra energibruk i drift (B6) er det utslipp fra materialproduksjonen fra solceller og varmepumpe som utgjør det meste. Dette understreker at ved valg av energiløsninger må hele livsløpet hensyntas, og ikke bare mengde kWh brukt eller produsert under drift.

Tabell 8: Klimagassutslipp fra energi fordelt på livsløpsfaser

Livsløpsfase	Klimagassutslipp	Enhet	Prosentvis andel
Drift og vedlikehold ett år - forbruk (B4-B6)	912	tonn CO ₂ -ekv.	141 %
Drift og vedlikehold ett år - egenprodusert solceller (B4-B6)	-4	tonn CO ₂ -ekv.	-0,6 %
Drift og vedlikehold ett år - egenprodusert biogass (B4-B6)	-86	tonn CO ₂ -ekv.	-13 %
Drift og vedlikehold ett år - egenprodusert varme (B4-B6)	-175	tonn CO ₂ -ekv.	-27 %
Sum	647	tonn CO₂-ekv.	100 %

4.1.3 Klimagassreducerende tiltak

Et viktig ledd i å etablere Lier renseanlegg som et ressurscenter er å på sikt bli selvforsynt med energi, gjennom å effektivt utnytte overskuddsvarmen fra avløpsvannet, utvinne varme og strøm fra slam og elektrisitetsproduksjon fra solcellepanel. I 2020 er beregnet behov som dekkes av nettstrøm 5 428 264 kWh årlig, egenprodusert energi trukket ifra [9]. Med en europeisk utslippsfaktor på 0,12 kg CO₂-ekv./kWh utgjør dette et potensiale på 651 tonn CO₂-ekv. ved oppnåelse av klimanøytral drift

4.2 Slam

Drift av renseanlegg vil resultere i bl.a. slam. Istedenfor å deponere slam som avfall kan det benyttes som en ressurs som gjødsel i omkringliggende jordbruk.

4.2.1 Metode

Utrekningene er basert på en skrivebordsstudie som omfatter en vurdering av slam som gjødsel, innhenting av utslippsfaktorer for gjødsel, og en redegjørelse for antatte mengder slam i prosjektet.

4.2.2 Resultat

Slam fra avløp inneholder betydelige mengder næringsstoffer som kan være nyttig i jordbrukssammenheng, bl.a. organisk materiale, nitrogen (N) og fosfor (P). Et biprodukt fra produksjon av biogass via råtnetank er utrånnet slam (anaerobt stabilisert slam) [10]. Etter avvanning vil slikt slam fremstå som en grynete masse som normalt har ca. 25 % tørrstoffinnhold [11]. I ett tonn TS¹ er det ca. 425 kg organisk materiale, 30 kg totalnitrogen og 20 kg totalfosfor [12].

Gjødsel med organisk materiale betegnes som organisk gjødsel, mens gjødsel med nitrogen og fosfor kalles mineralgjødsel. Organisk gjødsel er helt eller delvis basert på biprodukter som avfall, slam og møkk [13]. Siden denne type gjødsel vanligvis er basert på biprodukter antas det i disse beregningene at det har ingen klimaeffekt å erstatte bruken av dette med avløpsslam. Nitrogen utvinnes hovedsakelig fra luft, mens fosfor utvinnes fra mineraler i jorda (gruvedrift). Begge er prosesser som medfører betydelige klimagassutslipp. Det er antatt at bruk av behandlet slam fra Lier ressurscenter i næromliggende jordbruk vil erstatte bruk av mineralgjødsel for å tilføre nitrogen og fosfor. Fosfor er ikke en utømmelig ressurs, derfor er et sirkulærøkonomisk aspekt for fosfor viktig for Norge.

4.2.3 Klimagassreducerende tiltak

Erfaringstall fra Linnes og Lahell renseanlegg tilsier at Lier ressurscenter vil produsere ca. 2 770 - 4 410 tonn slam per år (820 - 1 130 tonn TS per år). I beregningene videre er dette forenklet til 1000 tonn TS per år. Beregning og resultater ses i Tabell 9.

Tabell 9: Mengde- og utslippsberegninger for nitrogen og fosfor

Post	Faktor	Enhet	Kilde
Slammengde per år	1 000	tonn	Erfaringstall
Totalnitrogen per år	30	tonn N	NIBIO [12]
Totalfosfor per år	20	tonn P	NIBIO [12]
Utslippsfaktor for prod. av nitrogen til mineralgjødsel	3,6	tonn CO ₂ -ekv./tonn N	Yara [14]
Utslippsfaktor for prod. av fosfor til mineralgjødsel	0,7	tonn CO ₂ -ekv./tonn P	SLU [15]
Utslipp nitrogen per år (avverget)	108	tonn CO ₂ -ekv.	Utrekning
Utslipp fosfor per år (avverget)	14	tonn CO ₂ -ekv.	Utrekning
Utslipp totalt per år (avverget)	122	tonn CO₂-ekv.	Utrekning

Utrekningene viser at bruk av slam fra Lier ressurscenter kan erstatte bruk av mineralgjødsel tilsvarende **122** tonn CO₂-ekv. i året. Til sammenligning tilsvarer dette utslippene til ca. 990 000 kWh strøm per år (europeisk strømmiks i grunn).

¹ Tørrstoff

Mengden slam vil øke i takt med befolkningen i Lier, og vil i fremtiden bidra ytterligere til klimagasskutt.

4.3 Overvann

Fremmedvann fra overvann og innlekking fra grunnvann utgjør en stor del av vanntilførselen til et renseanlegg. Dette er vann som ikke trenger å gå via et renseanlegg og medfører større dimensjonering og økte driftskostnader. Fremmedvannet er vanligvis forårsaket av et dårlig ledningsnett fordelt over større områder.

4.3.1 Metode

Utrekningene er basert på en skrivebordsstudie som omfatter en vurdering av strømforbruk ifb. prosess, potensial for kutt av fremmedvann i avløpsnettets i Lier, og innvirkningen dette kan ha på strømforbruket.

4.3.2 Resultat

Lier kommune, i likhet med mange andre kommuner, har investerings-, sanerings- og hovedplaner for å utbedre dette [16]. Eksempelvis er over halvparten av vanntilførselen på Linnas renseanlegg i dag fremmedvann, og med klimaendringer og økt nedbør vil dette øke [17]. Tiltak for å redusere fremmedvann kan være et viktig klimatiltak da det medfører lavere energi-i-drift for et renseanlegg.

I fagrapport for energibalanse for nye Lier ressurscenter er energiposten «prosess» estimert til ca. 3 millioner kWh strøm per år og er den største posten i energiregnskapet [18]. Hvis det antas at målrettede tiltak på fremmedvann over tid vil halvere vanntilførselen til ressurscenteret, og at energiposten «prosess» følger vanntilførselen lineært, vil også strømforbruket halveres.

Tabell 10: Mengde- og utslippsberegninger for energipost «prosess»

Post	Faktor	Enhet	Kilde
Strømforbruk prosess	3 066 000	kWh/år	Fagrapport [18]
Strømforbruk prosess etter tiltak	1 533 000	kWh/år	Estimat
Utslippsfaktor strøm (europeisk)	0,12	kg CO ₂ -ekv./kWh	Bionova
Utslipp per år etter tiltak (avverget)	190	tonn CO₂-ekv./år	Utrekning

4.3.3 Klimagassreducerende tiltak

En halvering av vanntilførsel vil kunne senke klimagassutslippet med 190 tonn CO₂-ekv./år, se Tabell 10.

Tiltak har i seg selv et klimagassutslipp som følge av byggeplassdrift og bruk av materialer (f.eks. diesel og betong). Dette burde hensyntas i en fremtidig klimagassutredning av et spesifikt tiltak for å redusere fremmedvann.

5. Oppsummering

5.1 Totalt klimagassutslipp og måloppnåelse

Ved utbygging er det elementene fjellhall og renseanlegg som størst utslipp, etterfulgt av henholdsvis vei og administrasjonsbygg (Tabell 11). Bruken av større mengder utslippsintensive materialer som betong og sprengstoff, samt massetransport av sprengstein, er drivende for totalutslippet på ca. 7 650 tonn CO₂-ekv.

Tabell 11: Totalt klimagassutslipp for første del av den funksjonelle enheten: å bygge Lier renseanlegg.

Område	Klimagassutslipp	Enhet
Administrasjonsbygg	103	tonn CO ₂ -ekv.
Fjellhall	2 809	tonn CO ₂ -ekv.
Renseanlegg	3 855	tonn CO ₂ -ekv.
Vei	881	tonn CO ₂ -ekv.
Sum utbygging	7 648	tonn CO₂-ekv.

Ett års drift av renseanlegget medfører et strømforbruk som tilsvarer 647 tonn CO₂-ekv (Tabell 12). Dette er inklusivt bidraget fra solceller og biogass som senker strømforbruket med 90 tonn CO₂-ekv. Ved å bruke utråtnet slam som gjødsel er det estimert et kutt i bruk av mineralgjødsel tilsvarende 122 tonn CO₂-ekv. Totalutslipp blir da på 525 tonn CO₂-ekv. per år i drift.

Tabell 12: Totalt klimagassutslipp for andre del av den funksjonelle enheten: å drifte Lier renseanlegg i ett år. Utnyttelse av avfallsprodukter er sett på som ren gevinst.

Område	Klimagassutslipp	Enhet
Energi	647	tonn CO ₂ -ekv.
Utråtnet slam	-122	tonn CO ₂ -ekv.
Sum drift (per år)	525	tonn CO₂-ekv.

Totalt for den funksjonelle enheten *å bygge og drifte Lier renseanlegg i ett år* er klimagassutslippet beregnet til 8 173 tonn CO₂-ekv. Dette tilsvarer det årlige utslippet til omtrent 1000 nordmenn [19].

5.2 Klimagassreducerende tiltak under utbygging

I Tabell 13 er potensialet for utslippskutt oppsummert fra alle delkapitler for utbygging. Kortere transportavstander for sprengstein og bruk av betong i lavkarbonklasse pluss i renseanlegg medfører de største kuttene, på henholdsvis 915 og 1 420 tonn CO₂-ekv. Kutt for vei og administrasjonsbygg er noe mindre med henholdsvis 56 og 31 tonn CO₂-ekv, grunnet bruk av lavtemperaturasfalt og betong i lavkarbonklasse pluss.

Tabell 13: Kutt klimagassutslipp for første del av den funksjonelle enheten: å bygge Lier renseanlegg.

Område	Beregnet potensiale for utslippskutt	Enhet
Administrasjonsbygg	31	tonn CO ₂ -ekv.
Fjellhall	915	tonn CO ₂ -ekv.
Renseanlegg	1 420	tonn CO ₂ -ekv.
Vei	56	tonn CO ₂ -ekv.
Sum	2 422	tonn CO₂-ekv.

Andre klimagassreducerende tiltak under utbygning som prosjektet bør vurdere er f.eks.:

- Utslippsfri byggeplass
- Revegetering avskogede områder
- Bruk av ombrukte materialer i administrasjonsbygget
- Etterstrebe reduksjon av totale materialmengder
- Velge robuste løsninger som reduserer behovet for utskiftning og vedlikehold

I kapittel 3.1 ble det vist at det er mulig å innfri målet om 20 % reduksjon fra administrasjonsbygget sammenlignet med et referansebygg. Ettersom dette tilsvarer et CO₂ -utslipp på om lag 20 tonn CO₂ -ekv., 2,6 % av de totale utslippene for utbygging, anbefales det at prosjektet utvider målene. Ved å inkludere klimagassreduksjoner for flere av områdene kan prosjektet være i tråd med Lier kommune sin visjon om å bli et lavutslippssamfunn.

5.3 Klimanøytral drift

Klimagassreducerende tiltak for drift er vurdert i selve prosjekteringen av renseanlegget. Tiltak som er utredet er strøm fra solceller, biogass fra slam, gjødsel fra slam, og varme fra avløpsstrømmer. Et tiltak som ikke er spesifikt prosjektert, er kutt av fremmedvann som vil medføre mindre strømforbruk til prosessering av vannstrømmer.

Uten tiltak på energi ville Lier ressurscenter hatt et utslipp fra drift på 912 tonn CO₂-ekv. per år. Med tiltak, inkludert utnyttelsen av utrånnet slam, er utslippene kuttet med 42 % til 525 tonn CO₂-ekv. per år.

De tiltakene som har vist seg å ha størst effekt i denne analysen er reduksjon av fremmedvann, økt varmeproduksjon fra avløpsstrømmer, bruk av utrånnet slam som gjødsel, og biogassproduksjon. Under fremtidig drift av renseanlegget anbefales det derfor å ha fokus på å:

- Redusere mengden fremmedvann
- Utnytte mer varme fra avløpsstrømmer
- Øke produksjon av utrånnet slam som gjødsel til jordbruk
- Øke produksjon av biogass

Utrengningen er basert på avløpsstrømmer renseanlegget ville hatt hvis det ble bygd i nær framtid. Prognoser tilsier befolkningsvekst i drammensregionen, som vil medføre økte avløpsstrømmer og mer energikrevende drift. Samtidig vil det åpnes muligheter for økt produksjon av varme, biogass og utrånnet slam til gjødsel som vil kutte netto utslippene. Med kunnskapsbaserte og effektive tiltak, samt et fokus på maksimal utnyttning av ressurser, kan det være mulig å oppnå klimanøytral drift for renseanlegget på sikt.

6. Referanser

- [1 CEN, «ISO 14040:2006: Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk,» Norsk] standard, 2006.
- [2 Statens vegvesen, «VegLCA v.4.10,» 02 09 2020. [Internett]. Available: www.vegvesen.no. [Funnet] 01 12 2020].
- [3 OneClick LCA og 360optimi, «OneClick LCA v.21.10.2020, database v.7.6,» Bionova, 2020.]
- [4 Ecoinvent, «Ecoinvent - The world's most consistent & transparent life cycle inventory database,»] 2020. [Internett]. Available: www.ecoinvent.org. [Funnet 17 11 2020].
- [5 Norsk Standard, «NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygg,» Norsk Standard,] 2018.
- [6 Norsk Betongforening, «Lavkarbonbetong Publikasjon nr. 37,» Norsk Betongforening, 2019.]
- [7 Rambøll, «Fagrapport nr.11: Veil,» Lier kommune, 2021.]
- [8 Rambøll, «Temanotat nr. 06: Mobilitetsplan,» Lier kommune, 2021.]
- [9 Rambøll, «Fagrapport: Energibalanse og overskuddsenergi,» Lier kommune, 2021.]
- [1 Norsk Vann, «Mattilsynet,» [Internett]. Available:]
 0] https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/gjodsel_jord_og_dyrkingsmedier/bruk_av_avlopsslam_informasjonsbrosjyre.2051/binary/Bruk%20av%20avl%C3%B8pslam,%20informasjonsbrosjyre. [Funnet 4 Mars 2021].
- [1 Ivar, «Slambehandling,» [Internett]. Available: <https://www.ivar.no/slambehandling/>. [Funnet 4] 1] Mars 2021].
- [1 Nibio, «Avløpslam,» [Internett]. Available: [https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-2\]_gjodsel/avlopsslam](https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-2]_gjodsel/avlopsslam). [Funnet 4 Mars 2021].
- [1 Mattilsynet, «Organisk gjødsel,» [Internett]. Available:]
 3] https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/gjodsel_jord_og_dyrkingsmedier/organisk_gjodsel_jordforbedringsmidler_og_dyrkingsmedier/. [Funnet 4 Mars 2021].
- [1 Yara, «Livsløpsanalyse av mineralgjødsel,» [Internett]. Available:]
 4] <https://www.yara.no/gjoedsel/klima-og-miljo/livslopsanalyse-av-mineralgjodsel/>. [Funnet 4 Mars] 2021].
- [1 K. T. A. M. & M. J. E. Linderholm, «Life cycle assessment of phosphorus alternatives for Swedish] 5] agriculture,» 2012.
- [1 Viva, «Hovedplan for vann og avløp 2017 – 2041,» Lier kommune, Lier, 2016.]
 6]
- [1 Rambøll, «Temanotat fag renseanlegg dimensjoneringsgrunnlag avløpsmengder,» Lier VVA KF, Lier,]
 7] 2020.
- [1 Rambøll, «Fagrapport energibalanse og overskuddsenergi,» Lier kommune, Lier, 2021.]
 8]

[1 Norsk klimastiftelse, «Utslippsfordelingen klimagassutslipp per innbygger,» Energi og Klima, 13 01 9] 2021. [Internett]. Available: www.energiogklima.no. [Funnet 12 03 2021].

7. Vedlegg

a. Administrasjonsbygg

1. Foundations and substructure 3 Tons CO₂e - 2 %

Materials in the foundations will never be replaced, no matter assessment period length. For BREEAM UK M

Foundation, sub-surface, basement and retaining walls [↔ Compare answers](#) [+ Create](#)

Search by name, manufacturer, EPD nr

Resource	Quantity	CO ₂ e
Footing foundations for hard ?	250.0 m ²	2,2t - 2%
EPS Insulation, T: 10-2400 mm, 600 ?	43.0 m ² x 200 mm	0,64t - 0,5%

2. Vertical structures and facade 32 Tons CO₂e - 25 %

External walls and facade [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#) [+ Move materials](#)

Search by name, manufacturer, EPD nr

Resource	Quantity	CO ₂ e	Comment
Timber frame external wall a ?	142.0 m ²	1,6t - 1%	
Lightweight aggregate (LECA) ?	20.0 m ²	1,3t - 1%	
Concrete external wall assem ?	41.0 m ²	3,5t - 3%	
Brick wall, incl. mortar, Br ?	142.0 m ²	3,4t - 3%	
Fiber cement sheet cladding, ?	61.0 m ²	0,26t - 0,2%	

Columns and load-bearing vertical structures [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#)

Search by name, manufacturer, EPD nr

Resource	Quantity	CO ₂ e	Comm
Structural hollow steel sections (H ?	1322.0 kg	5t - 4%	Squa
Concrete column - for concre ?	5.8 m	0,26t - 0,2%	

Internal walls and non-bearing structures [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#) [+ Mc](#)

Search by name, manufacturer, EPD nr

Resource	Quantity	CO ₂ e
Steel stud internal wall ass ?	263.0 m ²	3,9t - 3%
Concrete internal wall assem ?	66.0 m ²	3,6t - 3%
Glass wall partitioning system, ?	88.0 m ² x 75 mm	5t - 4%
Wooden entrance door, per m ² , 809x2 ?	22.0 m ²	2,8t - 2%
Plasterboard, filled, sanded ?	113.0 m ²	0,48t - 0,4%
Mineral wool suspended ceili ?	113.0 m ²	0,67t - 0,5%

3. Horizontal structures: beams, floors and roofs 🌫️ 86 Tons CO₂e

Floor slabs, ceilings, roofing decks, beams and roof [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#)

Resource	Quantity	CO ₂ e
Concrete ground slab assembly ?	250.0 m ²	38t - 30%
Structural steel profiles, generic, ?	6075.0 kg	13t - 11%
Concrete roof assembly, U-val ?	250.0 m ²	17t - 14%
Bitumen sheets for waterproofing of ?	250.0 m ² x 5 mm	12t - 10%
Parquet flooring, incl. vapo ?	34.0 m ²	0,37t - 0,3%
Vinyl flooring, Be Natural Be Di ?	23.0 m ² x 2 mm	0,72t - 0,6%
Woven wall-to-wall carpet, PA 6, te ?	158.0 m ²	4,8t - 4%
Ceramic tiles, incl. underla ?	11.0 m ²	55kg - ~0%

4. Other structures and materials 🌫️ 4 Tons CO₂e - 3 %

Other structures and materials [🔍](#) [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#) [+ Move materials](#)

Windows and doors [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#) [+ Move materials](#)

Resource	Quantity	CO ₂ e
Triple glazed window, incl. ?	50.0 m ²	2,8t - 2%
Multifunctional steel door, prod ?	5.0 m ²	0,83t - 0,7%

b. Fjellhall (VegLCA)

Materialforbruk		
Materialer	Mengde	Enhet
Asfalt, Agb		Velg enhet
Asfalt, Ab		Velg enhet
Asfalt, Ska		Velg enhet
Asfalt, lavtemperatur		Velg enhet
Asfalt, kaldprodusert		Velg enhet
Bærelag (Ag)		m3
Forsterkningslag (pukk)		am3
Betong, B25, bransjereferanse		m3
Betong, B35, bransjereferanse		m3
Betong, B45, bransjereferanse		m3
Betong, B25, lavkarbon klasse B		m3
Betong, B35, lavkarbon klasse B		m3
Betong, B45, lavkarbon klasse B		m3
Betong, B25, lavkarbon klasse A		m3
Betong, B35, lavkarbon klasse A		m3
Betong, B45, lavkarbon klasse A		m3
Betongelement, prefabrikkert, lavkarbon C		tonn
Betongelement, prefabrikkert, lavkarbon B		tonn
Betongelement, prefabrikkert, lavkarbon A		tonn
Sprøytebetong, B35 (uten fiber av stål/plast)	300,0	m3
Injeksjonssement	625,0	tonn
Fyllingsmateriale, EPS 200		m3
Fyllingsmateriale, skumglassgranulat		m3
Fyllingsmateriale, lettklinker/ekspandert leire		m3
Fyllingsmateriale, grus/pukk		am3
Isolasjon, XPS 400		m3
Kalksementstabilisering (50% kalk, 50% sement)		tonn
Limtre		m3
PE-skumplater		m3
Rekkverk, standard vegrekkverk		1m rekkverk
Rekkverk på bru (kjøresterkt rekkverk i stål)		1m rekkverk
Rør og kummer, betong		tonn
Rør og kummer, plast		tonn
Støttemur av betong		Velg enhet
Støttemur av naturstein		Velg enhet
Stål, armering og bolter kamstål	44,3	tonn
Stål, spennarmering		Velg enhet
Stål, konstruksjonsstål og annet stål		tonn
Stål, peier		tonn
Stål, rustfritt/høykvalitet		tonn
Stål, spunt		tonn
Tettemembran, plast	1 270,0	m2
Trevirke, annet		m3

Anleggsarbeid		
Prosess	Mengde	Enhet
Sprengning dagen (kun sprengning)		pfm3
Sprengning i tunnel (kun sprengning)	155 000,0	pfm3
Massehåndtering og -graving (alle masser)		pfm3
Masser ut av anlegg (kun transport)	155 000,0	pfm3
Masser inn til anlegg (kun transport)	-	1m3

Arealbeslag		
Arealtype	Mengde	Enhet
Dyrket mark/matjord		m3
Myr		m3
Skog		m2

Tips til utfylling av mengdedata

Velg enhet: For materialer med alternative enheter på inputdata, MÅ dette velges

Asfalt: kan angis i enten m2 eller tonn

Mengder i tonn anbefales, da dette gir mer nøyaktige beregninger
Levetid for slitelaget beregnes fra angitt ÅDT

Det anbefales å velge type asfalt ut fra anbefalinger for ÅDT-klasser

Betong: her er det mange kvaliteter å velge mellom

Det anbefales å fylle inn for ulike typer så langt det lar seg gjøre

Har man ikke denne type informasjon skal

B35, bransjereferanse benyttes.

Dette gjelder også for betongelementer

Rekkverk: Her skal løpemeter rekkverk angis, dvs total lengde enkelt rekkverk

Rør og kummer: Siden rør og kummer leveres med ulike dimensjoner og tykkelser må vekt (tonn) av rør og kummer beregnes manuelt. Se fanen *Beregningsfaktorer* fra rad 50 for vekt av ulike rørtyper

Støttemur: kan angis i enten mengde i m3 eller areal

Mengde i m3 anbefales, da dette gir mer nøyaktige beregninger

Spennarmering: kan angis i enten tonn eller mMN

Sommerdrift (kantslått, kumtømming, grøfterens og feiling) beregnes basert på veilengde

Vinterdrift (brøyting, salt og skiltvask) beregnes basert på veilengde

Utslippsdata

Dersom man har utslippsdata for bestemte materialer tilgjengelig, kan man fylle inn disse i fanen *Utslippsfaktorer*. Dersom det angis prosjektspesifikke utslippsfaktorer, vil disse overstyre standardfaktorene i beregningene.

c. Renseanlegg i fjellhall

1. Foundations and substructure ☁️ 12 Tons CO_{2e}

Materials in the foundations will never be replaced, no matter assessment period length. For BREEAM UK Mat Foundation, sub-surface, basement and retaining walls [↔ Compare answers](#) [+ Create a](#)

Resource	Quantity	CO _{2e}
Aggregate (crushed gravel), generic ?	7833.0 m ² x 250 mm	12t - 0,3%

2. Vertical structures and facade ⓘ ☁️ 2936 Tons CO_{2e} - 67 %

External walls and facade [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#) [+ Move materials](#)

Columns and load-bearing vertical structures [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#)

Resource	Quantity	CO _{2e}
Concrete column, C45/55 (B45 M45), ?	28.0 m ³	14t - 0,3%

Internal walls and non-bearing structures [↔ Compare answers](#) [+ Create a group](#) [+ M](#)

Resource	Quantity	CO _{2e}
Reinforcement steel (rebar), generi ?	708846.0 kg	472t - 11%
Concrete (Norwegian low-carbon), B4 ?	5907.05 m ³	2 202t - 51%
Waterproof epoxy floor paint, for i ?	19339.0 m ² x 0.3 mm	229t - 5%
Lightweight concrete block, with ex ?	1398.0 m ² x 250 mm	16t - 0,4%
Insulation, glass wool/mineral w ? ⓘ	314.0 m ² x 300 mm	2,1t - ~0%

3. Horizontal structures: beams, floors and roofs 📄 1395 Tr

Floor slabs, ceilings, roofing decks, beams and roof ↔ Compare answers ➕ Create

Search by name, manufacturer, EPD nr ▼

Resource ↕	Quantity ↕	CO ₂ e ☁
Reinforcement steel (rebar), generi ?	327600.0 kg ▼	218t - 5%
Ready-mix concrete, normal-strength ?	865.8 m3 ▼	252t - 6%
Concrete (Norwegian low-carbon), B4 ?	1864.2 m3 ▼	695t - 16%
Concrete beam, C45/55 (B45 M60), lo ?	26.88 m3 ▼	8,9t - 0,2%
Waterproof epoxy floor paint, for i ?	10167.0 m2 ▼ x 0.3 mm	121t - 3%
Insulation, EPS 80 (EPS Gruppen) ? 🔍	1149.0 m2 ▼ x 100 mm	7t - 0,2%
Radon and moisture membrane for ? 🔍	7833.0 m2 ▼ x 1 mm	38t - 0,9%
+ 🏠 Flat roof, timber joists, P2 ?	1149.0 m ²	56t - 1%

4. Other structures and materials ☁ 10 Tons CO₂e

Other structures and materials 📄 ↔ Compare answers ➕ Create a group ➕ Mov

Search by name, manufacturer, EPD nr ▼

Resource ↕	Quantity ↕	CO ₂ e ☁
Precast concrete part, staircase, 1 ?	5.0 unit ▼	1,6t - ~0%
Precast concrete part, staircase, 1 ?	5.0 unit ▼	1,6t - ~0%

Windows and doors ↔ Compare answers ➕ Create a group ➕ Move materials

Search by name, manufacturer, EPD nr ▼

Resource ↕	Quantity ↕	CO ₂ e ☁
Interior wooden door leaf, solid co ?	12.0 unit ▼	0,65t - ~0%
Metal door from carbon steel, 98 kg ?	9.0 unit ▼	4,6t - 0,1%
Metal door from carbon steel, 98 kg ?	1.0 unit ▼	0,51t - ~0%
Metal door from carbon steel, 98 kg ?	3.0 unit ▼	1,5t - ~0%

Ressurs ↕	Mengde ↕	CO ₂ e ☁	Kommentar ↕	Bygningsdel	Transport, kilometer 📄 ↕
Solar panel photovoltaic system, EU ?	206 m2 ▼	37t - 5%	Fra energioversikt - KU	737 - Utendørs forsyningsanlegg	70 Stor varebil, 9 tonns
Electric boiler, per 1kW / unit - b ?	20 kW ▼	0,55t - 0,1%	Fra energioversikt - KU	49 - Andre elkraftinstallasjoner	70 Stor varebil, 9 tonns
Air-to-water heat pump with electri ?	35 unit ▼	28t - 4%	Energioversikten: 350 kW	28 - Trapper, balkonger, m.m.	70 Stor varebil, 9 tonns

d. Vei (VegLCA)

Materialforbruk		
Materialer	Mengde	Enhet
Asfalt, Agb	10 114,0	m2
Asfalt, Ab	8 412,0	m2
Asfalt, Ska		Velg enhet
Asfalt, lavtemperatur		Velg enhet
Asfalt, kaldprodusert		Velg enhet
Bærelag (Ag)	1 231,2	m3
Forsterkningslag (pukk)	5 068,0	am3
Betong, B25, bransjereferanse		m3
Betong, B35, bransjereferanse		m3
Betong, B45, bransjereferanse		m3
Betong, B25, lavkarbon klasse B		m3
Betong, B35, lavkarbon klasse B		m3
Betong, B45, lavkarbon klasse B		m3
Betong, B25, lavkarbon klasse A		m3
Betong, B35, lavkarbon klasse A		m3
Betong, B45, lavkarbon klasse A		m3
Betongelement, prefabrikkert, lavkarbon C		tonn
Betongelement, prefabrikkert, lavkarbon B		tonn
Betongelement, prefabrikkert, lavkarbon A		tonn
Sprøytebetong, B35 (uten fiber av stål/plast)		m3
Injeksjonssement		tonn
Fyllingsmateriale, EPS 200		m3
Fyllingsmateriale, skumglassgranulat		m3
Fyllingsmateriale, lettklinker/ekspandert leire		m3
Fyllingsmateriale, grus/pukk		am3
Isolasjon, XPS 400		m3
Kalksementstabilisering (50% kalk, 50% sement)		tonn
Limtre		m3
PE-skumplater		m3
Rekkverk, standard vegrekkverk	960,0	1m rekkverk
Rekkverk på bru (kjøresterkt rekkverk i stål)		1m rekkverk
Rør og kummer, betong		tonn
Rør og kummer, plast		tonn
Støttemur av betong	140,0	m2
Støttemur av naturstein		Velg enhet
Stål, armering og bolter kamstål		tonn
Stål, spennarmering		Velg enhet
Stål, konstruksjonsstål og annet stål		tonn
Stål, pelar		tonn
Stål, rustfritt/høykvalitet		tonn
Stål, spunt		tonn
Tette membran, plast		m2
Trevirke, annet		m3

Anleggsarbeid		
Prosess	Mengde	Enhet
Sprengning dagen (kun sprengning)		pfm3
Sprengning i tunnel (kun sprengning)		pfm3
Massehåndtering og -graving (alle masser)		pfm3
Masser ut av anlegg (kun transport)		pfm3
Masser inn til anlegg (kun transport)		1m3
Arealbeslag		
Arealtype	Mengde	Enhet
Dyrket mark/matjord		m3
Myr		m3
Skog	12 500,0	m2
Tips til utfylling av mengdedata		
<p>Velg enhet: For materialer med alternative enheter på inputdata, MÅ dette velges</p> <p>Asfalt: kan angis i enten m2 eller tonn</p> <p>Mengder i tonn anbefales, da dette gir mer nøyaktige beregninger</p> <p>Levetid for slitelaget beregnes fra angitt ÅDT</p> <p>Det anbefales å velge type asfalt ut fra anbefalinger for ÅDT-klasser</p> <p>Betong: her er det mange kvaliteter å velge mellom</p> <p>Det anbefales å fylle inn for ulike typer så langt det lar seg gjøre</p> <p>Har man ikke denne type informasjon skal B35, bransjereferanse benyttes.</p> <p>Dette gjelder også for betongelementer</p> <p>Rekkverk: Her skal løpemeter rekkverk angis, dvs total lengde enkelt rekkverk</p> <p>Rør og kummer: Siden rør og kummer leveres med ulike dimensjoner og tykkelser må vekt (tonn) av rør og kummer beregnes manuelt. Se fanen <i>Beregningsfaktorer</i> fra rad 50 for vekt av ulike rørtyper</p> <p>Støttemur: kan angis i enten mengde i m3 eller areal</p> <p>Mengde i m3 anbefales, da dette gir mer nøyaktige beregninger</p> <p>Spennarmering: kan angis i enten tonn eller mMN</p> <p>Sommerdrift (kantslått, kumtømming, grøfterensk og feiing) beregnes basert på veilengde</p> <p>Vinterdrift (brøyting, salt og skiltvask) beregnes basert på veilengde</p> <p>Utslippsdata</p> <p>Dersom man har utslippsdata for bestemte materialer tilgjengelig, kan man fylle inn disse i fanen <i>Utslippsfaktorer</i>. Dersom det angis prosjektspesifikke utslippsfaktorer, vil disse overstyre standardfaktorene i beregningene.</p>		

e. Energi (OneClick LCA)

1. Elektrisitetsforbruk fra nettet 🌩️ 647 Tonn CO₂e - 91 %

Elektrisitetsforbruk (obligatorisk)

Velg elektrisitetstype samt fyll in forbruket og bruken av elektrisitet. Den kjøpte elektrisiteten rapporteres her. Elektrisitet kan rapporteres separat per bruksformål eller som totalt elektrisitetsforbruk. G 60-årig degressiv energimiks her.

Begynn å skrive eller klikk på

Ressurs ⇅	Mengde ⇅	CO ₂ e ⇅	Kommentar ⇅	Profil ⓘ	Bruk ⓘ
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	3068000 kWh	377t - 53%	Prosess	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	175200 kWh	22t - 3%	Kjøling	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	876000 kWh	108t - 15%	Varmegjen. varmepumper	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	876000 kWh	108t - 15%	Viftemotor, lufteanlegg	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	175200 kWh	22t - 3%	Elkjel	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	438000 kWh	54t - 8%	Servicebygg	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	87600 kWh	11t - 2%	Uteområde	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	-31536 kWh	-3 882,18kg - ~0%	Solcelle	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	-700000 kWh	-88 172,24kg - ~0%	Strøm fra biogassgenerator	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	1656166 kWh	204t - 29%	Oppvarming av friskluft	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	8996 kWh	1,1t - 0,2%	Oppvarming av servicebygg	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	6790 kWh	0,84t - 0,1%	Oppvarming av vedlikeholds	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	9259 kWh	1,1t - 0,2%	Laboratorie og kontrollrom	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	-1420000 kWh	-174 806,55kg - ~0%	Varmeproduksjon varmepun	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾
Elektrisitet, EU28 + Norge, forvent ?	30000 kWh	3,7t - 0,5%	Behov til biogassproduksjon	2016_18-60	Alle elektrisitet Endring ▾

f. Lavkarbonklasser (hentet fra Norsk Betongforening Publikasjon nr. 37. [6])

Tabell 1 Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp (begrenset til modul A1-A3 i NS-EN 15804 /7/). Valg av klasse skal skje under de forutsetningene som er gitt i kapittel A2.

Fasthetsklasse ¹⁾ og lavkarbonklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]							
Bransjereferanse	240	260	280	330	360	370	380
Lavkarbon B	190	210	230	280	290	300	310
Lavkarbon A	170	180	200	210	220	230	240
Lavkarbon Pluss ²⁾			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem ²⁾			110	120	130	140	150

- 1) Se kapittel A2 om sammenhengen mellom fasthetsklasser, bestandighetsklasser og karbonklasser
- 2) Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensinger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt

g. Epoksy (Statsbygg og Miljødirektoratets innstilling).