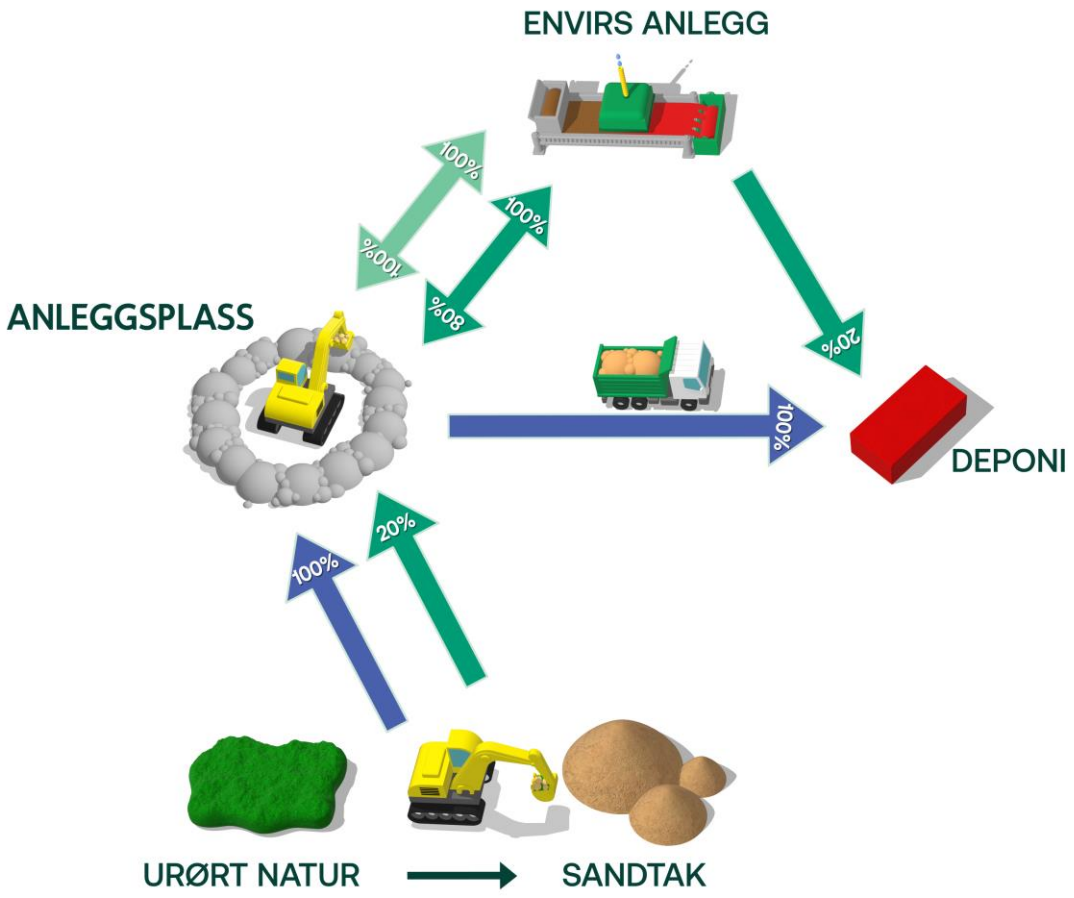
RAPPORT

Sirkulærøkonomisk massehåndtering – betydning for klimagassutslipp og samfunnsøkonomi



MENON-PUBLIKASJON NR. 49/2022

Av Kristin Magnussen, Ståle Navrud og Erlend M. Fleisje

Forord

På oppdrag av Envir AS har Menon Economics gjennomført en utredning av temaet sirkulærøkonomisk massehåndtering. Formålet med bestillingen er å fremskaffe en oversikt over karbonregnskap, monetære og ikke-monetære verdier i forbindelse med ulike driftsformer for massehåndtering.

Arbeidet er gjennomført med partner i Menon senter for miljø- og ressursøkonomi, MERE, (PhD) Kristin Magnussen som prosjektleder, PhD-stipendiat ved Økonomisk institutt, Universitetet i Oslo, Erlend M. Fleisje, som medarbeider, og assosiert partner i MERE, (professor PhD) Ståle Navrud som sparringpartner og kvalitetssikrer.

Vår kontaktperson i Envir har vært Rakel Blaalid. Vi takker henne og flere i Envir for gode diskusjoner og innspill underveis i arbeidet.

Arbeidet er gjennomført uten bindinger.

_____

Mai 2022

Kristin Magnussen
Prosjektleder
Menon senter for miljø- og ressursøkonomi (MERE)

Innhold

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER **3**

1. INNLEDNING OG BAKGRUNN **10**

1.1. Bakgrunn 10

1.2. Formål og problemstillinger 10

1.3. Kort om metode og data 11

1.4. Rapportens oppbygging 11

2. METODER FOR HÅNDTERING AV JORDMASSER SOM INNEHOLDER FREMMEDE ARTER OG ALTERNATIVER SOM UTREDES **12**

2.1. Lovregler og handlingsplaner stiller krav til håndtering av jordmasser som inneholder fremmede arter 12

2.2. Aktuelle alternativer for håndtering av jordmasser med fremmede arter 13

2.3. Alternativer som utredes 14

3. SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE OG UTSLIPP AV KLIMAGASSER – METODE OG SENTRALE FORUTSETNINGER **16**

3.1. Introduksjon til analysene som skal gjennomføres 16

3.2. Samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsanalyse 17

3.3. Sentrale forutsetninger 18

3.4. Utredningsalternativ 19

3.5. Metode for vurdering av miljøvirkninger og ikke-prissatte virkninger 21

3.6. Anslag for klimagassutslipp ved ulike alternativer 22

4. KLIMAGASSUTSLIPP OG SAMFUNNSØKONOMISKE VIRKNINGER **24**

4.1. Positive og negative virkninger for ulike aktører/grupper 24

4.2. Samfunnsøkonomiske virkninger 24

4.3. Virkninger ved graving og uttak av masser på byggeplass 26

4.4. Virkninger knyttet til transport av gravemasser til deponi eller behandlingsanlegg eller transport av mobilt behandlingsanlegg 29

4.5. Virkninger knyttet til deponering av masser fra byggeplass eller restmasser etter behandling 31

4.6. Virkninger knyttet til varmebehandling av masser forurenset av fremmede arter nødvendig for gjenbruk av massene 33

4.7. Virkninger knyttet til uttak av nye erstatningsmasser til byggeplass 35

4.8. Virkninger knyttet til transport av nye og/eller behandlede masser til «ny» eller samme byggeplass 37

4.9. Oppsummering av klimagassutslipp 39

4.10. Oppsummering av forventet nytte og kostnad 41

4.11. Usikkerhetsvurderinger 42

4.12. Diskusjon 43

REFERANSER **45**

Sammendrag og konklusjoner

Bakgrunn og formål

Prosjekter innen bygg og anlegg fører til at store mengder jord- og stenmasser graves opp. En betydelig del av disse jord- og stenmassene inneholder biologisk forurensning i form av fremmede skadelige arter. Det er krav til håndtering av slike masser for å unngå spredning i henhold til «Lov om naturmangfold» og «Forskrift mot fremmede organismer». Slike jordmasser kan i henhold til lovverket enten gjenbrukes på stedet hvor de er gravd opp, dekkes til med nærmere bestemt tykkelse på overdekket eller lagres i deponi.

Gjenbruk på stedet er ofte utfordrende på grunn av begrenset arealkapasitet under bygge- og anleggsfasen. Tildekking er ofte ikke mulig fordi man ved masseutskifting legger sten og pukk som underlag, og jord i de øvre lagene. Deponiløsningen blir derfor ofte valgt, men det har negative virkninger ved at relativt frisk jord lagres sammen med farlig avfall, og jorden tas dermed ut av økosystemet. Da jord er en ikke-fornybar ressurs, er dette ikke i tråd med sirkulærøkonomisk tenkemåte, og jordmassene bidrar dessuten til å fylle opp deponikapasiteten som på nasjonalt nivå er begrenset.

Det bergensbaserte firmaet Envir AS har utviklet en metode hvor jordmasser med biologisk forurensning tas imot, sorteres, og hvor jorden varmebehandles med garanti for at jorden er sanert i henhold til regelverket. Dette innebærer flere positive miljøvirkninger. Jord og sten kan gjenbrukes, noe som fører til mindre uttak av jomfruelige masser i form av torv fra våtmarksområder eller sand/grus/fjell fra sand- og grustak. Mindre masse trenger deponering, og ikke minst er man sikret at fremmede arter ikke spres via masseforflytning.

Spredning av fremmede arter er en viktig kilde til redusert biologisk mangfold både globalt og i Norge. Det er derfor stort internasjonalt og nasjonalt tverrsektorielt søkelys på å hindre utilsiktet spredning av fremmede skadelige arter. Kostnadene ved å fjerne de fremmede karplantene som har spredt seg i Norge vil beløpe seg til flere hundre millioner kroner, og det er derfor satt søkelys på å hindre videre spredning av fremmede arter. Masseforflytning er identifisert som en av de store spredningsveiene for fremmede arter, særlig fremmede karplanter og fremmede arter knyttet til disse (som brunsnegler).

Formål

Formålet med denne rapporten er å synliggjøre fordeler og ulemper med Envirs metode for massehåndtering, sammenlignet med andre måter for å behandle masser som inneholder fremmede arter. Dette skal synliggjøres gjennom en samfunnsøkonomisk vurdering av fordeler og ulemper ved ulike behandlingsmetoder. I tillegg skal det settes opp en oversikt over klimagassutslipp (karbonbudsjett) for å se på hvilke utslipp/besparelser som er mulige å oppnå ved å tilpasse Envirs forretningsmodell.

Kort om metode og data

Vi har gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse i tråd med krav og retningslinjer for slike analyser, blant annet i rundskriv fra Finansdepartementet og veileder fra Direktoratet for økonomistyring. Rapporten er gjennomført som en litteraturstudie der vi har innhentet data om Envirs metode fra Envir, mens øvrige data er hentet fra litteratur, statistikkilder som Statistisk sentralbyrå, priser på deponering, jord- og masseprodukter fra aktuelle tilbyderes hjemmesider osv. Basert på disse dataene, har vi gjort egne beregninger. Både kilder og forutsetninger for beregningene kommer frem av rapporten.

Alternativene som er vurdert

For å konkretisere alternativene i utredningen, tar vi utgangspunkt i faktiske utbyggingsprosjekter fra Bergensområdet, som Envir har mottatt masser fra. Det gis oversikt over henholdsvis klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske nytte- og kostnadsvirkninger (både prissatte og ikke-prissatte) for et eksempelprosjekt med 1000 tonn masser med to utredningsalternativer som sammenlignes med et referansealternativ.

Referansealternativet: Deponering

I referansealternativet (nullalternativet) sendes massene til et deponi. De aktuelle deponiene i dette tilfellet er enten: i) Fana stein og gjenvinning (FSG) som lagrer forurensede masser i fjellhaller som de skyter ut etter hvert som de fylles opp av masser, eller ii) deponi på Fitjar.

Utredningsalternativ 1: Dagens Envir-metode

Det ene utredningsalternativet vi ser på, kalt alternativ 1 er dagens Envir-metode. I dette alternativet sendes massene til Envirs anlegg. Der blir massene først sortert ved bruk av elektrisk sorteringsverk. En dieseldrevet gravemaskin kan mate sorteringsanlegget med 400 tonn per time (og bruker dermed 2,5 timer på de 1 000 tonnene vi bruker i eksempelet). Drivstofforbruket for gravemaskinen er av Envir oppgitt til 15,1 liter diesel per time.

Vi antar, i tråd med Envirs beskrivelse, 80 % sorteringsgrad. Det vil si at det blir 20 % utsortert sten som må fraktes til deponi. Deretter flyttes sorterte masser (de gjenværende 800 tonn) og mates opp i dampanlegget ved bruk av en dieseldrevet gravemaskin. Flyttingen av massene tar totalt to timer, med et drivstofforbruk på 15,1 liter diesel per time.

Deretter varmebehandles massene (800 tonn) i dampanlegget. Dampanlegget har et vannforbruk på 1,3 m^3 og et propanforbruk på 34,7 m^3 per time. Anlegget tar ca. 15 tonn per time. Dette betyr en total dampetid på 55 timer, inkludert oppvarming av anlegget. Deretter kan de behandlede massene gjenbrukes, enten på byggeplassen de ble hentet fra eller på nye byggeplasser.

Utredningsalternativ 2: Mulig fremtidig Envir-metode

Det andre utredningsalternativet, kalt alternativ 2, er Envirs (mulige) fremtidige metode. I dette alternativet installeres et mobilt anlegg på utbyggingsstedet, eller mer generelt på gravestedet der masser skal fjernes («on site»), og massene behandles der. Det legges opp til en infrastruktur som gjør at massene kan gjenvinnes og gjenbrukes på stedet. Installasjonsoppsettet vil da være 5 tur-retur-kjøringer av utstyr for å sette opp anlegget og 5 tur-retur for å ta det ned og tilbake til Envirs område igjen.

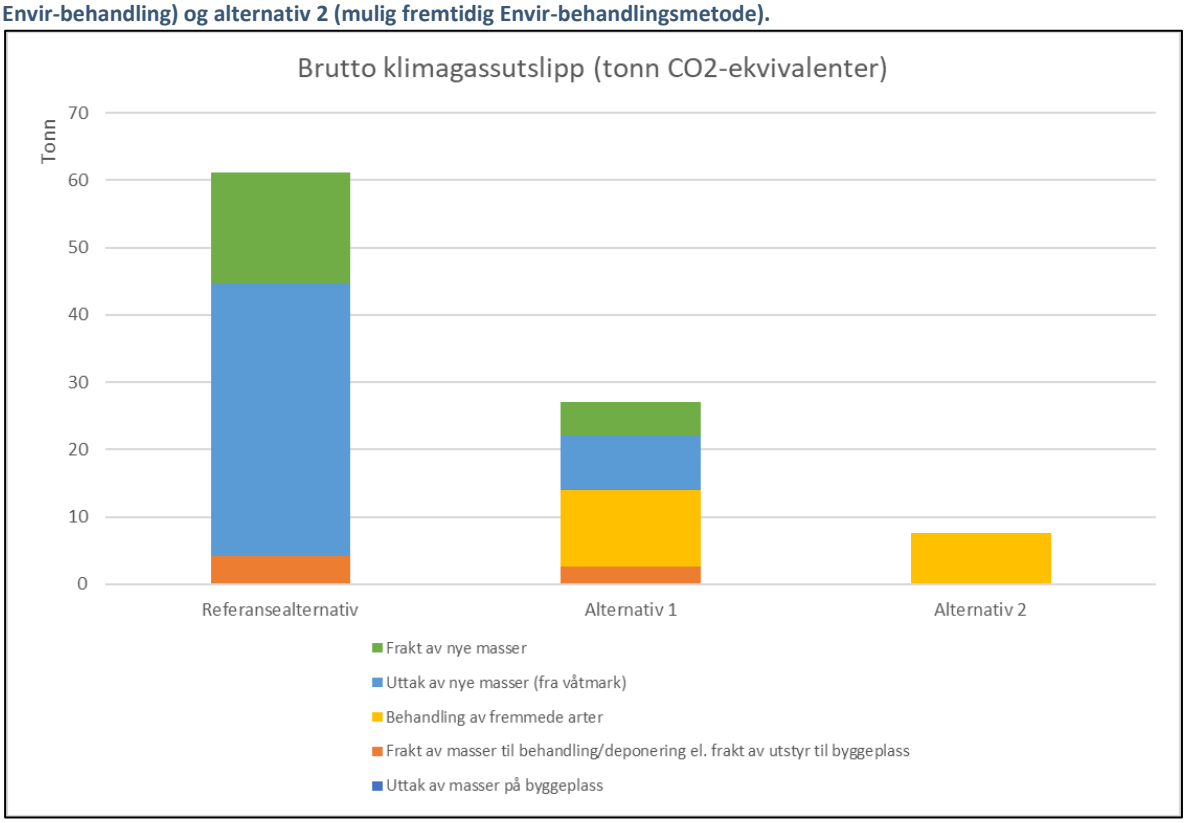
Sorteringsgraden vil i dette tilfellet være 100 %. Stenen kan nå også gjenvinnes fordi den saneres (med bruk av saltvann; ikke energikrevende). Alle gravemaskiner elektrifiseres i dette alternativet, mens dampanlegget kjøres på flytende (ikke-fossil) biogass.

Klimagassutslippene reduseres ved bruk av Envirs metode, særlig i mulig, fremtidig metode

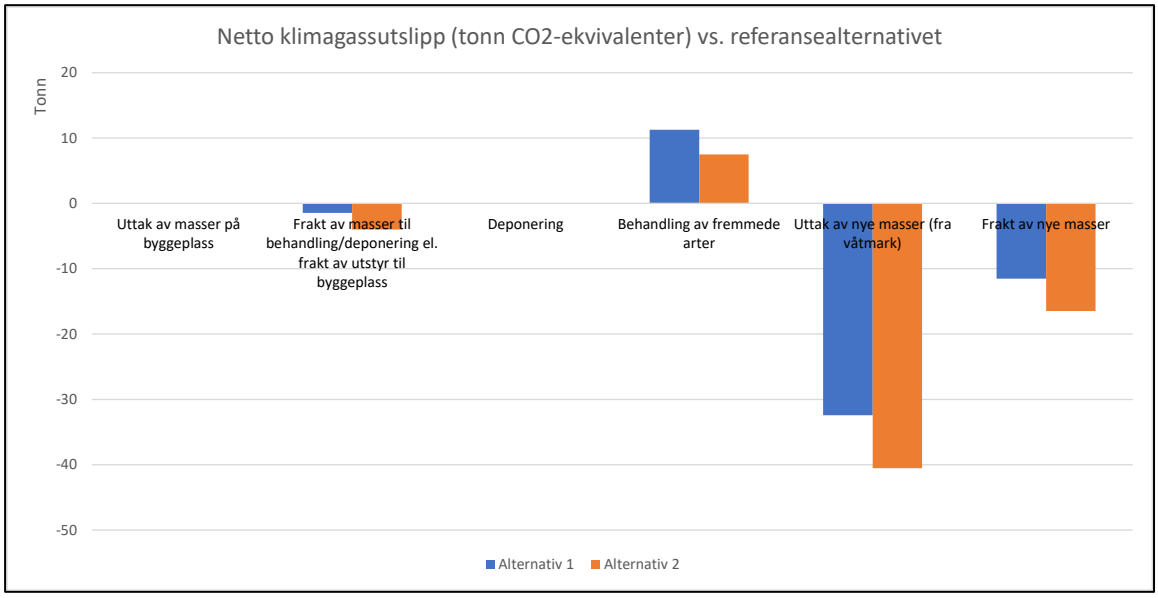
Oversikt over samlede klimagassutslipp er vist i figur S1 mens utslipp fra ulike trinn i prosessen i utredningsalternativene sammenlignet med deponering (referansealternativet) er vist i figur S2.

Vi ser at både utredningsalternativ 1 og 2 har lavere klimagassutslipp enn referansealternativet, og at alternativ 2 har desidert lavest klimagassutslipp. Vi ser også at de virkelig store besparelsene i klimagassutslipp er knyttet til uttak av nye masser, som vi her har antatt er knyttet til uttak i våtmark. Uttak i skogsjord ville også gitt nesten like store utslipp. En stor kilde til redusert klimagassavtrykk er altså knyttet til at massene kan brukes om igjen i stedet for å deponere de «brukte» massene og utvinne nye masser. Det er også betydelige innsparinger knyttet til transporten av nye masser, fordi vi må anta at det å fremskaffe nye masser fra nye uttak krever lenger transport enn «resirkulering» av utgravde masser i et område.

Figur S1: Brutto klimagassutslipp (i tonn CO_2 -ekvivalenter) ved referansealternativet (deponering), alternativ 1 (dagens Envir-behandling) og alternativ 2 (mulig fremtidig Envir-behandlingsmetode).



Figur S2: Netto klimagassutslipp (i tonn CO_2 - ekvivalenter) ved ulike trinn i prosessen i alternativ 1 og 2 i forhold til referansealternativet.



Envirs nåværende og fremtidige metode er samfunnsøkonomisk lønnsomme sammenlignet med referansealternativet (deponering)

Det er gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse av å behandle organiske masser, som er forurenset med fremmede arter, med varmebehandling med Envirs nåværende metode (alternativ 1) og mulige fremtidige metode (alternativ 2); sett i forhold til referansealternativet som er deponering. En samfunnsøkonomisk analyse er en systematisk gjennomgang av alle fordeler (nytte) og ulemper (kostnader) ved et tiltak sett fra samfunnets side, ikke bare for én aktør eller én institusjon. I analysen er det viktig å identifisere, beskrive og så langt som mulig kvantifisere og om mulig prissette alle virkninger. De virkninger som ikke meningsfylt kan prissettes i analysen, behandles som ikke-prissatte virkninger, på en systematisk måte. Slik kan både prissatte og ikke-prissatte virkninger inkluderes i analysen. Tabell S1 oppsummerer samfunnsøkonomiske virkninger av å behandle og gjenbruke jordmasser fra byggeplass sett i forhold til å deponere dem for både prissatte og ikke-prissatte virkninger.

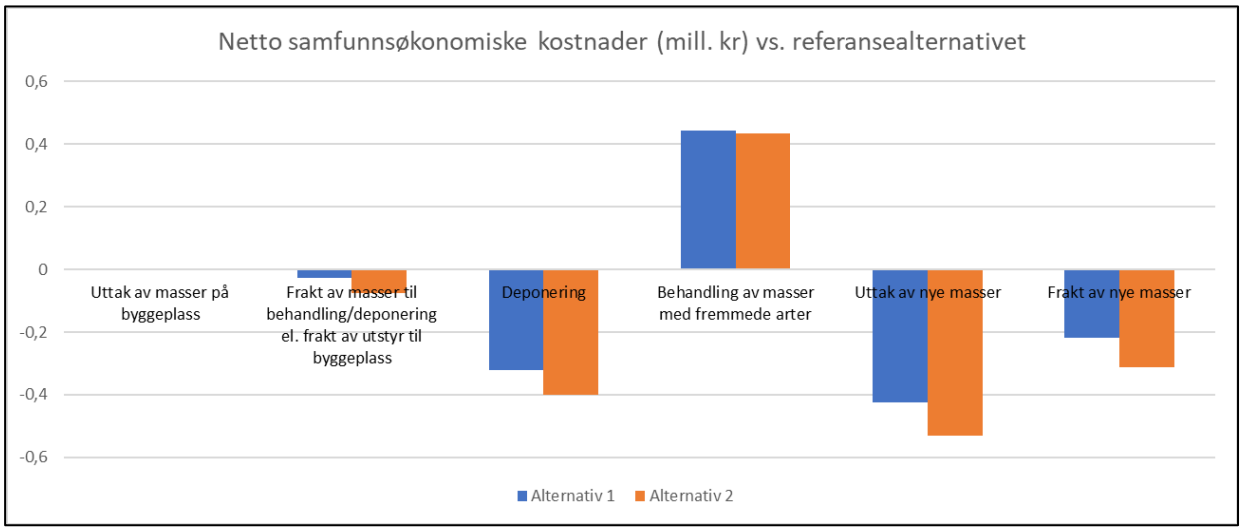
Tabell S1. Viktige samfunnsøkonomiske virkninger av å behandle og gjenbruke jordmasser fra byggeplasser sammenlignet med å deponere dem for både prissatte og ikke-prissatte virkninger. Reduserte kostnader sammenlignet med referansealternativet er markert med «-» foran tallet. Positive ikke-prissatte virkninger er gitt plusser. Beregninger basert på behandling av 1000 tonn masser.

Samfunnsøkonomisk virkning	Alternativ 1		Alternativ 2		Kommentar
	Kostnad	Ikke-prissatt	Kostnad	Ikke-prissatt	
Uttak av masser på byggeplass		++		+++	Ved gjenbruk av masser og ny tilplanting kan klimagasser bindes på sikt.
Frakt av masser til behandling/deponering el. frakt av utstyr til byggeplass	-27 811		-75 679		
Deponering	-320 000	++	-400 000	+++	Ved behandling av masser med fremmede arter gjenbrukes og sirkuleres massene, i stedet for å gå ut av sirkulasjon
Behandling av masser med fremmede arter	443 645	+++	435 000	+++	Ved behandling av masser sikres at fremmede arter spres og at det må brukes ressurser på bekjempelse etter spredning til nye områder.
Uttak av nye masser	-424 388	+	-530 485	++	Ved at man unngår å ta ut nye masser f.eks. fra våtmark, bevares naturmangfold og unngår klimagassutslipp (også forsøkt prissatt)
Frakt av nye masser	-218 736		-312 480		
Samlet kostnad sett i forhold til referansealternativ	-547 290	+++	-883 644	++++	I tillegg til reduserte prissatte virkninger, gir behandlingen ikke-prissatte miljøvirkninger.

Figur S.3. viser hvordan nytte og kostnader fordeler seg på de ulike trinnene i prosessen i alternativ 1 og 2, i forhold til referansealternativet.

Vi ser at både alternativ 1 og 2 er samfunnsøkonomisk gunstigere enn referansealternativet, med de forutsetninger vi har lagt til grunn i analysen. Kostnadene til behandling eller deponering av massene er i samme størrelsesorden, men deponering er litt billigere per tonn. De store kostnadsforskjellene er knyttet til kostnader ved uttak av nye masser versus bruk av de behandlede massene fra varmebehandlingen. Etter behandling av masser med fremmede arter, er de klare til utkjøring til byggeplassen de ble hentet fra eller en annen byggeplass. For enkelhets skyld og for å ha en viss plassering og avstand å forholde oss til, har vi antatt at masser skal tilbake til byggeplassen der de opprinnelig ble gravd ut. Etter varmebehandling er det bare en kostnad knyttet til å kjøre massene ut (tilbake) til byggeplassen i alternativ 1, og i alternativ 2 er de allerede på byggeplass. I alternativ 1 er imidlertid 20% av massene sortert ut og deponert, slik at 200 tonn masser må tilføres i form av nye masser. Dette sammenlignes med referansealternativet der alle masser er deponert og dermed ute av sirkulasjon, noe som krever at 1000 tonn nye masser tas ut og fraktes fra uttaksstedet. Det er kostnadene knyttet til uttak og delvis transport av nye masser som gjøre at særlig alternativ 2, men også alternativ 1 kommer gunstig ut i forhold til referansealternativet, samfunnsøkonomisk sett.

Figur S.3. Samfunnsøkonomiske kostnader ved ulike trinn i prosessen for alternativ 1 og 2 i forhold til med referansealternativet. Beregnet verdi i kroner ved behandling av 1000 tonn masser.



Usikkerheten i analysen er særlig knyttet til uttak av nye masser til erstatning for masser med fremmede arter som tas ut av sirkulasjon ved deponering

Det er usikkerhet knyttet til mange av virkningene som er vurdert i prosjektet. Usikkerheten knytter seg både til referansealternativet og utredningsalternativene. Det er derfor viktig å vurdere hvordan en endring i usikre forhold påvirker virkningene av tiltaket og resultatet av analysen.

Den samfunnsøkonomiske analysen tar utgangspunkt i forventede verdier. Når alle relevante usikkerhetsfaktorer er identifisert og beskrevet, kan det gjennomføres en beregning der en i første omgang vurderer én-og-én usikkerhetsfaktor for å se hvordan dette slår ut i de prissatte virkningene i form av netto nåverdi. Det kan også gjøres simuleringer som tar hensyn til samtidig variasjon og korrelasjoner mellom usikkerhetsfaktorer. For usikre ikke-prissatte virkninger må det inngå en kvalitativ beskrivelse av hvordan usikkerheten kan påvirke resultatene.

Som understreket i hele utredningen, er det mange usikre forutsetninger som ligger til grunn for beregningene, og tallene må derfor tolkes med forsiktighet. Identifikasjonen av nytte- og kostnadsvirkningene og om de er positive eller negative er imidlertid ganske sikker

Vi ser at et svært viktig trinn som har betydning både for klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske kostnader er hva som antas om erstatningsmasser til byggeplassen dersom masser med fremmede arter ikke behandles og dermed ikke kan gjenbrukes, men går ut av sirkulasjon ved evig deponering. Dette er også en forutsetning det er knyttet usikkerhet til og der det er vanskelig å få informasjon om hva som faktisk er alternativene. Det kan antagelig variere med område og hva som eventuelt er tilgjengelig til ulike tidspunkt. Dersom man kan benytte masser som befinner seg nærmere, og som ikke er forbundet med uttak på jomfruelig mark av våtmark (eller skogs- og jordbruksjord), kan klimagassutslippene og kostnadene bli lavere.

For å kunne gjøre beregninger har vi tatt utgangspunkt i masser og avstander i noen aktuelle eksempelprosjekter for Envir i den senere tid. Transport inngår som en komponent i mange trinn fordi oppgravde masser må fraktes til behandling, og/eller deponi og nye masser må fraktes fra uttak til byggeplass. Transportkostnadene vil variere med ulike prosjekter, og både for Envirs anlegg og deponier og uttak av nye masser kan transportavstandene variere. Vi ser imidlertid, at klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske kostnader fra transport ikke har avgjørende betydning for resultatene; med et mulig unntak av frakt av de nye massene.

Alternativ 2, som er Envirs mulige fremtidige metode, kommer desidert best ut, både samfunnsøkonomisk og med hensyn til klimagassutslipp. Det er grunn til å minne om at forutsetningene for dette alternativet er ekstra usikre fordi metoden fortsatt ikke er tatt i bruk. Det tilstreber imidlertid en teknologi mest mulig uten utslipp og der enda mer av jorda som graves ut, kan gjenbrukes. Det vil slå gunstig ut i regnestykkene.

Resultater for større masser vil i stor grad være proporsjonale med gravemasser på byggeplassen

I denne rapporten er det valgt å gjøre beregninger for utredningsalternativ og referansealternativ for behandling av 1000 tonn gravemasser på byggeplass for å illustrere både hvilke klimagassutslipp dette gir og hvilken samfunnsøkonomisk nytte og kostnad de to utredningsalternativene medfører. Det er viktig å ha med seg at varmebehandlingen som er beskrevet her, kun er aktuell for masser som inneholder fremmede arter, fordi det er strenge lover og forskrifter for hvordan slike masser kan brukes og fordi det er forbundet med store samfunnsøkonomiske kostnader å bekjempe slike arter når der først har spredt seg til naturen.

Slik regnestykkene er satt opp, er virkningene i stor grad proporsjonale med antall tonn som skal behandles. Det vil si at dersom man i stedet skal behandle 10 000 tonn, vil kostnadene og nytten i stor grad tidobles. Vi har gjennomført beregninger for henholdsvis klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske nytte og kostnader, og finner at sammenlignet med referansealternativet (deponi) blir besparelsen i klimagassutslipp henholdsvis ca. 341 tonn og 536 tonn for alternativ 1 og 2 dersom 10 000 tonn masser behandles, med ellers like forutsetninger. Samfunnsøkonomisk lønnsomhet sett i forhold til referansealternativet øker til henholdsvis 5,5 millioner og 8,9 millioner. Vi husker at tilsvarende tall for 1000 tonn behandlet var 34 tonn og 53,6 tonn CO_2 spart og 547 000 og 883 000 kroner i reduserte kostnader. Alternativ 2 som er mulig fremtidig behandling i Envirs varmebehandlingsanlegg på byggeplass («on site») antas ikke å være realistisk å bruke for såpass små mengder som 1000 tonn. Det vil i større grad være aktuelt å flytte anlegget ut til byggeplass når det er større mengder som skal behandles. Det må også sies at dette alternativet ennå ikke er utprøvd og derfor forbundet med noe større usikkerhet når det gjelder kostnader for behandling, og det er også gjort antagelser om valg av drivstoff for anlegg og maskiner som er mer fremtidsrettet (elektriske maskiner og biogass for varmebehandling), slik at disse forutsetningene må være til stede for at alternativet skal komme såpass mye gunstigere ut enn de øvrige, selv om redusert transport av masse, null behov for å ta ut nye masser pga. full resirkulering av massene osv., uansett gjør at dette alternativet kommer godt ut.

Det er betydelig usikkerhet knyttet til forutsetningene som er benyttet i rapporten. En viktig faktor er transportavstander, fra byggeplass og til deponering eller varmebehandlingsanlegg. Dersom varmebehandlingsanlegget ligger mye lenger fra byggeplass, vil kostnadene og klimagassutslippene ved transport til anlegget bli høyere for varmebehandling enn for deponering. Det er imidlertid viktig å minne om at ikke alle deponier er egnet for lagring av masser som er forurenset med fremmede arter. Det finnes imidlertid deponier spredt utover landet, mens det i mindre grad finnes behandlingsanlegg for masser med fremmede arter, slik at det kan være behov for flere anlegg av denne typen, eller at man frakte anlegget ut til byggeplass, som beskrevet i alternativ 2 i denne rapporten.

Det er også svært viktig hva som regnes som alternativet til masser som går ut av sirkulasjon dersom massene med de fremmede artene deponeres. Hvis det skal tilbakeføres masser, må disse komme fra et sted, og overholdelse av regelverket for spredning av masser med fremmede arter, begrenser hvor disse massene kan komme fra. I og med at det er jord, det vil si organiske masser som skal erstattes, er det også begrenset i hvilken grad mineralske ressurser, som sten, pukk og grus kan være erstatning. Jordbruksjord er i utgangspunktet strenge målsettinger for omdisponering, og uttak av torv fra våtmark i Norge eller andre land, som gjøres til torvjord, vil ofte være alternativet, direkte eller indirekte. Som Miljødirektoratet (2021) har pekt på i sin tverrsektorielle rapport om masser, er det stort behov for mer sirkulær håndtering av masser, og det er i stor grad ukjent hvilke masse som benyttes, hvor de kommer fra og hvor de ender osv. Men det er et viktig poeng at alt uttak av nye masser medfører inngrep i naturen, enten det er i våtmark, ved sand- og grusuttak, knusing av fjell e.l. I tillegg til kostnadene forbundet med prosessene, medfører dette også utslipp av klimagasser og andre utslipp til luft og miljøkostnader i form av skade på natur, det vil si redusert verdi av økosystemtjenestene som er forbundet med den naturen der uttaket skjer. Vi har illustrert dette ved å viser klimagassutslipp og andre eksterne kostnader ved uttak av masser fra våtmark. Uttak i våtmark har både høye klimagassutslipp og betydelige miljøkostnader, og man kan argumentere for at uttak av andre masser i andre naturtyper, og som dessuten finnes nærmere byggeplassen, ville gi lavere klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske kostnader. Vi ser imidlertid uttak av våtmark som et av de mest realistiske alternativene, og beregningene viser også at selv om vi reduserer klimagassutslipp og eksterne kostnader fra dette trinnet, vil varmebehandling komme godt ut.

Masser med fremmede arter krever spesialbehandling og bekjempelse av fremmede arter er kostbart

Som understreket flere ganger i rapporten, er varmebehandling som beskrevet i denne rapporten bare aktuell når massene som graves ut inneholder fremmede arter. Slik biologisk forurensning betyr at massene ikke kan

leveres på «jordtipp», eller bare mellomlagres for bruk på annet sted. Massene må deponeres forsvarlig, graves ned med tilstrekkelig tykt lag over, eller altså behandles. De billigste alternativene er derfor ikke aktuelle for slike masser. Varmebehandling er derfor en av de få forskriftsmessige, forsvarlige metodene som finnes for behandling av slike masser. Det muliggjør resirkulering og er et viktig skritt i sirkulærøkonomisk retning der masser brukes om igjen, og ikke går ut av kretsløpet og må erstattes med uttak av masser fra jomfruelig mark som våtmark, skogsmark eller annet.

Varmebehandling av masser med fremmede arter fremstår som gunstig med hensyn til klimagassutslipp og samfunnsøkonomi og sikrer forskriftsmessig, sirkulær håndtering av slike masser

I våre eksempelberegninger har alternativene med varmebehandling kommet gunstig ut, både med hensyn til klimagassutslipp og samfunnsøkonomisk sett. I det samfunnsøkonomiske regnestykket regner vi imidlertid inn eksterne kostnader som samfunnsøkonomiske klimagassutslipp, negativ verdi på økosystemtjenester ved uttak av våtmark osv. Disse kostnadene betales ikke av dem som skal avhende masser eller skaffe nye masser til byggeplasser. For å ivareta hensyn til både å unngå spredning av fremmede arter og uttak av nye masser, er det derfor viktig at de samfunnsøkonomiske kostnadene gjenspeiles i de bedriftsøkonomiske kostnadene utbygger og andre står overfor, slik at også miljøkostnadene tas hensyn til når beslutninger om hvordan gravemasser håndteres, skal tas.

1. Innledning og bakgrunn

1.1. Bakgrunn

Prosjekter innen bygg og anlegg fører til at store mengder jord- og stenmasser graves opp. En betydelig del av disse jord- og stenmassene inneholder biologisk forurensning i form av fremmede skadelige arter. Det er krav til håndtering av slike masser for å unngå spredning i henhold til «Lov om naturmangfold» og «Forskrift mot fremmede organismer». Slike jordmasser kan i henhold til lovverket enten gjenbrukes på stedet hvor de er gravd opp, dekkes til med nærmere bestemt tykkelse på overdekket eller lagres i deponi.

Gjenbruk på stedet er ofte utfordrende på grunn av begrenset arealkapasitet under bygge- og anleggsfasen. Tildekking er ofte ikke mulig fordi man ved masseutskifting legger sten og pukk som underlag, og jord i de øvre lagene. Deponiløsningen blir derfor ofte valgt, men det har negative virkninger ved at relativt frisk jord lagres sammen med farlig avfall, og jorden tas dermed ut av økosystemet. Da jord er en ikke-fornybar ressurs, er dette ikke i tråd med sirkulærøkonomisk tenkemåte, og jordmassene bidrar dessuten til å fylle opp deponikapasiteten som på nasjonalt nivå er begrenset.

Det bergensbaserte firmaet Envir AS har utviklet en metode hvor jordmasser med biologisk forurensning tas imot, sorteres, og hvor jorden varmebehandles med garanti for at jorden er sanert i henhold til regelverket. Dette innebærer flere positive miljøvirkninger. Jord og sten kan gjenbrukes, noe som fører til mindre uttak av jomfruelige masser i form av torv fra våtmarksområder eller sand/grus/fjell fra sand- og grustak. Mindre masse trenger deponering, og ikke minst er man sikret at fremmede arter ikke spres via masseforflytning.

Spredning av fremmede arter er en viktig kilde til redusert biologisk mangfold både globalt og i Norge. Det er derfor stort internasjonalt og nasjonalt tverrsektorielt søkelys på å hindre utilsiktet spredning av fremmede skadelige arter (Miljøverndepartementet 2007; KLD 2019). Kostnadene ved å fjerne de fremmede karplantene som har spredt seg i Norge vil beløpe seg til flere hundre millioner kroner (Magnussen et al. 2021), og det er derfor stor oppmerksomhet på å hindre videre spredning av fremmede arter. Masseforflytning er identifisert som en av de store spredningsveiene for fremmede arter, særlig fremmede karplanter og fremmede arter knyttet til disse (som brunsnegler) (Ellefsen 2019).

Klima- og miljødepartementet vedtok i 2019 med en tiltaksplan som identifiserte 28 tiltak for å bekjempe fremmede skadelige organismer med tilhørende ansvarsfordeling (KLD 2019). Tiltak 17 og 18 er konkret knyttet til massehåndtering. Tiltak 17 som innebærer å «utvikle en veileder for massehåndtering» er høyt prioritert (KLD 2019). Tiltak 18 omhandler å omgjøre problemmasser til en ressurs for å fremme nettopp sirkulærøkonomisk tenkemåte i bygg- og anleggsbransjen. Dette understøttes av den tverrsektorielle rapporten fra Miljødirektoratet i 2021 som gjennomgikk utfordringene og rammebetingelsene i håndtering av ikke-forurensede masser (Miljødirektoratet 2021). Envirs løsning for håndtering av masser med fremmede arter er dermed helt i tråd med samtlige virksomheter som er ansvarlige for massehåndtering i Norge.

1.2. Formål og problemstillinger

Formålet med denne rapporten er å synliggjøre fordeler og ulemper med Envirs metode for massehåndtering, sammenlignet med andre måter for å behandle masser som inneholder fremmede arter. Dette skal synliggjøres gjennom en samfunnsøkonomisk vurdering av fordeler og ulemper ved ulike behandlingsmetoder. I tillegg skal det settes opp en oversikt over klimagassutslipp (karbonbudsjett) for å se på hvilke utslipp/besparelser som er mulige å oppnå ved å tilpasse Envirs forretningsmodell.

Rapporten inneholder følgende problemstillinger/analyser for å oppfylle målsettingen:

a) Oversikt over klimagassutslipp

Det gis oversikt over klimagassutslipp for et eksempelprosjekt med 1000 tonn masser i et referansealternativ og to utredningsalternativer

b) Samfunnsøkonomisk analyse

Det gis oversikt over samfunnsøkonomiske nytte- og kostnadsvirkninger (både prissatte og ikke-prissatte) for et eksempelprosjekt med 1000 tonn masser i et referansealternativ og to utredningsalternativer.

1.3. Kort om metode og data

Rapporten er gjennomført som en litteraturstudie der vi har innhentet data om Envirs metode fra Envir, mens øvrige data er hentet fra litteratur, statistikkilder som Statistisk sentralbyrå, priser på deponering, jord- og masseprodukter fra aktuelle tilbyderes hjemmesider osv. Basert på disse dataene, har vi gjort egne beregninger. Både kilder og forutsetninger for beregningene kommer frem av teksten.

1.4. Rapportens oppbygging

Kapittel 2 beskriver kort regelverket og aktuelle metoder for håndtering av jordmasser som inneholder fremmede arter. Kapittel 3 beskriver metode, dvs. samfunnsøkonomisk metode og metode for vurdering av klimagassutslipp, samt sentrale forutsetninger for analysen. Kapittel 4 beskriver virkningene av de ulike alternativene for massehåndtering og viser beregningsresultater med diskusjon. Sammendrag og konklusjoner finnes først i rapporten.

2. Metoder for håndtering av jordmasser som inneholder fremmede arter og alternativer som utredes

2.1. Lovregler og handlingsplaner stiller krav til håndtering av jordmasser som inneholder fremmede arter

Lov om naturmangfold (naturmangfoldloven) og Forskrift mot fremmede organismer (fremmedartsforskriften) stiller krav til håndtering av masser som inneholder fremmede organismer, for å unngå spredning av de fremmede artene. Slike jordmasser kan i henhold til lovverket bare gjenbrukes på stedet hvor de er gravd opp, tildekkes, nedgraves, varmebehandles eller leveres til lovlig avfallsanlegg, se tekstboks 2.1.

Tekstboks 2.1. Forskrift mot fremmede organismer, §24, punkt (4):

(4) Før flytting av løsmasser eller andre masser som kan inneholde fremmede organismer, skal den ansvarlige, i rimelig utstrekning, undersøke om massene inneholder fremmede organismer som kan medføre risiko for uheldige følger for det biologiske mangfold dersom de spres, og treffe egnede tiltak for å forhindre slik risiko, slik som bruk av masser fra andre områder, tildekking, nedgraving, varmebehandling, eller levering til lovlig avfallsanlegg.

Klima- og miljødepartementets tverrsektorielle tiltaksplan mot fremmede organismer identifiserte 28 tiltak for å bekjempe fremmede skadelige organismer med tilhørende ansvarsfordeling (KLD 2019). Tiltak 17 og 18 er konkret knyttet til massehåndtering. Tiltak 17 går ut på å «utvikle en veileder for massehåndtering» (se øverste del av tekstboks 2.2.), mens tiltak 18 (se nederste del av tekstboks 2.2.) omhandler å omgjøre problemmasser til en ressurs for å fremme nettopp sirkulærøkonomisk tenkemåte i bygg- og anleggsbransjen.

Tekstboks 2.2. Bekjempelse av fremmede skadelige organismer. Tiltaksplan 2020-2025. Tiltak 17 (øverst) og 18 (nederst). Kilde: KLD (2019/20)

Tiltak 17: Utvikle og ferdigstille en veileder for massehåndtering

Tiltak: Utvikle og ferdigstille en veileder for massehåndtering, herunder hvilke krav som skal stilles til jord og andre masser for at de skal anses som tilstrekkelig fri for fremmede skadelige organismer

Framdriftsplan: Oppstart innen seks måneder etter at tiltaksplanen er vedtatt. Ferdigstilles innen et år etter at arbeidet er startet
Hovedansvar: Miljødirektoratet
Delansvar: Direktoratsforumet

Håndtering av løsmasser som kan inneholde fremmede skadelige organismer er en utfordring for mange aktører. Forskrift om fremmede organismer har en bestemmelse om aktsomhetsplikten knyttet til massehåndtering i § 24 (4), men det er behov for å konkretisere denne aktsomhetsplikten ytterligere. Utforming av en veileder for massehåndtering er etter direktoratsgruppens vurdering et høyt prioritert tiltak som bør igangsettes og ferdigstilles i første del av femårsperioden.

Tiltak 18: Tiltak for å omgjøre problemmasser til en ressurs

Tiltak: Innhente en vurdering/analyse av ulike mulige tiltak for å behandle jord/andre masser som inneholder fremmede skadelige planter slik at «problemmasser» kan omgjøres til en ressurs

Framdriftsplan: Direktoratsforumet vurderer framdrift for dette tiltaket på første møte etter at forumet er opprettet
Hovedansvar: Direktoratsforumet
Delansvar:

Deponering av store mengder god jord fordi den kan inneholde fremmede skadelige organismer er ikke ønskelig i et samfunnsøkonomisk perspektiv. Behandling som friskmelder problemmasser og gjør dem til en ressurs vil derfor være et svært viktig og ønsket tiltak. Dette kan gjelde jordflytting innenfor jordbruket, utbyggingsprosjekter, kompostering, andre prosesser i jordproduksjon eller behandling av skjellsand før bruk. En slik behandling kan for eksempel involvere mobile jordbehandlingsanlegg/varmebehandlingsanlegg som uskadeliggjør potensielle fremmede arter. Tiltaket følger opp overordnet føring IV (stimulerende tiltak) og henger sammen med tiltakene knyttet til veiledning om aktsomhetskrav generelt (tiltak 7) og til massehåndtering (tiltak 17).

Dette understøttes av den tverrsektorielle rapporten fra Miljødirektoratet i 2021 som gjennomgikk utfordringene og rammebetingelsene ved håndtering av ikke-forurensede masser. Rapporten er i stor grad fokusert på mineralske ressurser som grus og sten, ikke jord og i liten grad jord med fremmede arter, men nevner at dette er en problemstilling som må ivaretas ved håndtering av masser. Rapporten understreker også viktigheten av at masser generelt i (mye) større grad enn i dag sirkuleres og brukes om igjen, i stedet for stadig å ta ut nye masser og «dumpe» de «brukte» massene (Miljødirektoratet 2021).

Rapporten diskuterer også i noen grad virkemidler for å få til økt resirkulering av masser. Det er en utfordring for alle typer masser at det er «for billig» å ta ut nye og deponere de «gamle», og det diskuteres bl.a. avgift på å ta ut nye masser. En slik naturavgift som belastes bruk av areal vil både bidra til at det er mindre gunstig å ta ut nye masser på et areal og dumpe/deponere masser på andre arealer.

2.2. Aktuelle alternativer for håndtering av jordmasser med fremmede arter

Som beskrevet over, kan jordmasser som inneholder fremmede arter i henhold til lovverket bare i) gjenbrukes på stedet hvor de er gravd opp, ii) tildekkes eller graves ned eller iii) lagres i deponi.

I praksis er gjenbruk på stedet ofte utfordrende på grunn av begrenset arealkapasitet under bygge- og anleggsfasen. Tildekking er ofte ikke mulig fordi man ved masseutskifting legger sten og pukk som underlag, og jord i de øvre lagene. Valget faller derfor ofte på deponiløsningen.

Miljødirektoratet ledet i 2021 en tverrfaglig gruppe for bedre massehåndtering. Fokuset var på bedre utnyttelse av mineralske masser (sten, pukk, grus, mv.), men de omtaler også til en viss grad masser med fremmede arter (biologisk forurensning). De viser til at det ikke finnes statistikk/tall verken for masser som tas ut i forbindelse med bygg og anlegg eller masser som brukes på anleggsplasser, eller hvordan ulike masser som fjernes på bygge- og anleggsplasser håndteres videre. Det er derfor ikke oversikt over hvor mye slike masser som finnes, eller hvor mye som deponeres, gjenbrukes osv. Miljødirektoratet (2021) foreslår tiltak for bedre utnyttelse, mer gjenbruk eller sirkulær økonomi for slike masser, men understreker at også krav til f.eks. biologisk mangfold må ivaretas, slik at man ikke sprer fremmede arter (Miljødirektoratet 2021). Vi har derfor ikke full oversikt over hvor store masser det er snakk om, verken i Bergensområdet eller på landsbasis, men rapporten har samlet inn tall fra noen prosjekter, som kan gi noen antydninger om størrelsesorden. Vi kommer tilbake til det i analysen.

Ved deponering lagres jord som er uforurenset og «frisk», bortsett fra at den inneholde fremmede arter, sammen med sterkt forurenset og farlig avfall. Denne jorden tas dermed ut av sirkulasjon og ut av økosystemet. Det bidrar

også til å fylle opp deponikapasiteten som på nasjonalt nivå er begrenset. I mange tilfeller betyr det også at «nye» masser må tilføres byggeplassen. Disse må tas fra et sted, og medfører inngrep i naturen ved at ofte materiale fra våtmark (torv) eller eventuelt sand/grus fra sandtak, knusing av fjell, e.l., benyttes som «nye» masser.

I en alternativ metode, utviklet av Envir AS, blir jordmasser med biologisk forurensning fraktet til et eget anlegg der de blir tatt imot og sortert, og jorden varmebehandles i et eget anlegg, med garanti for at jorden er sanert i henhold til regelverket. Dette innebærer at jord og sten kan gjenbrukes. Dette betyr at jorden beholdes i sirkulasjon, redusert uttak av jomfruelige masser i form av torv fra våtmarksområder eller sand fra sandtak, og mindre masse som trenger deponering.

Man vurderer også en videreutvikling av denne metoden, der man i stedet for å frakte massene til et eget anlegg, frakter «anlegget» til området med biologisk forurensede masser og varmebehandler massene forskriftsmessig der. Det vil innebære at alle masser, også sten og grus kan gjenbrukes, og sterk reduksjon i transport av masser til og fra byggeplassen.

Vi skal se nærmere på hvordan dette kan se ut i praktiske eksempler som benyttes i utredningen i neste avsnitt.

2.3. Alternativer som utredes

For å konkretisere alternativene i utredningen, tar vi utgangspunkt i to faktiske utbyggingsprosjekter fra Bergensområdet, som Envir har mottatt masser fra. Det ene prosjektet er i Os og det andre på Sotra. I begge prosjekter tar vi utgangspunkt i mottak av 1000 tonn masser. Alternativet som vi sammenligner med (referansealternativet, jf. kapittel 3), er at de samme massene fra de samme utbyggingsområdene fraktes til et deponi og blir der.

Referansealternativet

I referansealternativet (nullalternativet) sendes massene til deponi. De aktuelle deponiene i dette tilfellet er enten Fana stein og gjenvinning (FSG) som lagrer forurensede masser i fjellhaller de skyter ut etter hvert som de fylles opp av masser, eller i deponi på Fitjar.

Utredningsalternativ 1

Det ene utredningsalternativet vi ser på, kalt alternativ 1, er dagens Envir-metode. I dette alternativet sendes massene til Envirs anlegg. Der blir massene først sortert ved bruk av elektrisk sorteringsverk. En dieseldrevet gravemaskin kan mate sorteringsanlegget med 400 tonn per time (og bruker dermed 2,5 timer på de 1 000 tonnene vi bruker i eksempelet). Drivstofforbruket for gravemaskinen er av Envir oppgitt til 15,1 liter diesel per time.

Vi antar, i tråd med Envirs beskrivelse, 80 % sorteringsgrad. Det vil si at det blir 20 % utsortert sten som må fraktes til deponi. Deretter flyttes sorterte masser (de gjenværende 800 tonn) og mates opp i dampanlegget ved bruk av en dieseldrevet gravemaskin. Flyttingen av massene tar totalt to timer, med et drivstofforbruk på 15,1 liter diesel per time. Maskinparken i Envir er forholdsmessig ny, og dermed er utslippet beregnet til 2,68 kg CO_2 per liter diesel (Envir pers. medd. februar 2022).

Deretter varmebehandles massene (800 tonn) i dampanlegget. Dampanlegget har et vannforbruk på 1,3 m^3 og et propanforbruk på 34,7 m^3 per time. Anlegget tar ca. 15 tonn per time. Dette betyr en total dampetid på 55 timer, inkludert oppvarming av anlegget. Dette gir et totalt vann- og propanforbruk på henholdsvis 71,5 m^3 og 1908,5 m^3. Deretter kan de behandlede massene gjenbrukes, enten på byggeplassen de ble hentet fra eller på nye byggeplasser.

Utredningsalternativ 2

Det andre utredningsalternativet, kalt alternativ 2, er Envirs (mulige) fremtidige metode. I dette alternativet installeres et mobilt anlegg på utbyggingsstedet, eller mer generelt på gravestedet der masser skal fjernes («on site»), og massene behandles der. Det legges opp til en infrastruktur som gjør at massene kan gjenvinnes og gjenbrukes på stedet. Installasjonsoppsettet vil da være 5 tur-retur-kjøringer av utstyr for å sette opp anlegget og 5 tur-retur for å ta det ned og tilbake til Envirs område igjen.

Sorteringsgraden vil i dette tilfellet være 100 %. Stenen kan nå også gjenvinnes fordi den saneres (med bruk av saltvann, ikke energikrevende). Alle gravemaskiner elektrifiseres i dette alternativet, mens dampanlegget kjøres på flytende biogass (10kwh).

3. Samfunnsøkonomisk analyse og utslipp av klimagasser – metode og sentrale forutsetninger

3.1. Introduksjon til analysene som skal gjennomføres

I dette prosjektet skal vi gjennomføre en forenklet samfunnsøkonomisk analyse, med vekt på miljøvirkninger av alternativene. Vi setter opp et eget regnestykke for klimagassutslippene, men vil også forsøke å klarlegge andre miljøvirkninger, særlig knyttet til fremmede arter og uttak av nye masser i ulike naturområder.

En **samfunnsøkonomisk analyse** (SØA) tar sikte på å få fram (identifisere) og systematisk vurdere alle fordeler og ulemper av et tiltak fra samfunnets synsvinkel. Analysen består av følgende hovedtrinn:

- Identifisere og beskrive alle **fordeler (nytte)** og **ulemper (kostnader)** ved prosjektet/tiltaket
- Kvantifisere alle fordeler og ulemper i fysiske enheter så langt det er mulig
- Prissette de virkningene som kan prissettes, og vurdere andre ikke-prissatte virkninger på en god og konsistent måte
- Sammenstille og veie sammen alle prissatte og ikke-prissatte virkninger
- Vurdere usikkerhet og ytterligere kunnskapsbehov for å redusere usikkerhet

For å kunne sammenligne alternative tiltak, f.eks. ulike måter å håndtere jordmasser ved utbygging på, og vurdere eller beregne samfunnsøkonomiske virkninger, må vi vite hva som ville skjedd uten tiltaket. Dette kalles **referansealternativet** (også kalt nullalternativet). Referansealternativet er sammenligningsgrunnlaget både for prissatte og ikke-prissatte virkninger, og er avgjørende for å kunne beregne og vurdere virkningene av tiltaket. Det er ikke det samme som dagens tilstand (*status quo*). Referansealternativet tar utgangspunkt i dagens situasjon, men inkluderer en utvikling over tid uten tiltaket og tar hensyn til andre vedtatte tiltak som er igangsatt eller som har bevilgning. Referansealternativet bør også inkludere endringer i befolkning/ansatte, teknologiutvikling, økonomisk vekst, osv. Det skal representere en realistisk fremskriving av situasjonen uten det aktuelle tiltaket som utredes.

Virkningene av et tiltak kan oppstå på ulike tidspunkt. Virkninger for natur og miljø – og øvrige samfunnsøkonomiske virkninger kan pågå i mange år fremover. Vi må derfor ha en metode for å sammenligne kostnader og nytte som oppstår på ulike tidspunkt. I SØA brukes for **prissatte virkninger nåverdimetoden**, som er verdien i dag (nå) av alle kostnader og nytteeffekter som oppstår i løpet av hele levetiden til prosjektet. Nåverdimetoden tar hensyn til at verdien av én krone i kostnader eller nytte fremover i tid er mindre enn verdien av én krone i dag. Det gjøres ved at fremtidig nytte og kostnader diskonteres - og dermed reduseres - med en diskonteringsrente som fastsettes av Finansdepartementet. Diskonteringsrenten er 4 prosent per år for de første førti årene, og noe lavere etter det. Virkninger som ikke prissettes, kan ikke diskonteres og regnes sammen på samme måte, men det er likevel nyttig å vurdere om de ikke-prissatte virkningene f.eks. oppstår én gang eller hvert eneste år, og tidlig eller sent i analyseperioden.

I dette kapittelet presenteres vårt metodiske grunnlag. Vi tar utgangspunkt i hva som bør inngå i en samfunnsøkonomisk analyse, med utgangspunkt i rundskriv fra Finansdepartementet (Finansdepartementet 2021a) og Direktoratet for økonomistyring (DFØ)s veileder for samfunnsøkonomiske analyser (DFØ 2018), men analysen fokusere på miljøvirkninger. Vi vil følge prinsippene for samfunnsøkonomiske analyser for å sikre at nytte og kostnad som kommer fram er i tråd med samfunnsøkonomisk metode og er sammenlignbare, men som vi kommer tilbake til, vil hovedvekten legges på å identifisere aktuelle og relevante virkninger, vurdere om virkningen vil være positiv eller negativ, og eventuelt hvor stor positiv eller negativ.

I dette prosjektet skal det også synliggjøres spesielt forskjellene i klimagassutslipp (karbonregnskapet) mellom referansealternativet og utredningsalternativene. Kostnader ved utslipp av klimagasser ved ulike trinn i prosessen er også viktige kostnadskomponenter i en samfunnsøkonomisk analyse, slik at det å beskrive og så langt som mulig kvantifisere klimagassutslippene også vil inngå i en samfunnsøkonomisk analyse. Vi vil også lage et eget oppsett der vi spesielt tar for oss klimagassutslippene fra ulike deler av behandlingen av masser i utredningsalternativene, sammenlignet med referansealternativet.

Vi starter med en kort beskrivelse av hva en samfunnsøkonomisk analyse innebærer.

3.2. Samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsanalyse

I en nyttekostnadsanalyse (NKA) verdsettes nytte- og kostnadsvirkninger i kroner så langt det er faglig forsvarlig ut fra et hovedprinsipp om at en virkning er verdt det befolkningen samlet er villig til å betale for å oppnå den eller unngå den. Dersom betalingsvilligheten for alle nyttevirkningene av tiltaket er større enn summen av kostnadene, defineres tiltaket som samfunnsøkonomisk lønnsomt. Kostnadene til et prosjekt skal prinsipielt gjenspeile verdien av det man må gi avkall på av andre ting for å gjennomføre prosjektet (verdien som ressursene kan skape i beste alternative bruk).

I denne samfunnsøkonomiske vurderingen vil det være vanskelig å måle alle virkningene fysisk og i kroner pga. manglende data om mange av virkningene. I slike tilfeller kan man gjennomføre en NKA som består av både prissatte og ikke-prissatte virkninger. Det vil si at man verdsetter i kroner de virkningene man finner det faglig forsvarlig å verdsette, mens øvrige virkninger behandles som ikke-prissatte. Det er viktig at manglende kvantifisering eller verdsetting av noen virkninger ikke fører til at disse virkningene tillegges mindre vekt når analysen presenteres. Slike ikke-prissatte virkninger bør fortrinnsvis tallfestes i fysiske størrelser, vurderes kvalitativt eller semi-kvantitativt og tas med i en samlet vurdering av tiltakets samfunnsøkonomiske fordelere og ulemper.

Det er usikkerhet knyttet til de fysiske så vel som de økonomiske virkningene, både på kort og særlig på lang, sikt. I tillegg er det knyttet usikkerhet til både kostnader og nytte, og det må derfor legges vekt på gode vurderinger av usikkerheten i anslag og vurderinger som gjøres. Det er viktig i en systematisk analyse av virkninger å skille mellom usikkerhet grunnet (i) fysisk effekt av tiltak, (ii) manglende data om fysiske effekter, (iii) manglende data om verdsetting.

I tekstboks 3.1 er trinnene i en samfunnsøkonomisk analyse beskrevet i mer detalj. Trinn og gjennomføring vi skisserer er i tråd med retningslinjer for SØA gitt i rundskriv fra Finansdepartementet (2021a) og veileder fra Direktoratet for økonomistyring (DFØ 2018), men som nevnt må vi gjøre en del forenklinger.

Tekstboks 3.1: Trinnene i en samfunnsøkonomisk analyse (SØA)

1) Beskrive problemet og formulere mål
Gjør rede for bakgrunn og begrunnelse for at analysen utføres.
Beskrive referansealternativet (også kalt nullalternativet), dvs. situasjonen i dag og videre utvikling som kan forventes uten tiltaket. Alle alternative tiltak skal vurderes i forhold til referansealternativet.
2) Identifisere og beskrives relevante tiltak
Beskrive tiltaket/prosjektet
Foreta avgrensinger mot tilgrensende prosjekter, videreutvikling av prosjektet, osv.
3) Identifisere virkninger – kartlegge alle nytte- og kostnadsvirkninger
Identifisere og beskrive alle fordeler og ulemper (nytte og kostnader) ved prosjektet.
Spesifisere hvilke grupper som berøres av virkningene og i hvilket omfang de blir berørt. Med grupper kan menes staten/det offentlige, en bestemt næring, innbyggere, osv.
4) Tallfeste og verdsette virkninger
Tallfeste fordeler (nytte) og ulemper (kostnader) så langt det er mulig ved bruk av en passende måleenhet. Det er også viktig å anslå hvor mange personer (i ulike grupper) som berøres, og gjerne også romlig hvor virkningene inntreffer.
Verdsette virkninger i kroner der dette er mulig og meningsfullt. Verdien av de ressursene som anvendes i tiltaket settes lik verdien av ressursene i beste alternative bruk. I en samfunnsøkonomisk analyse benyttes kalkulasjonspriser for å verdsette fordelene og ulempene. I praksis innebærer dette ofte at man (eventuelt med enkle justeringer) kan benytte observerte markedspriser. Det er imidlertid utviklet en rekke teknikker for også å fastsette kroneverdier på virkninger som ikke uten videre kan verdsettes med utgangspunkt i markedspriser.
Inkludere de virkningene som ikke meningsfylt kan verdsettes i kroner ved å benytte metoder for vurdering av ikke-prissatte virkninger.
5) Vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet
Beregne nåverdien av samlet nytte og kostnad (samlede fordeler og ulemper) – fra oppstarttidspunkt til analyseperiodens slutt. Anslagene for fremtidige virkninger neddiskonteres med en diskonteringsrente. Diskonteringsrenten er fastsatt i rundskriv R109/2021 fra Finansdepartementet (2021a).
Dersom alle relevante nytte- og kostnadselementer er verdsatt og netto nåverdi er positiv, er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt.
Gi en grundig beskrivelse av de virkningene som det er vanskelig, ikke faglig forsvarlig eller ønskelig å verdsette i kroner, eksempelvis ved bruk av metoden for ikke-prissatte virkninger, inkludert tidsforløp for disse effektene.
Sammenstille prissatte og ikke-prissatte virkninger i den endelige nyttekostnadsanalysen.
6) Gjennomføre usikkerhetsanalyse
Gjennomføre en usikkerhetsanalyse for å finne ut hvor robust konklusjonen er for endringer i forutsetninger og virkninger.
Identifisere og kvantifisere usikkerhetsmomentene. Disse kan være av økonomisk, teknisk eller politisk karakter og være knyttet til både nytte- og kostnadselementer. Ved hjelp av usikkerhetsanalyser kan man studere i hvilken grad lønnsomheten varierer med endringer i nøkkelvariabler.
7) Beskrive fordelingsvirkninger
Beskrive virkningene av prosjektet for hver av de berørte gruppene (som staten/det offentlige, næringer, innbyggere, osv.). I mange tilfeller vil ulike grupper kunne rammes ulikt av fordeler og ulemper.
8) Gi en samlet vurdering og anbefale tiltak

3.3. Sentrale forutsetninger

3.3.1. Valg av referansealternativ (sammenligningsgrunnlag)

Generelt

Et godt referansealternativ (nullalternativ) skal være et reelt og realistisk alternativ og ha like lang tidshorisont som utredningsalternativet og vise utviklingen i påvirkningsområdet uten tiltaket.

Gjennomføring

I og med at det vanligste tiltaket for håndtering av masser som inneholder fremmede arter i dag er deponering, legger vi det til grunn som referansealternativ, jf. kapittel 2.3. Det finnes flere alternativer som kan oppfylle kravene i regelverket; som oppbevaring og tilbakeføring av masser på stedet. Dette krever imidlertid store arealer, og er i mange/ de fleste tilfeller ikke et reelt alternativ. Envirs metode er et alternativ når slik oppbevaring

og tilbakeføring på stedet ikke er aktuelt, og i slike tilfeller er det deponering som er det reelle alternativet, og dermed det reelle referansealternativet.

Referansealternativet vil være det samme for alle virkninger, men når vi diskuterer de enkelte samfunnsøkonomiske virkningene i kapittel 4, vil vi komme nærmere inn på hva referansesituasjonen betyr for vurdering av hver virkning.

3.4. Utredningsalternativ

3.4.1. Valg av utredningsalternativ(er)

I tråd med formålet vurderes to utredningsalternativer, nemlig Alternativ 1: Envirs metode per i dag og Alternativ 2: Envirs (mulige) fremtidige metode. Disse er beskrevet i kapittel 2.3, en kortversjon gis nedenfor, og flere detaljer beskrives der det er aktuelt for å vurdere de ulike virkningene.

Alternativ 1: Envirs metode per i dag: Masser fraktes fra anleggsplassen/byggeplassen til Envirs anlegg, ca. 80% av massene varmebehandles for å sikre at alle fremmede arter og spor etter fremmede arter er fjernet fra massene. Disse massene kan dermed brukes som nye, friske masser på samme eller ny bygge- og anleggsplass. Ca. 20% (sten) blir sortert ut og deponert.

Alternativ 2: Envirs (mulige) fremtidige metode: Envirs varmebehandlingsanlegg fraktes til anleggsplassen/byggeplassen, og alle massene varmebehandles der for å sikre at alle fremmede arter og spor etter fremmede arter er fjernet fra massene. 100% av disse massene kan dermed brukes som nye, friske masser på samme bygge- og anleggsplass.

Fordi alternativ 1 og referansealternativet allerede brukes i dag har vi best og mest erfaringstall for disse, mens tallene for alternativ 2 i større grad må bygge på antagelser om hvordan alternativet vil fungere og hvilke virkninger det vil gi.

Avstander og behandlingskostnader i alternativene

Vi antar at både referansealternativer og utredningsalternativer at et lastebillass tar ca. 12,5 tonn, noe som gir totalt 80 billass (eller kjøringer) tur/retur. Ofte kommer lassene konsentrert i løpet av noen dager.

Avstander fra eksempelprosjektene er vist i tabellen nedenfor. Tabellen viser også kostnader i kroner per tonn ved levering til ulike former for mottak av masser med fremmede arter.

Tabell 3.1: Oversikt over et reelt prosjekt hvor Envir mottok klasse 1- masser med fremmede arter, kjøreavstander og priser på levering av massene til Envir, deponi eller jordtipp (jordsortering). Grunnen til at Arna jordsortering er inkludert er for å synliggjøre den enorme besparelsen i å levere slike masser, som i utgangspunktet kun inneholder biologisk forurensning, til et jordsorteringsmottak selv om dette ikke er lovlig. I utgangsberegningen har vi benyttet data fra Bjørøy-tunnelen-prosjektet. Endringer i forutsetninger diskuteres videre i kapittel 4.

Gravemasser fra Bjorøy-tunnelen (jord med fremmede arter)		
	Avstand fra uttak (km)	Kostnader ved levering. Pris per tonn i kroner (eks. mva.)
Avstand til Envir (dagens alternativ)	12,5	435
Avstand til Envir (mulig fremtidig alternativ)	0	435
Avstand til FSG	25	410
Avstand til Arna jordsortering (ulovlig for masser med fremmede arter)	35,5	32
Avstand til Svartasmåget/Fitjar mottak (inkluderer ferje 21 km)	85	400
Avstand fra Envir til nærmeste deponi	18,0	400

3.4.2. Levetid og analyseperiode

Generelt

I en samfunnsøkonomisk analyse har tiltakene ofte virkninger som faller på ulike tidspunkt og har ulik varighet. For at analysen skal bli riktig, er det viktig at man forholder seg til de ulike tidsperiodene på en konsistent måte. Dette er særlig viktig når man skal gjøre beregninger, men også viktig å ha med seg ved vurdering av virkninger som ikke prissettes. Det er også viktig å ta stilling til levetiden, det vil si hvor lenge man forventer at tiltaket vil være i bruk eller yte en samfunnstjeneste.

Ved beregning (og vurdering) av kostnader og nytte må man også velge analyseperiode, det vil si den tidsperioden alle alternativer, både referansesituasjonen og en situasjon med tiltaket skal vurderes over, altså den perioden alle nytte- og kostnadsvirkninger av tiltak beregnes for. Utover i tid vil usikkerheten i alle virkninger øke, både på nytte- og kostnadssiden.

Forutsetninger i analysen

De fleste virkninger i denne analysen er knyttet til drift, det vil si transport av masser med lastebil og gravemaskin, energibruk til dampanlegg osv. Andre virkninger er knyttet til investering i anlegg, som dampanlegg og deponeringsanlegg, som har en investeringskostnad og årlige driftskostnader. Miljøvirkningene som er knyttet til at man slipper å ta ut ny torv/sand/grus og dermed unngår påvirkning på natur og forbruk av ressurser, har virkninger som varer i lang tid, selv om selve uttaket er en engangsforeteelse.

Vi tar utgangspunkt i et eksempel der 1000 tonn masser med fremmede arter skal behandles. Vi antar at anlegget er bygd for å håndtere større masser og at kostnaden per tonn behandlet blir den samme. Vi antar videre at anlegget allerede eksisterer og at kostnadene for å levere ett tonn til behandling hos Envir representerer marginale produksjonskostnader. På samme måte antar vi at deponikostnaden er markedsprisen for å levere til deponi og representerer marginale produksjonskostnader (inkludert eventuelle avgifter ilagt deponier). Begge disse kostnadene representerer da samfunnsøkonomiske kostnader. Det kan imidlertid være eksterne kostnader knyttet til f.eks. spredning av fremmede arter fra jord på deponi, som ikke inngår i kostnadene (ikke er internalisert fordi deponieier ikke betaler kostnadene ved eventuell videre spredning av fremmede arter).

3.4.3. Beregning av nåverdi – verdien i dag av alle fremtidige nytte- og kostnadsvirkninger

Generelt – hva inngår

Nytte- og kostnadsvirkningene knyttet til håndtering av masser med fremmede arter kommer på ulike tidspunkt. For å kunne sammenligne virkninger som påløper på ulike tidspunkt, benyttes det som kalles nåverdimetoden der alle fremtidige kostnader og nyttevirkninger, som er prissatt i kroner, neddiskonteres med en kalkulasjonsrente, slik at alle størrelsene uttrykkes i samme verdi, også kalt nåverdien.

Utgangspunktet for neddiskonteringen er at nytte og kostnader som påløper nå, har større verdi enn nytte og kostnader som påløper i fremtiden. Jo lenger fram i tid kostnader og nyttevirkninger påløper, desto lavere nåverdi vil kostnadene og nyttevirkningene ha. Kalkulasjonsrenten skal reflektere hva det ut fra et samfunnsøkonomisk perspektiv koster å binde opp kapital i beste alternative bruk, og kan betraktes som et avkastningskrav. Finansdepartementet (2021a) har fastsatt hvilke samfunnsøkonomisk kalkulasjonsrente som skal benyttes, den er 4 prosent p.a. (per år) (realrente; dvs. korrigert for inflasjon) de første 40 årene og noe lavere etter det (dvs. 3 % p.a. for år 40-75, og 2 % for år 75 og fremover).

Forutsetninger i analysen

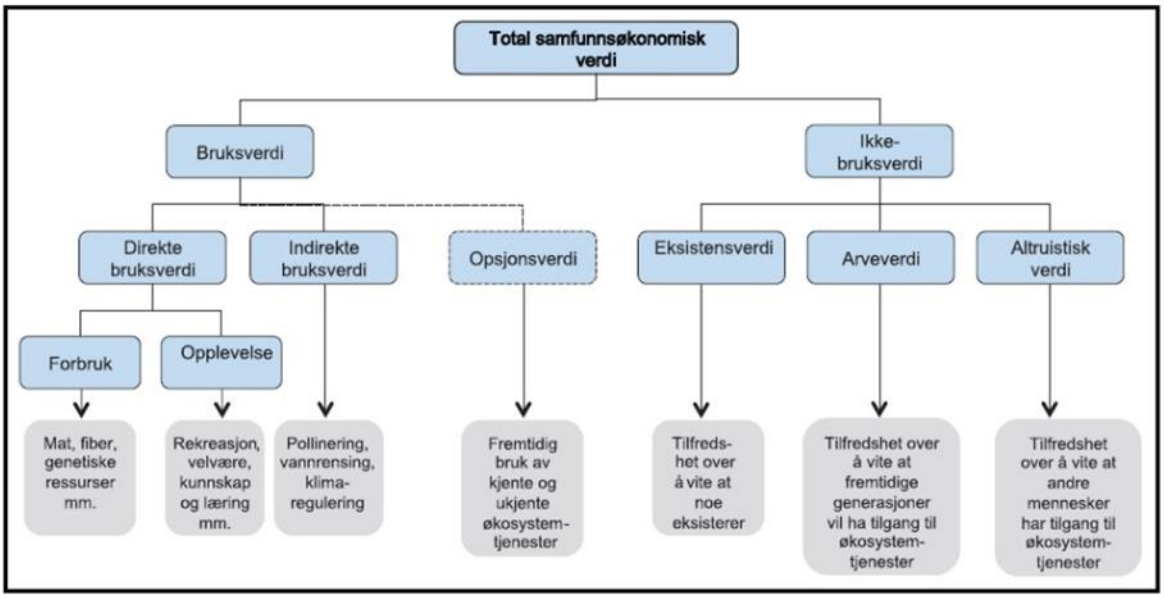
For de virkningene som prissettes i kroner, vil vi beregne kostnader for håndtering av 1000 tonn jord- og stenmasser, som beskrevet i avsnittet over. For de ikke-prissatte virkningene vil vi beskrive og vurdere når og hvor lenge disse ikke-prissatte virkningene oppstår.

3.5. Metode for vurdering av miljøvirkninger og ikke-prissatte virkninger

For å sikre at vi får med alle samfunnsøkonomiske virkninger for miljø knyttet til massehåndtering av masser med fremmede arter fra byggeplasser, vil vi ta utgangspunkt i oversikten over ulike former for bruks- og ikke-bruksverdier av de goder og tjenester vi får fra naturen. Oppdelingen av goder og tjenester fra naturen, kalt økosystemtjenester, bygger på kategoriseringen av slike tjenester i NOU 2013:10: «Naturens goder - om verdier av økosystemtjenester».

En måte for å illustrere alle komponentene som inngår i total samfunnsøkonomisk verdi (TEV=Total Economic Value), er vist i Figur 3.1. nedenfor. Figuren viser hvordan TEV kan deles i bruks- og ikke-bruksverdier, og hvilke komponenter disse igjen kan deles inn i. Det er utviklet flere metoder for verdsetting av goder og tjenester som ikke har markedspriser. Disse bygger på velferdsøkonomiens prinsipper, som også er grunnlaget for samfunnsøkonomiske analyser (nytte-kostnadsanalyser). Vi går ikke nærmere inn på det teoretiske grunnlaget her, men slike beskrivelser finnes f.eks. i NOU 2013:10. Disse metodene er i tråd med samfunnsøkonomisk analysemetode som ligger til grunn for myndighetenes veiledning og retningslinjer for samfunnsøkonomiske analyser (DFØ 2018; Finansdepartementet 2021a). Når det gjelder økosystemtjenester knyttet til jord, våtmark mv. fra natur i Norge, ble det gjennomført en studie i forbindelse med NOU (2013:10), som oppsummerer de viktigste økosystemtjenestene fra ulike naturtyper som er vurdert og verdsatt. Det er også f.eks. gjennomført en egen studie om verdien av norske våtmarker som er relevant for verdien av å unngå uttak av nye våtmarksområder.

Figur 3.1: Total samfunnsøkonomisk verdi består av ulike former for bruks- og ikke- bruksverdier. Kilde: NOU (2013).



For ikke-prissatte effekter, bruker vi pluss-minus-metoden som er anbefalt i DFØ (2018), men noe utviklet for bedre å reflektere velferdsvirkningen av tiltaket, som inngår i SØA. For hver ikke-prissatt virkning brukes påvirkningsgrad- og verdi-scorene (dvs. lav, middels og høy; eller eventuelt 0 ved ingen påvirkning eller verdi) til å anslå samlet velferdsvirkning, se tabell 3.2. I verdivurderingen inngår både hvor stor verdi (viktighet) virkningen antas å ha, og hvor mange som blir berørt, f.eks. om det er hele Norges befolkning, hele byens befolkning, eller bare en mindre gruppe. På skalaen for «påvirkning» måles om tiltaket faktisk vil ha betydning for den virkningen som vurderes.

Tabell 3.2. Matrise fylles ut for hver ikke-prissatt virkning

		Verdi (enhetsverdi og hvor mange som er berørt)			
		0-ikke aktuell i området	1-lav	2-middels	3-høy
Påvirkningsgrad (endring som følge av tiltaket)	0-ingen	0	0	0	0
	1-lav	0	0	-/+	--/++
	2-middels	0	-/+	--/++	---/+++
	3- høy	0	--/++	---/+++	----/++++

3.6. Anslag for klimagassutslipp ved ulike alternativer

Klimagassutslipp og andre miljøvirkninger skal inngå i en god samfunnsøkonomisk analyse, på linje med alle andre virkninger. Kostnader ved klimagassutslipp vil dermed være en del av de samfunnsøkonomiske virkningene som vurderes og beregnes i nytte-kostnadsanalysen. Miljøkostnader, som kostnader ved klimagassutslipp, vil i en del tilfeller være internalisert i prisene som betales f.eks. for drivstoff. Det er tilfelle når drivstoffprisene er ilagt en «klimagassavgift» som (i prinsippet) tilsvarer den miljøkostnadene drivstoffet forårsaker. I slike tilfeller vil prisen f.eks. på drivstoff også inkludere kostnader ved klimagassutslipp, og hvis vi legger til en «karbonpris» vil vi dobbeltelle miljøkostnaden ved klimagassutslipp, - forutsatt altså at avgiften er lik skadekostnaden. I andre tilfeller, som f.eks. ved avgiftsfri diesel som kan brukes til maskiner på bygge- og anleggsplass, er ikke miljøkostnader ved klimagassutslipp inkludert i prisen på drivstoff, og utslippskostnaden bør da legges til regnskapet.

For selve klimagassregnskapet er det imidlertid likegyldig om miljøkostnaden ved klimagassutslipp er inkludert (internalisert) eller ikke. Vi vil derfor også sette opp en oversikt over klimagassutslippene ved utredningsalternativene (alternativ 1 og 2) sammenlignet med referansealternativet. Vi vil inkludere de direkte klimagassutslippene. Fordi klimagassutslippene settes opp parallelt med den samfunnsøkonomiske analysen, vil

vi også presentere klimagassutslipp som «klimagassutslipp i alternativ 1 og 2, sammenlignet med klimagassutslipp i referansealternativet» (altså som endring ved utredningsalternativene i forhold til referansealternativet).

4. Klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske virkninger

4.1. Positive og negative virkninger for ulike aktører/grupper

Direktoratet for økonomistyrings veileder i samfunnsøkonomiske analyser (DFØ 2018) anbefaler at man tar utgangspunkt i hvem/hvilke grupper eller aktører som får fordeler eller ulemper av et tiltak, i dette tilfellet ulike måter for håndtering av masser med fremmede arter.

De viktigste gruppene som vil kunne påvirkes er:

- Organisasjonen selv, altså Envir
- Andre aktører som utfører tilsvarende arbeid med andre metoder
- Brukere av tjenestene
- Samfunnet for øvrig; herunder miljøvirkninger.

I en fullstendig samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsanalyse vil det være viktig å vurdere hvordan utredningsalternativene vil påvirke disse gruppene. Det er de samfunnsøkonomiske virkningene av alternativene som skal inkluderes i den samfunnsøkonomiske analysen. Uttak av ny torv fra våtmark som erstatning for masser som deponeres, er for eksempel ikke en samfunnsøkonomisk virkning i seg selv, men endringen i uttak kan utløse samfunnsøkonomiske virkninger, f.eks. ved at færre får opplevelser som gir dem økt velferd (økt livskvalitet, helse, arbeidslyst m.m.). De samfunnsøkonomiske virkningene er selve endringen i samfunnets ressursbruk eller endringen i samfunnets velferd/nytte, og det er disse virkningene som skal med i den samfunnsøkonomiske analysen.

Samfunnsøkonomiske virkninger kan inkluderes i analysen enten som kvalitative, fysisk kvantitative, prissatte eller ikke-prissatte virkninger. Prissatte virkninger er virkninger av tiltak som kan verdsettes i kroner[1], og for disse kan det beregnes en netto nåverdi. En del andre virkninger, f.eks. miljøvirkninger, har ikke markedspriser og kan være vanskeligere å prissette i en analyse. Disse må imidlertid også behandles systematisk og grundig og bringes inn i analysen, på lik linje med de prissatte virkningene.

Det er ikke alltid gitt hva som kan prissettes og hva som ikke kan prissettes. Det viktige er at begge typer virkninger skal inkluderes. Det er likevel slik at noen virkninger generelt er enklere å prissette enn andre, blant annet slike som har markedspriser og som relativt enkelt kan kvantifiseres fysisk.

I vår sammenheng er det lagt vekt på å få fram miljøvirkningene, og ofte er disse blant virkningene som er vanskelige å kvantifisere og/eller prissette. Som ledd i klimagassregnskapet vil vi beskrive og kvantifisere virkningene i fysiske enheter, som CO_2-ekvivalenter, og deretter prissette virkningene i den grad det er mulig.

Vi vil i de neste delkapitlene gjennomgå en del vesentlige virkninger av utredningsalternativene, og vil da også vurdere hvilke som inkluderes i denne rapporten, hvilke av disse som kan kvantifiseres og prissettes og hvilke som behandles som ikke-prissatte virkninger, og hvordan vi anslår størrelsen av hver virkning.

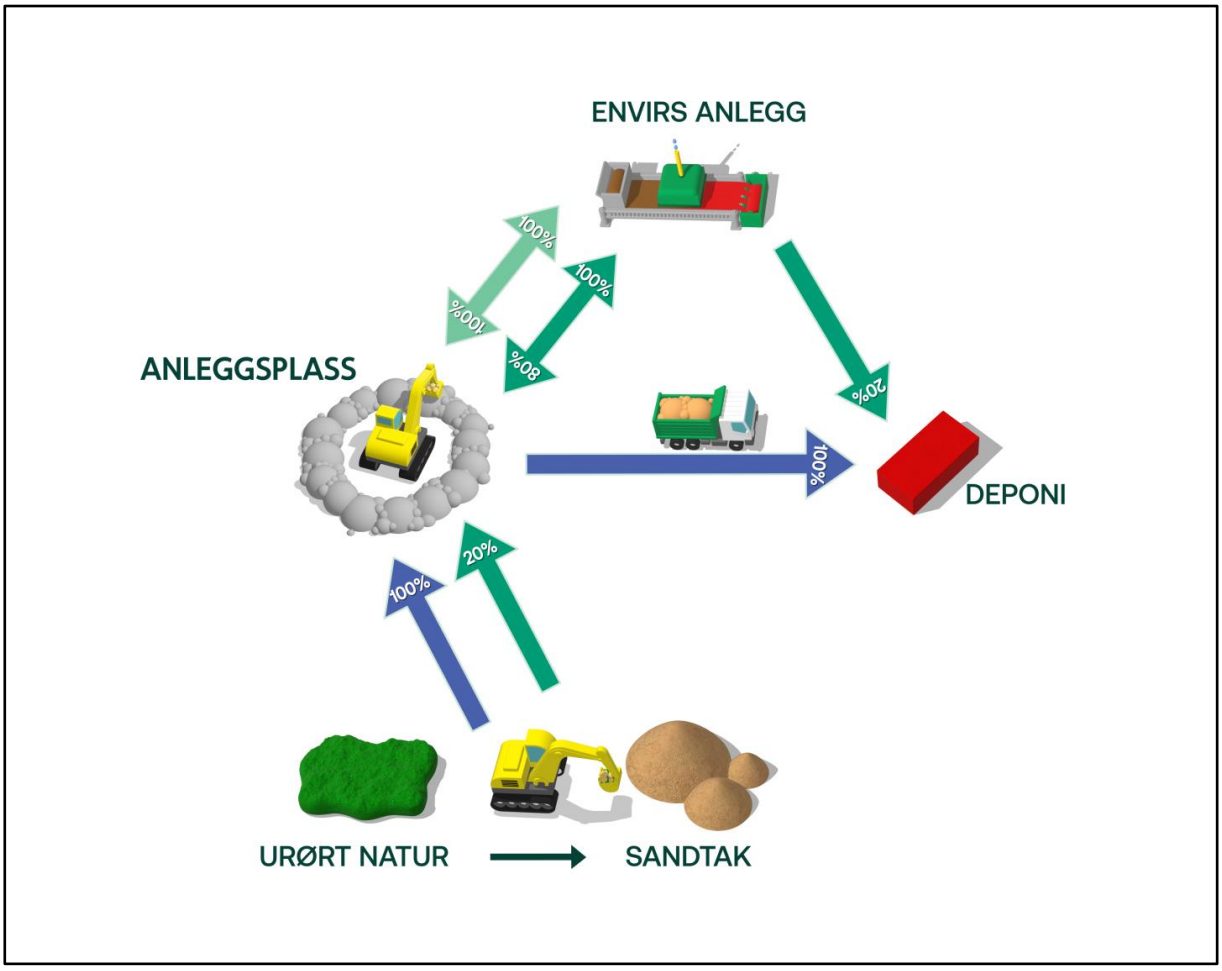
4.2. Samfunnsøkonomiske virkninger

Alternative metoder for massehåndtering med fremmede arter er illustrert i figur 4.1.

---

[1] *For prissatte virkninger gjelder at alle priser skal reflektere forventningsverdier. I de tilfellene det finnes en markedspris for et gode, skal denne vanligvis benyttes. For goder som ikke omsettes i et marked, kan det i noen tilfeller benyttes definerte kalkulasjonspriser dersom slike finnes eller kan beregnes. I samfunnsøkonomiske analyser skal kalkulasjonsprisen som benyttes, reflektere verdien av godet i den beste alternative bruk. Der vi har markedspriser innebærer det å benytte den prisen godet ville vært omsatt for i markedet. Det vil si, man legger til grunn den prisen kjøperen av godet står overfor. For eksempel vil arbeidskraft verdsettes til lønn inklusiv sosiale kostnader og skatt, mens varer og tjenester verdsettes til pris eksklusive merverdiavgift og toll, mens avgifter som korrigerer for eksterne virkninger skal inkluderes.*

Figur 4.1. Skisse som illustrerer trinn og prosess i referansealternativ og utredningsalternativ 1 og 2. De blå pilene representerer referansealternativet (dagens situasjon). Mørkegrønne piler viser utredningsalternativet, der 80 prosent av massene med fremmede arter behandles og føres tilbake til anleggsplass. Lysegrønne piler viser utredningsalternativ 2 der behandlingsanlegg fraktes til anleggsplass og 100% av masser med fremmede arter behandles og brukes igjen. Illustrasjon: knowit.no.



Tabell 4.1. beskriver trinnene i prosessen i referansealternativ (deponi) og utredningsalternativene (Envir i dag og fremtid). Vi beregner *forskjeller* mellom referansealternativ og utredningsalternativ, dvs. trinn/virkninger som er helt like, går i 0. Vi har likevel satt opp hva som skjer i hvert trinn også for referansealternativet for oversiktens skyld.

Tabell 4.1. Trinn, mengder og kostnadskomponenter i massehåndteringsprosessen i utredningsalternativ 1 (Envirs metode i dag) og 2 (Envirs fremtidige metode), sammenlignet med referansealternativet (deponi).

Prosess/ Trinn	Referansealt. (A0): (deponi)	Utredningsalternativ (T1): Envir – dagens	Utredningsalternativ 2 (T2): Envir – fremtid
1.Graving og behandling av masser på byggeplass (1000 tonn)	X	Forskjell=0	Forskjell=0
2a.Frakt til behandlings-anlegg eller deponi	1000 tonn *km *kr/tonn/km	1000 tonn*km[2)] *kr/tonn/km	0 frakt av masser
2b.Frakt av restmasser fra Envir til deponi	0	200 tonn*km*kr/tonn/km	0
2c. Frakt av mobilt behandlings-anlegg til byggeplass	0	0	5 ganger t/r Envir-byggeplass med mobilt anlegg
3.Deponering av masser fra bygge-plass eller restmasser etter behandling	1000 tonn*kr/tonn	200 tonn*kr/tonn	0 tonn
4.Envirs behandling	0	800 tonn*kr/tonn	800 tonn (som i T1) *kr/tonn og 200 tonn behandles med saltvann
5.Uttak av nye masser til (ny) byggeplass	1000 tonn *kr/tonn for nye masser	200 tonn * kr/tonn for nye masser	0 tonn tas ut
6.Frakt av nye eller behandlede masser til ny/gammel byggeplass	1000 tonn * km *kr/tonn/km	200 tonn* km* kr/tonn/km	0

Kostnadene ved ulike massehåndteringsmetoder for ulike interessenter, inkludert ulike næringer, som vil bli berørt, er en viktig del av informasjonen som skal samles inn og vurderinger/beregninger som skal gjøres.

For å identifisere, kvantifisere og om mulig prissette henholdsvis kostnads- og nyttevirkninger knyttet til ulike metoder for massehåndtering, vil vi gå nærmere inn på trinnene i prosessen som er beskrevet i tabellen over, i denne rekkefølgen.

1) Virkninger ved graving og uttak av masser på byggeplass
2) Virkninger knyttet til frakt av a) gravemasser fra byggeplass til deponi eller behandlingsanlegg; b) restmasser fra Envirs anlegg til deponi; c) mobilt behandlingsanlegg fra Envir til byggeplass og tilbake
3) Virkninger knyttet til deponering av masser fra byggeplass eller restmasser etter sortering hos Envir
4) Virkninger knyttet til behandling av masser forurenset av fremmede arter hos Envir nødvendig for gjenbruk av massene
5) Virkninger knyttet til uttak av *nye* masser til byggeplass for å erstatte masser som deponeres (dvs. går ut av sirkulasjon) som uttak av torv fra våtmark, eventuelt uttak av sand fra sandtak e.l.
6) Virkninger knyttet til transport av *nye* og/eller masser som er behandlet og fri for fremmede arter til «ny» eller samme byggeplass

I det følgende går vi gjennom hver virkning i tabell 4.1. Vi starter med hvilke klimagassutslipp hvert trinn i alternativ 1 og 2 medfører sammenlignet med referansealternativet (deponi), og beskriver deretter hvilke samfunnsøkonomiske virkninger hvert trinn gir.

4.3. Virkninger ved graving og uttak av masser på byggeplass

4.3.1. Klimagassutslipp i forbindelse med oppgraving

Et gitt areal kan ta opp og slippe ut klimagasser. Mengden klimagasser som tas opp og slippes ut, er avhengig av arealbruk og prosessene som skjer på arealet. Opptak av klimagasser fra atmosfæren skjer når biomasse (levende

vekster som for eksempel trær, busker og gress) i vekst tar opp og lagrer karbon i jord, røtter, stamme og bladverk gjennom fotosyntesen. Et utslipp av klimagasser skjer når biomassen forbrennes eller brytes ned naturlig. I tillegg kan bearbeiding av jorda øke nedbrytingen av det organiske materialet i jordsmonnet og gi økt utslipp av CO_2. Arealbruksendringer vil påvirke hvor mye karbon som lagres på arealet og i jorda.

Karbonutslipp knyttet til arealbruksendringer avhenger av hvilke arealer som omdisponeres og hva de omdisponeres til. Nedbygging eller omdisponering av naturområder som skog eller myr, som inneholder store lagre av karbon i jord og levende biomasse, medfører store klimagassutslipp per arealenhet (rundt 100-800 tonn CO_2 per hektar over en 20-årsperiode). I tillegg vil som regel mulighetene for fremtidig opptak av karbon på arealet reduseres. Omdisponering eller nedbygging av for eksempel dyrket mark og beite medfører også økt utslipp av karbon fra jordsmonnet (rundt 60-580 tonn CO_2 per hektar over en 20-årsperiode). Målet om å redusere utslipp av klimagasser til atmosfæren vil påvirkes negativt dersom det bygges på arealer med store karbonlagre.

Innenfor en arealkategori vil det også være variasjon i arealets evne til å ta opp og lagre karbon. Skog klassifiseres etter bonitet (jordens produksjonsevne, fra svært høy til impediment (ikke egnet)), treslag (barskog, løvskog eller blandingsskog) og grunnforhold (jordtype; mineraljord eller organisk jord). Generelt er det slik at jo høyere produksjonsevne skogen har (bedre/høyere bonitet), desto større evne har skogen til å lagre karbon. Eksempelvis kan det forventes at granskog med høy bonitet (høy produksjonsevne) kan ta opp og lagre mer CO_2 per år og hektar enn skog på lavere boniteter. Arealer med organisk jord vil ha større karbonlager (2,4-8,8 tonn C/hektar) per arealenhet enn arealer med mineraljord[2]. Avskoging av høyproduktiv skog på organisk jord vil derfor gi størst utslipp av CO_2.

Innenfor arealkategorien vann og myr vil det være større utslipp fra omdisponering av dyp myr enn ved omdisponering av grunn myr.

Hva et areal blir omdisponert til, og hvor mye av vegetasjonen og jordsmonnet som påvirkes eller fjernes ved omdisponering, vil også påvirke karbonutslippet. Utbygging er den formen for inngrep som gir størst tap av karbon, men også innenfor denne kategorien vil utslippene variere, avhengig av hva som bygges og hvordan det gjøres. Omdisponering til bebyggelse og vei vil for eksempel gi større utslipp per arealenhet enn omdisponering til kraftlinjer.

Omdisponering av skogarealer kan også ha ulik grad av reversibilitet. Asfaltering og tyngre utbygging er endringer som i praksis har permanent karakter, mens omdisponering til beite er en reversibel arealendring.

All graving i jord vil frigi karbon ettersom denne gassen lagres både i planter, inkludert røtter, og i jord. Det er estimert at eng og skog lagrer i gjennomsnitt henholdsvis 110 ± 4 kg og 240 ± 200 kg karbon per hektar årlig (Dawson & Smith 2007). Intakt myr og våtmark er antatt å lagre opptil 200 kg karbon per hektar (Billett et al. 2004). Utslipp av karbon er i stor grad forbundet med landbruk, og her foreligger det indikasjoner på at landbruksjord mister omlag 140 ± 100 kg karbon per år per hektar (Dawson & Smith 2007). Store utbyggingsprosjekter foretas oftere på jomfruelig arealer, noe som fører til fragmentering (European Environment Agency 2011). Selv om jord med fremmede arter typisk forekommer i områder tett på menneskelig aktivitet og infrastruktur (Dodd et al. 2016; Olsen et al. 2017), er det oftest et vegetasjonsdekke i form av særlig eng eller skog, samt myr og våtmark, på arealer som bygges ned i Norge.

Fremmede arter endrer økosystemet (Pyšek et al. 2020), inkludert naturtypens evne til å fungere som en karbon-sink (Nie et al. 2017; Pyke et al. 2008; Seidl et al. 2018).

Over 55 % av jordas karbonlagring ligger under 0,3 meters dyp (Lal 2018), noe som betyr at oppgravingsprosjekter har større karbonutslipp enn ved landbruk i graveprosessen, og gir mangel på karbonlagringsmuligheter i etterkant av utbyggingen (natur er fjernet). Likevel er det få studier som har sett på selve effekten av oppgraving av jord i forbindelse med slike utbyggingsprosjekter.

[2)] Grønlund, A. et al. (2010) CO_2-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Bioforsk Rapport vol. 5 nr. 162 2010.

Metodikk for å beregne utslipp og opptak av klimagasser fra ulik fremtidig arealbruksendring er en viktig forutsetning for at det skal gå an å ta hensyn til karbonrike arealer på en kunnskapsbasert måte. Miljødirektoratet har utarbeidet en tiltaksberegningsmal som gjør at man kan beregne omtrentlig utslipp av klimagasser knyttet til en konkret, planlagt utbygging eller annen arealbruksendring. Beregningene er basert på nasjonale utslippsfaktorer (Miljødirektoratet 2020).

Tabell 4.2 viser noen av arealbruksendringene som kan regnes på i malen og hvilke utslippsfaktorer disse arealbruksendringene har. Det er spesielt arealer med organisk jord og mye levende biomasse som har høye utslippsfaktorer.

De 1000 tonn gravemasser vi bruker i våre beregninger vil, hvis vi antar en gravedybde på 1 meter (til grunnfjell) og en egenvekt for jord på 1,5-1,6 tonn per m^3, utgjøre ca. 0,7 dekar.

Tabell 4.2 Eksempler på mulige arealbruksendringer og deres tilhørende utslippsfaktorer som benyttes i tiltaksberegningsmalen[3] for arealbruksendringer. Kilde: Miljødirektoratet 2020.

Fra	Jordtype	Til	Utslippsfaktor (tonn CO_2-ekv/ha)	Utslippsfaktor (kg CO_2-ekv/dekar)
Skog - høybonitet barskog	Organisk jord	Utbygd areal	623	62 300 kg/da
	Mineraljord	Utbygd areal	327	32 700
		Dyrket mark	192	19 200
		Beite	129	12 900
Dyrket mark	Mineraljord	Utbygd areal	61	6 100
Beite	Mineraljord	Utbygd areal	77	7 700
Vann og myr	Organisk jord	Utbygd areal	579	57 900
		Dyrket mark	579	57 900

Vi må imidlertid anta at både i referansealternativet og i de to utredningsalternativene blir jorden gravd opp i samme mengde og frigir dermed samme mengde klimagasser. Vi antar derfor at klimagassutslippene fra selve oppgraving og disponering av jordmassene vil være det samme. Jorden vil deretter bli behandlet ulikt, enten sendt til anlegg for deponering eller varmebehandling eller varmebehandles på stedet, noe som kan bety at fremtidige klimagassbinding kan bli forskjellig, avhengig av hva jorden brukes til etter behandling. I referansealternativet vil jorden gå ut av sirkulasjon, og det må antas at det i liten grad vil skje nyetablering av vegetasjon som på ny vil binde klimagasser. Etter behandling av massene slik at de er frie for fremmede arter i utredningsalternativene vil derimot jorden bli tilbakeført til samme eller et annet område. Det er lite aktuelt å tilføre jordmasser til arealer som siden skal bebygges eller asfalteres e.l. Jordmasser vil i hovedsak bli tilført arealer der det skal være grøntarealer, og der gress og planter skal vokse. Det er derfor grunn til å anta at massene i utredningsalternativet vil bli tilbakeført til områder der de igjen vil binde CO_2. Vi har imidlertid ikke kunnet tallfeste denne virkningen.

4.3.2. Samfunnsøkonomisk vurdering av virkningen

Som beskrevet i kapittel 4.3.1., er det de samme massene som skal graves opp og tas ut på byggeplass (1000 tonn) både i referansealternativet og i utredningsalternativene. I det samfunnsøkonomiske regnskapet der vi ser på forskjeller mellom utredningsalternativ 1 og referansealternativ, blir dermed forskjellen 0. Også i utredningsalternativ 2, fremtidig mobilt behandlingsanlegg må massene på byggeplass graves opp og behandles. Vi antar derfor at denne samfunnsøkonomiske virkningen av alternativ 1 og 2 ikke er forskjellige fra referansealternativet.

3 Tiltaksberegningsmalen er tilgjengelig på Miljødirektoratets nettside: Beregne effekt av ulike klimatiltak.

I utredningsalternativene vil imidlertid jord- og stenmassene legges tilbake på arealer der det med stor sannsynlighet skal vokse nye planter, mens de legges på deponi i referansealternativet. Dette vil ha en positiv virkning i form av mulige reduserte fremtidige CO_2-utslipp, men vi har ikke kunnet tallfeste denne virkningen.

4.4. Virkninger knyttet til transport av gravemasser til deponi eller behandlingsanlegg eller transport av mobilt behandlingsanlegg

I dette kapittelet vurderes henholdsvis virkninger knyttet til transport av a) gravemasser fra byggeplass til deponi eller behandlingsanlegg; b) restmasser fra Envirs anlegg til deponi; c) mobilt behandlingsanlegg fra Envir til byggeplass og tilbake.

Både i referansealternativet og i alternativ 1 (Envirs metode i dag) fraktes 1000 tonn jordmasse bort fra byggeplass, til deponi i referansealternativet eller til behandlingsanlegg i alternativ 1. I alternativ 1 blir deretter ca. 20% (200 tonn) sortert ut før behandling og fraktet til deponi. I alternativ 2 skjer behandlingen på byggeplassen, og massene blir ikke fraktet. Derimot må behandlingsutstyret fraktes fra Envirs hovedanlegg til byggeplassen.

Vi antar at transporten skjer med samme type lastebil, slik at det bare er hvor mye som skal fraktes og avstanden massene eller utstyret skal fraktes, som gjør at det blir forskjell mellom referansealternativ og utredningsalternativene. I våre eksempler er transportavstandene som vist i tabell 3.1.

4.4.1. Klimagassregnskap

Transporten vil medføre CO_2-utslipp og ha andre miljøvirkninger. For klimagassregnskapet, regner vi CO_2-ekvivalenter per kilometer og multipliserer med respektive kjørte (tonn og) kilometer for hvert av alternativene. I tabell 4.3. har vi satt opp forutsetningene som er brukt for å gjøre beregningene, både for referansealternativet og utredningsalternativene. Vi ser at sett i forhold til referansealternativet spares 1467 kg CO_2-utslipp i alternativ 1 og 3991 kg CO_2 i alternativ 2.

Tabell 4.3. Klimagassutslipp fra transport av masser fra byggeplass til deponi eller behandling. Virkninger knyttet til transport av a) gravemasser fra byggeplass til deponi eller behandlingsanlegg; b) restmasser fra Envirs anlegg til deponi; c) mobilt behandlingsanlegg fra Envir til byggeplass og tilbake.

	Referansealternativ (a)	Alternativ 1		Alternativ 2
		a)	b)	c)
Tonn	1000	1000	200	Utstyr
Tonn/lastebil	12,5	12,5	12,5	12,5
Antall turer (én vei)	80	80	16	5
Km én vei*	25	12,5	18	12,5
Km totalt	4000	2000	576	125
Kg CO_2-utslipp per km (kg/km) **	1,030	1,030	1,030	1,030
Kg CO_2-utslipp	4 120	2 060	593	129
Kg CO_2-utslipp totalt	4120	2 653		129
CO_2-utslipp (kg) i utredningssalternativ i forhold til referansealternativ		-1467		-3991

*Antar at nærmeste deponi velges, selv om kr/tonn levert er 10 kroner billigere per tonn i deponi lenger unna.
**Beregnet i tråd med forutsetninger i TØI (2021): Transport, logistikk og miljø. Antar lastebil 7,5-16 tonn; for CO_2-utslipp legger de til grunn 18,5 % innblandet biodiesel og 0 utslipp fra biodiesel (se tabell 5.4. og kapittel 5.3 og 5.4 i TØI 2021). Vi bruker tall fra Miljødirektoratet for utslipp for tunge kjøretøy (diesel) som er angitt til 1030 gram per kilometer.

4.4.2. Samfunnsøkonomisk analyse

I en samfunnsøkonomisk analyse er det transportkostnadene som skal inngå i beregningen. Disse oppgis som kr/tonn per km. Veitransport og bruk av drivstoff er pålagt avgifter blant annet ut fra de eksterne kostnader de påfører ved CO_2-utslipp og andre utslipp til luft. Finansdepartementet (2021b) har nylig kommet med nye prisbaner for CO_2, og disse er til dels høyere enn det som gjenspeiles i dagens avgifter og beregnede transportkostnader. Formelt skal man da legge til differansen mellom prisbanen og dagens avgift/CO_2-del i transportkostnaden.

For å beregne transportkostnadene, inkludert kjøretøykostnader, tidsavhengige kostnader og eksterne kostnader (som blant annet inkluderer kostnader forbundet med CO_2-utslipp og andre utslipp til luft), har vi benyttet tall fra Statens vegvesens håndbok i konsekvensanalyser V712 (Statens vegvesen 2018), samt tall for eksterne kostnader fra TØI (2021). Samlede transportkostnader for lastebil (12,5 tonn) blir med disse forutsetningene 19,50 kr/km, som vist i tabell 4.4.

Tabell 4.4. Transportkostnader per km. Kilde: Statens vegvesen 2018 og TØI (2021).

Samlede kostnader per km:	
Kostnadskomponent	Kr/km
Kjøretøykostnad	3,43 kr/km
Tidsavhengige kostnader *	12,10 kr/km
Eksterne kostnader **	4,00 kr/km
Totalt	19,50 kr/km

* Antar 60 km/time. Tidsavhengige kostnader for lastebil: 726 kroner/time: 60 km/time= 12,10 kr/km

** Antar lik fordeling av kjøring i spredtbygd, by<100 000 og by>100 000 innbyggere)

Angående karbonpris i samfunnsøkonomiske analyser

Finansdepartementet kom høsten 2021 med prisbane for klimagassutslipp som skal brukes i samfunnsøkonomiske analyser i 2022[4] (Finansdepartementet 2021b). Prisene varierer blant annet med hvorvidt utslipp skjer i kvotepliktig eller ikke-kvotepliktig sektor, og utslipp fra skog og arealbruk er en egen kategori. Videre varierer prisene over tid. For utslipp i ikke-kvotepliktig sektor (som transport) starter prisen på 766 kr/tonn i 2022, går opp til 2083 kr/tonn i 2028 fram til ca. år 2050 og øker deretter. For opptak og utslipp fra skog- og arealbruk starter prisen på 614 kr/tonn i 2022, reduseres til 606 kr/tonn og stiger så igjen. Rundt år 2050 er prisene like for utslipp i alle sektorer, og øker fram mot år 2100. Samme rundskriv skriver at for utslipp i alle kategorier skal det gjennomføres følsomhetsanalyser med priser lik 461-1200 kr for 2022.

Siden vi tar utgangspunkt i aktivitet og utslipp i 2022, vil vi bruke prisene for 2022; dvs. 766 kr/tonn (tilsvarer 0,766 kr/kg) i ikke-kvotepliktig sektor og 614 kr/tonn for opptak og utslipp i skog- og arealbruk. For ikke-kvotepliktig sektor, det vil si transportsektoren, er tankegangen at pris første år (2022) er den samme som CO_2-avgiften for mineralske produkter. Deretter skjer en gradvis økning opp til kr 2000 i 2030 (prisnivå 2020). Dette er i tråd med CO_2-avgift i 2030 som signalisert i Klimaplan 2021-2030.

Denne tilnærmingen betyr at for transport med avgiftsbelagt drivstoff (diesel mm.) vil karbonprisen antas å være internalisert (inkludert) i prisen som betales for drivstoff. Det er kun for transport som bruker avgiftsfri diesel/drivstoff (som benyttes utenfor kjøring på vei, f.eks. på bygge- og anleggsplasser og i landbruket) at denne karbonprisen (iallfall fram til 2030) vil tilsi tillegg til karbonpris inkludert i transportkostnader (forutsatt at riktig avgift er lagt til grunn ved beregning av transportkostnader). I tillegg må det beregnes karbonpris ved utslipp fra arealbruksendringer mv. som ikke er ilagt avgift per i dag.

Med disse forutsetningene, kan de samfunnsøkonomiske kostnadene ved transport av gravemasser til deponi (referansealternativ) eller Envirs anlegg (alternativ 1, punkt a), og videre transport av utsorterte masser fra Envirs

[4] *https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/statlig-okonomistyring/karbonprisbaner-for-bruk-i-samfunnsokonomiske-analyser/id2878113/*

anlegg til deponi (alternativ 1, punkt b) og frakt av Envirs utstyr til byggeplass (alternativ 2) beregnes, som vist i tabell 4.5.

Vi har satt opp forutsetninger og beregninger for både referansealternativ og utredningsalternativ for oversiktens skyld. Vi ser at sett i forhold til referansealternativet reduseres de samfunnsøkonomiske kostnadene til frakten i dette tilfellet.

Tabell 4.5. Samfunnsøkonomiske kostnader (kr) for transport av masser fra byggeplass til deponi eller behandling, evt. transport av varmebehandlingsanlegg fra Envirs hovedanlegg til byggeplass

	Referansealternativ (a)	Alternativ 1		Alternativ 2
		a)	b)	
Tonn	1000	1000	200	Utstyr
Tonn/lastebil	12,5	12,5	12,5	12,5
Antall turer (én vei)	80	80	16	5
Km én vei*	25	12,5	18	12,5
Km totalt	4000	2000	576	125
Kr/km	19,50	19,50	19,50	19,50
Transportkostnad (kr)	78 000	39 000	11 232	2 438
Samlet transportkostnad (kr)	78 000	50 232		2 438
Samfunnsøkonomiske transportkostnader i utredningsalternativ vs. referansealternativ, kr		-27 768		-75 562

*Antar at nærmeste deponi velges, selv om kr/tonn levert er 10 kroner billigere per tonn i deponi lenger unna.
**Beregnet i tråd med forutsetninger i TØI (2021): Transport, logistikk og miljø. Antar lastebil 7,5-16 tonn; for CO_2-utslipp legger de til grunn 18,5 % innblandet biodiesel og 0 utslipp fra biodiesel.

4.5. Virkninger knyttet til deponering av masser fra byggeplass eller restmasser etter behandling

Både i referansealternativet og i alternativ 1 blir det masser som skal deponeres. I referansealternativet deponeres hele massen, 1000 tonn. I alternativ 1 er det sten og grus som blir sortert ut før behandling, som skal deponeres. Vi legger til grunn at det utgjør 20 prosent, dvs. 200 tonn.

4.5.1. Klimagassutslipp fra deponi

Søppelfyllinger – inkludert deponier, er en av de største kildene til metangassutslipp, og kan utgjøre inntil 50 % av all total mengde gassutslipp (Lou & Nair 2009; Mohsen & Abbassi 2020; Peer et al. 1993). I en studie fra Canada utgjør denne fraksjonen 29 % av det totale metanutslippet fra landet årlig (Mohsen & Abbassi 2020). Mange anlegg har innført systemer som fanger metangass og bruker den til energiproduksjon (Themelis & Ulloa, 2007). Faktorer som avgjør klimagassutslipp fra deponier inkluderer temperatur, innhold av organisk karbon og fuktigheten i jorda (Christophersen et al. 2001; Scheutz & Kjeldsen 2004). Deponier med gravemasser vil potensielt ha lavere fuktighet og innhold av organisk karbon, og dermed også lavere metanutslipp (López & Lobo 2014). I Norge har det vært lagt større vekt på sigevannsforurensning knyttet til deponier, enn på klimagassutslipp, og det er først i de senere år at det er blitt etablert standard om gassmålinger. I tillegg er søppelfyllinger i stor grad erstattet med forbrenningsanlegg som gjør at klimagassutslippene kommer i form av CO_2 i forbrenning, heller enn metan ved anaerob nedbrytning.

Miljødirektoratet har utarbeidet et beregningsverktøy for å finne klimagassutslipp fra norske deponier, men jord inngår ikke i materialtypene som kan inkluderes for å gjøre beregninger. Et viktig skille når det gjelder utslipp av metan fra deponier er om deponiene har anlegg for å utnytte metangassen (som biogass) eller ikke. Utslippene vil derfor være forskjellige avhengig av mange forhold.

Hvis vi antar at jordmassene blir «liggende der» på deponiet og ikke utnyttes for metangassproduksjon, kan vi tenke oss at noe av prosessene som holder på klimagasser fortsetter, ved at noen vekster vokser på og i jorda, og at karbon bindes og ikke slippes helt fri. Samtidig som jordmassene hvis de ikke dekkes til, kan fortsette å ha en viss organisk omsetning og binding av CO_2. I våre beregninger er deponering ved FSG antatt å være referansealternativet. De deponerer i fjell, og man kan da anta at spredning av fremmede arter er et mindre problem, så lenge massene blir liggende urørt i fjelldeponi. Samtidig er da en begrenset fornybar ressurs som jord er, definitivt tatt ut av sirkulasjon.

I alternativ 1 og 2 vil de samme massene anvendes på samme eller annen byggeplass etter behandling enten på Envirs anlegg (alternativ 1) eller på plassen der utbyggingen skjer. Både i referansealternativet og utredningsalternativene blir dermed massene fjernet fra sitt naturlige miljø, vegetasjon kuttes og behandles. Selv om det det kan være forskjeller i klimagassutslipp fra massene ved deponering sammenlignet med bruk på byggeplass, er det vanskelig å si hvordan dette vil slå ut på klimagassutslipp. Dersom massene brukes på byggeplassen, vil de bli dekket av faste masser eller være vekstmateriale for ny plantevekst. I første tilfelle vil klimagassutslipp bli som en endring fra jord, skog eller våtmark e.l. til bebygd areal (jf. utslippsfaktorer i tabell 4.2.). Dersom jorda i stedet brukes til fyllmasser «rundt» bebyggelsen kan det gi opphav til ny karbonbinding. På samme måte kan behandlingen på deponi gi ulikt grunnlag for ny plantevekst, eller den kan dekkes med andre masser, duker e.l., og klimagassutslippene vil variere med videre behandling.

Det vil derfor variere i stor grad med hvordan massene i utredningsalternativ og referansealternativ benyttes videre hvordan det vil påvirke endring i klimagassutslipp, og vi kan ikke gi noen estimater for dette uten å gå mer spesifikt inn på aktuell bruk i hvert enkelt tilfelle, men det vil være en positiv ikke-kvantifisert og ikke-prissatt virkning ved utredningsalternativene sammenlignet med referansealternativet.

4.5.2. Samfunnsøkonomiske virkninger

I en samfunnsøkonomisk analyse, er det de totale kostnadene til deponering som inngår. Det vil si kostnadene ved å deponere, som inkluderer både kostnader til arealet som brukes, håndtering, og eventuelt eksterne kostnader knyttet til klimagassutslipp og sigevann og eventuelt andre negative eksterne effekter, som lukt, problemer med utøy og «søppelplassfugler» osv., som ikke er inkludert i betalingen for deponitjenestene.

I første omgang tar vi utgangspunkt i at disse kostnadene gjenspeiles i det man må betale for å levere denne typen masser til deponi.

Pris for levering av større masser til deponi, oppgis ofte ikke på deponienes hjemmeside, der er det i beste fall prisen for å levere mindre mengder fra privathushold som oppgis. Vi vil finne fram til pris per tonn, og det er bare antall tonn som avviker. For alternativ 2 er det ingen masser som skal deponeres.

En viktig grunn til at utredningsalternativene fremstår som bedre egnet enn referansealternativet er at de nettopp kan behandle masser med fremmede arter. Det er i slike tilfeller alternativ 1 og 2 er aktuelle. Når masser med fremmede arter, legges åpent på deponi, vil de fremmede artene etter all sannsynlighet spre seg; hvor langt, hvor mye og hvor lenge, vil avhenge av hvilke arter som finnes i massene. De mest langlivede har frøbanker som kan overleve i massene i flere tiår. Hvis disse artene sprer seg, har det en kostnad for områdene de sprer seg til. Hvor store miljøkostnadene ved spredning blir, avhenger bl.a. av artene som spres og områdene de sprer seg til, og hvor stor påvirkning de fremmede artene har på den stedegne naturen som finnes der de sprer seg. På selve deponiplassen er det rimelig å anta at den stedegne naturen ikke har spesielt stor naturverdi, men hvis artene sprer seg utenfor deponiområdet, kan det finnes mange slags natur der. Et eksempel er avfallsplassen med deponi på Øra i Fredrikstad, der nærmeste nabo er naturreservat. Det kan være vanskelig å fastslå miljøkostnaden av at en fremmed art sprer seg, iallfall uten å vite mer om arten og områdene rundt. Et mål på kostnadene, kan være tiltakskostnadene, altså hva det vil koste å fjerne de artene som sprer seg ved ulike bekjempelsestiltak. Det er det regnet på, og kostnadene per dekar bekjempelse varierer mye med arten, fra 2400 kroner per dekar for arter som balsammispel til 2,6 millioner kroner per dekar for arter som parkslirekne, hybridslirekne og leddvedartene taterleddved og blåleddved. Selv om de fremmede skadelige artene som finne i jorda som graves opp, vil variere fra sted til sted, vet vi at parkslirekne er en svært vanlig fremmedart, og kostnaden til behandling av områder dersom arten sprer seg som følge av deponering (eller av andre grunner), er svært kostbar. Den beste og billigste tilnærmingen i vår sammenheng, vil derfor være å dekke deponimassene som inneholder fremmede arter på en slik måte at artene med sikkerhet ikke kan spre seg, f.eks. ved tildekking

med fast duk, eller deponering i fjellhaller for farlig avfall e.l. Vi ser samtidig at slik deponering også medfører at jorda går varig ut av kretsløpet og ikke verken kan bidra til ny binding av klimagasser ved ny vegetasjon eller sirkulere for å unngå uttak av nye masser fra urørte arealer og naturtyper.

I tabell 4.6. har vi satt opp virkninger og kostnader for referansealternativ, utredningsalternativ 1 og 2. Vi ser at kostnadene til deponering blir 0 i alternativ 2, og en femtedel av kostnaden i alternativ 1, sammenlignet med referansealternativet.

Tabell 4.6. Samfunnsøkonomiske kostnader (kr) for deponering av masser fra byggeplass eller restmasser etter behandling

	Referansealternativ	Alternativ 1	Alternativ 2
Tonn	1000	200	0
Pris for levering av jord- og stenmasser til deponering	400 kr/tonn	400 kr/tonn	
Eksterne kostnader	Spredning av fremmed arter	Unngår spredning av fremmede arter	Unngår spredning av fremmede arter
Samfunnsøkonomisk kostnad, kr	400 000	80 000	0
Samfunnsøkonomisk kostnad ved utredningsalternativ, vs. referansealternativ, kr		-320 000	-400 000

4.6. Virkninger knyttet til varmebehandling av masser forurenset av fremmede arter nødvendig for gjenbruk av massene

I dette trinnet inkluderes alle aktiviteter knyttet til behandlingen av massene som er forurenset med fremmede arter på hovedanlegget i alternativ 1 eller i det fremtidige mobile anlegget på byggeplass i alternativ 2. I referansealternativet skjer ingen behandling av masser med fremmede arter.

4.6.1. Klimagassutslipp

I alternativ 1, blir massene først skyflet oppi et sorteringsanlegg ved bruk av gravemaskin som bruker diesel til drivstoff (15,1 liter/timer x 2,5 timer = 37,75 liter). Sorteringsanlegget bruker elektrisitet, og vi antar ikke CO_2-utslipp knyttet til dette anlegget. Etter sortering blir ca. 20 % av massene (200 tonn i vårt tilfelle) sortert ut som stenmasser, som blir fraktet til deponi. 80 prosent, dvs. 800 tonn jordmasser, fraktes i dieseseldrevet gravemaskin (med bruk av 15,1 liter/time x 2 timer= 30,2 liter diesel) til anlegg der massene blir varmebehandlet for å ta knekken på de fremmede artene, inkludert frø og andre deler som kunne spre plantene videre.

I alternativ 2 skjer den samme behandlingen, men på byggeplassen. Også her foregår sortering, og samme mengder sten etc. skilles ut, men i dette tilfellet blir alle massene gjenvunnet/brukt igjen. De 200 tonn stenmasser behandles med saltvann, mens de 800 tonn også her varmebehandles. Tanken er imidlertid at i dette mulige, fremtidige, klimavennlige alternativet, er de dieseldrevne gravemaskinene byttet ut med elektriske og dampanlegget benytter flytende biogass i stedet for propan. Saltvannsbehandlingen skjer i osmoseanlegg og antas ikke å kreve ekstra energitilførsel (iallfall ikke fossil energi). Siden råstoffet til biogass kommer fra biologisk materiale, regnes forbrenning av biogass som CO_2-nøytral da den går inn i det naturlige kretsløpet (Miljødirektoratet 2021[5]). Vi har derfor ikke regnet klimagassutslipp fra forbrenning av biogass i alternativ 2.

Mengder og prosesser er beskrevet i tabellen nedenfor. Dette trinnet for å ta knekken på de fremmede artene i massen slik at jorden kan brukes igjen, gjennomføres ikke ved deponering, og utslippene kommer derfor som økte klimagassutslipp sammenlignet med referansealternativet.

[5] *Hva er biogass? - Miljødirektoratet (miljodirektoratet.no)*

Tabell 4.7. Klimagassutslipp fra sortering og varmebehandling av masser med fremmede arter på hovedanlegg eller ved mobilt anlegg på byggeplass

	Referansealternativ	Alternativ 1	Alternativ 2
Fremkjøring av masser til sortering	0	15,1 l diesel/time*(1000/400) timer* 2,68 kg CO_2/l diesel = 101 kg CO_2	0
Fremkjøring av masser med gravemaskin til behandlingsanlegg	0	15,1 l diesel/ time x (800/ 400) timer x 2,68 kg CO_2/l diesel = 81 kg CO_2	0
Masser i elektrisk sorteringsanlegg	0	0	0
Masser til varmebehandling	0	11 104	800 tonn behandles ved bruk av flytende biogass. Antar samme behov for kWh antar ingen utslipp fra saltvannsanlegg 7487
Totale CO_2-utslipp (kg)	0	11286	7487
CO_2-utslipp (kg) i utredningssalternativ vs. Referansealternativ		+11286	+7487

*Ikke-fossilt utslipp **Propanforbruk: 34,7 m^3/h (avlest forbruk). Propan: 2kg/m^3. CO_2-utslipp pr. kg propan = 3kg CO_2 pr kg propan (https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabeller-for-omregning-fra-energivarer-til-kwh/). 34,7m^3/h*55h= 1908,5 m3 -> 1908,5*2 = 3817kg propan. CO_2-utslipp = 3817kg * 3 = 11 451kg CO_2.

4.6.2. Samfunnsøkonomiske kostnader

De samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til varmebehandling er i hovedsak knyttet til kostnader til investering og drift av anlegg. I tillegg kan det være eksterne kostnader som ikke er internalisert i disse kostnadene, f.eks. hvis ikke kostnader til klimagassutslipp fra diesel til gravemaskinene er inkludert, fordi man kan bruke avgiftsfri diesel ved kjøring på anleggsplass (kjøring ikke på vei). Det samme kan gjelde andre eksterne kostnader. Vi starter med behandlingskostnaden per tonn. I tillegg tilkommer eksterne kostnader knyttet til bruk av avgiftsfri diesel på anleggsplassen. For alternativ 2 der det brukes biogass, som er et ikke-fossilt drivstoff, har vi ikke lagt til eksterne kostnader, mens utslippene av CO_2 fra anlegget og frakt på anlegget er tillagt en karbonpris tilsvarende karbonprisbanen for 2022 (Finansdepartementet 2021b; se omtale i kapittel 4.4.2). Kostnadene ved denne behandlingen av masser med fremmede arter inngår ikke i deponering i referansealternativet, og hele kostnaden blir dermed en økt kostnad sammenlignet med referansealternativet.

Tabell 4.8. Samfunnsøkonomiske kostnader for sortering og varmebehandling av massene på hovedanlegg eller ved mobilt anlegg på byggeplass

	Referansealternativ	Alternativ 1	Alternativ 2
Behandlingskostnad	0	435 000	435 000
CO_2-kostnad for bruk av avgiftsfri diesel til frakt og varmebehandling	0	8 645	0
Totale kostnader, kr	0	443 645	435000
Samfunnsøkonomisk kostnad ved utredningsalternativ vs. referansealternativ, kr.		443645	435 000

4.7. Virkninger knyttet til uttak av nye erstatningsmasser til byggeplass

Det springende punkt for å vurdere både klimagassutslipp og kostnader ved dette trinnet, er hva slags masser som skal tilføres dersom massene med fremmede arter ikke behandles og kan brukes igjen. Som Miljødirektoratet (2021) påpeker i sin rapport om mer bærekraftig massehåndtering, er det et problem at stadig nye masser tas ut, og det er en målsetting å få til mer ombruk og gjenvinning av masser. Miljødirektoratet (2021) behandler først og fremst mineralske masser (det vil si pukk, sten, grus, mv.) som brukes i stor målestokk, og der nye masser kommer fra sand/grustak eller ny knusing av fjell. For masser med fremmede arter er det først og fremst snakk om organiske masser, det vil jord, selv om en del (i vår analyse antatt 20 prosent) av massene består av sten. Organiske masser kan i begrenset grad erstattes av mineralske sten- og grusressurser. Hoveddelen må komme fra andre organiske masser. Det er lite aktuelt å ta ut matjord (jordbruksjord) for bruk til masser på bygge/anleggsplass. Det er da masser fra skog og våtmark som antagelig er alternativet, enten fra uttak i Norge eller importert fra uttak i andre land. Uttak av torv, eventuelt blanding med (skogs)jord, er antagelig mest aktuelt, men det foreligger svært lite informasjon om hvor slike masser kommer fra. Hageeiere og mindre anlegg kjøper ofte jord/veksttorv på hagesentre, men for de mengdene som trengs på større anleggsplasser er det antagelig lite aktuelt. Miljødirektoratets rapport kan heller ikke gi noe svar på hvor masser tas fra – eller hvor mye som faktisk fraktes bort og deponeres eller tilkjøres. Man har noen tall for hvor mye mineralske ressurser som tas ut hvert år, og kostnadene (ikke inkludert miljøkostnader) ved dette uttaket. Miljødirektoratet har også sjekket med kommuner, større entreprenører osv., og ingen har full oversikt, selv ikke på kommunenivå over masser, verken mengder eller hvor de kommer fra og hvor de havner. For organiske masser, som inneholder fremmede arter, ser det ikke ut til å finnes noen oversikt.

4.7.1. Utslipp av klimagasser - gevinst i å bruke gravemasser om igjen

Det er gjort beregninger som viser at det å benytte allerede utgravde masser gir en nettobesparelse på 14 kg CO_2-ekvivalenter per tonn (dvs. 14 000 kg i alternativ 1), sammenlignet med å benytte jomfruelige masser (Blengini & Garbarino, 2010). Likevel er det vist at det er store, strukturelle utfordringer på tvers av ulike land for å få opp gjenbruksgraden av gravemasser (Hale et al. 2021) på tross av pålegg fra EU blant annet om å øke gjenbruksgraden av særlig jordmasser til minimum 70 % i 2020 (Waste Framework Directive - WFD2008/98/EC). Hale et al. (2021) viser til blant annet Norges håndtering av gravemasser, og nasjonale regler, men ingenting er nevnt om biologisk forurensing som eksempelvis fremmede skadelige arter. Likevel henvises det i artikkelen til at Norge er med i forumet «Re-use of Urban Soils and Sites» som er et nettverk/plattform for geotekniske institutt for å fremme gjenbruk av denne typer masser https://elgip.org/working-groups/re-use-of-urban-soils-and-sites/.

I og med at nye organiske masser må komme fra organiske kilder, og det er strenge målsettinger til uttak av jordbruksjord, vil uttak av nye masser fra våtmark enten i Norge eller andre land, antagelig være noe av det mest sannsynlige. Uttak av nye masser fra våtmark vil medføre økte klimagassutslipp og ha andre miljøvirkninger, som vi kommer tilbake til i de samfunnsøkonomiske regnskapet. For klimagassregnskapet, regner vi CO_2-utslipp per kvadratmeter våtmark som går med for å erstatte jord fra byggeplass, og multipliserer med respektive kvadratmeter/kubikkmeter masse som skal erstattes for hvert av alternativene. For klimagassutslipp tar vi utgangspunkt i Miljødirektoratets oversikt over økte klimagassutslipp (CO_2-ekvivalenter) ved oppgraving av våtmark. (jf. Tabell 4.2.). Som tidligere diskutert, vil økning i CO_2-utslipp ved uttak av organiske masser i våtmark også i noen grad variere med hva massene senere brukes til. Utslippet per dekar som er brukt (og som er oppgitt i Miljødirektoratet 2020) gjelder både ved omgjøring til utbygd areal og ved omgjøring til jordbruksareal. Vi skal likevel være oppmerksomme på at bruk av nye, organiske masser til utbyggingsformål sannsynligvis er aktuelt der det skal tilplantes, ikke oppføres bygninger eller legges asfalt e.l. Selv oppgravingen som frigjør klimagasser fra våtmarken er imidlertid den samme.

Tabellen viser at fordi det tas ut mindre nye masser i alternativ 1 og ingen nye masser i alternativ 2, skjer en netto reduksjon i klimagassutslipp fra dette trinnet, sammenlignet med referansealternativet.

Tabell 4.9. Klimagassutslipp fra uttak av nye masser i ulike alternativer

	Referansealternativ	Alternativ 1	Alternativ 2
Tonn	1000	200	0
Areal	0,7 dekar	0,14	0
Utslipp per dekar	57 900 kg CO_2	57 900 kg CO_2	
CO_2-utslipp (kg)	40 530	8 106	0
CO_2-utslipp (kg) ved utredningsalternativ vs. referansealternativ		-32 424	-40 530

4.7.2. Samfunnsøkonomiske kostnader

I den samfunnsøkonomiske analysen er det samfunnet samlede kostnader knyttet til de nye massene man trenger på byggeplass som skal inngå. Det gjelder både kostnaden som må betales for «ny jord/nye masser» til byggeplassen, og eventuelle eksterne kostnader som ikke er inkludert i prisen man betaler for torv eller andre vekstmaterialer.

Prisen på jord til byggeplass vil avhenge av hvilken kvalitet som kreves, som vil variere. For å fylle opp arealer kreves ikke så god kvalitet, mens det for topplokket der det skal vokse plen og planter f.eks. vil kreves bedre kvalitet og organiske masser. Prisene varierer mye, og det samme gjør torvinnhold, tilsetning av gjødsel, kalk osv. Vi tar utgangspunkt i et eksempel der naturtorv uten tilsetningsstoffer selges for 500 kr per m^3. Vi antar at egenvekten til torv er 1000 kg/m^3 og at vi må erstatte 1000 tonn i referansealternativet, 200 tonn i alternativ 1 og 0 tonn i alternativ 2. Totalprisen for de ulike alternativene kan da beregnes som vist i tabellen nedenfor.

Kostnader til kjøp av pukk, sand og plenjord

Virksomheten «Nordisk pukk og sand» tilbyr plenjord («såldet jord tilsatt litt sand» ifølge hjemmesiden deres) i storsekk til 520 kr eks. Prisen tilsvarer 722 kr per tonn for plenjord. Pukk (0-11 mm knust grus) kan fra samme tilbyder kjøpes for 150 kr/tonn eks. mva. + frakt. Vi antar at disse kostnadene dekker kostnader til uttak, men ikke inkluderer eksterne kostnader, som miljøkostnader, knyttet til uttak av ny våtmark eller sår i landskapet pga. grus- og sandtak osv.

For illustrasjon vil vi se på alternativet der nye masser tas ut fra våtmarksområder. Vi må da anta frakt av torv fra uttak til utsalgssted og kostnader til uttak av torv, som gjenspeiles i prisen på torv ved hagesenter e.l.

I tillegg har det eksterne miljøkostnader å ta ut torv eller andre materialer i jomfruelige arealer. Det vil variere hva slags arealer og masser som brukes, men en svært aktuell masse er uttak av torv fra våtmarker. Det betales per i dag ikke klimagassavgift ved uttak av torv- eller jordmasser, slik at kostnaden ved endrede (økte) CO_2-utslipp vil komme som en ekstern kostnad i det samfunnsøkonomiske regnskapet, med 614 kroner per tonn CO_2 (tilsvarer 0,614 kr/kg CO_2), i tråd med karbonprisbanen fra Finansdepartementet (2021b) for utslipp fra arealbruksendring.

I tillegg kommer kostnaden for negativ påvirkning på biologisk mangfold, rekreasjon, estetiske tjenester og andre økosystemtjenester knyttet til våtmark. Disse kostnadene vil variere med typen våtmark som påvirkes, hvor stort areal osv.

I den tverrfaglige rapporten utarbeidet for Miljødirektoratet om «Verdien av økosystemtjenester fra våtmark» (Magnussen et al. 2018), gjøres det noen anslag for verdien av våtmark. Resultatet summert for de tre kategoriene av økosystemtjenester; forsynende, regulerende og opplevelses- og kunnskapstjenester viser stor variasjon innen hver kategori, og det er flere opplevelses- og kunnskapstjenester og færre forsynende tjenester som har verdi-estimater. Bare en studie (Vermaat et al. 2016) har prøvd å inkludere alle relevante økosystemtjenester i sin verdsetting. De øvrige vektlegger én eller noen få tjenester, som karbonlagring, rekreasjon eller vannrensing. Gitt denne store variasjonen er det sannsynligvis opplevelses- og kunnskapstjenester (rekreasjon) og regulerende tjenester (flomdemping, vannrensing) som har de høyeste verdiestimatene. Lignende resultater fikk Vermaat et al. (2016) for alle åtte europeiske elver som var inkludert i deres studie.

Studiene gjengitt i Magnussen et al. (2018) viser at rekreasjonstjenester fra våtmark er verdsatt fra ca. 200-27 000 kroner per dekar og år, mens estetiske tjenester er verdsatt til fra 5 til 140 kroner per dekar og år, og ikke-bruksverdien bevaring av naturmangfold er verdsatt fra ca. 10 til 750 kroner per dekar og år. Hvis vi antar at gjennomsnittsverdien for forsynende tjenester, regulerende tjenester og opplevelses- og kunnskapstjenester kan summeres, kan det beregnes en total gjennomsnittsverdi på omkring 8 000 kroner per dekar per år (med en variasjon fra ca. 200 til 40 000 kroner per dekar per år).

Tallene for høyest og lavest verdi for de ulike økosystemtjenestene spriker mye. Det er ikke overraskende, all den tid studiene omfatter svært ulike våtmarker, tiltak, og berørt befolkning. Disse tallene må derfor brukes med stor varsomhet, og er ment som en illustrasjon av at det er betydelige økonomiske verdier knyttet til våtmarker, og at de varierer svært mye avhengig av konteksten.

Et annet estimat for verdien av våtmark «totalt»; stammer fra Ten Brink et al. (2011) for totalen av økosystemtjenester i europeiske våtmarker som er vernet gjennom Natura 2000-nettverket. Det tilsvarer ca. 900 kroner per dekar per år, altså betydelig lavere enn gjennomsnittet av summen av ulike tjenester. Et slikt tall kunne brukes som indikasjon på den nedre grensen for *vernet* våtmark.

Hvis vi antar at forskjellen i uttak av våtmark er henholdsvis 0,6 dekar og 0,7 dekar per 1000 tonn masser behandlet, kan miljøvirkningen av å ta ut ny torv, ikke virke så stor. Hvis vi bruker gjennomsnittsverdien 8 000 kroner per dekar per år, gir det ca. 4 800- 5 600 kroner per dekar per år (med intervall fra ca. kr 100- 28000 kroner).

Hvis vi i stedet tar utgangspunkt i de store mengder masser som tas ut og omdisponeres hvert år i landet, er det klart at det trengs store nye masser og uttaksområder hvis disse organiske massene skal erstattes med jomfruelig våtmark, eller for så vidt skogsmark eller annen mark.

Tabell 4.10. Samfunnsøkonomiske kostnader fra uttak av nye masser i ulike alternativer

	Referansealternativ	Alternativ 1	Alternativ 2
Tonn	1000	200	0
Pris per m^3 torvjord (naturtorv) ved kjøp	500 kr/m^3	500 kr/m^3	
Kostnad ved kjøp	500 000	100 000	0
Tillegg for eksterne kostnader ved uttak av torv - klimagassutslipp	24 885	4 977	0
Tillegg for eksterne kostnader ved uttak av torv – negative virkninger for biologisk mangfold og andre økosystemtjenester	5 600 kr	1 120 kr	0
Total kostnad, kr	530 485	106 097	0
Samfunnsøkonomiske kostnader i utredningsalternativene vs. referansealternativ, kr		-424 388	- 530 485

4.8. Virkninger knyttet til transport av nye og/eller behandlede masser til «ny» eller samme byggeplass

Både i referansealternativet og i alternativ 1 (Envirs metode i dag) skal det fraktes 1000 tonn jordmasse tilbake til byggeplass, eller eventuelt til «ny» byggeplass». I referansealternativer må hele massen (1000 tonn) komme fra et «nytt sted», fra torvuttak/salgssted, sandtak e.l. I alternativ 1 vil 80% (800 tonn) fraktes tilbake fra

varmebehandlingsanlegg, mens 20 % (200 tonn) må komme fra «nytt uttak på nytt sted». I alternativ 2 skjer behandlingen på byggeplassen, og massene bør dermed ikke fraktes tilbake.

Vi antar at i referansealternativet og alternativ 1 er det samme type masser som skal fraktes, og vi antar at transporten skjer med samme type lastebil, slik at det bare er omfanget av massene og avstanden massene som fraktes som gjør at det blir forskjell både i utslipp av klimagasser og samfunnsøkonomiske kostnader.

Vi har ikke opplysninger om hvor de «nye» massene kommer fra, så vi må gjøre noen antagelser om hva slags masser som blir brukt og hvor de kommer fra. Det er nærliggende å tenke at massene må fraktes lenger. Selv om det skulle være utsalgssted i nærheten, vil jo «ny» torv eller nye sand- og grusmasser antagelig komme fra områder lenger borte der det finnes torv og/eller sand/grus/fjell som kan knuses. Man kan tenke seg noen alternative antagelser, et eksempel der det kjøpes jordmasser fra et senter i nærheten, et der det kjøpes «ny» grus/sand og et der det tas ut «ny» torv fra et våtmarksområde. Hva som vil skje i det enkelte tilfellet/enkelte bygge- og anleggsplass vil avhenge av mange faktorer, blant annet priser, hva som er tilgjengelig av produkter i nærheten og hva massene skal brukes til. Det er f.eks. ikke alt grus og sand kan brukes til, og det kan derfor ikke erstatte et jordlag der det skal plantes vekster. I utgangsberegningen antar vi derfor at det tas ut ny våtmark til erstatning for de organiske massene i jorda som ble gravd ut, og disse må komme fra arealer lenger unna. Vi har antatt 100 km, men dette kan variere, og vil antagelig i mange tilfeller være lenger.

4.8.1. Klimagassregnskap

Transporten vil medføre CO_2-utslipp og ha andre miljøvirkninger. For klimagassregnskapet, regner vi CO_2 per tonn per km og multipliserer med respektive kjørte kilometer for hvert av alternativene. For referansealternativet kommer alle masse fra nytt uttak, antatt 100 km unna byggeplass. For alternativ 1 må a) 20 prosent nye masser komme fra nytt uttak, mens b) 80 % returneres fra Envirs anlegg til byggeplass. I alternativ 2 gjenbrukes alle masser på byggeplass, og det er ikke behov for frakt av nye masser.

Tabell 4.11 viser klimagassutslippene fra transport av nye erstatningsmasser til byggeplass ved forutsetninger som beskrevet over. Vi ser at både alternativ 1 og 2 kommer bedre ut enn referansealternativet, og alternativ 2 kommer desidert best ut fordi det ikke er behov for frakt av nye masser. Forskjellen i utslipp i referansealternativ og alternative 1 har sammenheng med antagelser om ulike transportavstander.

Tabell 4.11. Klimagassutslipp fra transport av masser fra nytt uttak og/eller Envirs anlegg til byggeplass. For alternativ 1 må a)20 prosent nye masser komme fra nytt uttak mens b) 80 % returneres fra Envirs anlegg til byggeplass.

	Referansealternativ	Alternativ 1		Alternativ 2
		a)	b)	
Tonn	1000	200	800	0
Tonn/lastebil	12,5	12,5	12,5	0
Antall turer	80	16	64	0
Km per tur	100	100	12,5	
Utslipp per km (g CO_2/km)	1030	1030	1030	0
CO_2-utslipp (kg)	16480	3 296	1648	0
Totalt CO_2-utslipp, kg	16480	4944		0
CO_2-utslipp (kg) i utredningsalternativ vs. referansealternativ		-11 536		-16480

4.8.2. Samfunnsøkonomisk analyse

I en samfunnsøkonomisk analyse er det transportkostnadene som skal inngår i beregningen. Disse oppgis som kr/tonn per km. Veitransport og bruk av drivstoff er pålagt avgifter blant annet ut fra de eksterne kostnader de påfører ved CO_2-utslipp og andre utslipp til luft. Mengder som skal fraktes henholdsvis fra nytt uttak og tilbake fra Envirs anlegg i referansealternativ og alternativ 1 og 2 er de samme som beskrevet for klimagassutslipp fra dette trinnet i kapittel 4.8.1. Finansdepartementet (2021b) har nylig kommet med nye prisbaner for CO_2. Som diskutert tidligere kan vi anta at dagens avgifter på fossilt drivstoff ved kjøring på vei internaliserer karbonprisen som skal brukes i 2022.

Tabell 4.12. Samfunnsøkonomiske kostnader (kr) for transport av masser fra nytt uttak eller Envirs behandlingsanlegg til byggeplass. For alternativ 1 må a) 20 prosent nye masser komme fra nytt uttak, mens b) 80 % returneres fra Envirs anlegg til byggeplass.

	Referansealternativ	Alternativ 1		Alternativ2
		a)	b)	
Tonn	1000	200	800	0
Tonn/lastebil	12,5	12,5	12,5	
Km én vei	100	100	12,5	
Antall turer (t/r)	80	16	64	
Samfunnsøkonomisk kostnad per km	19,5	19,5	19,50	0
Samfunnsøkonomisk kostnad, kr	312 000	62 400	31 200	0
	312 000	93 600		0
Samfunnsøkonomisk kostnad ved utredningsalternativer vs. referansealternativ, kr		-218 400		-312 000

4.9. Oppsummering av klimagassutslipp

Oversikt over klimagassutslipp

Oversikt over klimagassutslipp fra ulike trinn i massehåndtering ved de to utredningsalternativene sett i forhold til referansealternativet er vist i tabell 4.13, mens forskjellen i klimagassutslipp ved dagens Envir-metode (alternativ 1) og mulig fremtidig Envir-metode er vist i tabell 4.14. Tilsvarende resultater i form av henholdsvis reduksjon i totale utslipp sammenlignet med referansealternativet (deponi) og utslipp fra ulike trinn i prosessen i utredningsalternativene sammenlignet med deponering er vist i figur 4.1 og 4.2.

Vi ser at både alternativ 1 og 2 har lavere klimagassutslipp enn referansealternativet, og at alternativ 2 har desidert lavest klimagassutslipp. Vi ser også at de virkelig store besparelsene i klimagassutslipp er knyttet til uttak av nye masser, som vi her har antatt er knyttet til uttak i våtmark. Uttak i skogsjord ville også gitt nesten like store utslipp. En stor kilde til redusert klimagassavtrykk er altså knyttet til at massene kan brukes om igjen i stedet for å deponere de «brukte» og utvinne nye masser. Det er også betydelige innsparinger knyttet til transporten av nye masser, fordi vi må anta at det å fremskaffe nye masser fra nye uttak krever større transport enn «resirkulering» av utgravde masser i et byområde.

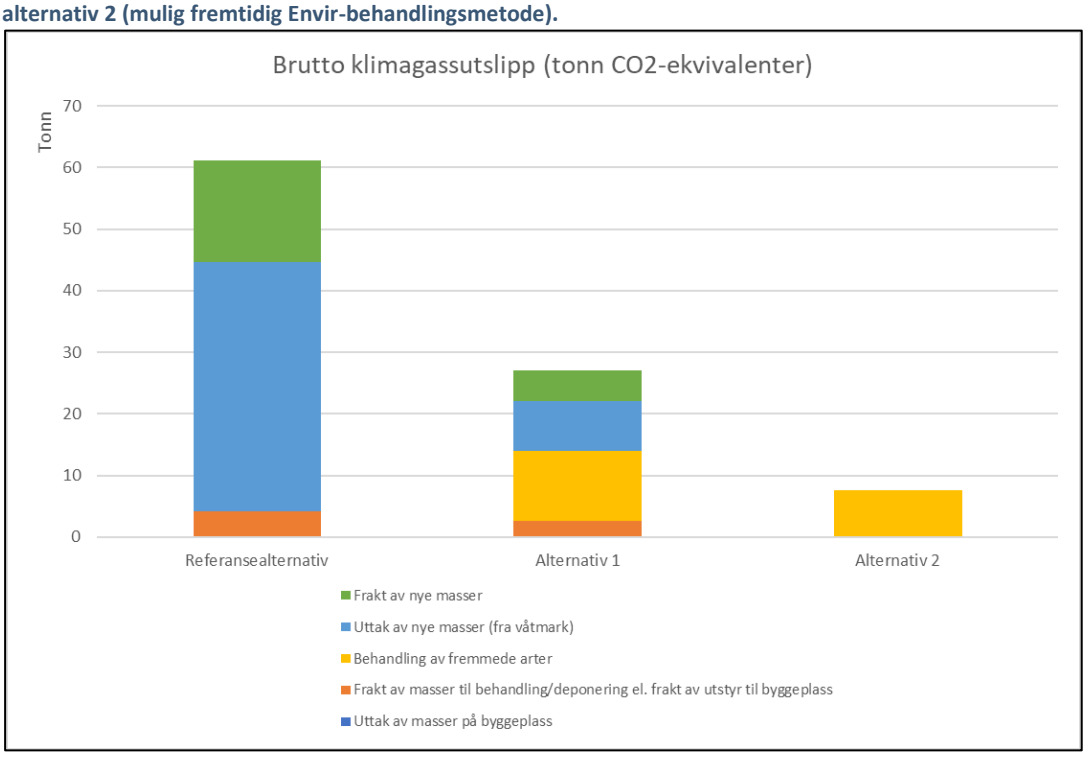
Tabell 4.13. Utslipp av klimagasser i kg CO_2-ekvivalenter knyttet til ulike trinn i massehåndtering av jordmasser forurenset med fremmede arter for to utredningsalternativer, sammenlignet med referansealternativet (deponering).

Trinn i prosessen – aktivitet	Referansealternativ	Alternativ 1	Alternativ 2	Kommentar
Uttak av masser på byggeplass	0	0	0	
Frakt av masser til behandling/deponering el. frakt av utstyr til byggeplass	41 200	26 533	129	
Deponering	0	0	0	
Behandling av fremmede arter	0	112 861	74 868	
Uttak av nye masser (fra våtmark)	405 300	81 060	0	
Frakt av nye masser	164 800	49 440	0	
Samlet kg CO_2	611 300	269 894	74 996	

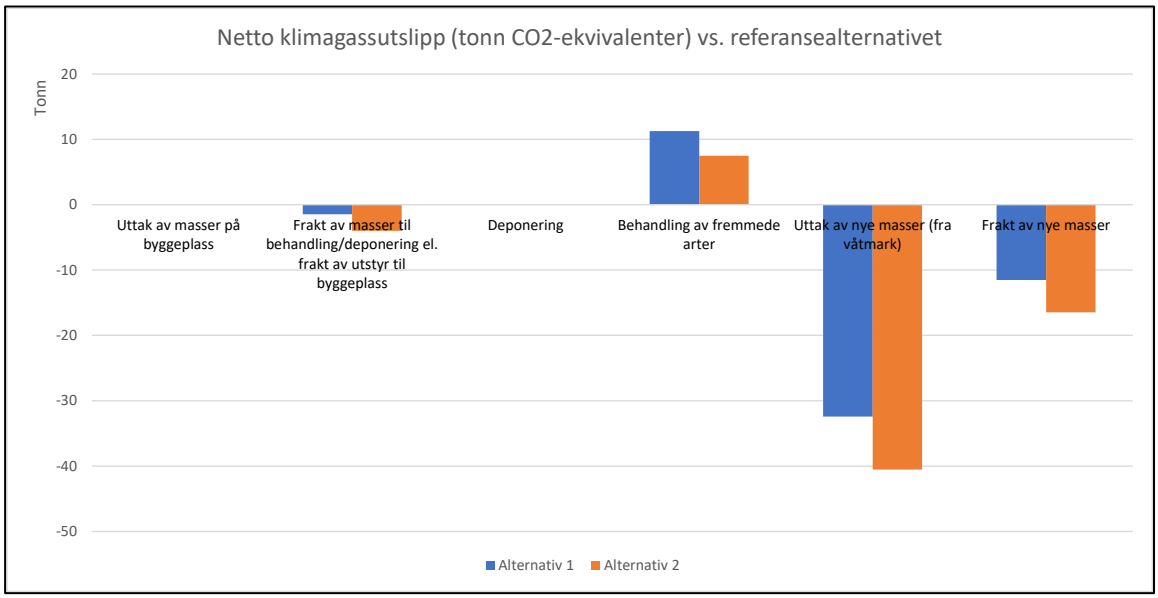
Tabell 4.14. Forskjeller i utslipp av klimagasser i kg CO_2-ekvivalenter knyttet til ulike trinn i massehåndtering av jordmasser forurenset med fremmede arter for to utredningsalternativer, sammenlignet med referansealternativet (deponering).

Trinn i prosessen – aktivitet	Referansealternativ	Alternativ 1	Alternativ 2	Kommentar
Uttak av masser på byggeplass		0	0	
Frakt av masser til behandling/deponering el. frakt av utstyr til byggeplass	0	-14 667	-41 071	
Deponering	0	0	0	
Behandling av fremmede arter	0	112 861	74 868	
Uttak av nye masser (fra våtmark)	0	-324 240	-405 300	
Frakt av nye masser	0	-115 360	-164 800	
Samlet kg CO_2	0	-341 406	-536 304	

Figur 4.1. Brutto klimagassutslipp ved referansealternativ (deponering), alternativ 1 (dagens Envir-behandling) og alternativ 2 (mulig fremtidig Envir-behandlingsmetode).



Figur 4.2. Netto klimagassutslipp ved ulike trinn i prosessen i alternativ 1 og 2 sett i forhold til referansealternativet.



4.10. Oppsummering av forventet nytte og kostnad

Oversikt over samfunnsøkonomiske nytte- og kostnadsvirkninger

Det er gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse av å behandle organiske masser som er forurenset med fremmede arter med varmebehandling sammenlignet med referansealternativet som er deponering. En samfunnsøkonomisk analyse er en systematisk gjennomgang av alle fordeler (nytte) og ulemper (kostnader) ved et tiltak sett fra samfunnets side, ikke bare for én aktør eller én institusjon. I analysen er det viktig å identifisere, beskrive og så langt som mulig kvantifisere og om mulig prissette alle virkninger. De virkninger som ikke meningsfylt kan prissettes i analysen, behandles som ikke-prissatte virkninger, på en systematisk måte. Slik kan både prissatte og ikke-prissatte virkninger inkluderes i analysen. Dersom alle virkninger kan kvantifiseres og prissettes, er formålet med analysen i første rekke å vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet av utredningsalternativer. Dersom ikke alle tiltakseffekter kan prissettes, er formålet med analysen den systematiske drøftingen av økonomiske nytte- og kostnadsvirkninger fra et samfunnsperspektiv. I denne rapporten er hovedformålet sistnevnte

Med disse forbehold og begrensninger har vi gitt en oppsummeringen av prissatte og ikke-prissatte nytte-virkninger og kostnader som vist i tabell 4.15 for forskjellen mellom utredningsalternativene og referansealternativet. Figur 4.3. viser hvordan nytte og kostnader fordeler seg på de ulike trinn i prosessen.

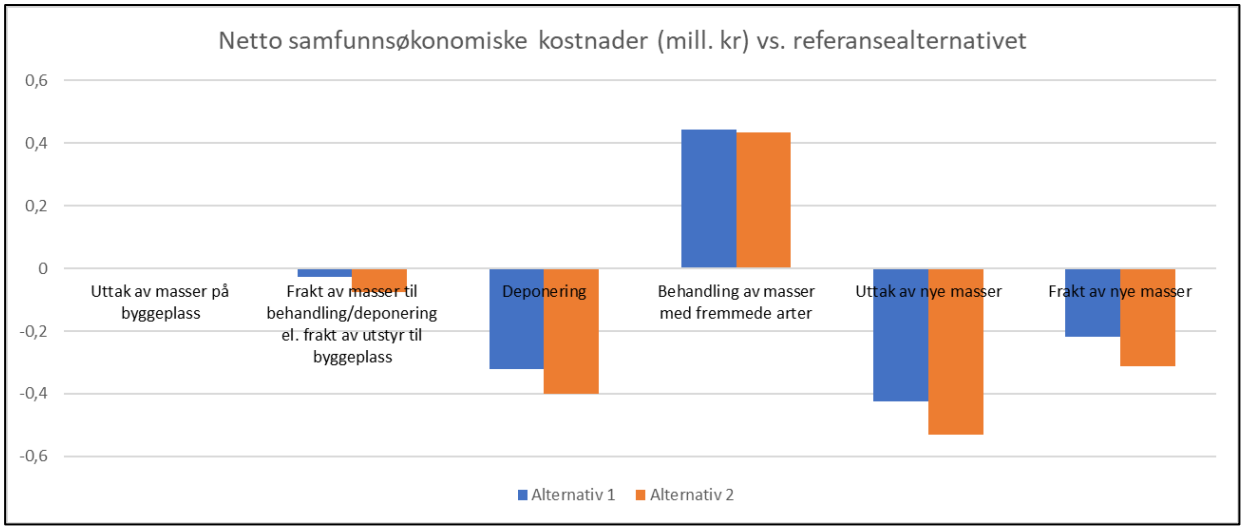
Vi ser at både alternativ 1 og 2 er samfunnsøkonomisk gunstigere enn referansealternativet, med de forutsetninger vi har lagt til grunn i analysen. Kostnadene til behandling eller deponering av massene er i samme størrelsesorden, men deponering er litt billigere per tonn. De store kostnadsforskjellene er knyttet til kostnader ved uttak av nye masser versus bruk av de behandlede massene fra varmebehandlingen. Etter behandling av masser med fremmede arter, er de klare til utkjøring til byggeplassen de ble hentet fra eller en annen byggeplass. For enkelhets skyld og for å ha en viss plassering og avstand å forholde oss til, har vi antatt at masser skal tilbake til byggeplassen der de opprinnelig ble gravd ut. Etter varmebehandling er det bare en kostnad knyttet til å kjøre massene ut (tilbake) til byggeplassen i alternativ 1 og i alternativ 2 er de allerede på byggeplass. I alternativ 1 er imidlertid 20% av massene sortert ut og deponert, slik at 200 tonn masser må tilføres i form av nye masser. Dette sammenlignes med referansealternativet der alle masser er deponert og dermed ute av sirkulasjon, noe som

krever at 1000 tonn nye masser tas ut og fraktes fra uttaksstedet. Det er kostnadene knyttet til uttak og delvis transport av nye masser som gjøre at særlig alternativ 2, men også alternativ 1 kommer gunstigere ut samfunnsøkonomisk, enn referansealternativet.

Tabell 4.15. Viktige samfunnsøkonomiske virkninger av å behandle og gjenbruke jordmasser fra byggeplasser sammenlignet med å deponere dem for både prissatte og ikke-prissatte virkninger. Reduserte kostnader sett i forhold til referansealternativet er markert med «-» foran tallet. Ikke-prissatte nyttevirkninger er gitt plusser «+». Beregnet ved behandling av 1000 tonn masser.

Samfunnsøkonomisk virkning	Alternativ 1		Alternativ 2		Kommentar
	Kostnad	Ikke-prissatt	Kostnad	Ikke-prissatt	
Uttak av masser på byggeplass		++		+++	Ved gjenbruk av masser og ny tilplanting kan klimagasser bindes på sikt.
Frakt av masser til behandling/deponering el. frakt av utstyr til byggeplass	-27 811		-75 679		
Deponering	-320 000	++	-400 000	+++	Ved behandling av masser med fremmede arter gjenbrukes og sirkuleres massene, i stedet for å gå ut av sirkulasjon
Behandling av masser med fremmede arter	443 645	+++	435 000	+++	Ved behandling av masser sikres at fremmede arter spres og at det må brukes ressurser på bekjempelse etter spredning til nye områder.
Uttak av nye masser	-424 388	+	-530 485	++	Ved at man unngår å ta ut nye masser f.eks. fra våtmark, bevares naturmangfold og unngår klimagassutslipp (også forsøkt prissatt)
Frakt av nye masser	-218 736		-312 480		
Samlet kostnad sett i forhold til referansealternativ	-547 290	+++	-883 644	++++	I tillegg til reduserte prissatte virkninger, gir behandlingen ikke-prissatte miljøvirkninger.

Figur 4.3. Samfunnsøkonomiske kostnader ved ulike trinn i prosessen for alternativ 1 og 2 sett i forhold til referansealternativet. Beregnet verdi i kroner ved behandling av 1000 tonn masser.



4.11. Usikkerhetsvurderinger

Det er usikkerhet knyttet til mange av de virkningene som er vurdert i prosjektet. Usikkerheten knytter seg både til de prissatte og ikke-prissatte virkningene og gjelder både i referansealternativet og i utredningsalternativene.

Det er derfor viktig å vurdere hvordan en endring i usikre forhold påvirker virkningene av tiltaket og resultatet av analysen.

Den samfunnsøkonomiske analysen tar utgangspunkt i forventede verdier. Når alle relevante usikkerhetsfaktorer er identifisert og beskrevet, kan det gjennomføres en beregning der en i første omgang vurderer én-og-én usikkerhetsfaktor for å se hvordan dette slår ut i de prissatte virkningene i form av netto nåverdi. Det kan også gjøres simuleringer som tar hensyn til samtidig variasjon og korrelasjoner mellom usikkerhetsfaktorer. For usikre ikke-prissatte virkninger må det inngå en kvalitativ beskrivelse av hvordan usikkerheten kan påvirke resultatene.

Som understreket i hele utredningen, er det mange usikkerheter forbundet med forhold i denne utredningen, og tallene må derfor tolkes med forsiktighet. Identifikasjon av nytte- og kostnadsvirkninger og om de er positive eller negative er imidlertid ganske sikkert.

Vi ser at et svært viktig trinn som har betydning både for klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske kostnader er hva som antas om erstatningsmasser til byggeplassen dersom masser med fremmede arter ikke behandles og dermed ikke kan gjenbrukes, men går ut av sirkulasjon ved evig deponering. Dette er også en forutsetning det er knyttet usikkerhet til og der det er vanskelig å få informasjon om hva som faktisk er alternativene. Det kan antagelig variere med område og hva som eventuelt er tilgjengelig til ulike tidspunkt. Dersom man kan benytte masser som befinner seg nærmere, ikke er forbundet med uttak på jomfruelig mark av våtmark (eller skogs- og jordbruksjord) kan klimagassutslipp og kostnader bli lavere.

For å kunne gjøre beregninger har vi tatt utgangspunkt i masser og avstander i noen aktuelle eksempelprosjekter for Envir i den senere tid. Transport inngår som en komponent i mange trinn fordi oppgravde masser må fraktes til behandling, og/eller deponi og nye masser må fraktes fra uttak til byggeplass. Transportkostnadene vil variere med ulike prosjekter, og både Envirs anlegg og deponier og uttak av nye masser kan transportavstandene variere. Vi ser imidlertid at muligens med unntak av frakt av de nye massene, har ikke klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske kostnader fra transport avgjørende betydning for resultatene.

Alternativ 2, som er Envirs mulige fremtidige alternativ kommer desidert best ut, både samfunnsøkonomisk og med hensyn til klimagassutslipp. Det er grunn til å minne om at forutsetningene for dette alternativet er ekstra usikre fordi det fortsatt ikke er tatt i bruk. Det tilstreber imidlertid en teknologi mest mulig uten utslipp og der enda mer av jorda som graves ut, kan gjenbrukes, og det vil slå gunstig ut i regnestykkene.

4.12. Diskusjon

I denne rapporten er det valgt å gjøre beregninger for to utredningsalternativ i forhold et referansealternativ for behandling av 1000 tonn gravemasser på byggeplass, både med hensyn til klimagassutslipp og hvilken samfunnsøkonomisk nytte og kostnad de ulike alternativene medfører. Det er viktig å ha med seg at varmebehandlingen som er beskrevet her, kun er aktuell for masser som inneholder fremmede arter, fordi det er strenge lover og forskrifter for hvordan slike masser kan brukes og fordi det er forbundet med store samfunnsøkonomiske kostnader å bekjempe slike arter når der først har spredt seg til naturen (Klima- og miljødepartementet 2020; Magnussen et al. 2021).

Slik regnestykkene er satt opp, er virkningene i stor grad proporsjonale med antall tonn som skal behandles. Det vil si at dersom man i stedet skal behandle 10 000 tonn, vil kostnadene og nytten i stor grad tidobles. Vi har gjennomført beregninger for henholdsvis klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske nytte og kostnader, og finner at sammenlignet med referansealternativet (deponi) blir besparelsen i klimagassutslipp henholdsvis ca. 341 tonn og 536 tonn for alternativ 1 og 2 dersom 10 000 tonn masser behandles, med ellers like forutsetninger. Samfunnsøkonomisk lønnsomhet sammenlignet med referansealternativet øker til henholdsvis 5,5 millioner og 8,9 millioner. Vi husker at tilsvarende tall for 1000 tonn behandlet var 34 tonn og 53,6 tonn CO_2 spart og 547 000 og 883 000 kroner i reduserte kostnader. Alternativ 2 som er mulig fremtidig behandling i Envirs varmebehandlingsanlegg på byggeplass («on site») antas ikke å være realistisk å bruke for såpass små mengder som 1000 tonn. Det vil i større grad være aktuelt å flytte anlegget ut til byggeplass når det er større mengder som skal behandles. Det må også sies at dette alternativet ennå ikke er utprøvd og derfor forbundet med noe større usikkerhet når det gjelder kostnader for behandling, og det er også gjort antagelser om valg av drivstoff for anlegg og maskiner som er mer fremtidsrettet (elektriske maskiner og biogass for varmebehandling), slik at disse forutsetningene må være til stede for at alternativet skal komme såpass mye gunstigere ut enn de øvrige,

selv om redusert transport av masse, null behov for å ta ut nye masser pga. full resirkulering av massene osv., uansett gjør at dette alternativet kommer godt ut.

Det er betydelig usikkerhet knyttet til forutsetningene som er benyttet i rapporten. En viktig faktor er transportavstander, fra byggeplass og til deponering eller varmebehandlingsanlegg. Dersom varmebehandlingsanlegget ligger mye lenger fra byggeplass, vil kostnadene og klimagassutslippene ved transport til anlegget bli høyere for varmebehandling enn for deponering. Det er imidlertid viktig å minne om at ikke alle deponier er egnet for lagring av masser som er forurenset med fremmede arter. Men det finnes deponier spredt utover landet, mens det i mindre grad finnes behandlingsanlegg for masser med fremmede arter, slik at det kan være behov for flere anlegg av denne typen, eller at man kan frakte anlegget ut til byggeplass, som beskrevet i alternativ 2 i denne rapporten.

Det er også svært viktig hva som regnes som alternativet til masser som går ut av sirkulasjon dersom massene med de fremmede artene deponeres. Hvis det skal tilbakeføres masser, må disse komme fra et sted, og overholdelse av regelverket for spredning av masser med fremmede arter, begrenser hvor disse massene kan komme fra. I og med at det er jord, det vil si organiske masser som skal erstattes, er det også begrenset i hvilken grad mineralske ressurser, som sten, pukk og grus kan være erstatning. Jordbruksjord er i utgangspunktet strenge målsettinger for omdisponering, og uttak av torv fra våtmark i Norge eller andre land, som gjøres til torvjord, vil ofte være alternativet, direkte eller indirekte. Som Miljødirektoratet (2021) har pekt på i sin tverrsektorielle rapport om masser, er det stort behov for mer sirkulær håndtering av masser, og det er i stor grad ukjent hvilke masse som benyttes, hvor de kommer fra og hvor de ender osv. Men det er et viktig poeng at alt uttak av nye masser medfører inngrep i naturen, enten det er i våtmark, ved sand- og grusuttak, knusing av fjell e.l. I tillegg til kostnadene forbundet med prosessene, medfører dette også utslipp av klimagasser og andre utslipp til luft og miljøkostnader i form av skade på natur, det vil si redusert verdi av økosystemtjenestene som er forbundet med den naturen der uttaket skjer. Vi har illustrert dette ved å viser klimagassutslipp og andre eksterne kostnader ved uttak av masser fra våtmark. Uttak i våtmark har både høye klimagassutslipp og betydelige miljøkostnader, og man kan argumentere for at uttak av andre masser i andre naturtyper, og som dessuten finnes nærmere byggeplassen, ville gi lavere klimagassutslipp og samfunnsøkonomiske kostnader. Vi ser imidlertid uttak av våtmark som et av de mest realistiske alternativene, og beregningene viser også at selv om vi reduserer klimagassutslipp og eksterne kostnader fra dette trinnet, vil varmebehandling komme godt ut.

Som understreket flere ganger i rapporten, er varmebehandling som beskrevet i denne rapporten bare aktuell når massene som graves ut inneholder fremmede arter. Slik biologisk forurensning betyr at massene ikke kan leveres på «jordtipp», eller bare mellomlagres for bruk på annet sted. Massene må deponeres forsvarlig, graves ned med tilstrekkelig tykt lag over, eller altså behandles. De billigste alternativene er derfor ikke aktuelle for slike masser. Varmebehandling er derfor en av de få forskriftsmessige, forsvarlige metodene som finnes for behandling av slike masser. Det muliggjør resirkulering og er et viktig skritt i sirkulærøkonomisk retning, der masser brukes om igjen, ikke går ut av kretsløpet og må erstattes med uttak av masser fra jomfruelig mark som våtmark, skogsmark eller annet.

I våre eksempelberegninger har alternativene med varmebehandling kommet gunstig ut, både med hensyn til klimagassutslipp og samfunnsøkonomisk sett. I det samfunnsøkonomiske regnestykket regner vi imidlertid inn eksterne kostnader som samfunnsøkonomiske klimagassutslipp, negativ verdi på økosystemtjenester ved uttak av våtmark osv. Disse kostnadene betales ikke av dem som skal avhende masser eller skaffe nye masser til byggeplasser. For å ivareta hensyn til både å unngå spredning av fremmede arter og uttak av nye masser, er det derfor viktig at de samfunnsøkonomiske kostnadene gjenspeiles i de bedriftsøkonomiske kostnadene utbygger og andre står overfor, slik at også miljø-/naturkostnadene tas hensyn til når beslutninger om hvordan gravemasser håndteres, skal tas.

Referanser

Billett, M.F., Palmer, S.M., Hope, D., Deacon, C., Storeton-West, R., Hargreaves, K.J., Flechard, C., Fowler, D. 2004. Linking land-atmosphere-stream carbon fluxes in a lowland peatland system. Global Biogeochemical Cycles 18. https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2003GB002058

Blengini, G.A. & Garbarino, E. 2010. Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. Journal of Cleaner Production 18, 1021–1030. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.01.027

Christophersen, M. & Kjeldsen, P., Holst, H., Chanton, J. 2001. Lateral gas transport in soil adjacent to an old landfill: factors governing emissions and methane oxidation. Waste Management & Research 19, 595–612. https://doi.org/10.1177/0734242X0101900616

Dawson, J.J.C. & Smith, P. 2007. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. Science of The Total Environment 382, 165–190. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.03.023

DFØ 2018. Veileder i samfunnsøkonomiske analyser. Direktoratet for økonomistyring.

Dodd, A.J., McCarthy, M.A., Ainsworth, N., Burgman, M.A. 2016. Identifying hotspots of alien plant naturalisation in Australia: approaches and predictions. Biological Invasions 18, 631–645. https://doi.org/10.1007/s10530-015-1035-8

European Environment Agency, 2011. Landscape fragmentation in Europe. https://doi.org/10.2800/78322

Finansdepartementet 2021a. Rundskriv R-109/2021 Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser

Finansdepartementet 2021b. Karbonprisebaner til bruk i samfunnsøkonomiske analyser, gjeldende fra 1.1.2022.

Grønlund et al. 2010. CO_2-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Bioforsk-rapport vol 5 nr. 162.2010.

Hale, S.E., Roque, A.J., Okkenhaug, G., Sørmo, E., Lenoir, T., Carlsson, C., Kupryianchyk, D., Flyhammar, P., Žlender, B. 2021. The Reuse of Excavated Soils from Construction and Demolition Projects: Limitations and Possibilities. Sustainability . https://doi.org/10.3390/su13116083

Klima- og miljødepartementet 2020. Bekjempelse av fremmede organismer. Tiltaksplan 2020-2025.

Lal, R. 2018. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. Global Change Biology 24, 3285–3301. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gcb.14054

López, A.& Lobo, A. 2014. Emissions of C&D refuse in landfills: A European case. Waste Management 34, 1446–1454. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.04.004

Lou, X.F. & Nair, J. 2009. The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review. Bioresource Technology 100, 3792–3798. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.006

Magnussen, K., J.W. Bjerke, C. Bratland, S.Nybø, J. Vermaat 2018. Verdien av økosystemtjenester fra våtmark. Menon-rapport 42/2018.

Magnussen,K., N.B.Westberg, E.Grieg, M.K.Rød, L. Tingstad, A.B. Skrindo, A: Often, L. Vassvik. 2021. Bekjempelser av fremmede karplanter. Kostnader og nytte ved tiltak mot 65 arter. Menon-rapport 2021/133.

Miljødirektoratet 2021. Tverrsektorielt prosjekt om disponering av jord og stein som ikke er forurenset. M-2074/2021.

Miljødirektoratet 2020. Klimakur 2030. Tiltak og virkemidler mot 2030. M-1625/2020.

Miljøverndepartementet 2007. Tverrsektoriell nasjonal strategi og tiltak mot fremmede skadelige arter.

Mohsen, R.A. & Abbassi, B. 2020. Prediction of greenhouse gas emissions from Ontario's solid waste landfills using fuzzy logic based model. Waste Management 102, 743–750. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.035

Nie, M., Shang, L., Liao, C., Li, B. 2017. Changes in Primary Production and Carbon Sequestration after Plant Invasions., in: Vilà M., H.P. (Ed.), Impact of Biological Invasions on Ecosystem Services. Invading Nature. Springer.

NOU 2013. Naturens goder - om verdier av økosystemtjenester. NOU 2013:10.

Olsen, S.L., Åström, J., Hendrichsen, D., Bjerke, J.W., Blaalid, R., Töpper, J., Bakkestuen, V. 2017. Alien vascular plants in Norway: modelling of introduction areas and current distribution.

Peer, R.L., Thorneloe, S.A., Epperson, D.L. 1993. A comparison of methods for estimating global methane emissions from landfills. Chemosphere 26, 387–400. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0045-6535(93)90433-6

Pyke, C.R., Thomas, R., Porter, R.D., Hellmann, J.J., Dukes, J.S., Lodge, D.M., Chavarria, G. 2008. Current Practices and Future Opportunities for Policy on Climate Change and Invasive Species. Conservation Biology 22, 585–592. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00956.x

Pyšek, P., Hulme, P.E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T.M., Carlton, J.T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L.C., Genovesi, P., Jeschke, J.M., Kühn, I., Liebhold, A.M., Mandrak, N.E., Meyerson, L.A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H.E., Seebens, H., van Kleunen, M., Vilà, M., Wingfield, M.J., Richardson, D.M. 2020. Scientists' warning on invasive alien species. Biological Reviews 95, 1511–1534. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/brv.12627

Scheutz, C. & Kjeldsen, P. 2004. Environmental Factors Influencing Attenuation of Methane and Hydrochlorofluorocarbons in Landfill Cover Soils. Journal of Environmental Quality 33, 72–79. https://doi.org/https://doi.org/10.2134/jeq2004.7200

Seidl, R., Klonner, G., Rammer, W., Essl, F., Moreno, A., Neumann, M., Dullinger, S. 2018. Invasive alien pests threaten the carbon stored in Europe's forests. Nature Communications 9, 1626. https://doi.org/10.1038/s41467-018-04096-w

Statens vegvesen 2018. Håndbok i konsekvensanalyser, V712. Oppdatert med tall i 2021.

Ten Brink, P., T. Baden et al. 2011. Estimating the overall Economic Value of the Benefit provided by the Natura 2000 network. Final report to the European Commission, DG Environment. Institute for European Environmental Policy/GHK/Ecologia, Brusse.

Themelis, N.J. & Ulloa, P.A. 2007. Methane generation in landfills. Renewable Energy 32, 1243–1257. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.04.020

TØI 2021. ogistikk, miljø og kostnader. Transportøkonomisk institutt.

Vermaat, J.E., Wagtendonk, A.J., R. Brouwer et al. 2016. Assessing the societal benefits of river restoration using the Ecosystem Services approach. Hydrobiologia 769; 121-135.

Menon Economics analyserer økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, organisasjoner og myndigheter. Vi er et medarbeidereiet konsulentselskap som opererer i grenseflatene mellom økonomi, politikk og marked. Menon kombinerer samfunns- og bedriftsøkonomisk kompetanse innenfor fagfelt som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, verdsetting, nærings- og konkurranseøkonomi, strategi, finans og organisasjonsdesign. Vi benytter forskningsbaserte metoder i våre analyser og jobber tett med ledende akademiske miljøer innenfor de fleste fagfelt. Alle offentlige rapporter fra Menon er tilgjengelige på vår hjemmeside www.menon.no.

+47 909 90 102 | post@menon.no | Sørkedalsveien 10 B, 0369 Oslo | menon.no