

Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2025 30 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Flermålsanalyse av overvannstiltak i gamle kulverter ved eldre avfallsdeponier – en case-studie av Kjørbekk i Skien kommune

Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) of Stormwater Management Measures for Aging Culverts in Old Landfills – A Case Study of Kjørbekk in Skien Municipality

Petronelle Susaas Holt

Industriell økonomi

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som avslutning på masterstudiet i industriell økonomi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, og utgjør 30 studiepoeng.

Arbeidet er gjennomført som en del av Senter for Forskningsdrevet Innovasjon (SFI) earthresQue, som har som mål å utvikle bærekraftige løsninger for håndtering og gjenbruk av overskuddsmasser og forurensset grunn. Blant de ulike caseområdene earthresQue jobber med, er case Kjørbekk i Skien ett av flere nedlagte deponier som undersøkes av senteret. Denne oppgaven bygger på undersøkelser knyttet til case Kjørbekk. Informasjonen til denne oppgaven er i stor grad innhentet gjennom flere møter og samtaler med fagpersoner og aktører involvert i prosjektet.

Jeg vil rette en stor takk til mine veiledere: Helen French og Tor Kristian Stevik, for faglig støtte og gode innspill underveis i prosessen. En særlig takk går også til Tonje Brommeland, Trond Mæhlum og Sigmund Wiig Pettersen for verdifull hjelp og gode innspill.

Videre ønsker jeg å rette en takk til Skien kommune som har stilt med dyktige representanter til ekspertgruppen som har blitt benyttet i denne oppgaven, og for deres deltakelse og bidrag gjennom diskusjoner og møter. Deres innspill har vært avgjørende for utviklingen av denne oppgaven.

Til slutt vil jeg takke venner, familie og samboer for nyttige tilbakemeldinger og hjelp med gjennomlesning i slutfasen.

Petronelle Susaas Holt

Ås, 14. mai 2025

Sammendrag

Sigevann fra eldre avfallsdeponier utgjør en vedvarende og ofte lite kartlagt forurensningskilde til norske vassdrag og fjorder. Mange eldre deponier ble etablert før dagens miljøkrav trådte i kraft, og det finnes begrenset kontroll med hva slags stoffer som lekker ut. En særlig utfordring gjelder deponier hvor naturlige bekker ble lukket i rør, kulverter, og ledet gjennom deponimassene. Disse kulvertene er ofte gamle og utsatt for korrosjon, setninger og materialtretthet, og kan dermed fungere som spredningsveier for forurenset sigevann. Et eksempel er Kjørbekk-deponiene i Skien, hvor det både kan forekomme direkte utslipp til Skienselva via en nedgravd bekkekulvert og lekkasje til grunnvannet. Klimaendringer og økt nedbør forsterker problemene, og det er behov for tiltak for å redusere risikoen for utslipp.

I denne masteroppgaven undersøkes hvordan flermålsanalyse kan anvendes som beslutningsstøtte i kommunale prosesser ved valg av tiltak for vannhåndtering i eldre bynære deponier, særlig der bekkelukkinger inngår. Kjørbekk-deponiet i Skien kommune brukes som case, nærmere bestemt Kjørbekk II. Det foreligger en mulighetsstudie utarbeidet av Rambøll for tekniske løsninger på den nedgravde kulverten som leder Kjørbekken gjennom deponiene. Basert på denne studien er det kommet frem til tre konsepter som vurderes i denne analysen: bekkeåpning, strømpereovering og grunt rør. Alternativene sammenliknes etter fire hovedkriterier: miljø, teknisk vurdering, økonomi og sosiale faktorer. Hvert hovedkriterium er videre delt inn i flere underkriterier som gjør det mulig å fange opp ulike nyanser og konsekvenser av tiltakene. Utarbeidelsen av flermålsanalysemodellen er gjort i samarbeid med en ekspertgruppe som representerer kommunale prioriteringer og faglig innsikt.

Analysen konkluderte med at bekkeåpning er det anbefalte tiltaket for Kjørbekk II, hovedsakelig fordi det scorer høyest på tre av fire vurderingskriterier, inkludert økonomi som ble vektet høyest. Vurderingene viser hvordan enkelte subjektive tolkninger kan påvirke resultatet, selv om det ble gjort forsøk på å redusere usikkerhet gjennom strukturert kategorisering og valideringsprosess. Robusthetsanalysen viser at bekkeåpning er det foretrukne alternativet i nesten alle scenarier, noe som gir økt trygghet rundt konklusjonen.

Modellen som ble utviklet for analysen har flere styrker, blant annet ved å tilby et helhetlig og transparent beslutningsgrunnlag, samt ved å involvere en tverrfaglig ekspertgruppe. Samtidig har modellen noen svakheter som begrenset brukerinvolvering, forenklinger som kan redusere presisjonen, og at den kun er testet på én gruppe. Likevel vurderes metodikken som nyttig, og dersom casene er like nok kan det være hensiktsmessig å overføre modellen til andre caser. Analysen viste at metodikken er spesielt nyttig i caser som dette på grunn av kompleksiteten, og behovet for innovative løsninger.

Abstract

Leachate from older landfills constitutes a persistent, and often poorly, documented source of pollution to Norwegian rivers, streams and fjords. Many older landfills were established before current environmental regulations were introduced, and there is limited monitoring of the pollutants being released. A particular challenge concerns landfills where stream enclosures; culverts, were used to divert water through the landfill material. These culverts are often old and susceptible to corrosion, subsidence, and material fatigue, and may therefore act as pathways to spread contaminated leachate. One example is the Kjørbekk landfills in Skien, where both direct discharges into the river, Skienselva, via a buried stream culvert and leakage into the groundwater can occur. Climate change and increased precipitation exacerbate the problems, and measures are needed to reduce the risk of discharges.

In this master's thesis, the use of multi-criteria decision analysis (MCDA) is explored as a decision-support tool in municipal processes for selecting measures for water management in older urban landfills, particularly where stream enclosures are involved. The Kjørbekk landfills in Skien municipality, specifically Kjørbekk II, is used as a case study. A feasibility study conducted by Rambøll for technical solutions concerning the buried culvert that leads the stream Kjørbekken through the landfills, has been completed. Based on this study, three concepts are considered in this analysis: stream restoration, CIPP (Cured-in-Place Pipe) rehabilitation, and shallow piping. The alternatives are compared using four main criteria: environmental impact, technical feasibility, economics, and social factors. Each main criterion is further divided into several sub-criteria, allowing for the capture of various nuances and consequences of the measures. The development of the multi-criteria analysis model was carried out in collaboration with an expert group representing municipal priorities and professional insight.

The analysis concluded that stream restoration is the recommended concept for Kjørbekk II, mainly because it scored highest on three out of four evaluation criteria, including economics, which was given the highest weight. The evaluations show how certain subjective interpretations can influence the results, despite attempts to reduce uncertainty through structured categorization and a validation process. The sensitivity analysis shows that stream restoration is the preferred option in nearly all scenarios, increasing confidence in the conclusion.

The model developed for the analysis has several strengths, including offering a comprehensive and transparent decision-making basis and involving a multidisciplinary expert group. However, the model also has some weaknesses, such as limited user involvement, simplifications that may reduce accuracy, and the fact that it was only tested on one case. Nevertheless, the methodology is considered useful, and if the cases are sufficiently similar, it may be appropriate to transfer the model to other cases. The analysis showed that the methodology is especially useful in cases like this due to the complexity and the need for innovative solutions.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
Figurliste	VI
Tabellliste	VIII
Definisjoner og begrepsforklaring	X
1. Introduksjon	1
1.1 Problemstilling og forskningsspørsmål	3
1.2 Oppgavens struktur	5
2. Teoretisk grunnlag	6
2.1 Avfallsdeponier i Norge	6
2.2 Kulverter	7
2.3 Konsept i flermålsanalyse	9
2.4 Flermålsanalyse	9
2.4.1 Problemanalyse og strukturering	10
2.4.2 Modellutvikling	11
2.4.3 Evaluering av konsepter	13
2.4.4 Usikkerhet og sammenstilling	14
3. Metode	15
3.1 Case-studie	15
3.2 Valg av metode	16
3.3 Gjennomføring av flermålsanalysen	16
3.3.1 Problemanalyse og strukturering	17
3.3.2 Modellutvikling	17
3.3.3 Evaluering av konsepter	18
3.3.4 Usikkerhet og sammenstilling	20
3.4 Verktøy	21
4. Case – Kjørbekk	22
4.1 Problemanalyse og strukturering	24
4.1.1 Interessenter	26
4.1.2 Valg av delstrekk og mulige løsninger	26
4.2 Beskrivelse av konsepter	28
4.2.1 Bekkeåpning	28

4.2.2	Grunt rør	29
4.2.3	Strømperenovering	29
5.	Resultater	30
5.1	Modellutvikling.....	30
5.1.1	Evalueringskriterier	30
5.1.2	Vekting.....	31
5.1.3	Tildeling av score	32
5.2	Evaluering av konsepter	46
5.2.1	Økonomi	47
5.2.2	Miljø.....	48
5.2.3	Sosiale faktorer	52
5.2.4	Teknisk vurdering.....	54
5.2.5	Normalisering	56
5.3	Sammenstilling og usikkerhet	56
6.	Diskusjon	64
6.1	Resultatet av analysen.....	64
6.2	Styrker og svakheter med modellen	66
6.3	Modellens overførbarhet	70
6.4	Flermålsanalyse som beslutningsstøtte	71
7.	Konklusjon	74
7.1	Videre arbeid	75
8.	Kilder	77
9.	Vedlegg	82
	Vedlegg 1	82
	Vedlegg 2	82
	Vedlegg 3	82
	Vedlegg 4	82

Figurliste

Figur 1: Kart som viser lokasjon til deponiene i Kjørbekk (rosa). Kjørbekken som renner fra Hvitsteintjern er markert med en blå stiplet linje for den delen som er åpen, og sort linje der bekken er lagt i kulvert (Rambøll, 2025). Forurensede områder er markert med data tilgjengeliggjort av Miljødirektoratet under Norsk lisens for offentlige data (NLOD).	4
Figur 2: Inndeling av masteroppgaven.....	5
Figur 3: Interessentmatrise. Av Asbjørn Rolstadås. Hentet fra https://snl.no/interessentanalyse . Lisensiert under CC BY-SA 3.0.....	11
Figur 4: Mål hierarki som representerer relevante aspekter av problemet, og viser hvordan hovedmål leder videre til ulike delmål, som igjen leder til ulike evalueringskriterier som alle konseptene skal vurderes etter. Figuren er basert på informasjon fra Jordanger et al. (2007). ...	12
Figur 5: Illustrasjon av hvordan total score for et konsept beregnes. Konseptet vurderes opp mot hvert enkelt kriterium og tildeles en score. Hver score multipliseres med den tilhørende vekten for kriteriet. Den summerte, vektete scoren gir en samlet verdi som kan brukes til å sammenligne ulike konsepter.....	20
Figur 6: Oversiktskart over avfallsdeponiene Kjørbekk I og Kjørbekk II. Den sorte linjen viser antatt trasé for kulverten, basert på data fra Rambøll (2025). Rosa områder angir de antatte lokasjonene til avfallsdeponiene. Forurensede områder er markert med data fra Miljødirektoratet, tilgjengeliggjort under Norsk lisens for offentlige data (NLOD).	22
Figur 7: Utklipp av løsmassekart hentet fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) (Norges geologiske undersøkelse, u.å.-b). Data er tilgjengelig under Norsk lisens for offentlige data (NLOD).....	23
Figur 8: Inndelingen av kulverten i fem delstrekninger. Den valgte delstrekningen er markert med sort sirkel. Figuren er hentet fra Rambøll (2025) og brukt med tillatelse.	26
Figur 9: Tilstand til hver delstrekning fra kum til kum innenfor delstrekning 1. Figur er hentet fra Rambøll (2025) og er brukt med tillatelse.....	27
Figur 10: Oversikt over kriterier og underkriterier som ble presentert for ekspertgruppen.	30
Figur 11: Modellen som benyttes til flermålsanalysen. Modellen viser hvordan målet med prosjektet leder til hovedkriteriene og underkriteriene som konseptene skal vurderes etter.	31
Figur 12: Skjerm bilde fra Artsdatabanken, som viser funndata kombinert med bakgrunnskart. Funndata er hentet fra artskart.artsdatabanken.no (30.04.2025). Funndata fra: Roy Magnussen, Kristian Reilly-Størkersen Christian Kortner, Øivind Kortner. Nedlastet fra Artskart. Bakgrunnskart er hentet fra https://www.openstreetmap.org/#map=5/65.40/17.86 . Data er tilgjengelig under Open Database License.	50
Figur 13: Skjerm bilde fra Insar som viser bevegelsene i massene i områdene omkring delstrekk 1 på Kjørbekk II (Norges geologiske undersøkelse, u.å.-a). Tegnforklaringen viser at røde prikker indikerer setninger i grunnen, grønne prikker viser liten eller ingen bevegelse, mens blå prikker representerer heving i grunnen. Enheten er mm/år. Data er tilgjengelig under Norsk lisens for offentlige data (NLOD).	53
Figur 14: Sammenligning av de ulike konseptene opp mot hvert enkelt kriterium. Figuren viser hvordan hvert konsept scorer innenfor de valgte hovedkriteriene, og gir et visuelt grunnlag for å vurdere styrker og svakheter ved hvert tiltak.....	57

Figur 15: Oversikt over hvordan hvert konsept presterer opp mot de ulike hovedkriteriene. Figuren gir en samlet vurdering av styrker og svakheter per konsept, og danner grunnlag for videre sammenligning og beslutningsstøtte.	58
Figur 16: Rangering av konsepter basert på vektet score. De normaliserte scorene er multiplisert med tilhørende vekter, og summen danner den totale scoren som brukes til å sammenlikne konseptene.	59
Figur 17: Rangering av konsepter med vektet score. Her er de normaliserte scorene vektet med den bestemte vekten, og summen blir den totale scoren som benyttes til å velge mellom hvert konsept. Bekkeåpning får en score basert på den mest sannsynlige kategoriseringen, mens grunt rør og strømperenovering vurderes optimistisk.	62
Figur 18: Rangering av konsepter med vektet score. Her er de normaliserte scorene vektet med den bestemte vekten, og summen blir den totale scoren som benyttes til å velge mellom hvert konsept. Bekkeåpning vurderes pessimistisk, grunt rør og strømperenovering sannsynlig.	62
Figur 19: Rangering med vektet score. Her er de normaliserte scorene vektet med den bestemte vekten, og summen blir den totale scoren som benyttes til å velge mellom hvert konsept. Bekkeåpning vurderes pessimistisk, grunt rør og strømperenovering optimistisk.	63

Tabellliste

Tabell 1: Forklaringer av ord og begreper.	X
Tabell 2: Oppsummering av styrker, svakheter, muligheter og trusler (SWOT) knyttet til dagens kulvert gjennom deponiområdet. Analysen gir et overordnet bilde av situasjonen og danner grunnlag for flermålsanalysen.	24
Tabell 3: Oversikt over delstrekk i hoveddelstrekning 1, basert på Rambøll (2025) og brukt med tillatelse. Fargekodene angir tilstand: rød = dårlig, oransje = ganske dårlig, gul = ganske god, grønn = god.	27
Tabell 4: Vekting av hovedkriterier for case Kjørbekk.	32
Tabell 5: Beskrivelse av hva som skal til for at konseptet skal havne i hver av kategoriene for underkriteriet investeringskostnader.	33
Tabell 6: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet vedlikeholdskostnader.	34
Tabell 7: Beskrivelse av hva som skal til for at konseptet skal havne i hver av kategoriene for underkriteriet synergieffekter med andre prosjekter.	34
Tabell 8: Beskrivelse av hvordan de ulike konseptene kan oppnå score fra 1-7 innenfor hovedkriteriet økonomi.	35
Tabell 9: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet teknisk egnethet.	36
Tabell 10: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet kompleksitet i tiltaket.	37
Tabell 11: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet kapasitet.	38
Tabell 12: Beskrivelse av hvordan konseptene kan oppnå en score fra 1-7 innenfor hovedkriteriet teknisk vurdering.	39
Tabell 13: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet klimafotavtrykk.	41
Tabell 14: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet biologisk mangfold.	42
Tabell 15: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet forurensning.	43
Tabell 16: Beskrivelse av hvordan de ulike konseptene kan oppnå score fra 1-7 innenfor hovedkriteriet miljø.	43
Tabell 17: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet friluftsliv.	44
Tabell 18: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet setninger.	45
Tabell 19: Beskrivelse av hvordan de ulike konseptene kan oppnå score fra 1-7 innenfor hovedkriteriet sosiale faktorer.	46
Tabell 20: Samlet vurdering innenfor hovedkriteriet økonomi.	48
Tabell 21: Samlet vurdering innenfor hovedkriteriet miljø.	51

Tabell 22: Samlet vurdering innenfor hovedkriteriet sosiale faktorer.	54
Tabell 23: Resultatet av evalueringen av hvert konsept innenfor hovedkriteriet teknisk vurdering.	56
Tabell 24: Oversikt over scoren, og den normaliserte scoren for hvert konsept.....	56
Tabell 25: Vurdering av usikkerhet. Underkriteriene som det er knyttet mest usikkerhet til vurderes pessimistisk (P), sannsynlig (S) og optimistisk (O). Vurderingen er god (G), middels (M) eller dårlig (D).....	61
Tabell 26: Vurdering av usikkerhet. Tabellen viser usikkerheten i scorene (1-7) basert på underkriteriene det er knyttet mest usikkerhet til.	61

Definisjoner og begrepsforklaring

Tabell 1: Forklaringer av ord og begreper.

Definisjon/begrep	Forklaring
Deponi	Et område der avfall er blitt lagret eller deponert, midlertidig eller permanent.
Fremmede arter	Arter som har blitt spredt til et område utenfor sitt naturlige utbredelsesområde, ofte på grunn av menneskelig aktivitet. Noen fremmede arter kan true stedegne arter og økosystemer.
Interessent	En person, gruppe eller organisasjon som påvirker, eller blir påvirket av, et prosjekt, tiltak eller beslutning.
Komplekst tiltak	Et tiltak som innebærer mange faktorer, usikkerhet eller aktører, og som kan ha betydelige miljømessige, tekniske eller samfunnsmessige konsekvenser.
Kulvert	Et lukket rør eller kanal, vanligvis under bakken, som leder vann eller bekk gjennom et område, for eksempel under en vei eller et deponi.
Prioriterte arter	Arter som er spesielt utvalgt for vern etter norsk lovgivning, fordi de er truet eller sårbare. Det er forbudt å skade disse artene eller deres leveområder.
Prosjektmandat	Et dokument eller en avtalt ramme som beskriver hva et prosjekt skal gjøre, hvilke mål det har, hvem som er ansvarlig, og hvilke ressurser og avgrensninger som gjelder.
Setning	Vertikal bevegelse av grunnen, vanligvis nedadgående, som følge av belastning, komprimering, konsolidering eller nedbrytning av jordmaterialer.
Sigevann	Vann som har rent gjennom avfallsmasser, og som dermed har tatt opp oppløste eller partikulære forurensningsstoffer. Sigevann oppstår særlig i avfallsdeponier og kan inneholde ulike forurensninger.
Strømperenovering	En metode for å rehabilitere eksisterende rør uten oppgraving, ved å herde en plastimpregnert strømpe inni det gamle røret.
Økosystemtjenester	Goder og tjenester naturen gir oss, enten direkte (som mat og vann) eller indirekte (som pollinering, flomdemping og rekreasjon).

1. Introduksjon

God vannkvalitet i sjø og vassdrag er et viktig tema som har fått økt oppmerksomhet i Norge, blant annet på grunn av Vannforskriften. En betydelig kilde til forurensning er sigevann fra avfallsdeponier Miljødirektoratet (2025b). Klimaendringene gjør avfallsdeponier sårbare for mer vanninntrengning, og dermed større fare for spredning av forurensninger via sigevannet. De eldre deponiene hadde mindre krav til sortering, og kan inneholde organisk avfall da det var lovlig å deponere biologisk nedbrytbart avfall frem til 2009. I tillegg ble de fleste av de nedlagte deponiene etablert før deponidirektivet ble innført i 2002. Før deponidirektivet ble innført var det ingen krav i forskrift til bunntetting eller oppsamling av sigevannet, derfor utgjør disse deponiene en risiko for forurensning av nærliggende vannkilder (Slinde et al., 2023).

Sigevann fra deponier kan inneholde farlige stoffer som tungmetaller og organiske miljøgifter (Kjeldsen et al., 2002). Dersom det ikke innføres tiltak for å redusere denne forurensningen kan det skade økosystemet og gå utover det biologiske mangfoldet i resipienten. For å håndtere denne forurensningen og risikoen for skader, må ulike tiltak vurderes. Beslutninger bør ikke bare baseres på økonomi, men også miljø og sosiale hensyn. Flermålsanalyse er en god metode for å vekte disse ulike faktorene og ta informerte valg som sikrer bærekraftige løsninger.

Mange eldre deponier ble plassert i bekkedaler og raviner der opprinnelig bekk fra oppstrøms nedbørsfelt ble lagt i rør (kulverter) av stål eller betong og senere dekket av avfall (Oen et al., 2019). Eksempler på slike deponier er Brånasdalen i Lillestrøm (Hassum, 2022; Hjelle, 2024) og Slettebakken i Bergen (Rosseland, 2023), som er beskrevet i flere masteroppgaver. Disse kulvertene kan ligge dypt i terrenget etter oppfylling.

Da kulvertene ble dimensjonert, kan det ha vært utfordrende å vurdere hvor stor overdekningen med masser og avfall skulle bli. For mye overdekning kan føre til strukturelle skader. Deponimasser, som består av blandet avfall, går gjennom ulike stadier (Kjeldsen et al., 2002). Sigevannet i slike deponier kan over lengre perioder være surt, ha høyt saltinnhold og være oksygenfritt (anareobt). Dette skaper en spesielt korroderende vannkjemi for betong og stål, noe som ikke ble tatt høyde for under dimensjoneringen (T. Mæhlum, personlig kommunikasjon, 17. april 2025). Siden disse kulvertene kan være erodert, eller skadet er det risiko for lekkasje. Det kan også antas at eldre kulverter ikke hadde samme standard til tetting i skjøter som dagens rør, og at setninger i grunnen kan forsterke risikoen for lekkasjer (Miljødirektoratet, 2020). Avhengig av grunnvannsnivået i det aktuelle området kan det være innlekking av sigevannspåvirket grunnvann, eller utlekking av overvann til grunnen.

Materialtretthet kan gi økt risiko for kollaps og gjentetting, med påfølgende risiko for at overvannet finner nye veier på overflaten. Økt ekstremnedbør fører til at overvannssystemene må kunne håndtere større vannvolumer og hyppigere nedbør enn tidligere. Dersom kulverten ikke har nok kapasitet, og det

ikke finnes alternative flomveier kan det føre til skade på eiendom og infrastruktur, økonomiske tap og miljøskader. Disse utfordringene er sentrale for flere deponieiere, og det er et ønske å finne bærekraftige løsninger på slike problemstillinger (T. Brommeland, personlig kommunikasjon, 04. mars 2025).

Når tiltak for å forbedre vannhåndtering i eldre bynære deponier skal vurderes, finnes det flere mulige løsninger, og en rekke interessenter og perspektiver må tas i betraktning. Økonomiske hensyn spiller ofte en stor rolle, men også miljømessige, tekniske og sosiale faktorer kan være avgjørende. I dag legges det økende vekt på å inkludere flere perspektiver enn bare det som er teknisk og økonomisk ideelt. Særlig miljøhensyn har fått større betydning i beslutningsprosesser enn tidligere. Dette gjør det krevende å vurdere tiltak opp mot hverandre og identifisere det mest hensiktsmessige valget.

For å sammenligne ulike konsepter på en objektiv måte, i tråd med beslutningstakers prioriteringer, kan flermålsanalyse benyttes som metode (Jordanger et al., 2007). Det finnes flere tilnærminger som gjør det mulig å evaluere tiltak ut fra fastsatte kriterier og dermed støtte mer systematiske og etterprøvbare beslutninger. Eksempler på slike metoder er livsløpsanalyse (LCA), kost-nytte-analyse (KNA), kostnadseffektivitetsanalyse (KEA) og flermålsanalyse (FMA). Mens LCA fokuserer på miljøpåvirkning gjennom hele livssyklusen til et tiltak, vurderer kost-nytte-analyse den økonomiske verdien av fordeler opp mot kostnader (Furre, u.å.; NVE, 2024). Kostnadseffektivitetsanalyse innebærer å identifisere tiltaket som realiserer det ønskede målet til lavest kostnad (NVE, 2024). Flermålsanalyse skiller seg ut ved å kunne håndtere både kvantitative og kvalitative kriterier, og er særlig egnet i situasjoner der beslutningene berører ulike samfunnsinteresser og verdier, slik som i vannhåndtering i bynære områder.

Flermålsanalyse er en metode hvor det er mulig å vurdere flere evalueringskriterier samtidig, noe som er spesielt nyttig i komplekse miljøspørsmål hvor det er nødvendig å balansere ulike hensyn mot hverandre. I motsetning til kost-nytte-analyse, som forutsetter at alle konsekvenser kan omregnes til en felles måleenhet (ofte kroner), tillater flermålsanalyse at både kvantitative og kvalitative kriterier vurderes side om side. Dette gir en større fleksibilitet til å inkludere faktorer som ikke er enkle å vurdere økonomisk, som miljø eller sosiale faktorer. Flermålsanalyse bidrar også til å redusere subjektiviteten i beslutninger ved å sikre at alle relevante mål og hensyn vurderes på en systematisk og objektiv måte. Dersom man ikke tar hensyn til alle relevante mål og hensyn i analysen kan det resultere i en beslutning som ikke er den optimale i forhold til målet med prosjektet. En slik beslutning kan ha negative langsiktige konsekvenser, for eksempel kan det føre til høyere kostnader, forsinkelser, eller behov for fremtidige justeringer og korrigeringer.

1.1 Problemstilling og forskningsspørsmål

Kommunene, som ofte eier deponiene, står ovenfor et komplekst beslutningslandskap med mange hensyn som skal balanseres. Dette gjør håndteringen av vannkvalitetsproblemer knyttet til eldre bynære deponier særlig utfordrende. Flermålsanalyse fremstår derfor som et verdifullt verktøy for norske kommuner i denne situasjonen. Kommunene spiller en nøkkelrolle i å omsette nasjonale retningslinjer til lokale løsninger, samtidig som de skal sikre viktige velferdstjenester, samfunnssikkerhet og bærekraftig utvikling. Selv om kommunalt selvstyre gir rom for lokale prioriteringer, sikrer lovverket at hensyn som miljøvern og klimatilpasning integreres i planleggingen. Til tross for lokale forskjeller, deler kommunene mange felles mål og utfordringer, noe som understreker behovet for systematiske beslutningsmetoder som flermålsanalyse.

På grunn av det økonomiske presset i kommunesektoren, hvor 40 prosent av kommunene i 2023 rapporterte om begrenset handlingsrom, er prioritering av ressurser og balansering av ulike mål en betydelig utfordring ved valg av investeringstiltak (Kommunesektorens organisasjon, 2024). I denne sammenhengen kan flermålsanalyse være en nyttig metode, ettersom den gir en strukturert tilnærming til å vekte og organisere relevant informasjon. Dette gjør det lettere for kommunene å ta informerte beslutninger, spesielt når de står overfor komplekse problemstillinger som vannhåndtering ved eldre deponier, samtidig som de må forholde seg til økonomisk usikkerhet.

Det er så langt jeg kjenner begrenset med litteratur som beskriver erfaringer med flermålsanalyse innen vannhåndtering, og spesielt innen avfallssektoren. En studie hvor denne metoden har blitt benyttet er utført av Gogate et al. (2017) som benytter flermålsanalyse for å vurdere tiltak for overvannshåndtering i urbane områder i India. Målet var å utarbeide en beslutningsmetode for å velge de mest bærekraftige overvannshåndteringstiltakene i tett befolkede områder i India. En liknende tilnærming kan være nyttig i Norge for å identifisere de mest effektive og bærekraftige løsningene for vannhåndtering i nedlagte eldre kommunale deponier. Det gjelder spesielt for de bynære deponiene hvor det er mange ulike interesser i arealbruken, og hvor resipientene kan være sårbare for utslipp fra blant annet urensset sigevann.

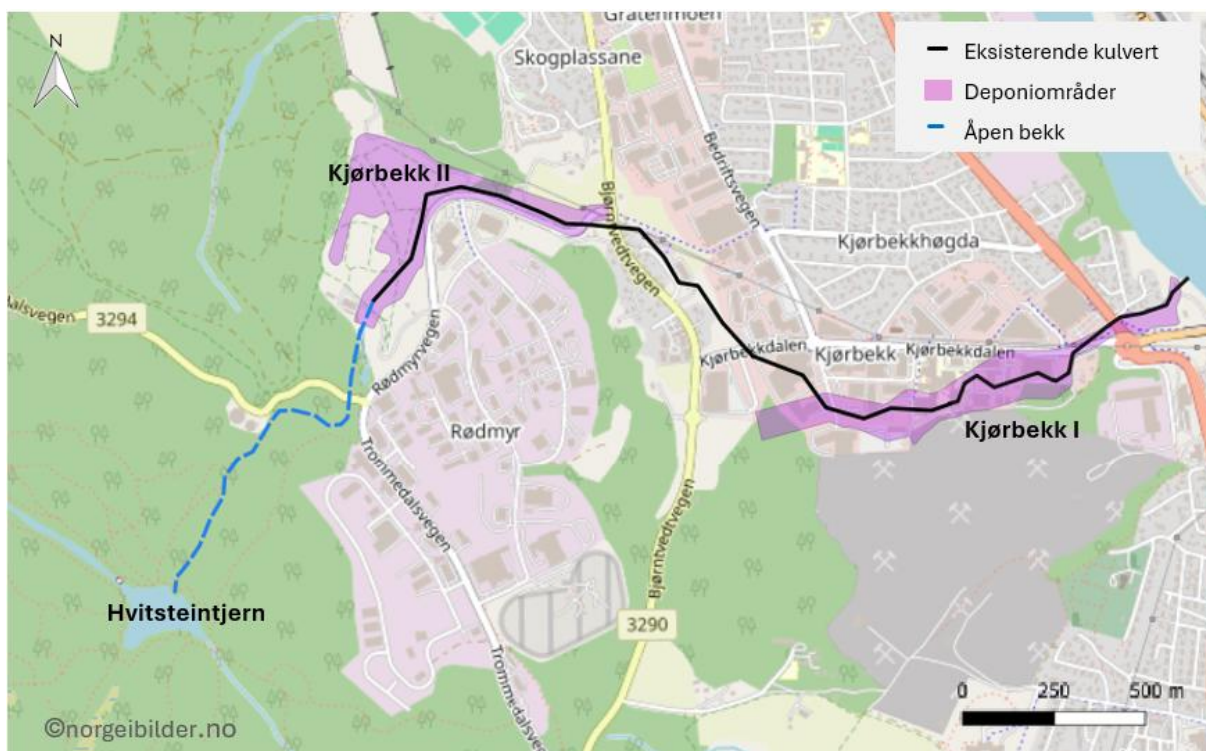
Formålet med denne oppgaven er å undersøke hvordan metodikken for flermålsanalyse kan brukes i kommunale beslutningsprosesser for vannhåndtering på eldre deponier for å gi et bredere beslutningsgrunnlag. Med dette til grunn blir problemstillingen for denne masteroppgaven følgende:

Vil flermålsanalysemetodikken være nyttig som beslutningsstøtte i spørsmål om implementering av tiltak for vannhåndtering i forbindelse med eldre kommunale avfallsdeponier i bynære strøk?

Det nedlagte Kjorbekk-deponiet i Skien kommune benyttes som case. Kjorbekk består av to nedlagte avfallsdeponier, Kjorbekk I og Kjorbekk II, som var i drift siste halvdel av 1900-tallet. I dag er både Kjorbekk I og Kjorbekk II avsluttet og tettet igjen. Det er lagt masser over begge avfallsdeponier, og de

er derfor ikke synlig fra terrengoverflaten. Deponiene utgjør totalt et areal på 205 dekar og arealene over deponiene består av både skog, dyrket mark, åpent landskap og urbane områder med veier, parkeringsplasser og næringsbygg (Mæhlum et al., 2025; Rambøll, 2023). En kulvert av betongrør ble etablert for å lede Kjørbekken gjennom begge deponiområdene. Kjørbekken renner ut i Skienselva, som videre renner gjennom Porsgrunn og ut i Eidangerfjorden.

Kjørbekken kommer fra Hvitsteintjenn ca. 1 km ovenfor Kjørbekk II, Figur 1. Nedbørsfeltet til Kjørbekken er ca. 3,12 km² (Multiconsult, 2018). Den aktuelle kulverten er i dårlig stand, har utilstrekkelig kapasitet, og det kommer sigevann fra deponiene inn i kulverten. Derfor er det nødvendig å iverksette tiltak. Uten disse tiltakene kan kulverten kollapse, noe som kan føre til at vann strømmer ukontrollert inn i de forurensede deponimassene, eller forårsake oversvømmelse og skade på bygninger i området.



Figur 1: Kart som viser lokasjon til deponiene i Kjørbekk (rosa). Kjørbekken som renner fra Hvitsteintjenn er markert med en blå stiptet linje for den delen som er åpen, og sort linje der bekken er lagt i kulvert (Rambøll, 2025). Forurensede områder er markert med data tilgjengeliggjort av Miljødirektoratet under Norsk lisens for offentlige data (NL0D).

For å besvare problemstillingen i denne masteroppgaven gjøres det en flermålsanalyse for valg av tiltak for vannhåndteringen på Kjørbekk II. Videre reflekteres det rundt hvor godt den utarbeidede modellen fungerer som beslutningsstøtte for Skien kommune. Til slutt diskuteres det om modellen kan benyttes for å velge tiltak på andre kommunale deponier med lignende utfordringer. Forskningsspørsmålene for denne masteroppgaven blir derfor følgende:

1. Hvilket konsept anbefales å implementere på Kjørbekk II basert på flermålsanalysen som gjøres i denne oppgaven?

2. Hva er styrkene og svakhetene med den utarbeidede modellen for valg av tiltak på Kjørbekk II?
3. Er denne modellen overførbart til andre kommuner med deponier som har lignende utfordringer?

Rambøll (2025) har foretatt en mulighetsstudie for ulike rehabiliteringstiltak på kulverten i Kjørbekk. Dette arbeidet blir brukt som grunnlag for flermålsanalysen som gjennomføres i denne masteroppgaven. For å avgrense oppgaven foretas analysen kun på den delen av kulverten som går gjennom Kjørbekk II. Rambøll (2025) har undersøkt flere alternative tiltak, men de som er aktuelle for den valgte delen av kulverten er bekkeåpning, strømpereovering og grunt rør. Det er disse konseptene som blir vurdert i flermålsanalysen.

1.2 Oppgavens struktur

Figur 2 illustrerer oppgavens oppbygning, der introduksjonen setter rammen, teoridelen gir grunnlag for analysen, metod delen beskriver fremgangsmåten, case-delen gir en introduksjon til casen, resultatdelen presenterer resultatene, diskusjonen tolker funnene, og konklusjonen oppsummerer hovedpoengene.



Figur 2: Inndeling av masteroppgaven.

2. Teoretisk grunnlag

For å gi et faglig fundament for vurderingene som gjøres i denne masteroppgaven, presenteres i det følgende relevant teori. Teoridelen vil belyse sentrale begreper og metoder som danner grunnlaget for analysen. Dette inkluderer en gjennomgang av avfallsdeponier i Norge, kulverter, begrepet «konsept» og flermålsanalyse.

2.1 Avfallsdeponier i Norge

Et deponi er ifølge Avfallsforskriften § 9-3 et «anlegg for sluttbehandling av avfall ved permanent deponering på eller under bakken» (Avfallsforskriften, 2004, § 9). På slike anlegg kan det befinne seg avfall som restavfall, husholdningsavfall, industriavfall, bygge- og riveavfall, eller farlig avfall. I henhold til Avfallsforskriften (2004) § 9-4a som trådte i kraft 1. juli 2009 er det ikke lov å deponere biologisk nedbrytbart avfall. Det er derfor kun avfallsdeponier som var i drift før dette som kan inneholde biologisk nedbrytbart avfall.

I henhold til Tvedten et. al (2022) er det 868 nedlagte avfallsdeponier i Norge som er spredt over hele landet. Informasjon ble innhentet gjennom kontakt med kommuner, interkommunale selskaper, industribedrifter og privatpersoner i Norge. Det er imidlertid noe usikkerhet knyttet til dette tallet. En NRK-artikkel, Gustavsen og Jansson (2018), skriver at det finnes over to tusen nedlagte avfallsdeponier i Norge, altså mer enn dobbelt så mye som Tvedten et al. (2022) rapporterer. Nedlagte deponier kan utgjøre en trussel for forurensning, og det er derfor viktig å kartlegge deponienes lokasjon og forurensningsfare.

Et problem med deponiområder, som må overvåkes, er at det er risiko for at regnvann trenger inn og skaper forurenset sigevann. Sigevann fra avfallsdeponier vil kunne forurense grunnvann, som kan ta med seg forurensningen videre i det hydrologiske systemet. Dette kan få konsekvenser for den økologiske tilstanden i bekker, elver eller fjorder. Ukontrollert utslipp av sigevann kan gi flere negative konsekvenser som akkumulering av bestandige miljøskadelige stoffer i næringskjeden, forurensning av grunnvann, overflatevann, sedimenter eller jord, og giftvirkninger på organismer (Slinde et al., 2023; Steen, 2003).

Konsekvensene av at sigevann slipper ut i fjorden avhenger i stor grad av hvilke typer avfall som er blitt deponert. Ifølge Tvedten et al. (2022) er det generelt begrenset dokumentasjon og informasjon om avfallstyper og mengder på mange avfallsdeponier. Dette skaper usikkerhet om hvilken type forurensning som kan forekomme. Videre, i risikovurderingen ble det identifisert 309 avfallsdeponier med registrert grunnvannsforekomst eller drikkevannsbrønn innen 250 meter fra avfallsdeponiet. Av disse har 31 avfallsdeponier lav risiko, 65 avfallsdeponier høy risiko for å forurense grunnvannet, mens risikoen for de resterende 213 avfallsdeponiene er ukjent (Tvedten et al., 2022). Dette innebærer at en

betydelig andel av avfallsdeponiene i nærheten av grunnvannsforekomster har høy risiko for forurensning, og det er sannsynlig at antallet kan være høyere.

Ved nedstengning av et avfallsdeponi må flere hensyn tas i betraktning, blant annet skal sigevannsbehandlingen og deponigassoppsamlingen fortsette (Avfall Norge, 2015). Et kjent problem ved avslutning av deponier er produksjonen av deponigass, som hovedsakelig består av metan og karbondioksid (Miljødirektoratet, 2020). Utslipp av metan til atmosfæren er uønsket, og kan også utgjøre en eksplosjonsfare (Avfall Norge, 2015). Derfor er det nødvendig å overvåke produksjonen av denne gassen nøye.

Når deponiet er sikret og stabilisert, kan området brukes til andre formål. Miljødirektoratet (2020) anbefaler generelt at det ikke bygges boliger, sosial infrastruktur eller næringsbygg på deponier hvor det er gassdannelse, eller i randsonen til deponier med gassdannelse. Videre kommer det frem at det på slike deponier kan det forekomme setninger. Setningene kan komme av både det at det deponerte materialet komprimeres over tid på grunn av belastning, og av nedbrytning av organisk materiale (Miljødirektoratet, 2020). Kommunale avfallsdeponier har ofte en kompleks indre struktur, som gjør risikoen ved setningsskader ekstra stor (Cossu & Stegmann, 2019). I verste fall kan setninger medføre konstruksjons- og sikkerhetsproblemer med store økonomiske konsekvenser. Både overflateinfrastruktur som veier, rør, ledninger og bygninger, og konstruksjoner i deponimassene, som kulverter, kan bli berørt.

2.2 Kulverter

Hva som defineres som en kulvert varierer avhengig av hvilken kilde som benyttes. Ifølge NVE er definisjonen på en kulvert «En kulvert er et lukket vanngjennomløp som blant annet brukes til å lede elver eller bekker forbi bebygde arealer eller kryssing av infrastruktur for eksempel vei eller jernbane» (NVE, 2024).

Kulverter (bekkelukkinger) har blitt brukt til ulike formål gjennom årene. Et vanlig formål har vært å forhindre erosjon langs kanter av bekker og flom ved å sørge for kontrollert vannføring i områder med naturlige vannstrømmer. I landbruket har kulverter vært brukt for å øke dyrkingsareal og forbedre drenering, spesielt i forbindelse med bakkeplanering i ravinelandskap (Grav, 2017). Kulverter for byvassdrag har også bidratt til urban utvikling ved større utnyttelse av arealer og beskytte viktige samfunnsstrukturer (NVE, 2024).

Kulverter kan også bidra til å forhindre forurensning av vassdrag ved å hindre sigevann å trenge inn i kulverten. En kulvert som er tett kan bidra til å hindre rask utlekking av forurenset sigevann til nærliggende vannforekomster, noe som er viktig for å beskytte det lokale vannmiljøet. Ideelt sett bør det etableres løsninger for oppsamling og behandling av sigevann, slik at forurensning håndteres på en kontrollert måte før det eventuelt slippes ut. I tilfeller der slik infrastruktur ikke er på plass, kan det være

miljømessig gunstig å utnytte naturlige barrierer, som for eksempel jordmasser med høy evne til å holde tilbake og bryte ned forurensende stoffer. Lokale jordressurser kan da fungere som en form for naturlig renseløsning og redusere spredningen av forurensning fra deponiet til omkringliggende økosystemer (Mæhlum et al., 2025).

Mange eldre deponier ble plassert i bekkedaler der opprinnelig bekk ble lagt i kulvert av stål og betong, og siden dekket av avfall slik at kulverten havner dypt i terrenget. Utfordringen er å finne effektive løsninger, da mange av de vanligste metodene for rør- og kulvertproblematikk ikke fungerer tilfredsstillende for dype kulverter. En sentral utfordring er de høye kostnadene knyttet til graving i deponimasser. Det kan være dyrt å transportere og deponere massene (Rambøll, 2023 s. 52-55). Siden mange av deponiene inneholder blandede og uforutsigbare masser, kan gravearbeid være både teknisk utfordrende og kostnadskrevende.

I dag kan det være flere problemer knyttet til kulverter som ble etablert for mange år siden. Et problem kan være at kulverten har skader eller slitasje på grunn av alderdom. Dette kan føre til at det kommer forurenset sigevann inn i kulverten. Et annet problem som kan oppstå er problemer som følge av klimaendringer og urbanisering (Holte, 2024). Økt intensitet og hyppighet av ekstremnedbør kan føre til overbelastning av eksisterende kulverter, spesielt de som ble dimensjonert etter gamle standarder (Infrasteel, 2023).

Dersom en kulvert blir blokkert eller kollapser, kan det få alvorlige konsekvenser både for miljøet, infrastrukturen og lokalsamfunnet. En kollaps kan føre til oversvømmelser, som videre kan resultere i erosjon, skade på nærliggende veier, bygninger og annen infrastruktur (Tenbusch Inc, 2013). Når en kulvert mister sin bæreevne, kan jorda over den synke eller rase ut, noe som kan føre til store terrengskader og i verste fall sette nærliggende bygninger, veier eller annen infrastruktur i fare. På et økonomisk plan kan en kollaps også medføre betydelige kostnader knyttet til opprydding, reparasjoner og eventuelle skadeserstatninger (Tenbusch Inc, 2013). En kollaps av kulvert i et deponiområde kan føre til at forurensede masser og sigevann med tungmetaller og miljøgifter spres ukontrollert til omkringliggende områder og vannkilder. Dette kan ha negative konsekvenser for helse og miljø.

Det finnes flere metoder for å unngå disse konsekvensene. Den mest tradisjonelle er å bytte ut kulverten i en ny kulvert med større kapasitet. I nyere tid har det blitt vanligere å benytte strømpereovering som rehabiliteringstiltak. Dette er et tiltak hvor man fører et nytt rør inni det gamle. En slik metode har fordelen med at det er en gravefri metode. Siden man kan føre strømpen fra kum til kum vil tiltaket gi minimale påvirkninger på omgivelsene (Olimb Rørfornyning AS, u.å.). Olimb Rørfornyning er en entreprenør som har drevet med rørfornyning siden 1977. Et eksempel på et prosjekt de har gjennomført, er rørfornyning av avløpsledninger i betong fra 1940- og 50-tallet, som var i dårlig forfatning, langs Lysakerelva i Oslo (Olimb Rørfornyning AS, u.å.). Her var det utfordringer i forhold til tilgang til kummer

og bratt terreng. Gravearbeid ville ført til store inngrep i naturen, og strømperenovering var på grunn av dette et bedre alternativ.

I de senere årene har det blitt en økende trend å benytte bekkeåpning som klimatilpasningstiltak. I Nasjonal strategi for restaurering av vassdrag 2021 – 2030, er det en tydelig ambisjon om å gjenåpne urbane lukkede bekke- og elvestrekninger (Miljødirektoratet, 2021). Et slikt tiltak innebærer at man fører bekken tilbake til overflaten, og tilbakefører bekken til omtrent sin naturlige tilstand. En slik løsning har flere fordeler, blant annet vil den gi større hydraulisk kapasitet, fjerne belastning fra avløpssystemet og kan bidra til trygge flomveier, i tillegg til at løsningen kan gi flere muligheter for friluftsliv og reduksjon av stress (Miljødirektoratet, 2021). Åpne bekker gir vannet lenger oppholdstid og god kontakt med vegetasjon og sediment, noe som bidrar til rensing og bedre vannkvalitet (Gulden, 2017). Derimot er dette et tiltak som krever stor grad av flerfaglighet og er en omfattende prosess (Sivertsen et al., 2021). Det finnes flere caser som har benyttet en slik løsning, blant annet Ilabekken i Trondheim (NVE, 2022) og Hovinbekken i Oslo (Gulden, 2017).

2.3 Konsept i flermålsanalyse

Når man skal gjennomføre en flermålsanalyse, er det viktig å forstå hva som menes med et *konsept*. I en slik analyse sammenlignes ulike overordnede ideer til løsninger på et identifisert problem, disse ideene omtales som konsepter. Det er avgjørende at alle konseptene adresserer det samme problemet, men på prinsipielt forskjellige måter å løse problemet på. Det er altså viktig at de ikke bare representerer variasjoner av én enkelt løsning (Finansdepartementet, 2010; Rolstadås et al., 2023).

Videre beskriver Finansdepartementet (2010) flere retningslinjer som bør legges til grunn ved utarbeidelse av konsepter.

- Det må være tydelig hvilke avhengigheter og forutsetninger som ligger til grunn.
- Kreativ tenkning er en fordel, for eksempel ved å vurdere løsninger som ikke innebærer bygging eller kjøp, eller ved å utforske helt alternative tilnærminger.
- Forutinntatthet bør unngås så langt det lar seg gjøre.
- Konseptene bør vurderes opp mot relevante referanseprosjekter og sammenlignbare problemstillinger, både nasjonalt og internasjonalt.
- Konsepter som allerede er silt ut, må faktisk være ugyldige for å kunne ekskluderes.

2.4 Flermålsanalyse

Flermålsanalyse, også kjent som MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis), er en metode som gjør det mulig å vurdere flere evalueringskriterier opp mot hverandre, og tildele hvert kriterium en vekt basert på dets relative prioritet i forhold til de andre kriteriene (Jordanger et al., 2007). Dette verktøyet er nyttig for å analysere, evaluere, sammenlikne og til slutt velge mellom konsepter når det er flere mål eller

evalueringskriterier å ta hensyn til. De ulike målene, kriteriene og preferansene er i mange tilfeller i konflikt med hverandre, noe som gjør beslutningsprosessen utfordrende og kompleks.

Evalueringen og rangeringen kan bli foretatt på forskjellige måter ettersom en flermålsanalyse kan gjennomføres med ulike metoder. Jordanger et al. (2007) vektlegger at metodevalg bør avhenge av problemet, aktørene og formålet, og ikke nødvendigvis hvilken fremgangsmåte som er den riktige.

Det finnes ulike fremgangsmåter for å gjennomføre en flermålsanalyse, avhengig av problemstilling og kontekst. Jordanger et al. (2007) beskriver en strukturert tilnærming som ofte benyttes. De anbefalte stegene i analysen er:

1. Problemanalyse og strukturering
2. Modellutvikling
3. Evaluering av konsepter
4. Håndtering av usikkerhet
5. Sammenstilling

2.4.1 Problemanalyse og strukturering

I denne fasen av prosessen er det viktig å tydelig definere selve beslutningsproblemet, inkludert behovet for tiltak og de overordnede rammene som gjelder. Slike rammer og forutsetninger er ofte formulert i det gitte mandatet (Jordanger et al., 2007), og kan for eksempel omfatte målsetninger knyttet til arealbruk, utvikling av nærmiljøet eller hensyn til miljøverdier (NVE, 2024).

I gjennomføringen av en flermålsanalyse er det viktig at alle medvirkende har en felles forståelse av de overordnede målene. Dette inkluderer representanter fra prosjektgruppen, beslutningstakere, fagpersoner, og øvrige interessenter som blir berørt av eller har innflytelse på prosjektet. Beutler et al. (2024) trekker frem viktigheten av at ulike aktører blir involvert i analysen for å sikre at ulike perspektiver blir tatt hensyn til, og beslutninger får bredere forankring. Det blir lagt særlig vekt på å inkludere interessenter allerede i denne tidlige fasen av analysen. For å sikre felles forståelse bør målene utformes i samarbeid med interessentene, slik at ulike perspektiver og behov blir ivarettatt.

Når målene skal defineres, er det viktig å skille mellom ulike typer mål for å sikre en klar retning og målbar suksess. Finansdepartementet (2010) definerer resultatmål som hva prosjektet konkret skal levere, for eksempel et ferdig produkt eller en tjeneste. Videre fremkommer det at effektmål sier noe om hvilken verdi eller effekt resultatene skal ha for interessenter eller organisasjonen over tid. Dette kan inkludere blant annet økt kundetilfredshet, bedre effektivitet eller redusert miljøpåvirkning. Samfunnsmålet er et mer overordnet mål, og sier noe om samfunnsnyttan prosjektet skal gi (Finansdepartementet, 2010). Ut fra arbeidet med målene kan man fastsette ulike evalueringskriterier. Evalueringskriteriene kan enten være kvantitative eller kvalitative. I praksis blir det ofte benyttet en blanding av kvantitative og kvalitative evalueringskriterier (Jordanger et al., 2007).

Interessentene kan i ulik grad påvirke prosessen ut fra om de er primærinteressenter eller sekundærinteressenter. Det finnes ulike måter å forholde seg til interessentene på, basert på hvor stor innflytelse og interesse de har i prosjektet, Figur 3. Dersom en interessent har både stor innflytelse og interesse i prosjektet er den anbefalte kommunikasjonsstrategien tett oppfølging. Forslag som ikke inkluderer interessentenes synspunkter, kan få negative konsekvenser senere i prosessen, spesielt dersom interessenten har stor innflytelse og interesse i prosjektet, Figur 3.

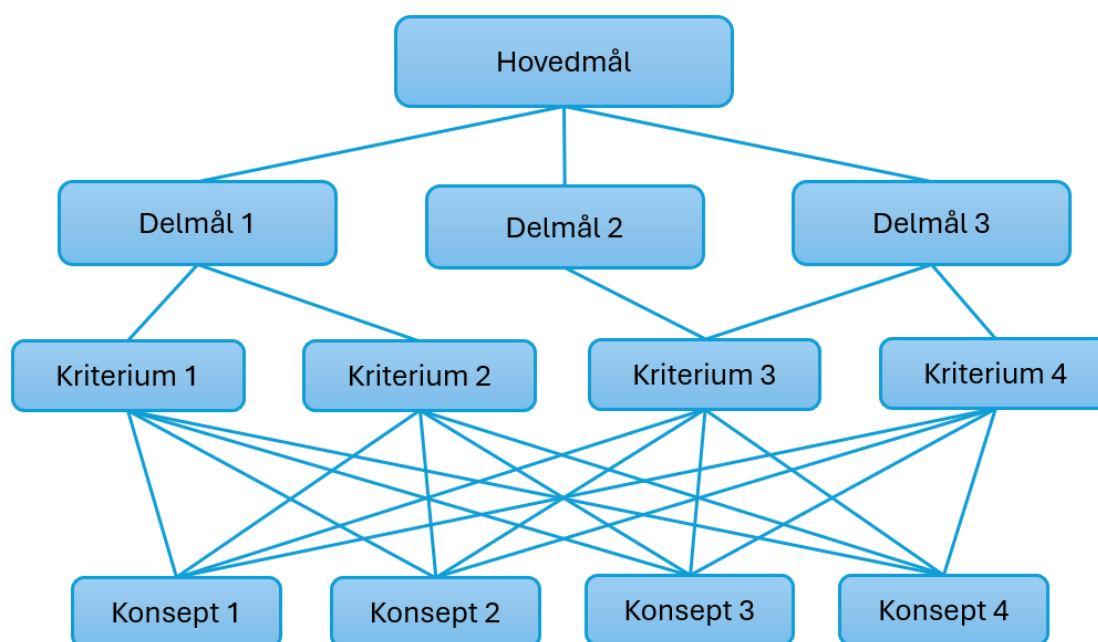
Innflytelse	Stor	Tilfredsstilles	Tett oppfølging
	Liten	Minimal innsats	Holdes informert
		Liten	Stor
		Interesse i prosjektet	

Figur 3: Interessentmatrise. Av Asbjørn Rolstadås.
Hentet fra <https://snl.no/interessentanalyse>.
Lisensiert under CC BY-SA 3.0.

Videre i denne delen av analysen utforskes ulike beslutningsalternativer, konsepter. Blant disse inngår nullkonseptet, som fungerer som referanse for å vurdere de aktuelle løsningene. Nullkonseptet beskriver situasjonen dersom ingen av de foreslåtte tiltakene gjennomføres, men kan likevel inkludere mindre tiltak og tilpasninger som sannsynligvis vil være nødvendige dersom ingen av de andre konseptene blir gjennomført (Volden et al., 2023).

2.4.2 Modellutvikling

I dette steget benyttes arbeidet som ble gjennomført i 2.4.1 Problemanalyse og strukturering som grunnlag til å lage selve modellen som skal benyttes i flermålsanalysen (Jordanger et al., 2007). Her arbeides og struktureres arbeidet til en modell som representerer alle relevante aspekter av beslutningsproblemet. Derav hovedmål, delmål, evalueringskriterier og konsepter som vist i Figur 4.



Figur 4: Mål hierarki som representerer relevante aspekter av problemet, og viser hvordan hovedmål leder videre til ulike delmål, som igjen leder til ulike evalueringskriterier som alle konseptene skal vurderes etter. Figuren er basert på informasjon fra Jordanger et al. (2007).

Det er viktig at modellen er av god kvalitet slik at beslutningstaker har tiltro til at modellen representerer alle relevante aspekter ved beslutningsproblemet. Det er derfor viktig at arbeidet som ligger til grunn med målutformingen er grundig. Det er en fordel å finne en fin balanse mellom fullstendighet og kompleksitet i modellen (Jordanger et al., 2007). Ingen overordnede mål eller delmål bør være utelatt, samtidig som målhierarkiet ikke bør være så komplekst at det blir utfordrende for involverte parter å sette seg inn i modellen. Hvorvidt målhierarkiet er tilstrekkelig komplett er en sentral usikkerhetsfaktor i analysen, som må hensyntas (Jordanger et al., 2007).

I dette steget identifiseres aktuelle konsepter, og evalueringskriteriene defineres. I tillegg utarbeides vektene for hvert kriterium og scoresystemet som skal anvendes i vurderingen. Det er avgjørende at dette arbeidet gjøres grundig, ettersom flermålsanalysen rangerer konseptene basert på hvor godt de samsvarer med de uttrykte preferansene. Macharis og Bernardini (2015) trekker frem at det spesielt i denne prosessen er viktig å inkludere ulike interessenter for å sikre at analysen tar høyde for ulike perspektiver og verdier. Dette inkluderer ikke bare eksperter, men også brukere, lokale beslutningstakere og andre som blir påvirket av tiltakene.

I følge Jordanger et al. (2007) uttrykkes preferansene til beslutningstaker gjennom vektorer og nyttefunksjoner. Videre kommer det frem at en av de største utfordringene med flermålsanalyse er å oppnå en representativ modellering av preferansene, ettersom de er subjektive, komplekse og kan variere over tid. Vektene sier noe om hvilke evalueringskriterier som har størst og minst betydning i valget av konsept. Nyttefunksjonen beskriver forholdet mellom hva en interessent oppfatter som verdi og kostnadene for å oppnå denne verdien (Rolstadås et al., 2023). En slik funksjon gjør det mulig å vurdere

kriteriene på en felles skala, uavhengig av hvordan kriteriene opprinnelig er uttrykt, enten det er målbare tallverdier eller mer kvalitative vurderinger.

For å sikre at flermålsanalysen gir en balansert vurdering mellom kvantitative og kvalitative kriterier, er det viktig å kalibrere modellen før analysen gjennomføres (Jordanger et al., 2007). Kalibrering handler om å undersøke om modellen gjør en rimelig avveining mellom ulike typer kriterier, slik at ingen faktorer får uforholdsmessig stor eller liten innvirkning på den endelige vurderingen. Et vanlig utgangspunkt for kalibrering er å bruke et kvantitativt kriterium som referanse, for eksempel økonomikriteriet, som ofte måles på en forholdsskala (Jordanger et al., 2007).

Det siste steget i prosessen før modellen tas i bruk, er å validere og verifisere modellen. Validering og verifisering av flermålsanalysemodellen er avgjørende for å sikre at den faktisk reflekterer de verdiene, preferansene og vurderingene som er relevante for beslutningstakerne (Jordanger et al., 2007). Det er viktig at modellen gjennomgås kritisk for å avdekke eventuelle skjevheter i problemstruktureringen, og at sensitivitetsanalyser bør brukes for å teste robustheten i resultatene. En modell som ikke er tydelig, kan føre til misforståelser og feil beslutningsgrunnlag. Macharis og Bernardini (2015) fremhever også her betydningen av å involvere aktører i valideringsprosessen, slik at modellen kan tilpasses underveis og oppnå høyere legitimitet. Uten validering risikerer man at beslutninger fattes på feil grunnlag, eller at modellen mister tillit blant brukerne.

2.4.3 Evaluering av konsepter

Det første som må gjøres i dette steget er å sjekke at alle konseptene er relevante og tilfredsstillende de fastsatte kravene. Denne prosessen kalles kvalifisering av konsepter (Jordanger et al., 2007). Dersom konseptene ikke tilfredsstillende kravene, blir de ikke tatt med videre i analysen. Når konseptene skal evalueres og sammenstilles finnes det flere ulike metoder. Innenfor flermålsanalysemetodikken benytter hver metode sin egen beregningslogikk for å rangere konsepter, og det finnes derfor ikke grunnlag for å anta at ulike metoder vil gi samme resultat selv ved bruk av identiske inngangsdata (Zlaugotne et al., 2020).

Valg av metode avhenger av hvilken type beslutningsresultat man ønsker. Zlaugotne et al. (2020) anbefaler metoder som AHP (Analytic Hierarchy Process), MULTIMOORA, MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), vektet summasjonsmetode eller vektet produktmetode dersom formålet er å sammenligne verdier mellom konsepter. Dersom målet er å identifisere det mest foretrukne konseptet blant flere, kan metoder som AHP, TOPSIS, VIKOR, COPRAS og STEP være hensiktsmessige. AHP brukes i begge sammenhenger, da metoden både egner seg til å strukturere og sammenligne kriterier og til å vekte og rangere alternativer. Metoder som PROMETHEE og ELECTRE skiller seg ut ved å basere seg på parvise sammenligninger og vurderinger av hvor godt konseptene oppfyller de definerte målene (Zlaugotne et al., 2020).

Etter at relevante konsepter er identifisert, vurderes de opp mot hvert av de valgte evalueringskriteriene. Denne vurderingen foregår ved å anslå konsekvensene av hvert konsept. Konsekvensene som kan måles direkte eller beregnes, uttrykkes normalt på en kardinalskala, mens konsekvenser som ikke kan kvantifiseres, vurderes på en ordinal skala. En ordinal skala gir en rangering uten å angi hvor stor forskjellen er, man angir altså bare rekkefølgen (Rolstadås et al., 2023). En kardinalskala er en type måleskala som brukes for å uttrykke kvantitative verdier der det er meningsfullt å utføre matematiske operasjoner som addisjon, subtraksjon, multiplikasjon og divisjon (Jordanger et al., 2007).

2.4.4 Usikkerhet og sammenstilling

Når konseptene er rangert, kan man gjennomføre en helhetlig vurdering og komme med en anbefaling. Jordanger et al. (2007) presiserer at det vil være nyttig å vurdere robustheten i rangeringen. Dersom to konsepter får tilnærmet lik score, kan det indikere at de i praksis er like gode. Dette skyldes usikkerhet i modellen. Derfor er det spesielt viktig å undersøke robustheten dersom forskjellen mellom det beste og nest beste konseptet er liten. Resultatet av flermålsanalyseprosessen er en anbefalt løsning, sammen med en begrunnelse for valget (Jordanger et al., 2007).

Fremtiden er alltid usikker, og enhver beslutning vil være forbundet med en viss grad av usikkerhet. Usikkerhet oppstår når det er en forskjell mellom den informasjonen som er nødvendig for å ta en sikker beslutning, og den informasjonen som faktisk er tilgjengelig (Arvesen, 2013). I flermålsanalyser kan usikkerhet håndteres på flere måter. En vanlig måte er å måle både den forventede scoren og spredning. Dette gir et bilde av hvor stor usikkerhet det er i scoren, og hvor mye resultatene kan variere.

3. Metode

I dette kapitlet presenteres metoden som er benyttet i analysen. Oppgaven er utformet som en case-studie, med Kjorbekk II som studieområde og datagrunnlag hentet fra Rambøll. Kapitlet forklarer hvordan disse dataene er anvendt og hvordan modellen er utviklet ved hjelp av en kvalitativ tilnærming. Videre beskrives gjennomføringen av flermålsanalysen, som tidligere omtalt i kapittel 2.4. Avslutningsvis redegjøres det for bruken av ulike verktøy i arbeidet

3.1 Case-studie

I denne masteroppgaven gjennomføres en case-studie av avfallsdeponiene på Kjorbekk. Valget om å benytte en case-studie som metode er begrunnet i ønsket om å oppnå en grundig og detaljert analyse av et spesifikt tilfelle. Case-studier gir mulighet for dypere innsikt enn det som ofte oppnås med bredere kvantitative metoder, og kan avdekke nyanser og sammenhenger som ellers ville vært vanskelig å fange opp. Metoden gjør det også mulig å teste og anvende teorier og konsepter på et praktisk eksempel, og illustrerer hvordan disse fungerer i en reell kontekst.

Case-studien baserer seg på arbeid som Rambøll har utført for Skien kommune, hvor ulike rehabiliteringsalternativer for kulverten ved Kjorbekk ble vurdert. Dette arbeidet inngikk som en del av et større prosjekt som skal utarbeide beslutningsgrunnlag for prioritering av tiltak, der rehabilitering av eksisterende kulvert fungerer som konsept 0 (Skien kommune, 2024). Resultatet av dette arbeidet er rapporten *Kjorbekken - Mulighetsstudie for rehabilitering av eksisterende kulvert*. Denne rapporten danner grunnlaget for flermålsanalysen som gjennomføres i case-studien, og gir detaljert informasjon om tilstanden til kulverten og mulige rehabiliteringsløsninger.

I rapporten har Rambøll kartlagt kulvertens tilstand på ulike delstrekninger, inndelt fra kum til kum (Rambøll, 2025). For hver strekning har Rambøll vurdert flere mulige rehabiliteringsalternativer basert på tekniske og økonomiske forhold. Imidlertid videreføres kun de alternativene som Rambøll vurderer som praktisk gjennomførbare i denne oppgavens flermålsanalyse. En nærmere beskrivelse av vurderingsgrunnlaget og utvalgte konsepter finnes i kapittel 4.1.2 Valg av delstrekk og mulige løsninger.

Rambøll (2025) har gjennomført økonomiske vurderinger av tiltaket de anbefaler for hver delstrekning. Det er imidlertid kun for det tiltaket som Rambøll anbefaler som det beste at det er utarbeidet detaljerte investeringskostnadsestimer. Kostnadsestimatene er utarbeidet i henhold til NS 3453, basert på erfaringer fra tidligere prosjekter samt prisdata fra Norsk Prisbok. Estimatenes bygger på en sannsynlighetsfordeling og inkluderer avsetninger for usikkerhet. I denne analysen benyttes P85-estimatene, som angir en 85 % sannsynlighet for at de faktiske kostnadene vil være lik eller lavere enn de anslåtte kostnadene.

I denne masteroppgaven vurderes det flere evalueringskriterier, i tillegg til den tekniske og økonomiske vurderingen Rambøll har benyttet, for å vurdere hvilket av konseptene som er det optimale.

3.2 Valg av metode

For å utvikle flermålsanalysemodellen benyttes en kvalitativ metode. Hensikten med flermålsanalyse er å identifisere det optimale konseptet basert på beslutningstakerens preferanser, som er subjektive og vanskelige å tallfeste. Kvalitativ metode er derfor mer hensiktsmessig for å kartlegge disse preferansene.

I denne masteroppgaven benyttes det en ekspertgruppe for å definere relevante evalueringskriterier, tildele vektorer og utarbeide et scoresystem. Dataene kommer frem gjennom diskusjon i gruppe hvor undertegnede er møteleder og observatør. Som møteleder er det mulig å få innsikt i hvordan ekspertene resonnerer, hvilke argumenter som vektlegges, og hvilke faktorer som skaper uenighet. Denne metoden gjør det altså mulig å identifisere forhold som ofte utelates i tallbaserte modeller.

Dataene evalueres med utgangspunkt i hvordan deltakerne har resonert seg frem til vektorer og scoringsbeskrivelser, og det legges særlig vekt på begrunnelser og mulige skjevheter i vurderingene. Ved å analysere både innholdet i diskusjonene og fordelingen av vurderinger, er det mulig å få innsikt i hvor robust og transparent beslutningsgrunnlaget er.

Målet er at ekspertgruppen skal sikre at preferansene til beslutningstakeren, Skien kommune, blir godt reflektert i flermålsanalysemodellen. Gruppen er sammensatt for å sikre faglig bredde og inkluderer eksperter med ulike faglig bakgrunn. Noen er mer fokusert på miljø, andre på økonomi, mens enkelte er opptatt av de tekniske løsningene. Dette speiler de ulike hensynene som er viktige i prosjektet. Sammensetningen av arbeidsgruppen ble gjort i samarbeid med prosjektleder fra Skien kommune, som identifiserte aktuelle deltakere. Gruppen består av åtte personer: seks ansatte fra Skien kommune i ulike fagstillinger, én konsulent fra Rambøll og én forsker fra Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

Gruppens samlede kompetanse dekker fagområder som vannkvalitet, vann- og avløpsteknikk, økonomi, miljø- og naturforvaltning, arealplanlegging og kommunal drift. Sammensetningen er bevisst valgt for å sikre et mangfold av faglige perspektiver og erfaringer. Det er også lagt vekt på variasjon i alder, utdanningsbakgrunn og geografisk tilhørighet. Den tverrfaglige, sosiale og demografiske bredden bidrar til en mer helhetlig vurdering av problemstillingene som behandles (Macharis & Bernardini, 2015; Rowe & Frewer, 2000).

3.3 Gjennomføring av flermålsanalysen

For å gjøre modellen mer anvendbar i en kommunal kontekst med begrensede ressurser ble det foretatt noen forenklinger i prosessen. Dette samsvarer med anbefalinger i litteraturen, hvor det påpekes at

flermålsanalyse må tilpasses praktiske rammer for å fungere i virkelige beslutningssituasjoner (Macharis & Bernardini, 2015).

Gogate et al. (2017) benyttes som inspirasjon for gjennomføringen av analysen, ettersom studien tar for seg en lignende problemstilling, og anvender flermålsanalyse med kvalitativ metode. Studien gir innsikt i hvordan relevante evalueringskriterier kan identifiseres og struktureres, noe som har vært nyttig i utvelgelsen av kriteriene i denne oppgaven. Elementer fra deres tilnærming har også blitt brukt som inspirasjon for hvordan ekspertvurderinger og preferanser kan integreres i analysen.

For å gjennomføre flermålsanalysen for case Kjørbekk følges den anbefalte prosessen fra Jordanger et al. (2007) som er redegjort for i kapittel 2.4 Flermålsanalyse. I det følgende redegjøres det for hvordan hvert steg i prosessen er anvendt i denne masteroppgaven.

3.3.1 Problemanalyse og strukturering

For å få en helhetlig forståelse av problemstillingen, det prosjektutløsende behovet, målene, rammene og forutsetningene, benyttes prosjektmandatet som Skien kommune har gitt Rambøll, i kombinasjon med samtaler med prosjektlederen fra kommunen. For å strukturere analysen av situasjonen benyttes en SWOT-analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats), et verktøy for å identifisere styrker, svakheter, muligheter og trusler ved prosjektet (Rolstadås et al., 2023).

3.3.2 Modellutvikling

Det neste steget i analysen er å utarbeide en modell for flermålsanalysen. Dette steget består av fire hovedkomponenter: (1) definere konsepter, (2) evalueringskriterier, (3) vekting av kriteriene, og (4) et scoringssystem for å vurdere konseptene opp mot hvert kriterium.

Når konseptene skal defineres benyttes Rambølls mulighetsstudie (2025) som utgangspunkt. Konseptene som inkluderes i analysen inkluderer kun de løsningene som vurderes som teknisk og praktisk gjennomførbare. Dette sikrer at analysen tar utgangspunkt i realistiske tiltak.

Evalueringskriteriene ble i denne masteroppgaven, definert ved at ekspertgruppen presenteres for et utvalg av hoved- og underkriterier. Kriteriene er utviklet av forfatteren av denne masteroppgaven med utgangspunkt i SWOT-analysen fra problemanalysen og strukturingssteget, samt vurderinger av behov, rammer, forutsetninger og mål. Utformingen er også basert på faglige diskusjoner med veiledere. Kriteriene justeres deretter i samsvar med ekspertgruppens tilbakemeldinger.

Ideelt sett burde kriteriene vært utviklet i fellesskap av ekspertgruppen, men på grunn av begrensede ressurser og tid ble det prioritert å bruke mer tid på preferansemodelleringen fremfor på selve defineringen av evalueringskriteriene. For å sikre modellens enkelhet og anvendelighet ble det besluttet

at det skal opereres med hovedkriterier og underkriterier. I denne analysen er det kun hovedkriteriene som vektes, ettersom en vekting av samtlige underkriterier vil kunne føre til en uoversiktlig og kompleks modell. Vektingen av hovedkriteriene fastsettes gjennom diskusjoner i ekspertgruppen.

Den andre delen av dette steget innebærer at ekspertgruppen diskuterer scoresystemet. Dette innebærer hvordan scoring skal gjennomføres, og hva en gitt score innenfor hvert konsept skal representere. På grunn av begrenset tid hadde ikke ekspertgruppen anledning til å utvikle en fullstendig vurderingsmodell i fellesskap. I stedet ble det gjennomført diskusjoner om hvilke elementer en slik modell bør inneholde, og hvilke hensyn som bør prioriteres. Ekspertgruppen kom med innspill til hvordan en strukturert vurdering bør gjennomføres, og hvilke prinsipper som bør ligge til grunn for scoringssystemet.

Et viktig poeng som ble trukket frem, var at hvert konsept bør vurderes separat for hvert underkriterium. Dette skal bidra til en mer systematisk og tydelig evaluering, og forhindre at ulike vurderingselementer blandes sammen under brede evalueringskategorier. Gruppen påpekte også at det ikke er hensiktsmessig at hvert underkriterium vektes individuelt, da dette vil kunne gjøre modellen unødvendig kompleks. Samtidig mente gruppen at enkelte underkriterier er viktigere enn andre, og at dette bør komme til uttrykk i vurderingen.

Det ble også anbefalt at vurderingene bør være situasjonsbaserte og støtte seg på kvalitative estimater fremfor detaljerte, kvantitative beregninger. En slik tilnærming vil være mer praktisk gjennomførbar, og gjøre det enklere å anvende modellen uten at dette går vesentlig ut over kvaliteten på beslutningsgrunnlaget. Gruppen fremhevet at enkelhet og brukervennlighet er avgjørende for at modellen skal være nyttig i praksis.

Med dette som utgangspunkt er det utarbeidet tabeller som definerer hvordan scorene fra 1 (dårligst) til 7 (best) skal tildeles innenfor hver av de fire hovedkategoriene: økonomi, teknisk vurdering, miljø og sosiale faktorer. Hver score bestemmes basert på en kategorisering av hvert underkriterium i kategoriene «god», «middels» og «dårlig». Det er utviklet beskrivelser som konkretiserer hva som kjennetegner konseptene innenfor hver kategori og hvert underkriterium.

For å reflektere ekspertgruppens vurdering av at noen underkriterier er viktigere enn andre, er det innenfor hvert hovedkriterium fremhevet ett underkriterium som har større innflytelse på totalscoren. Dette er gjort for å vektlegge prioriteringer uten å gjøre modellen for kompleks.

3.3.3 Evaluering av konsepter

Etter at modellen er utarbeidet, gjennomgås hvert konsept for å gi en score innenfor hvert kriterium. I denne masteroppgaven benyttes evalueringssteget også til å validere den utarbeidede modellen. I tråd med anbefalingen fra Macharis og Bernardini (2015) ble det benyttet en gruppe som er kjent med case Kjørbekk for å validere modellen. Valideringen ble gjennomført ved at en gruppe på fire personer gikk

gjennom hvert underkriterium for case Kjørbekk. Underveis kom gruppen med flere nyttige tilbakemeldinger, og modellen ble justert i forhold til disse. Tilbakemeldingene bidro til å identifisere beskrivelser som trengte ytterligere presisering, samt ordvalg som burde forbedres.

Ikke alle kriteriene rakk å bli vurdert innen tidsrammen, men tilbakemeldingene fra de som ble gjennomgått, ble tatt i bruk ved vurderingen av de resterende der det var relevant. Tidsbegrensninger gjorde at gruppen ikke rakk å komme frem til en felles og endelig kategorisering av konseptene innenfor hvert kriterium. Likevel ble diskusjonene og refleksjonene fra gruppen benyttet som et viktig grunnlag for den videre kategoriseringen som senere ble gjennomført av forfatteren av denne masteroppgaven.

Gruppen kom også med noen refleksjoner rundt hvor gjennomførbar analysen vil være for en kommune, og identifiserte hvilke deler av prosessen hvor det ofte vil være behov for mer eller mindre presisjon. Dette førte til at det ble valgt noen enklere metoder for vurderingen av enkelte underkriterier enn det som opprinnelig var planlagt. Samlet sett bidro denne valideringen til å styrke modellens nøyaktighet og pålitelighet, og sørget for at de mest relevante aspektene ble ivaretatt.

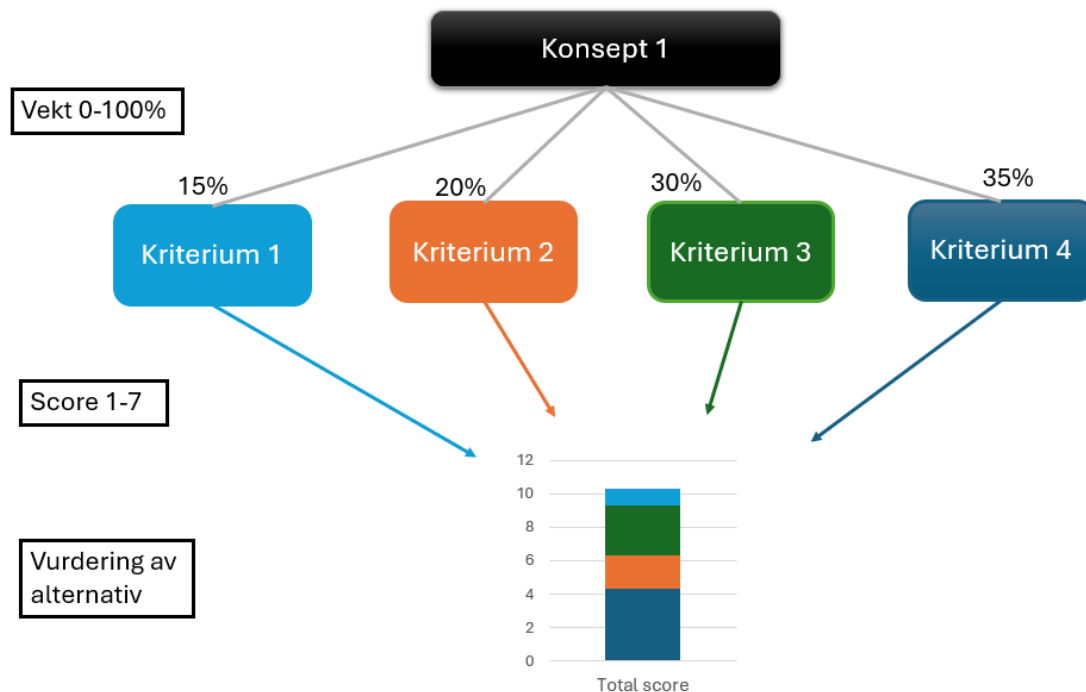
Når scorene er bestemt, normaliseres de for å gjøre dem sammenlignbare (Rolstadås et al., 2023). Normalisering skjer ved å multiplisere den gitte scoren med forholdet mellom gjennomsnittet av den mulige skalaen og gjennomsnittsscoren for alle konseptene innen det gitte kriteriet.

For å gjennomføre evalueringen og sammenstillingen benyttes programvaren Excel. Fremgangsmåten bygger på et nyttefunksjonsbasert evalueringsverktøy, som er forklart av Jordanger et al. (2007). Dette evalueringsverktøyet fokuserer primært på kvantifisering av preferanser gjennom nyttefunksjoner for hvert kriterium. Det innebærer at beslutningstakeren uttrykker hvor mye verdi de tillegger forskjellige nivåer av et kriterium, og disse verdiene kombineres for å rangere alternativene. Dette verktøyet ble også brukt i faget Praktisk prosjektstyring (IND200), og Excel-filen derfra benyttes som utgangspunkt for analysen i denne oppgaven.

I denne oppgaven er det imidlertid ikke benyttet eksplisitte matematiske nyttefunksjoner i form av kontinuerlige skalaer. I stedet er det utviklet egne scoringsmatriser for hvert underkriterium, hvor tiltakene vurderes etter forhåndsdefinerte nivåer (dårlig, middels, god) som videre er koblet til en trinnvis poengskala (1 til 7). Denne tilnærmingen kan betraktes som en enklere form for nyttefunksjon, og gir en praktisk og oversiktlig måte å operasjonalisere preferanser på. Når evalueringskriterier, vektorer og scorer er bestemt, legges disse inn i Excel-filen, som deretter normaliserer scorene og genererer stolpediagrammer som kan brukes til sammenligning og evaluering av konseptene.

3.3.4 Usikkerhet og sammenstilling

Når den normaliserte scoren er bestemt for alle kriteriene for alle konseptene kan de multipliseres med vekten til det aktuelle kriteriet og summeres for å få total score. Totalscoren benyttes for å rangere konseptene. Figur 5 illustrerer hvordan et konsept evalueres.



Figur 5: Illustrasjon av hvordan total score for et konsept beregnes. Konseptet vurderes opp mot hvert enkelt kriterium og tildeles en score. Hver score multipliseres med den tilhørende vekten for kriteriet. Den summerte, vektete scoren gir en samlet verdi som kan brukes til å sammenligne ulike konsepter.

Når den endelige scoren for hvert konsept er beregnet og rangeringen gjennomført, kan en helhetlig vurdering foretas for å identifisere hvilket konsept som bør anbefales. For å oppnå en dypere forståelse av resultatene presenteres dataene på ulike måter ved hjelp av flere varianter av stolpediagrammet. Dette gjør det mulig å analysere hvor de største forskjellene ligger, hvilke kriterier som har størst påvirkning, og hvordan de ulike konseptene presterer relativt til hverandre. Ved å sammenstille resultatene på denne måten skapes et mer nyansert beslutningsgrunnlag.

For å ta hensyn til usikkerhet i analysen, undersøkes robustheten i rangeringen. I denne oppgaven identifiseres de kriteriene som vurderes å ha størst usikkerhet, og disse brukes i en robusthetsanalyse. For hvert av de utvalgte kriteriene gjennomføres en optimistisk, en pessimistisk og en sannsynlig vurdering for å fange opp mulig spredning i scorene. Deretter sammenliknes resultatene for hvert scenario for å vurdere hvordan endringer i vurderingene påvirker rangeringen. Dette gir et grunnlag for å si noe om hvor robust anbefalingen er.

3.4 Verktøy

Kunstig intelligens (KI)

I denne oppgaven benyttes kunstig intelligens (KI) til språkvask for å sikre at teksten er grammatisk korrekt og lett forståelig. Verktøy som Copilot og ChatGPT ble brukt gjennom flere iterasjoner for å finjustere språket, og alle forslagene ble nøye vurdert før de eventuelt ble integrert i teksten. KI har ikke blitt anvendt for å finne kilder, eller som kilde i oppgaven, men utelukkende for å redusere språklige feil. Denne tilnærmingen bidrar til å heve tekstkvaliteten og sikrer at innholdet formidles klart og konsist. Eksempler på spørsmål er vist i det følgende:

1. Kan du identifisere skrivefeil i dette avsnittet?
2. Kan du komme med forslag til synonymer til dette ordet?
3. Kan du foreslå en oppdeling av denne setningen?

QGIS

For å utarbeide kartillustrasjoner av caseområdet er programvaren QGIS benyttet. QGIS er en åpen programvare som gir mulighet for visuell fremstilling og analyse av geografiske data. Programmet ble brukt i denne masteroppgaven til å fremstille relevante geografiske forhold ved Kjorbekk, inkludert lokalisering av deponiområdet i forhold til nærliggende bebyggelse og infrastruktur. Kartgrunnlag ble hentet fra offentlige databaser som Norge i bilder og Miljødirektoratet, og bearbeidet for å sikre tydelig visualisering og tilpasning til oppgavens formål. Bruken av QGIS har vært sentral for å fremstille case-forholdene på en oversiktlig måte.

4. Case – Kjørbekk

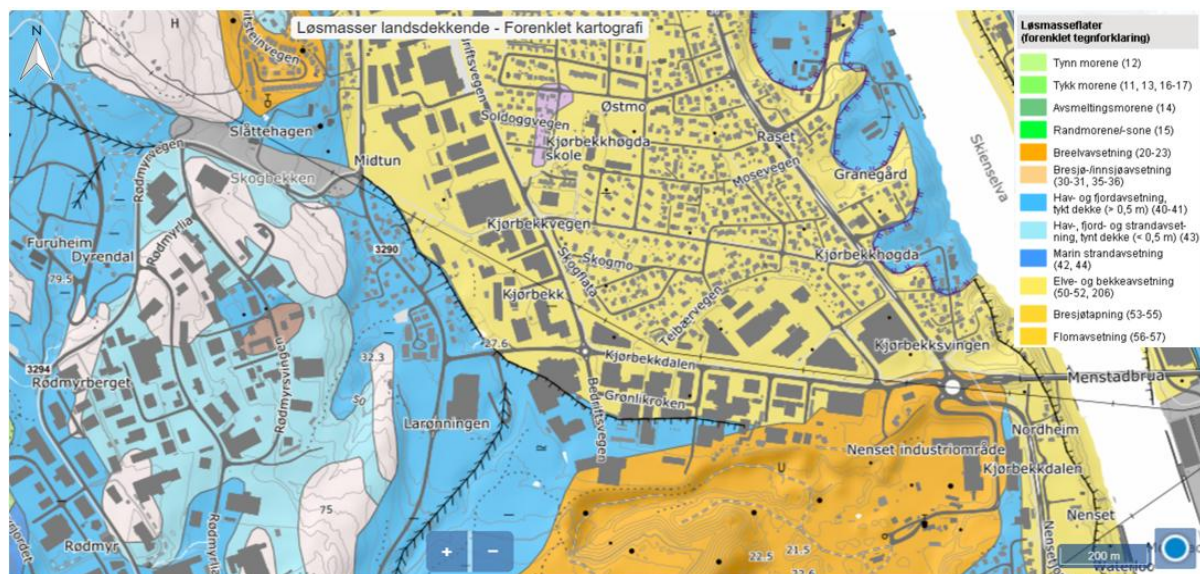
Denne case-studien er en del av det større prosjektet *Kjørbekken – alternativ 0*. Målet med denne masteroppgaven er å bidra til å velge mellom de ulike rehabiliteringsløsningene som fører til at kulverten kan vare lenger (Skien kommune, 2024). Figur 6 viser deponiområdene Kjørbekk I og II markert i rosa, og bekkelukkingen er markert med sort linje. På 1960-tallet ble Kjørbekken lagt i kulvert i bunnen av ravinedalen som strekker seg fra Rødmyrberget og omtrent to kilometer østover mot Skienselva (Skien kommune, 2024). Dalen ble deretter benyttet som avfallsdeponi hvor husholdnings-, nærings- og industriavfall ble lagt direkte over kulverten. Kamerainspeksjoner viser at denne kulverten er i dårlig forfatning. Noen steder har kulverten synlig armering og stor mekanisk slitasje (Rambøll, 2025). Kulverten består av betongrør med en indre diameter som varierer mellom 800 og 1400 mm på de ulike delstrekkeene. Kulvertens totallengdene er på omtrent 3000 m (Rambøll, 2025).



Figur 6: Oversiktskart over avfallsdeponiene Kjørbekk I og Kjørbekk II. Den sorte linjen viser antatt trasé for kulverten, basert på data fra Rambøll (2025). Rosa områder angir de antatte lokasjonene til avfallsdeponiene. Forurensede områder er markert med data fra Miljødirektoratet, tilgjengeliggjort under Norsk lisens for offentlige data (NLOD).

Det er usikkerhet knyttet til hva slags masser som befinner seg under deponiet. Dersom bekken før lukking rant i leirholdige masser, kan dette ha hatt en gunstig effekt ved å begrense vertikal spredning av forurensning fra avfallet. Hvis bekken derimot gikk i grovere materialer med høy vannledningsevne, kan det ha bidratt til raskere utlekking og mulig spredning av forurensning til grunnvannet. Ravinedalen var plassert mellom en stor breelvavsetning i sør (i dag Nenset grustak) og en blanding av marine avsetninger (leire) og elveavsetninger (sand) i nord. Løsmassekartet fra Norges geologiske undersøkelse (NGU), vist i Figur 7, gir en indikasjon på sammensetningen av grunnen før bekken ble lagt i kulvert.

Kartet viser at det i Kjorbekk er både elve- og bekkeavsetninger, hav- og fjordavsetninger og breelvavsetning.



Figur 7: Utklipp av løsmassekart hentet fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) (Norges geologiske undersøkelse, u.å.-b). Data er tilgjengelig under Norsk lisens for offentlige data (NLOD).

Selv om Figur 7 kan gi en indikasjon på hvilken type løsmasser kulverten ligger i, er det betydelig usikkerhet knyttet til kartgrunnlaget. De markerte grensene i kartet samsvarer ikke nødvendigvis med faktiske forhold, ettersom det ikke er gjennomført detaljerte undersøkelser i hele området. Kartleggingen bygger på tolkning av flyfoto, feltbefaringer og en faglig forståelse av områdets kvartærgeologiske utvikling (H. French, personlig kommunikasjon, 15. april 2025).

Kjorbekk I

Kjorbekk I er det eldste av de to deponiområdene, og det avfallsdeponiet som ligger lengst nedstrøms. Deponiet var aktivt i perioden 1962 til 1976, og består stort sett av husholdningsavfall, spillolje og ulikt spesialavfall (Oen et al., 2019). Arealet er på omtrent 85 dekar, og mektigheten av avfallet er mellom 5 og 7 m. Overdekningen varierer mellom 0,3 og 1,5 m. Dette avfallsdeponiet har ingen bunntetting som gjør at sigevannet dreneres til den lukkede Kjorbekken eller til naturlige løsmasser under og til siden for avfallet. Kart over løsmasser, og grunnundersøkelser med sonderingsboringer utført på og langs deponiene i 2024 tilsier at det også kan være permeable sandige masser inntil avfallet. Skiensselven er nærmeste overflateresipient (Mæhlum et al., 2025). Som Figur 6 illustrerer er det i stor grad næringsarealer over Kjorbekk I.

Kjørbekk II

Kjørbekk II er nyere enn Kjørbekk I, og var aktivt i perioden 1975 til 1993. Også her var det husholdningsavfall, spillolje og ulikt spesialavfall som ble deponert (Oen et al., 2019). Dette deponiområdet er større både i areal og mektighet og strekker seg over 120 dekar, har en dybde på opptil 24 m, og overdekningen anslås til å være mellom 0,5 og 1 m (Oen et al., 2019; Rambøll, 2025). Løsmasser i dette området består av marin leire som er relativt tett sammenliknet med sand som antakelig finnes under Kjørbekk I. Ifølge Oen et al. (2019) ble det etablert bunnetting, av ukjent kvalitet, og et oppsamlingssystem for sigevannet sammen med kulverten. Sigevannet ble i starten behandlet lokalt i et sandfilter, men dette gikk tett etter kort tid. Det kan være deler av sigevannet fra drenering som føres til kommunes renseanlegg i Knardalsstrand, men andelen er ukjent. Mæhlum et al. (2025) har påvist innlekking av sigevann til kulverten som ikke er tett. Figur 6 viser at arealet over avfallsdeponiet har minimalt med bebyggelse og arealbruken omfatter en kornåker, vei, ridebane, trialbane for sykkel og ubebygde mark.

4.1 Problemanalyse og strukturering

For å få et bedre overblikk over dagens situasjon på Kjørbekk, og dens styrker, svakheter, muligheter og trusler har det blitt foretatt en SWOT-analyse. Tabell 2 viser en skjematisk fremstilling av analysen.

Tabell 2: Oppsummering av styrker, svakheter, muligheter og trusler (SWOT) knyttet til dagens kulvert gjennom deponiområdet. Analysen gir et overordnet bilde av situasjonen og danner grunnlag for flermålsanalysen.

Styrker Tar ikke opp arealer på overflaten	Svakheter Ikke nok kapasitet Reduserer akvatisk liv i Kjørbekken, som f.eks. gyteplasser Landskapsbildet får redusert verdi Dybden (opp til 24 m) og de ustabile massene gjør det utfordrende med tiltak eller vedlikehold
Muligheter Vannet kan benyttes til andre formål Kan unngå at bekken blir forurenset	Trusler Forurenset sigevann kommer inn i bekkelukkingen og transporteres raskt ut i Skienselven Kulverten kan kollapse, noe som kan forårsake flomskader

Styrkene med dagens løsning er at bekken ikke tar opp arealer på overflaten, og dermed kan arealene benyttes til andre formål. Dersom kulverten hadde vært helt tett hadde en mulighet vært å unngå at Kjørbekken ble forurenset fra deponimassene. En annen mulighet ved å ha vannet i en kulvert er at vannet kan benyttes til andre formål.

En svakhet ved dagens løsning er at kulverten har for liten kapasitet til å håndtere en 200-års flom (Rambøll, 2023). Nedbørsmønstrene endrer seg med klimaendringene og nedbøren i dag er mer intens og hyppigere enn den var i 1960, da kulverten ble dimensjonert (Oen et al., 2019). Ettersom kulverten ikke har nok kapasitet ved ekstrem avrenning, er det risiko for overvannsskader på bebyggelsen over og rundt avfallsdeponiene. For liten kapasitet og materialtretthet eller fysiske skader på kulverten som begrenser kapasiteten, vil medføre store kostnader. For å imøtekomme klimaendringene må kapasiteten på kulverten tredobles sammenliknet med dagens kapasitet for å kunne håndtere tilstrekkelig mengde vann (Oen et al., 2019).

Bebyggelsen over og rundt deponiene gjør det også ekstra utfordrende å komme til kulverten for å gjøre tiltak for å forbedre tilstanden eller gjøre vedlikehold. Kulverten strekker seg ned til hele 24 meter på enkelte steder. Kombinert med potensiell forekomst av giftige deponigasser, gjør dette det uforsvarlig å sende personell ned for vedlikehold eller andre tiltak. Deponiet ble etablert før 2009 og inneholder biologisk nedbrytbart avfall, noe som bidrar til ustabile masser (Sweco, 2024). Kombinasjonen av både stor dybde og sammensetningen av grunnen forsterker denne ustabiliteten.

Tilstanden til kulverten fører til at den ikke er tett, og det kommer forurenset sigevann inn i kulverten og forurenses Kjørbecken. Undersøkelser av vannet ved innløp, sammenlignet med prøver hentet lenger nedstrøms i kulverten, påviser at sigevann fra deponiene lekker inn i kulverten (Mæhlum et al., 2025). Sweco (2024) har påvist forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller, særlig bly, sink og kobber i deponimassene. Det ble også registrert høye konsentrasjoner av alifater og xylene, og TOC-verdiene er høyere i deponimassene enn i topp-, bunn- og stedlige masser (Sweco, 2024). Disse funnene indikerer at sigevannet fra området er miljøskadelig. Noen miljøgifter som bly og kobber kan akkumuleres i næringskjedene, og det er derfor ønskelig at utslippene av disse stoffene til Eidangerfjorden minimeres (Universitetet i Oslo, 2023).

En annen svakhet med dagens løsning er at denne delen av Kjørbekk ikke kan brukes som gyteplass for fisken. Når bekken er lukket i en kulvert, mister fisken tilgang til naturlige gyteplasser og leveområder, noe som kan ha negativ påvirkning på biologisk mangfold og den økologiske tilstanden i vassdraget. En åpen bekk gir bedre forhold for både fisk og insekter, med variasjon i strømforhold, sedimenter og vegetasjon som skaper et mer naturlig livsmiljø (Pulg et al., 2018). Om Kjørbecken opprinnelig har vært en gytebekk er ikke kjent.

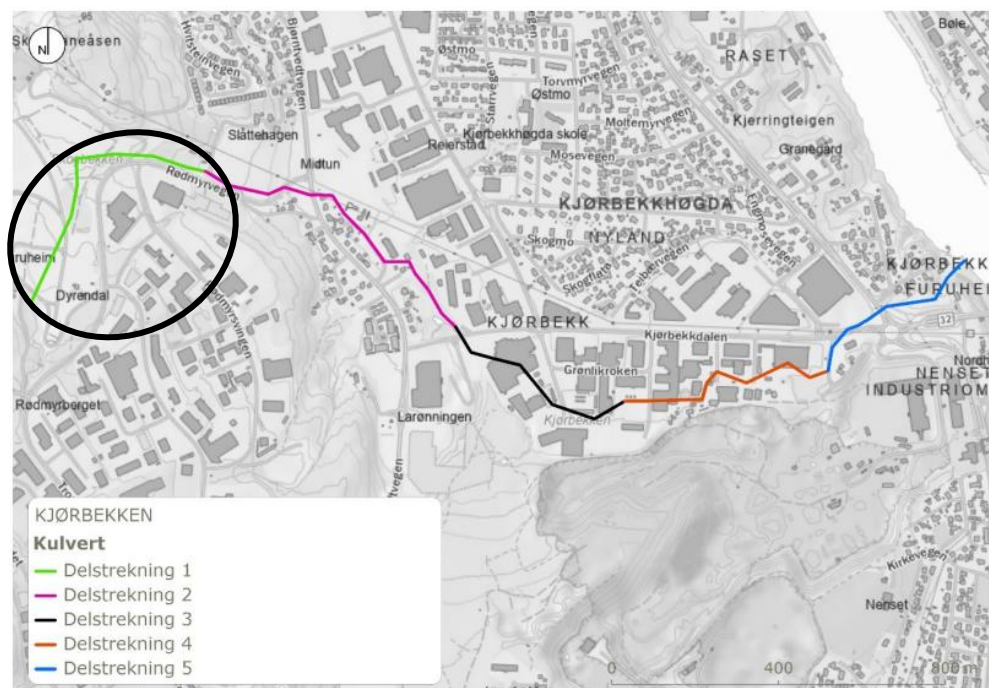
Samlet sett viser SWOT-analysen at dagens løsning har betydelige miljømessige og tekniske svakheter, særlig knyttet til forurensningsrisiko og manglende kapasitet. Dette understreker behovet for en vurdering av nye løsninger.

4.1.1 Interessenter

Som beskrevet i kapittel 2. Teoretisk grunnlag, er det sentralt i en flermålsanalyse å inkludere perspektivene til relevante interessenter. I denne casen er Skien kommune identifisert som primærinteressenten. Sekundære interessenter omfatter beboere, næringsdrivende og andre som har regelmessig tilknytning til området, særlig dersom et åpent vassdrag blir vurdert som et alternativ til den eksisterende kulverten. I tillegg kan friluftsf- og miljøorganisasjoner ha interesser knyttet til hvordan problematikken håndteres, spesielt med tanke på potensiell forurensning av Skienselva og Eidangerfjorden. Så langt har ingen sekundære interessenter blitt kontaktet eller inkludert i prosessen. Som beskrevet i metodekapitlet er det heller ikke planlagt at beboere eller næringsdrivende skal representeres i ekspertgruppen.

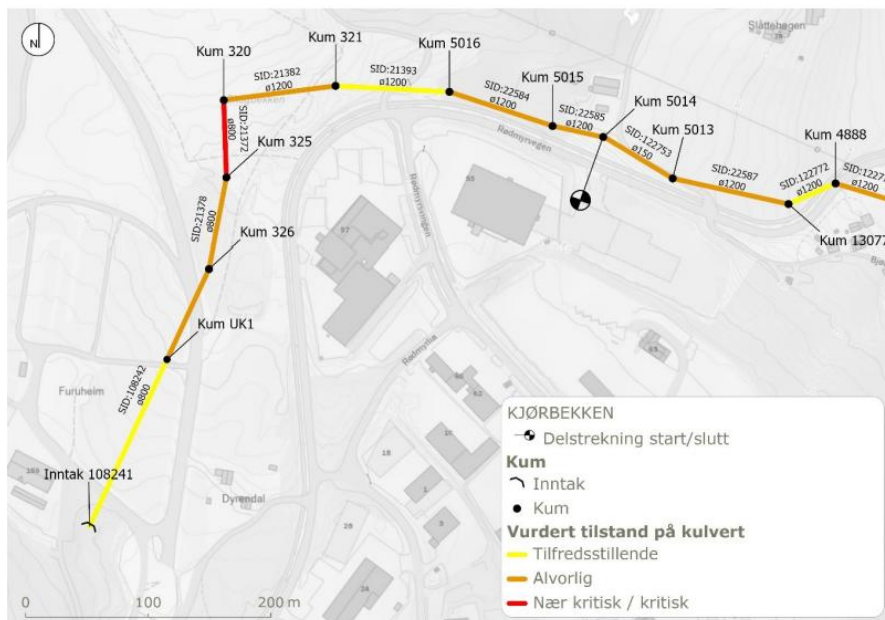
4.1.2 Valg av delstrek og mulige løsninger

Rambøll (2025) har evaluert tilstanden til kulverten fra kum til kum fra inntak til utløp. I rapporten er kulverten delt inn i fem ulike hovedstrekninger. På grunn av begrenset tid blir ikke hele kulverten vurdert i flermålsanalysen. Delstrekningene lengst nedstrøms har mye bebyggelse over, og på grunn av dette er det begrenset med mulige løsninger på disse strekningene. For den delen av kulverten som går gjennom Kjørbekk I er det kun strøperenovering som er aktuelt. Ettersom det blir mest hensiktsmessig å vurdere et lengre sammenhengende strekke på en del av kulverten hvor det er flere mulige løsninger som er aktuelle, velges hele første hoveddelstrekning. Inndelingen av strekningene er vist i Figur 8 (Rambøll, 2025). Den valgte strekningen er markert med en sirkel.



Figur 8: Inndelingen av kulverten i fem delstrekninger. Den valgte delstrekningen er markert med sort sirkel. Figuren er hentet fra Rambøll (2025) og brukt med tillatelse.

Tilstanden for hver enkelt delstrekning innenfor delstrekning 1 er fremstilt i Figur 9, utarbeidet av Rambøll (2025). Gul betyr at tilstanden er tilfredsstillende, oransje betyr at tilstanden er alvorlig, men det er ikke umiddelbart behov for tiltak. Rød betyr at tilstanden er kritisk eller nær kritisk, og det er behov for tiltak.



Figur 9: Tilstand til hver delstrekning fra kum til kum innenfor delstrekning 1. Figur er hentet fra Rambøll (2025) og er brukt med tillatelse.

Figur 9 viser at tilstanden til kulverten i det valgte området er markert med både gult, oransje og rødt, noe som indikerer at tilstanden varierer fra tilfredsstillende til kritisk. Ifølge Rambøll (2025) er det i denne delen av kulverten synlig armering i sidene, en stor sprekk i røret, og flere langsgående overflatesprekker som gjør det mulig for forurenset sigevann å trenge inn. Det er også rustutfellinger, avskalling i skjotene og synlig armering i bunnen. Diameteren i dette området er 800 mm i begynnelsen, og går over til 1200 mm. Dybden på kulverten varierer mellom 0 og 24 meter (Rambøll, 2025). Tabell 3 oppsummerer informasjonen om hver delstrekning innenfor delstrekning 1.

Tabell 3: Oversikt over delstrekk i hoveddelstrekning 1, basert på Rambøll (2025) og brukt med tillatelse. Fargekodene angir tilstand: rød = dårlig, oransje = ganske dårlig, gul = ganske god, grønn = god.

ID	Lengde [m]	Start - Slutt (kum)	Overdekning	Diameter	Tilstand
108242	148	Inntak 108241 - Ureg. UK1	0 - 7 meter	DN800	Gul
108242	79	Ureg. UK1 - 326	7 - 9 meter	DN800	Oransje
21378	75	326 - 325	9 - 12 meter	DN800	Oransje
21372	63	325 - 320	12 - 24 meter	DN800	Rød
21382	93	320 - 321	24 - 22 meter	DN1200	Oransje
21393	93	321 - 5016	22 - 17 meter	DN1200	Gul
22584	88	5016 - 5015	17 - 15 meter	DN1200	Oransje
22585	42	5015 - 5014	14 - 10 meter	DN1200	Oransje

Rambøll (2025) kommer også med forslag til ulike alternativer for rehabiliteringsmetoder i rapporten. De vurderte metodene er:

- Strømperenovering
- Bekkeåpning
- Grunt rør
- Utblokking
- Styrt boring
- Mikrotunnelering
- Betongrehabilitering av dagens kulvert
- Inntrekning av nytt rør i dagens kulvert
- Tradisjonell grøft med ny ledning
- Pilotrørsboring
- Støpte rør
- Punktutbedring

For den valgte delen av kulverten er det kun strømperenovering, bekkeåpning og grunt rør som er aktuelle, resten har blitt vurdert som umulig eller tilnærmet umulig, og derfor blitt forkastet (Rambøll, 2025). Bekkeåpning er metoden Rambøll (2025) anbefaler for hele den valgte strekningen. Strømperenovering og grunt rør har blitt vurdert som mulige løsninger, men ikke anbefalt. Det er disse tre konseptene som sammenliknes i flermålsanalysen. De aktuelle tiltakene vil bli beskrevet mer utfyllende i kapittel 4.2.

Nullkonseptet i denne flermålsanalysen vil innebære å ikke gjøre noe. Siden kulverten er i såpass dårlig stand, og kulverten er av en kvalitet som etter vurderinger utført i 2023, ikke er dimensjonert for å tåle den store overdekningen vurderes ikke nullkonseptet som et reelt konsept (Skien kommune, 2024).

4.2 Beskrivelse av konsepter

I denne delen presenteres de ulike konseptene som er aktuelle som tiltak på kulverten som går gjennom Kjørbekk II. Det er kun konseptene som inngår i flermålsanalysen som omtales her: bekkeåpning, grunt rør og strømperenovering.

4.2.1 Bekkeåpning

Dette konseptet innebærer å gjenåpne bekken til en naturlig bekk som renner på overflaten. Som beskrevet i 2.2 Kulverter har denne tiltaksmetoden flere fordeler, og det er en generell ambisjon i Norge om å gjenåpne flere lukkede vassdrag. De forurensede massene på Kjørbekk kan føre til noen

utfordringer i gjennomføringen av et slikt tiltak. En bekkeåpning innebærer å grave ut en senkning i terrenget som bekken renner gjennom. En slik utgraving kan bli omfattende og kostbar, spesielt siden bekketraseen må legges i eller over eldre deponimasser, og det er kostbart å håndtere oppgravde forurensede masser. Det finnes altså flere fordeler og ulemper med en bekkeåpning i dette området.

En bekkeåpning kan utformes på flere måter, den kan være enten naturlig, eller en betongkanal. Rambøll (2023) presenterer forslag til hvordan et slikt tiltak kan utformes, og både en naturlig bekk og en betongkanal er aktuelle alternativer. Betongkanal anbefales for områdene der det ikke er plass til en naturlig kanal. Siden det er relativt god plass i området ved Kjørbekk II antas det at det er naturlig bekk som er det mest aktuelle alternativet for denne analysen.

4.2.2 Grunt rør

Dette konseptet innebærer å legge et nytt rør, plassert grunnere enn den eksisterende kulverten. Røret vil bli lagt i frostfri dybde, som vanligvis er 1 til 2,5 meter under bakken. En viktig fordel med dette tiltaket er at man står fritt til å velge dimensjon på det nye røret, og dermed kan sikre tilstrekkelig kapasitet. I tillegg vil problemet knyttet til dybden på dagens kulvert bli eliminert, noe som også gjør det enklere å gjennomføre inspeksjoner og vedlikehold. Tiltaket har en forventet levetid på opptil 100 år (Loe Rørprodukter, 2023).

4.2.3 Strømperenovering

Dette konseptet innebærer strømperenovering av hele den eksisterende kulverten innenfor vurderingsområdet, totalt 681 meter (Rambøll, 2025). En strømperenovering innebærer å installere et nytt rør på innsiden av det gamle. Strømpen som benyttes, består vanligvis av en tynn foring laget av filt eller glassfiber, som impregneres med en som impregneres med epoxy (vanligvis), en type resin som herder til et nytt rør ved hjelp av vanndamp eller UV-lys (Loftheim Renovasjon, u.å.; Norva 24, u. å.). Arbeidet utføres fra kum til kum, og det er viktig med tilgang til kummene. Rehabilitering av kummene må derfor inkluderes for at tiltaket skal være gjennomførbart. Dette kan påvirke både kostnader og tiltakets kompleksitet. Levetiden til et tiltak som dette varierer avhengig av strømpevalg og leverandør, men vanligvis forventes levetiden å være like lang som for nye rør (Norva 24, u. å.).

5. Resultater

Dette kapitlet presenterer resultatene fra modellutviklingen, evalueringen og sammenstillingen av flermålsanalysen for delstrekning 1 i caseområdet Kjorbekk. De tre konseptene som sammenliknes er bekkeåpning, strømperenovering og grunt rør.

5.1 Modellutvikling

I det foregående har selve problemet som skal løses blitt undersøkt, og aktuelle løsninger på problemet har blitt beskrevet. Videre skal det utarbeides en modell som benyttes for å sammenlikne disse konseptene. For å lage denne modellen må det bestemmes hvilke evalueringskriterier som skal vurderes, vektningen til hvert kriterium, og et scoresystem som sier noe om hvordan hvert konsept skal tildeles en bestemt score innenfor hvert hovedkriterium. I denne delen av prosessen har det, som beskrevet i metodekapittelet, blitt benyttet en ekspertgruppe i flere deler av arbeidet.

5.1.1 Evalueringskriterier

Når evalueringskriteriene skal bestemmes, er det viktig at kriteriene reflekterer hva som er viktig for beslutningstaker. Fra litteraturen kom det frem at de vanligste kriteriene å benytte er økonomi, teknisk vurdering, miljø og sosiale faktorer. Det er også disse fire Gogate et al. (2017) benytter sammen med ulike underkriterier. Etter diskusjoner med prosjektleder fra Skien kommune, veiledere og litteratursøk ble følgende kriterier som er vist i Figur 10 presentert for ekspertgruppen.

Økonomi - Investeringskostnader - Vedlikeholdskostnader	Miljø - Klimafotavtrykk - Biologisk mangfold - Arealbeslag - Forurensning
Teknisk vurdering - Gjennomførbarhet av tiltak - Generell kompleksitet av tiltaket - HMS - Kapasitet - Drift i ettertid	Sosiale faktorer - Støy, støv, lukt - Påvirkning på omkringliggende bygninger - Friluftsliv

Figur 10: Oversikt over kriterier og underkriterier som ble presentert for ekspertgruppen.

Resultatet av evalueringen er vist i Figur 11. Figuren viser at de fleste av de opprinnelige kriteriene ble videreført, men med enkelte justeringer:

- Kriteriet «støy, støv, lukt» ble utelatt.
- «Arealbeslag» og «biologisk mangfold» ble slått sammen til ett kriterium.
- «Generell kompleksitet av tiltaket» og «HMS» ble kombinert.

- «Drift i ettertid» og «vedlikeholdskostnader» ble slått sammen.
- «Påvirkning på omkringliggende bygninger» ble presisert til «setningsskader».
- «Gjennomførbarhet av tiltak» ble justert til «tiltakets egnethet».
- Et nytt kriterium, «synergieffekter», ble også lagt til.

Figur 11 viser de endelige kriteriene, og tydeliggjør hvordan utarbeidelsen av modellen er målorientert, samt hvordan alle konseptene skal vurderes i henhold til hovedkriteriene og underkriteriene som har blitt valgt. Hovedkriteriene er miljø, sosiale faktorer teknisk vurdering og økonomi. Underkriteriene i miljøkriteriet er klimafotavtrykk, biologisk mangfold og forurensning. Underkriteriene innenfor sosiale faktorer er friluftsliv og setningsskader. Teknisk vurdering har følgende underkriterier: teknisk egnethet, kompleksitet og kapasitet. Underkriteriene innenfor økonomi er investeringskostnader, vedlikeholdskostnader og synergieffekter. Underkriteriene blir presentert i mer detalj i 5.1.3 Tildeling av score.



Figur 11: Modellen som benyttes til flermålsanalysen. Modellen viser hvordan målet med prosjektet leder til hovedkriteriene og underkriteriene som konseptene skal vurderes etter.

5.1.2 Vekting

Vektingen av hovedkriteriene var preget av tydelig enighet for enkelte kriterier, mens andre krevde mer omfattende diskusjon og refleksjon i gruppen. Det var bred enighet om at økonomikriteriet skulle ha den største vekten, og dette kriteriet vektet derfor med 40 %. Diskusjonen i gruppen avdekket at Skien kommune opererer med et stramt budsjett, noe som tilsier at økonomikriteriet bør prioriteres høyt. Det var også stor enighet om at sosiale faktorer skulle få den minste vekten. Begrunnelsen var at

deponiområdets lokasjon og omgivelsene rundt har begrenset sosial påvirkning. Sosiale faktorer fikk den minste vekten på 10 %.

For de øvrige hovedkriteriene, miljø og teknisk vurdering, var det mer delte meninger. Noen mente miljø og teknisk vurdering skulle vektes likt, noen mente den tekniske vurderingen bør ha litt større vekt, og noen mente miljø bør få en større vekt. Etter grundig drøfting ble det besluttet å tildele disse to kriteriene lik vekt, med 25% hver. Den endelige vektingen er presentert i Tabell 4.

Tabell 4: Vekting av hovedkriterier for case Kjørbekk.

Kriterium	Vekt
Økonomi	40%
Teknisk vurdering	25%
Miljø	25%
Sosiale faktorer	10%
Sum	100%

5.1.3 Tildeling av score

Som beskrevet i metodekapittelet skal hvert underkriterium kategoriseres i kategoriene «god», «middels» og «dårlig». I det følgende presenteres tabeller som beskriver hvordan hvert konsept plasseres i de ulike kategoriene.

Økonomi

Analyser av kostnader er sentrale for at prosjektledelsen og prosjekteier skal kunne gjøre gode og informerte valg. Det økonomiske hovedkriteriet er derfor svært viktig (Rolstadås et al., 2023). Kommunene i Norge har et stramt budsjett, og hver investering må derfor vurderes nøye. I en kommune er det mange viktige investeringer som vurderes, og det er viktig at pengene går til den investeringen som gir mest nytte. Økonomi er følgelig et av de mest kritiske hovedkriteriene i dette prosjektet, og er derfor vektet med 40 %, den høyeste vekten blant kriteriene. Dette understreker viktigheten av at den økonomiske vurderingen er så nøyaktig som mulig, ettersom unøyaktigheter kan få stor betydning for beslutningsgrunnlaget og prosjektets endelige valg. I dette kriteriet inkluderes underkriteriene investeringskostnader, vedlikeholdskostnader og synergieffekter. I det følgende presenteres tabellene som beskriver hva som skal til for at et konsept skal havne i hver av de tre kategoriene innenfor hvert av underkriteriene i hovedkriteriet økonomi.

Investeringskostnader: For å få et godt vurderingsgrunnlag til kategoriseringen av konseptene innenfor underkriteriet investeringskostnader bør investeringskostnadene estimeres. Det finnes flere etablerte metoder for å estimere investeringskostnader, og Norsk Standard tilbyr flere relevante standarder som kan benyttes, avhengig av prosjektets art (Norsk standard, u.å.). Statens vegvesens prosesskode er også

et nyttig verktøy som kan brukes for å strukturere og estimere investeringskostnader, særlig i samferdselsprosjekter (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015). For å sikre et riktig sammenligningsgrunnlag mellom konseptene, er det viktig at alle kostnader estimeres etter samme metode eller standard.

Det vil variere hvor nøyaktig det er hensiktsmessig å estimere kostnadene. Hvor nøyaktige estimerer som er hensiktsmessige, avhenger blant annet av hvilke konsekvenser eventuelle feil kan få, og dette må vurderes av beslutningstaker. I store eller komplekse prosjekter, hvor usikkerheten kan få store utslag, kan det være hensiktsmessig å detaljere kostnadene mer ved å dele opp investeringen i mindre poster for å redusere usikkerheten. I komplekse prosjekter, som det som vurderes i denne analysen, kan det være nyttig med en viss detaljeringsgrad i estimatene. Likevel kan grove overslag være tilstrekkelig i tidlige faser, så lenge de gir et tilstrekkelig grunnlag for å vurdere konseptene. Dersom analysen i senere faser viser at to konsepter fremstår som likeverdige, kan en mer omfattende kostnadsanalyse gjennomføres for å se om dette øker forskjellene.

I tillegg til de direkte økonomiske kostnadene er det viktig å inkludere ikke-prissatte konsekvenser i vurderingen av konseptene. Ikke-prissatte konsekvenser kan omfatte faktorer som miljøpåvirkning, brukervennlighet, omdømme, samt sosiale og samfunnsmessige virkninger. Disse konsekvensene kan være vanskelige å måle i kroner og øre, men de kan likevel ha stor betydning for prosjektets langsiktige verdi og bærekraft (Ulstein & Grieg, u.å.). Ved å ta hensyn til slike konsekvenser får beslutningstakere et mer helhetlig bilde av konseptenes reelle kostnader og gevinster, og unngår at valg baseres på kortsiktige økonomiske hensyn alene.

Når konseptene skal kategoriseres innenfor underkriteriet investeringskostnader, blir det avgjørende å finne grenser mellom hver kategori som er realistiske. Det er flere faktorer som påvirker hvor disse grensene bør settes, blant annet størrelse på prosjektet og størrelsen på kommunen. De nøyaktige grensene mellom hver kategori vil derfor måtte fastsettes i forhold til det enkelte prosjektet. Tabell 5 presenterer et oppsett for hvordan hver kategori kan defineres innenfor underkriteriet investeringskostnader, og grensene i kr. kan fylles inn i denne tabellen.

Tabell 5: Beskrivelse av hva som skal til for at konseptet skal havne i hver av kategoriene for underkriteriet investeringskostnader.

Kategori	Beskrivelse - investeringskostnader
God	For at et konsept skal havne innenfor denne kategorien må de estimerte investeringskostnadene være lavere enn kr. ____
Middels	For at konseptet skal havne i denne kategorien må de estimerte investeringskostnadene ligge mellom kr. ____ og kr. ____
Dårlig	For at konseptet skal havne i denne kategorien må de estimerte investeringskostnadene være høyere enn kr. ____

Drift og vedlikehold: For underkriteriet vedlikeholdskostnader vil tidsbruk og kompleksitet i driften av tiltaket etter implementering vurderes, ettersom dette er viktige kostnadsdrivere. Som beskrevet ovenfor må kommunene i Norge prioritere ressursene effektivt. Dersom et av tiltakene kan føre til mindre ressursbruk til vedlikehold, er dette positivt for kommunen. Effektiv ressursbruk kan frigjøre midler til andre viktige områder og bidra til en bærekraftig drift. Beskrivelsen av hva som skal til for å havne i hver av de tre kategoriene innenfor dette kriteriet er presentert i Tabell 6.

Tabell 6: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet vedlikeholdskostnader.

Kategori	Beskrivelse - vedlikeholdskostnader
God	Tiltaket er enkelt å drifte etter implementering. Tiltaket krever lite vedlikehold, og vedlikeholdet som kreves er enkelt å gjennomføre.
Middels	Tiltaket er noe utfordrende å drifte i ettertid. Tiltaket krever jevnlig vedlikehold, men vedlikeholdsarbeidet er enkelt.
Dårlig	Drift av tiltaket etter implementering er ressurskrevende. Eksempler på utfordringer kan være at tiltaket er vanskelig å komme til, og/eller at tiltaket krever vedlikehold ofte.

Synergieffekter: Ifølge Petrov og Geraskina (2017) oppstår synergieffekter når to eller flere prosjekter samarbeider og skaper større eller bedre resultater enn de ville gjort hver for seg. Videre kan synergisk styring gjennom deling av ressurser, kunnskap og teknologi, føre til kostnadsbesparelser, økt effektivitet og bedre resultater (Petrov & Geraskina, 2017). Ved å dele data og analyser kan prosjekter redusere behovet for duplisert arbeid og forbedre beslutningsgrunnlaget.

Det er viktig å inkludere synergieffekter med andre prosjekter i den økonomiske vurderingen i en flermålsanalyse, da slike effekter kan ha en betydelig innvirkning på den totale økonomien til kommunen. Ved å utnytte synergieffekter kan kommunen oppnå økonomiske fordeler som frigjør ressurser til andre viktige områder. Tabell 7 beskriver hvordan hver kategori kan defineres innenfor underkriteriet synergieffekter.

Tabell 7: Beskrivelse av hva som skal til for at konseptet skal havne i hver av kategoriene for underkriteriet synergieffekter med andre prosjekter.

Kategori	Beskrivelse - synergieffekter
God	For at et konsept skal havne innenfor denne kategorien må tiltaket påvirke andre prosjekter på en positiv måte. Eksempelvis kan det være dersom implementeringen av dette tiltaket vil bidra positivt til andre mål som kommunen har for området.
Middels	For at et konsept skal havne innenfor denne kategorien påvirker ikke tiltaket andre prosjekter i det hele tatt.
Dårlig	For at et konsept skal havne innenfor denne kategorien må tiltaket påvirke andre prosjekter på en negativ måte. Dette kan være dersom

	implementeringen av dette konseptet vil føre til ekstra arbeid for et annet prosjekt i området.
--	---

Tabell 8 presenterer hvordan scoren bestemmes for hovedkriteriet økonomi basert på kategoriseringen av konseptene innenfor hvert av underkriteriene. I denne tabellen kommer det frem at det er investeringskostnader som har mest å si for hvilken score konseptet vil få innenfor dette hovedkriteriet. Fra ekspertgruppens diskusjon kom det frem at investeringskostnader har større betydning enn vedlikeholdskostnader og synergieffekter med andre prosjekter, derfor havner scoren automatisk på 4 eller lavere dersom konseptet har havnet i kategorien «dårlig» innenfor underkriteriet investeringskostnader.

Tabell 8: Beskrivelse av hvordan de ulike konseptene kan oppnå score fra 1-7 innenfor hovedkriteriet økonomi.

Kriterium	Score	Beskrivelse av score økonomi
Økonomi	1	Konseptet får en score på 1 dersom - Alle tre underkriterier havner i kategorien «dårlig». - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet investeringskostnader, «middels» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter og «dårlig» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter.
	2	Konseptet får en score på 2 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet investeringskostnader og «dårlig» for vedlikeholdskostnader og synergieffekter. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet investeringskostnader, «middels» for vedlikeholdskostnader og synergieffekter. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet investeringskostnader, «dårlig» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter og «god» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter.
	3	Konseptet får en score på 3 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet investeringskostnader, «middels» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter og «dårlig» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet investeringskostnader, «middels» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter og «god» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter.
	4	Konseptet får en score på 4 dersom konseptet har havnet: - «Middels» for alle underkriterier. - «Dårlig» for investeringskostnader, «god» for vedlikeholdskostnader og synergieffekter. - «God» for investeringskostnader, «dårlig» for synergieffekter og vedlikeholdskostnader.

	5	Konseptet får en score på 5 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet investeringskostnader, «middels» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter og «god» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter. - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet investeringskostnader, «middels» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter og «dårlig» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter.
	6	Konseptet får en score på 6 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet investeringskostnader, «middels» for vedlikeholdskostnader og synergieffekter. - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet investeringskostnader, «god» for vedlikeholdskostnader og synergieffekter.
	7	Konseptet får en score på 7 dersom: - Alle tre underkriterier havner i kategorien «god». - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet investeringskostnader, «middels» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter og «god» for enten vedlikeholdskostnader eller synergieffekter.

Teknisk vurdering

En teknisk vurdering av hvilket tiltak som er best i forhold til målet med rehabiliteringen er også viktig. En grundig teknisk vurdering av kulvertens tilstand er essensiell for å sikre at rehabiliteringstiltakene er både effektive og holdbare. En vurdering som dette bidrar også til å redusere risikoen for uforutsette problemer under gjennomføringen. I en slik vurdering inngår blant annet teknisk egnethet, kompleksitet og kapasitet. I det følgende gis det en beskrivelse av hvert underkriterium samt en beskrivelse av hva som skal til for at et konsept havner i kategoriene «god», «middels» eller «dårlig» innenfor hvert av de tre underkriteriene.

Teknisk egnethet: Det som inkluderes i teknisk egnethet er hvilket tiltak som passer best basert på tilstanden til kulverten, og forholdene i området kulverten ligger i. Tilstanden kan for eksempel påvirke hvor godt en strøpe vil feste seg på innsiden av kulverten. Den fremtidige planen for kulverten kan også ha noe å si for hvor egnet tiltaket er. Dersom det i fremtiden er planlagt å koble til stikkledninger kan dette påvirke hvilket tiltak som er best egnet. Tabell 9 beskriver hva som skal til for å havne i hver av de tre kategoriene innenfor dette underkriteriet.

Tabell 9: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet teknisk egnethet.

Kategori	Beskrivelse - teknisk egnethet
----------	--------------------------------

God	Tiltaket er svært godt egnet basert på tilstanden, forholdene rundt og fremtidig plan for kulverten. Eksempelvis skaper slitasjeskader eller dybden til kulverten minimale problemer for hvor godt tiltaket fungerer.
Middels	Tiltaket er moderat egnet basert på tilstanden, forholdene rundt og fremtidig bruk av kulverten. Forholdene skaper noen problemer for hvor godt egnet tiltaket er, men dette er håndterbart.
Dårlig	Tiltaket er dårlig egnet basert på tilstanden, forholdene rundt og fremtidig bruk av kulverten. Forholdene skaper betydelige problemer for hvor godt egnet tiltaket er, men tiltaket er gjennomførbart.

Kompleksitet: Videre er den generelle kompleksiteten i tiltaket en viktig faktor. Dette kan føre til usikkerhet i gjennomføringen, og risiko for uforutsette konsekvenser. På grunn av dette øker sannsynligheten for tekniske feil eller utfordringer underveis, da mer avanserte løsninger ofte krever presis utførelse og tilpasninger. Det er derfor viktig at dette er en del av den tekniske vurderingen.

Det kan også bli mer utfordrende å opprettholde kravene til helse, miljø og sikkerhet (HMS) dersom kompleksiteten til tiltaket er høy. HMS er en viktig faktor å vurdere når det skal velges mellom ulike tiltak, da prosjekter som dette ofte innebærer anleggsarbeid. HMS kan være mer utfordrende å opprettholde når det er stor usikkerhet i gjennomføringen av tiltaket. Å vurdere HMS tidlig i planleggingsprosessen bidrar til å redusere risiko for ulykker, beskytte miljøet og sikre at tiltakene fungerer optimalt over tid.

Tabell 10 presenterer beskrivelsen av hva som skal til for å havne i hver av de tre kategoriene innenfor underkriteriet kompleksitet.

Tabell 10: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet kompleksitet i tiltaket.

Kategori	Beskrivelse - kompleksitet
God	Kompleksiteten til tiltaket er lav, og forutsigbarheten i gjennomføringen er stor. Gjennomføringen av tiltaket medfører relativt lav risiko og få uforutsette konsekvenser. Sannsynligheten for tekniske feil er også relativt lav, og HMS-kravene er enkle å oppfylle.
Middels	Tiltaket har moderat kompleksitet og krever noe planlegging og tilpasning. Det kan medføre en viss risiko og noen uforutsette konsekvenser. Sannsynligheten for tekniske feil er moderat, og HMS-kravene krever oppmerksomhet, men er håndterbare.
Dårlig	Tiltaket har høy kompleksitet og forutsigbarheten er relativt lav. Tiltaket kan medføre relativt høy risiko og mange uforutsette konsekvenser. Sannsynligheten for tekniske feil er stor, og HMS-kravene er utfordrende å oppfylle.

Kapasitet: Kapasitet er også en faktor som bør vurderes ved valg av tiltak. Tiltaket må ha tilstrekkelig kapasitet til å håndtere fremtidige nedbørsmengder, slik at flomskader forebygges og infrastrukturen beskyttes. Det finnes en rekke med lovverk som gir krav til hvor mye vann kulverten må kunne håndtere. Her benyttes Byggt teknisk forskrift (TEK17) (2017) som grunnlag for hvor god kapasitet tiltaket må ha.

Kapasitet er en sentral del av klimatilpasning, da økt nedbør og mer intense regnhendelser forventes i fremtiden. Klima i Norge 2100 forventer en økning i flomvannføringen på omtrent 40% (Miljødirektoratet, 2015). Det er viktig å ta hensyn til denne utviklingen når det skal planlegges tiltak som har lang levetid. Ved å velge løsninger med god kapasitet sikrer kommunen en mer robust og bærekraftig overvannshåndtering tilpasset et klima i endring.

Det er ikke alle områder hvor det har like store konsekvenser om det skulle oppstå flom. Det skilles derfor mellom ulike sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatte områder. Hvilken sikkerhetsklasse tiltaket må dimensjoneres for kan bestemmes ut fra Byggt teknisk forskrift (TEK17) (2017), og avhenger av hvilke bygninger som er i området. Siden oppgaven handler om nedlagte deponier i bynære strøk hvor bekken er blitt lagt i kulvert vil typisk sikkerhetsklasse være F2. Dersom det enten er kritisk infrastruktur i området, eller det er forurensningsfare fra avfallsdeponiet ved oversvømmelse vil byggverkene havne i sikkerhetsklasse F3. Dersom bygget er i sikkerhetsklasse F2 skal det være sikret mot 200-årsflom, hvis det er i sikkerhetsklasse F3 skal det være sikret mot 1000-årsflom (Byggt teknisk forskrift (TEK17), 2017).

Tabell 11 presenterer beskrivelsen av hva som skal til for å havne i hver av de tre kategoriene innenfor underkriteriet kapasitet. Som beskrevet over vil kravene for dimensjoneringen av tiltakene variere i forhold til hvilken sikkerhetsklasse byggene i området befinner seg i. Her er det blitt benyttet klasse F2 som utgangspunkt da det er det mest typiske for de aktuelle casene. Dersom modellen skal benyttes på caser som er i en annen sikkerhetsklasse bør beskrivelsene tilpasses dette.

Tabell 11: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet kapasitet.

Kategori	Beskrivelse - kapasitet
God	Tiltaket er dimensjonert for å håndtere en 200-årsflom. Tiltaket bidrar til klimatilpasning, og effektiv forebygging av flomskader og beskyttelse av infrastrukturen.
Middels	Tiltaket har moderat kapasitet og er i stand til å håndtere fremtidige nedbørsmengder til en viss grad. Tiltaket kan håndtere flommer med rundt 100 års gjentakintervall, men ikke så store som de med 200 års gjentakintervall. Det gir en viss forebygging av flomskader og beskyttelse av infrastrukturen, men kan ha begrensninger under ekstreme værforhold.
Dårlig	Tiltaket har begrenset kapasitet og er dårlig egnet til å håndtere fremtidige nedbørsmengder. Tiltaket kan kun håndtere mindre flommer med gjentakintervall på 50 år eller lavere.

Tabell 12 beskriver hvordan scoren tildeles innenfor hovedkriteriet teknisk vurdering. Det er tre underkriterier innenfor dette hovedkriteriet, og det er underkriteriet teknisk egnethet som har mest å si for scoren til den tekniske vurderingen.

Tabell 12: Beskrivelse av hvordan konseptene kan oppnå en score fra 1-7 innenfor hovedkriteriet teknisk vurdering.

Score	Beskrivelse av score teknisk vurdering
1	Konseptet får en score på 1 dersom: - Alle tre underkriterier havner i kategorien «dårlig». - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet teknisk egnethet, «middels» for enten kompleksitet eller kapasitet og «dårlig» for enten kompleksitet eller kapasitet.
2	Konseptet får en score på 2 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet teknisk egnethet og «dårlig» for kompleksitet og kapasitet. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet teknisk egnethet, «middels» for kompleksitet og kapasitet. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet teknisk egnethet, «dårlig» for enten kompleksitet eller kapasitet og «god» for enten kompleksitet eller kapasitet.
3	Konseptet får en score på 3 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet teknisk egnethet, «middels» for enten kompleksitet eller kapasitet og «dårlig» for enten kompleksitet eller kapasitet. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet teknisk egnethet, «middels» for enten kompleksitet eller kapasitet og «god» for enten kompleksitet eller kapasitet.
4	Konseptet får en score på 4 dersom konseptet har havnet: - «Middels» for alle tre underkriterier. - «Middels» for teknisk egnethet, «god» for kompleksitet eller kapasitet, og «dårlig» for kompleksitet eller kapasitet. - «Dårlig» for teknisk egnethet, «god» for kompleksitet og kapasitet. - «God» for teknisk egnethet, «dårlig» for kompleksitet og kapasitet.
5	Konseptet får en score på 5 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet teknisk egnethet, «middels» for enten kompleksitet eller kapasitet og «god» for enten kompleksitet eller kapasitet. - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet teknisk egnethet, «middels» kompleksitet og kapasitet.
6	Konseptet får en score på 6 dersom:

	- Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet teknisk egnethet, «middels» for kompleksitet og kapasitet. - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet teknisk egnethet, «god» for kompleksitet og kapasitet. - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet teknisk egnethet, «god» for enten kompleksitet eller kapasitet og «dårlig» for enten kompleksitet eller kapasitet.
7	Konseptet får en score på 7 dersom: - Alle tre underkriterier havner i kategorien «god». - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet teknisk egnethet, «middels» for enten kompleksitet eller kapasitet og «god» for enten kompleksitet eller kapasitet.

Miljø

Miljø og bærekraft blir mer og mer viktig i dagens samfunn, og en vurdering av miljøkonsekvenser blir derfor også viktig i en flermålsanalyse. En vurdering av miljøkonsekvenser bidrar til å sikre at beslutninger tas med hensyn til miljøet, og en bærekraftig utvikling. Dette er spesielt viktig for å oppnå langsiktige mål om å redusere negativ miljøpåvirkning. Det som inngår i dette hovedkriteriet er underkriteriene klimafotavtrykk, biologisk mangfold og forurensning.

Klimafotavtrykk: Et nasjonalt klimamål er å redusere utslippet av klimagasser med 55 prosent innen 2030 sammenliknet med 1990 (Klima- og miljødepartementet, 2023). En måte kommunene kan bidra til dette er å inkludere klimafotavtrykket til tiltaket som et vurderingskriterium. Klimafotavtrykk er i denne sammenheng mengden klimagasser som utløses som følge av implementeringen av et tiltak (Fjordkraft, u.å.). Klimafotavtrykket påvirkes gjennom blant annet; mengde materialbruk, typen materialbruk, energibehov i produksjonen av materialer, transportbehov og bruk av maskiner i implementering av tiltak. Dette er faktorer som vil variere avhengig av hvilken leverandør man benytter, hvilket drivstoff maskinene som benyttes går på, og hvordan materialene produseres. Det kan derfor være utfordrende å bestemme nøyaktige tall i denne fasen av prosjektet.

Selv om det kan være utfordrende å bestemme nøyaktige tall kan det være viktig å gjøre noen vurderinger for de største driverne av klimagassutslipp som gir en idé om hvor stort klimafotavtrykket vil være for hvert av tiltakene. De viktigste driverne er mengden materialbruk, produksjonen av materialet og bruk av tunge maskiner under implementeringen av tiltaket. Dersom man vet at tiltaket vil bestå av for eksempel et betongrør kan man gå ut ifra at dette tiltaket vil ha høyt klimafotavtrykk ettersom det er behov for relativt mye betong, og sement generelt har stort klimagassutslipp (Sintef, 2020). I tillegg er det behov for tunge maskiner for å implementere tiltaket som ofte har høye utslipp av klimagasser. Disse faktorene gjør det mulig å gjøre enkle vurderinger for å si noe om klimafotavtrykket til hvert av tiltakene.

Noen produkter har utarbeidet EPD (Environmental Product Declaration), som det kan være nyttig å benytte for å gjøre noen vurderinger. En EPD er et dokument som oppsummerer miljøprofilen til et produkt eller en tjeneste og er en internasjonal standardisert prosess gjennom ISO-standarden 14025, og for å utarbeide dokumentet benytter man LCA-metodikken (EPD Norge, u.å.; NORSUS, u.d.). Dette sikrer at miljøinformasjon innen samme produktkategori lar seg sammenlikne fra produkt til produkt, uavhengig av region eller land, og gjør det mulig å vurdere hvordan materialvalg påvirker klimafotavtrykket (EPD Norge, u.å.).

Tabell 13 presenterer beskrivelsene for hver kategori innenfor underkriteriet klimafotavtrykk.

Tabell 13: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet klimafotavtrykk.

Kategori	Beskrivelse klimafotavtrykk
God	Tiltaket har et lavt klimafotavtrykk. Det er behov for relativt lite materialer per meter med tiltak, og materialene som benyttes har generelt et lavt klimagassutslipp knyttet til produksjonen. Det er også relativt lavt behov for tunge maskiner i implementeringen av tiltaket.
Middels	Tiltaket har et moderat klimafotavtrykk. Det er behov for relativt lite materialer per meter med tiltak, men materialene som benyttes har generelt høyt klimagassutslipp knyttet til produksjonen. Det er behov for noen tunge maskiner i implementeringen av tiltaket.
Dårlig	Tiltaket har et høyt klimafotavtrykk. Det er behov for relativt mye materialer per meter tiltak, og materialene som benyttes har generelt høyt klimagassutslipp knyttet til produksjonen. Det er betydelig behov for tunge maskiner i implementeringen av tiltaket.

Biologisk mangfold: Biologisk mangfold er også en viktig faktor å vurdere. Ved å bevare det biologiske mangfoldet opprettholdes økosystemenes stabilitet og funksjonalitet, noe som er avgjørende for miljøets helse. Ved å ta hensyn til det biologiske mangfoldet når tiltak skal implementeres, reduseres risikoen for tap av arter og økosystemfunksjoner, som videre er essensielle for bærekraftig utvikling. Derfor er det viktig at det biologiske mangfoldet blir vurdert når man skal vurdere tiltak for å forbedre vannhåndteringen.

Arealer er en begrenset ressurs, og det må tas nøye avveininger før det besluttes hva arealene benyttes til. I flere kommuner er det konflikt mellom boligbygging og bevaring av naturområder. Arealbeslag er den største trusselen mot det biologiske mangfoldet, og blir derfor naturlig å inkludere i dette underkriteriet (NOU 2009:16, s. 42). For å bevare det biologiske mangfoldet blir det derfor viktig å minimere inngrep i naturområder og bevare viktige leveområder.

Når man skal etablere tiltak er det viktig å være klar over hvilke arter som oppholder seg i området. Spesielt om det er noen fremmede, truede, fredete eller prioriterte arter i området, og om disse vil bli

påvirket av tiltaket. Noen arter i Norge er fredet, noe som begrenser kommunens handlingsrom i områdene det finnes forekomster av disse artene. Prioriterte arter har enda større beskyttelse, og hver av disse artene har en egen forskrift med regler for hvordan de skal beskyttes (Miljødirektoratet, 2023). Fremmede arter er arter som forekommer utenfor sitt naturlige område og utgjør en risiko for den stedegne naturen. Fremmede arter er derfor også en trussel mot det biologiske mangfoldet.

Artsdatabanken sine kart kan bidra til å si noe om hvilke arter som forekommer i planområdet. Disse kartene kan være mangelfulle, og det må tas en vurdering fra prosjekt til prosjekt om disse kartene vil gi god nok informasjon. For prosjekter hvor det biologiske mangfoldet er ekstra viktig, anbefales det å gjøre en naturkartlegging i tillegg. Kartene fra Artsdatabanken kan bidra som grunnlag til å si noe om hva myndighetene vil kreve av utredninger senere i prosjektet. Det kan for eksempel komme et krav om en konsekvensutredning av det biologiske mangfoldet. Tabell 14 gir en oversikt over hvordan hver kategori defineres i underkriteriet biologisk mangfold.

Tabell 14: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet biologisk mangfold.

Kategori	Beskrivelse - biologisk mangfold
God	Tiltaket har positiv, påvirkning på det biologiske mangfoldet. Arealbeslaget i området er lavt eller ubetydelig, og tiltaket bidrar til å forbedre økosystemfunksjoner. Dette kan inkludere etablering av nye levestedmiljøer eller planting av skog.
Middels	Tiltaket har verken tydelig positiv eller negativ påvirkning på det biologiske mangfoldet. Tiltaket har ingen påvirkning på det biologiske mangfoldet, eller arealbeslaget er tydelig, men dette kompenseres for ved at tiltaket inkluderer noen tiltak for å bevare eller forbedre økosystemfunksjoner som etablering av nye levestedmiljøer eller planting av skog.
Dårlig	Tiltaket har betydelig negativ påvirkning på det biologiske mangfoldet. Arealbeslaget i området er stort, og tiltaket fører til tap eller forringelse av viktige økosystemfunksjoner.

Forurensning: Det er også viktig å vurdere langsiktig og kortsiktig forurensning. Tiltakene kan føre til forurensning underveis i anleggsarbeidet. For eksempel kan graving i forurensede masser underveis i anleggsarbeidet føre til spredning av forurensning til omkringliggende jord, grunnvann eller vassdrag (Miljødirektoratet, 2025a). Eller en implementering av tiltak kan føre til reduserte langsiktige forurensninger ved å hindre sigevann å trenge inn i kulverten og dermed redusere forurensning i elven. Disse er begge viktige faktorer som bør inkluderes i miljøkriteriet. Tabell 15 oppsummerer hva som skal til for å havne i hver kategori innenfor dette underkriteriet.

Tabell 15: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet forurensning.

Kategori	Beskrivelse - forurensning
God	Implementering av tiltaket reduserer forurensningen sammenliknet med dagens løsning. Tiltaket vil redusere den langsiktige forurensningen betraktelig, i tillegg til at det er minimal risiko for forurensning underveis i anleggsperioden og etterpå. For eksempel er det liten risiko for spredning av forurensninger til omkringliggende jord, grunnvann eller vassdrag i anleggsperioden.
Middels	Det er moderat risiko for forurensning underveis i anleggsperioden og etterpå. Tiltaket reduserer den langsiktige forurensningen betraktelig, men det kreves noe behandling av forurensede masser, og det er derfor noe risiko for spredning av forurensninger til omkringliggende jord, grunnvann eller vassdrag.
Dårlig	Det er stor risiko for forurensning. Tiltaket reduserer den langsiktige forurensningen noe, og det kreves mye behandling av forurensede masser. Det er derfor stor risiko for spredning av forurensninger til omkringliggende jord, grunnvann eller vassdrag.

Tabell 16 beskriver hvilken score hvert tiltak får innen hovedkriteriet miljø. Som vist i tabellen er det underkriteriet forurensning som har mest betydning for hvilken score tiltaket får innen kriteriet miljø. Dette er fordi forurensning har en direkte og betydelig innvirkning på både menneskers helse og miljøets tilstand. Høye nivåer av forurensning kan føre til alvorlige miljøskader, inkludert forurensning av jord, vann og luft, som igjen kan påvirke mennesker og miljø negativt.

Tabell 16: Beskrivelse av hvordan de ulike konseptene kan oppnå score fra 1-7 innenfor hovedkriteriet miljø.

Score	Beskrivelse av score miljø
1	Konseptet får en score på 1 dersom: - Alle tre underkriterier havner i kategorien «dårlig». - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet forurensning, «middels» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold og «dårlig» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold.
2	Konseptet får en score på 2 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet forurensning og «dårlig» for klimafotavtrykk og biologisk mangfold. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet forurensning, «middels» for klimafotavtrykk og biologisk mangfold. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet forurensning, «dårlig» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold og «god» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold.
3	Konseptet får en score på 3 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet forurensning, «middels» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold og «dårlig» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold. - Konseptet har havnet i kategorien «dårlig» for underkriteriet forurensning, «middels» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold og «god» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold.

4	Konseptet får en score på 4 dersom konseptet har havnet: - «Middels» for alle tre underkriterier - «Dårlig» for forurensning, «god» for klimafotavtrykk og biologisk mangfold - «God» for forurensning, «dårlig» for klimafotavtrykk og biologisk mangfold
5	Konseptet får en score på 5 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet forurensning, «middels» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold og «god» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold. - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet forurensning, «middels» klimafotavtrykk og biologisk mangfold.
6	Konseptet får en score på 6 dersom: - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet forurensning, «middels» for klimafotavtrykk og biologisk mangfold. - Konseptet har havnet i kategorien «middels» for underkriteriet forurensning, «god» for klimafotavtrykk og biologisk mangfold. - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet forurensning, «god» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold og «dårlig» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold.
7	Konseptet får en score på 7 dersom: - Alle tre underkriterier havner i kategorien «god». - Konseptet har havnet i kategorien «god» for underkriteriet forurensning, «middels» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold og «god» for enten klimafotavtrykk eller biologisk mangfold.

Sosiale faktorer

Et annet perspektiv Skien kommune bør inkludere i vurderingen av tiltak er hvordan tiltaket vil påvirke lokalsamfunnet. Det er avgjørende å forstå de potensielle effektene både på kort og lang sikt, samt hvordan tiltaket kan påvirke innbyggernes daglige liv og helse. Underkriteriene her er friluftsliv og setningsskader.

Friluftsliv: Det vil ha betydning for innbyggerne om tiltaket påvirker verdifull natur som benyttes til friluftsliv. Dersom tiltaket fører til inngrep i naturområder som brukes til rekreasjon, turstier eller annen utendørsaktivitet, kan dette svekke områdets attraktivitet. På den andre siden kan et godt utformet tiltak bidra til å skape nye grøntområder, forbedre tilgjengeligheten til naturen eller øke områdets estetiske verdi. I tillegg kan tilgang til natur og friluftsliv ha positive effekter på innbyggernes fysiske og mentale helse, noe som gjør det viktig å bevare og forbedre slike områder. Beskrivelser for hvilken kategori et tiltak kan plasseres i innenfor dette underkriteriet er vist i Tabell 17.

Tabell 17: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet friluftsliv.

Kategori	Beskrivelse friluftsliv
God	Tiltaket har en positiv innvirkning på friluftslivet ved å forbedre tilgjengeligheten til naturen og/eller øke områdets estetiske verdi. Dette

	kan oppnås gjennom etablering av nye grøntområder, for eksempel parker og hager, som gir innbyggerne flere muligheter for rekreasjon og avslapning.
Middels	Tiltaket har verken en klart positiv eller negativ effekt. Tiltaket kan innebære enkelte inngrep i naturområder som brukes til rekreasjon, turstier eller annen utendørsaktivitet. For å kompensere for disse inngrepene, inkluderer tiltaket initiativer som forbedrer tilgjengeligheten til naturen og øker området estetske verdi.
Dårlig	Tiltaket har en negativ påvirkning på friluftsliv. Det fører til inngrep i naturområder brukt til rekreasjon, turstier eller annen utendørsaktivitet, og svekker området attraktivitet.

Setningsskader: Når det kommer til setninger i deponiområder, kan det være noen motstridende mål. På den ene siden ønsker man å unngå setninger fordi det kan skade bygninger og infrastruktur (Miljødirektoratet, 2020). For å unngå setninger nedbrytningen av organisk avfall minimeres. På den andre siden er det ønskelig med fullstendig nedbrytning av organisk avfall for å minimere produksjonen av metan som er en klimagass med høyt oppvarmingspotensiale (Straus et al., 2024). For fullstendig nedbrytning av organisk avfall kreves en ideell balanse mellom vanninnhold og oksygentilgang, noe som gjør det utfordrende å tilfredsstille begge målene samtidig (Cossu & Stegmann, 2019).

Fokuset i dette kriteriet er de sosiale faktorene, og fokuset for oppgaven er eldre bynære deponier. I vurdering av tiltak i bynære områder har ofte risiko for skader på bygninger og infrastruktur stor betydning. God tilgang på oksygen (aerobe forhold) fører til raskere nedbrytningen av organisk avfall. Nedbrytningen kan også foregå uten oksygen (anaerobe og anoksiske forhold), noe som er typisk i eldre deponier med blandet avfall. I slike tilfeller skjer nedbrytningen langsommere, men den produserer også metan. En bevisst reduksjon av vann- og oksygentilførselen vil kunne bremse nedbrytningsprosessen og dermed også setningene. Dermed blir tiltak som begrenser tilgang til vann og luft ofte vurdert som mer gunstige når sosiale hensyn skal prioriteres. Samtidig må det tas høyde for at tiltakene i seg selv kan påvirke setningsrisikoen, enten gjennom forstyrrelser i deponimassene i installeringsfasen eller ved endring av naturlige vannveier.

For å bestemme risikoen for setningsskader kan man gjøre geotekniske undersøkelser for å vurdere jordens bæreevne og stabilitet. Det er også mulig å bruke nettsidene til InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) som er en side som bruker satellittmålinger til å overvåke bevegelser i jordoverflaten over tid. Dette kan avsløre setninger og gi tidlig varsling om potensielle problemer. Tabell 18 beskriver hvordan hvert konsept kan kategoriseres innenfor underkriteriet setningsskader.

Tabell 18: Beskrivelse av hva som skal til for at et tiltak havner i kategorien «god», «middels» eller «dårlig» innenfor underkriteriet setninger.

Kategori	Beskrivelse - setningsskader
----------	------------------------------

God	Det er ingen eller få bygninger eller infrastruktur som ligger over deponiet og kan påvirkes av setningene. Dersom det er fare for setningsskader på bygninger eller infrastruktur bidrar tiltaket til å bremse den organiske nedbrytningen ved å redusere oksygentilførselen og/eller vanntilgangen, og reduserer risikoen for setninger over tid. Tiltaket medfører minimal forstyrrelse av massene.
Middels	Tiltaket har liten eller ingen direkte påvirkning på hurtigheten til den biologiske nedbrytningsprosessen. Det medfører heller ikke vesentlige forstyrrelser i deponimassene. Risikoen for setninger er uendret eller marginal.
Dårlig	Tiltaket kan føre til økt vanntilgang til deponimassene, eller innebærer inngrep som øker oksygentilførselen og fører til raskere nedbrytning. Alternativt kan tiltaket medføre forstyrrelser, for eksempel graving eller etablering av nye vannveier, som kan øke risikoen for setninger og påfølgende skader på infrastruktur.

Tabell 19 viser hvordan hvert tiltak scorer innen hovedkriteriet sosiale faktorer. Som tabellen viser, er underkriteriet friluftsliv det som har størst innvirkning på totalscoren innen dette kriteriet. Dette kan forklares med at grønne og rekreasjonsfremmende tiltak ofte tillegges høy verdi i bynære områder, slik som de som vurderes i denne oppgaven.

Tabell 19: Beskrivelse av hvordan de ulike konseptene kan oppnå score fra 1-7 innenfor hovedkriteriet sosiale faktorer.

Score	Beskrivelse av score sosiale faktorer
1	Konseptet får en score på 1 dersom konseptet havner i kategorien «dårlig» for både setningsskader og friluftsliv.
2	Konseptet får en score på 2 dersom konseptet havner i kategorien «middels» for setningsskader og «dårlig» for friluftsliv.
3	Konseptet får en score på 3 dersom konseptet havner i kategorien «middels» for friluftsliv og «dårlig» for setningsskader.
4	Konseptet får en score på 4 dersom konseptet havner i kategorien «middels» for begge underkriterier.
5	Konseptet får en score på 5 dersom konseptet havner i kategorien «middels» for friluftsliv og «god» for setningsskader.
6	Konseptet får en score på 6 dersom det havner i kategorien «middels» for setningsskader og «god» for friluftsliv.
7	Konseptet får en score på 7 dersom konseptet havner i kategorien «god» for både setningsskader og friluftsliv.

5.2 Evaluering av konsepter

Nå som modellen er utarbeidet kan den valideres ved å anvende den på case Kjorbekk. Konseptene evalueres ved å gå gjennom hvert underkriterium og kategorisere hvert konsept i henhold til kriteriet.

Videre gis det en score fra 1 til 7 innenfor hvert hovedkriterium basert på Tabell 8, Tabell 12, Tabell 16 og Tabell 19.

5.2.1 Økonomi

I det følgende vurderes de tre rehabiliteringskonseptene for kuverten på Kjørbekk innenfor underkriteriene investeringskostnader, drift og vedlikehold og synergieffekter. Videre gis en score mellom 1 og 7 til hvert konsept innenfor hovedkriteriet økonomi basert på kategoriseringen av hvert underkriterium.

Investeringskostnader

Som beskrevet i 3.1 Case-studie er de estimerte investeringskostnadene beregnet av Rambøll (2025) basert på NS 3453. P85 estimatet for bekkeåpning er kr. 92 300 000, men dette beløpet inkluderer også 162 meter bekkeåpning for delstrekning 2. For kun delstrekning 1 vil de estimerte kostnadene derfor være noe lavere. Estimatet er delt inn i flere kostnadsposter, som hver for seg er relativt store, og det er flere antakelser som ligger til grunn for beregningene. Tallene som benyttes er enten innhentet fra leverandører eller basert på erfaringer. Eventuelle ikke-prissatte konsekvenser er også vurdert, men ikke spesifikt inkludert i beregningen av investeringskostnadene.

Rambøll (2025) har kun utarbeidet et estimat for bekkeåpning, da investeringskostnadene for de to andre konseptene ble vurdert som så høye at det ikke var hensiktsmessig å beregne disse. Ideelt sett burde kategoriseringen vært basert på faktiske estimater for å sikre høyest mulig nøyaktighet på analysen. Siden slike estimater ikke er tilgjengelig, benyttes vurderingene til Rambøll som grunnlag.

En årsak til de høye investeringskostnadene ved strømperenovering er at tiltaket forutsetter rehabilitering av kummene. Tradisjonelt sett er strømperenovering en billig metode (Loftheim Renovasjon, u.å.; Olimb Rørfornyng AS, u.å.). På grunn av behovet for kumrehabilitering for å gjennomføre tiltaket blir totalkostnaden med denne metoden høyere enn for bekkeåpningstiltaket. Strømperenovering hadde sannsynligvis blitt vurdert annerledes dersom kumrehabiliteringen ikke hadde vært nødvendig, men siden tiltaket ikke kan gjennomføres uten at kummene er sikre å bruke, må også disse kostnadene inkluderes i det samlede estimatet.

Grunnen til at grunt rør vil få høye investeringskostnader er at det må graves i deponimassene. Massene som fjernes for å gi plass til røret må deponeres på nytt, noe som medfører betydelige kostnader. Med samtaler med Rambøll og Skien kommune til grunn besluttet det at bekkeåpning kategoriseres som «god», og strømperenovering og grunt rør kategoriseres som «dårlig».

Drift og vedlikehold

Når drift og vedlikeholdet skal vurderes er det verdt å merke seg at en bekkeåpning krever vedlikehold ganske ofte. Vedlikeholdsarbeid med en ny bekk kan være rydding av søppel, erosjonssikring og

skjøtsel. Men kommunen har kun ansvar for deler av bekken som er lukket i rør, og ikke åpen bekk, så det er ikke kommunenes ressurser som benyttes til dette vedlikeholdet. Konseptet havner derfor i kategorien «god».

Både grunt rør og strømping vil innebære relativt lik mengde med vedlikehold. Ifølge NVEs veileder for forvaltning, drift og vedlikehold av kulverter er det anbefalt med tilsyn hvert 3-5 år (NVE, 2024). I forbindelse med større flomhendelser bør det også gjennomføres tilsyn. Med dette til grunn vurderes grunt rør som «god». Ettersom strømpereoveringen gjøres i det originale røret som ligger dypt, blir det mer utfordrende å komme til for å gjøre tilsyn, noe som trekker dette konseptet ned til «middels».

Synergieffekter

Per dags dato er det planlagt en vei i samme trasé som bekkeåpningen, og ved å kombinere prosjektene kan det spares ressurser. Dersom prosjektene samarbeider kan tiltakene prosjekteres og bygges samtidig, og det vil ikke være nødvendig med to ulike entreprenører. Dersom det grunne røret også legges langs denne planlagte veien kan disse effektene også oppstå for dette konseptet. Både grunt rør og bekkeåpning kategoriseres derfor som «god». Strømpereovering derimot innebærer ingen graving, og vil derfor ikke ha synergieffekter med veiprosjektet. Strømpereovering kategoriseres derfor som «middels».

Samlet vurdering økonomi

For å gjøre en samlet vurdering av hvert konsept innenfor hovedkriteriet økonomi benyttes Tabell 8. Tabell 20 viser scoren hvert konsept får innen dette hovedkriteriet. Som tabellen viser, får bekkeåpning den beste mulige scoren. Strømpereovering er i den motsatte enden av skalaen og får en score på 2, mens grunt rør havner i midten med en score på 4.

Tabell 20: Samlet vurdering innenfor hovedkriteriet økonomi.

	Grunt rør	Strømpereovering	Bekkeåpning
Investeringskostnader	Dårlig	Dårlig	God
Drift og vedlikehold	God	Middels	God
Synergieffekter	God	Middels	God
Score	4	2	7

5.2.2 Miljø

I det følgende vurderes de tre rehabiliteringskonseptene for kuverten på Kjørbekk innenfor underkriteriene klimafotavtrykk, biologisk mangfold og forurensning. Videre gis en score mellom 1 og 7 til hvert konsept innenfor hovedkriteriet miljø basert på vurderingen innenfor hvert underkriterium og ved hjelp av Tabell 16.

Klimafotavtrykk

Når kategoriseringen innenfor klimafotavtrykk skal bestemmes er det, som beskrevet i 5.1 Modellutvikling, særlig materialbruk og bruk av tunge maskiner i implementeringen som er avgjørende.

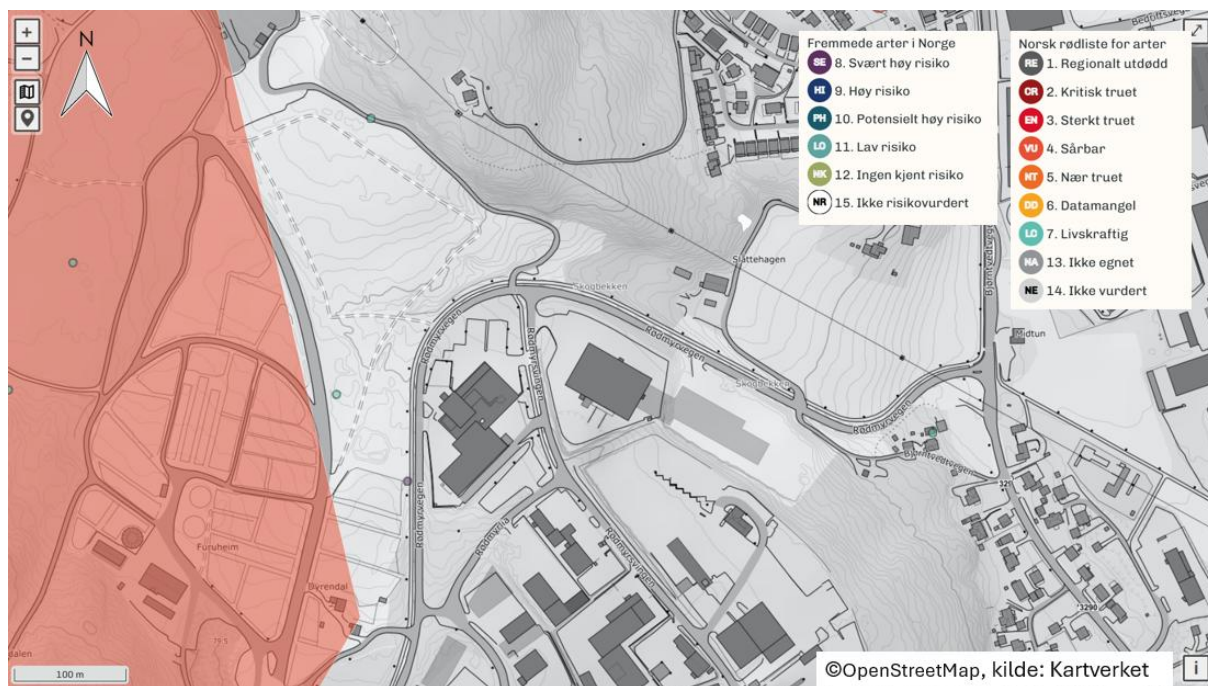
Et bekkeåpningsprosjekt vil typisk kreve lite materialer, noe som trekker vurderingen opp. På den andre siden innebærer tiltaket ofte omfattende bruk av tunge maskiner i installeringsfasen, noe som gir et negativt utslag. Konseptet havner derfor i kategorien «middels».

Strømperenovering er et tiltak med lavt behov for anleggsarbeid, noe som er positivt. I tillegg er strømpen ofte tynn (4 mm), noe som betyr lite materialbruk per meter. Imidlertid benyttes det et materiale som er energikrevende å produsere til selve strømpen, og dette trekker vurderingen noe ned. Likevel kategoriseres strømperenovering som «god» innen klimafotavtrykk.

Tiltaket med nytt grunt rør innebærer bruk av betong, et materiale med høyt klimagassutslipp knyttet til produksjonen. I tillegg vil implementeringen kreve både graving og bruk av tunge maskiner. Disse forholdene gjør at dette konseptet får en vurdering i kategorien «dårlig» når det gjelder klimafotavtrykk.

Biologisk mangfold

For å undersøke hvordan de ulike tiltakene påvirker det biologiske mangfoldet undersøkes sidene til artsdatabanken. Figur 12 illustrerer et utklipp av de registrerte artene i det aktuelle området hentet fra Artsdatabanken. Som det kommer frem av figuren er det en art i området som vurderes som sårbar. Fra artsdatabanken sine sider kommer det frem at arten som er sårbar er Granmeis. Det kommer også frem at det er observert to fremmede arter i det aktuelle området som har svært høy risiko for spredning, disse artene er skogsskjegg og kjempebjørnekjeks.



Figur 12: Skjerm bilde fra Artsdatabanken, som viser funndata kombinert med bakgrunnskart. Funndata er hentet fra [Artskart.artsdatabanken.no](https://artskart.artsdatabanken.no) (30.04.2025). Funndata fra: Roy Magnussen, Kristian Reilly-Størkersen, Christian Kortner, Øivind Kortner. Nedlastet fra Artskart. Bakgrunnskart er hentet fra <https://www.openstreetmap.org/#map=5/65.40/17.86>. Data er tilgjengelig under Open Database License.

Ved vurdering av bekkeåpning som tiltak, er en av utfordringene at bekken beslaglegger arealer på overflaten. En åpen bekk krever som regel god plass, ettersom den må utformes med tilstrekkelig bredde og naturlige skråninger for å sikre stabilitet og en bærekraftig løsning. I dette tilfellet er imidlertid bekkeåpningen planlagt langs en veitrasé, på arealer som i liten grad egner seg til andre formål, noe som reduserer den negative virkningen knyttet til arealbruk. I tillegg kan graving i masser hvor det er registrert fremmede arter, medføre risiko for spredning av disse artene. Dette kan føre til utkonkurrering av andre stedegne arter. Dersom entreprenøren blir gjort klar over denne risikoen er spredning av disse artene noe som kan forhindres ved å gjøre enkelte tiltak.

Samtidig kan en bekkeåpning gi betydelige miljømessige gevinster. Den kan styrke det biologiske mangfoldet ved å skape nye eller forbedrede leveområder for vannlevende organismer, fugler, insekter og planter (Pulg et al., 2018). Dette kan også bidra til å styrke økologiske sammenhenger i landskapet og øke den økologiske funksjonsverdien i området. På grunn av denne miljøgevinsten, i tillegg til at arealene som tas opp ikke er godt egnet til andre formål, havner dette konseptet i kategorien «god».

Ved etablering av et nytt grunt rør vil i utgangspunktet ikke røret ta opp arealer på overflaten siden det legges under bakken. Likevel kan det kreve midlertidig areal under anleggsperioden. Hvor stor påvirkning dette konseptet vil ha på det biologiske mangfoldet vil påvirkes av hvor røret legges. Dersom det legges ved den planlagte veien vil det kun ta opp arealer som ikke egner seg til andre formål. Spredning av fremmede arter vil være en faktor for dette tiltaket også, men som ved bekkeåpning, er det tiltak som kan gjøres for å unngå spredning av disse artene, og det viktigste er å være klar over risikoen.

Det konkluderes derfor med at tiltaket ikke vil påvirke det biologiske mangfoldet på en verken negativ eller positiv måte, og derfor plasseres i kategorien «middels».

Strømping representerer et tiltak som i sin helhet gjennomføres under bakken, med minimal påvirkning på overflatearealer både under installeringsfasen og etter installeringen. Dette tiltaket vil dermed ikke påvirke arealer og økosystemtjenester på verken en positiv eller negativ måte. Med dette til grunn, havner konseptet i kategorien «middels».

Forurensning

Bekkeåpning kan medføre risiko for forurensning i installeringsfasen, men innlekkingen av sigevann reduseres på sikt. Ved å implementere et slikt tiltak vil vannet renne på overflaten uten å komme i kontakt med forurensning fra deponiene. Tiltaket vurderes som «middels» fordi det innebærer noe håndtering av forurensede masser, selv om det ikke er behov for omfattende graving for å etablere kanalen.

Grunt rør vil også hindre sigevann å lekke inn, men i anleggsperioden er det risiko for forurensning. Også her foreligger en viss risiko for forurensning i anleggsperioden, og det er nødvendig å håndtere forurensede masser. Likevel er gravedybden begrenset, noe som reduserer behovet for omfattende massedeposering eller rensing. Dette tiltaket plasseres derfor også i kategorien «middels».

Strømperenovering er et tiltak hvor det ikke er behov for å grave i de forurensede massene. Tiltaket tetter også kulverten som gjør at den langsiktige forurensningen reduseres. Med dette til grunn havner tiltaket i kategorien «god».

Samlet vurdering miljø

For å gjøre en samlet vurdering av hvert konsept innenfor hovedkriteriet miljø benyttes Tabell 16. Som Tabell 21 viser er det strømperenovering som får best score innenfor hovedkriteriet miljø.

Tabell 21: Samlet vurdering innenfor hovedkriteriet miljø.

	Grunt rør	Strømperenovering	Bekkeåpning
Klimafotavtrykk	Dårlig	God	Middels
Biologisk mangfold	Middels	Middels	God
Forurensning	Middels	God	Middels
Score	3	7	5

5.2.3 Sosiale faktorer

I det følgende vurderes de tre konseptene bekkeåpning, strømperenovering og grunt rør innenfor de to underkriteriene friluftsliv og setningsskader. Videre gis en score mellom 1 og 7 til hvert konsept innenfor hovedkriteriet sosiale faktorer basert på vurderingen innenfor hvert underkriterium.

Friluftsliv

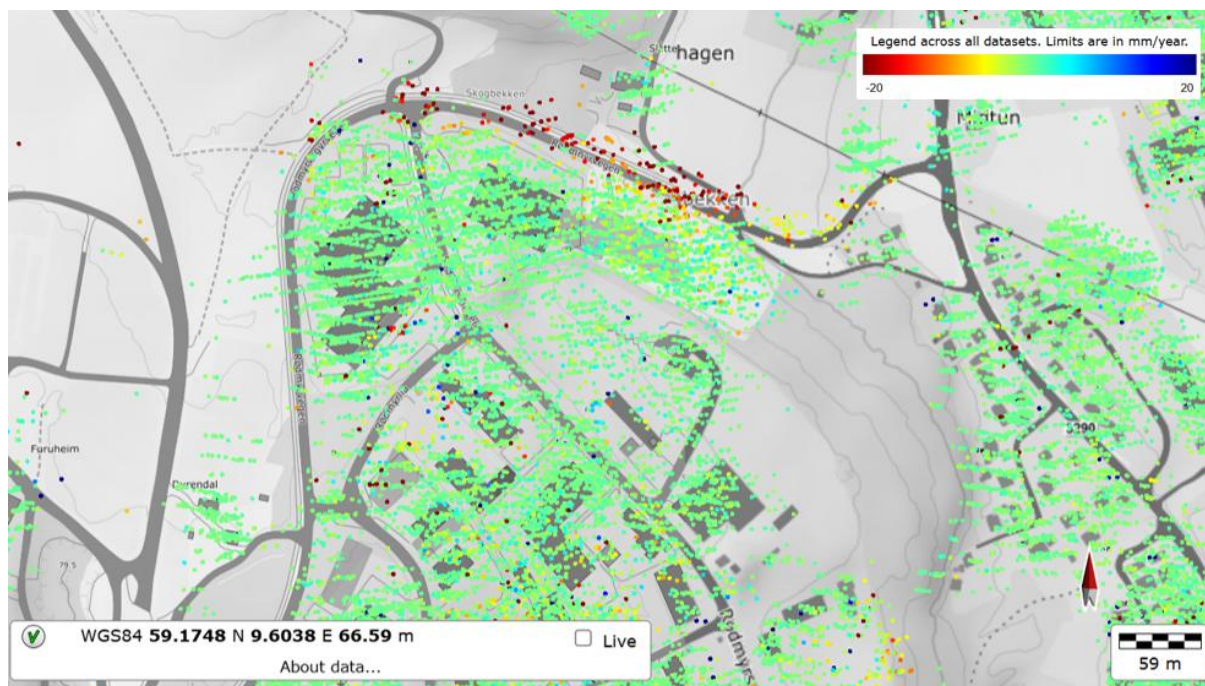
Bekkeåpning er et tiltak som kan påvirke innbyggerne positivt ved at åpne bekker kan forbedre det estetiske miljøet betydelig ved å skape naturlige vannveier. Et mer attraktivt område kan videre øke trivselen ved å skape rekreasjonsområder som innbyggerne kan bruke til fysisk aktivitet eller avslapning. Dette kan bidra til å redusere stress og forbedre mental helse. På grunn av disse fordelene havner bekkeåpning i kategorien «god».

Strømperenovering vil ha minimale påvirkninger i anleggsperioden, og ingen påvirkninger i ettertid. Siden strømperenovering skjer under bakken, er det ingen synlig påvirkning på utseendet til området, og det eksisterende landskapet forblir stort sett uberørt. Dette tiltaket har derfor verken en klar positiv eller negativ effekt, og havner i kategorien «middels».

Tiltaket med grunt rør vurderes til å ha «middels» påvirkning på friluftsliv. Vurderingsområdet ligger nær et område som er et svært viktig friluftsområde (Rambøll, 2023). Forstyrrelser i anleggsperioden kan derfor svekke områdets attraktivitet i forhold til friluftsliv, men anleggsperioden forventes å være kort, noe som gjør denne ulempen ubetydelig. Røret vil også ligge under bakken etter implementeringen, og derfor ikke tilføre området noen ulempe. Med dette til grunn havner derfor også grunt rør i kategorien «middels».

Setningsskader

For å undersøke risikoen for setningsskader på Kjørbekk II området undersøkes et kart fra Insar. Kartet vises i Figur 13.



Figur 13: Skjerm bilde fra Insar som viser bevegelsene i massene i områdene omkring delstrek 1 på Kjørbekk II (Norges geologiske undersøkelse, u.å.-a). Tegnforklaringen viser at røde prikker indikerer setninger i grunnen, grønne prikker viser liten eller ingen bevegelse, mens blå prikker representerer heving i grunnen. Enheten er mm/år. Data er tilgjengelig under Norsk lisens for offentlige data (NLOD).

Som Figur 13 illustrerer er det indikasjon til bevegelser i massene øst på ledningen. Dette er markert med røde prikker. Det er også noen gule og røde markeringer blant bygningene. Siden det ikke er noen bygninger over Kjørbekk II deponiet vil setningene i dette deponiet gi minimale skader på bygninger. Som Figur 13 viser er det en vei som ligger over deponiet, og lengst øst i deponiet er det mye bevegelser i massene. Det er altså denne veien som vil påvirkes mest av de ulike tiltakene når det kommer til setningsskader.

En strøperenovering vil føre til at kulverten blir tett. Dersom det forutsettes at den eksisterende kulverten fungerer som drenering for grunnvannet vil en tetting av kulverten bidra til at grunnvannsstanden øker. En økning av grunnvannstanden vil videre føre til at det organiske avfallet ikke får tilgang på oksygen, og nedbrytningen reduseres. Strøperenovering vil altså føre til redusert nedbrytning av organisk avfall, og dermed reduserte setninger i området.

Å åpne bekken eller legge et nytt, grunt rør vil i stor grad gi tilsvarende konsekvenser. Det forutsettes at bekken har en tett bunn slik at bekkevannet ikke vil føre til økt grunnvannsnivå. Når bekken åpnes eller det nye røret legges, vil kulverten tettes igjen noe som betyr at den ikke lenger vil fungere som drenering av grunnvannet. Som konsekvens av dette vil grunnvannsnivået stige. Dette tiltaket vil føre til at det organiske avfallet vil få mindre tilgang til oksygen, og nedbrytningen vil dermed foregå saktere, og setningene reduseres.

Alle de tre konseptene vil altså føre til reduserte setninger, og kategoriseres derfor som «god».

Samlet vurdering sosiale faktorer

Når konseptene er vurdert for begge underkriterier kan det foretas en samlet vurdering, denne er illustrert i Tabell 22. Som det kommer frem av tabellen er det bekkeåpning som får høyest score, med en score på 7. Strømperenovering og grunt rør får begge en score på 5.

Tabell 22: Samlet vurdering innenfor hovedkriteriet sosiale faktorer.

	Grunt rør	Strømperenovering	Bekkeåpning
Setningsskader	God	God	God
Friluftsliv	Middels	Middels	God
Score	5	5	7

5.2.4 Teknisk vurdering

I det følgende vurderes de tre aktuelle konseptene innenfor underkriteriene teknisk egnethet, kompleksitet og kapasitet. Videre gis en score mellom 1 og 7 til hvert konsept innenfor hovedkriteriet sosiale faktorer basert på vurderingene innenfor hvert underkriterium.

Teknisk egnethet

Bekkeåpning vurderes som teknisk godt egnet og plasseres i kategorien «god». Det er god plass i området, og tiltaket er lite påvirket av kulvertens tilstand eller dybde. I tillegg gjør lav sårbarhet for setninger tiltaket særlig egnet i et nedlagt avfallsdeponi. Behov for frakobling av ledninger trekker vurderingen noe ned, men helhetsvurderingen tilsier fortsatt kategorien «god».

Nytt grunt rør vurderes som «middels» egnet. Selv om det heller ikke påvirkes vesentlig av kulvertens tilstand, er det mer sårbart for grunnbevegelser og krever frakobling av ledninger, noe som gjør at dette tiltaket vurderes til kategorien «middels».

Strømperenovering vurderes som «dårlig» teknisk egnet. Tilstedeværelsen av sprekker i kulverten kan gjøre det utfordrende å få strømpen til å feste seg tilfredsstillende, og tilstandene til kummene vanskeliggjør gjennomføringen ytterligere. I tillegg ligger kulverten dypt, noe som gir stor overdekning og høye vertikale laster. Strømpens tynne struktur er ikke dimensjonert for slike belastninger, og tiltaket anses derfor som mindre egnet i denne sammenhengen.

Kompleksitet i tiltaket

Alle de tre foreslåtte tiltakene er i utgangspunktet relativt enkle å gjennomføre, men forholdene i området, særlig deponimassene og kulvertens dybde, medfører økt kompleksitet. Selv om Sweco utførte grunnundersøkelser i 2024, er det fortsatt usikkerhet knyttet til sammensetningen av grunnen (Sweco, 2024). I tillegg kan det være setningsproblemer i grunnen, noe som kan komme av varierende materialer

som er blitt deponert eller tilstedeværelse av organiske, nedbrytbare masser. Graving og terrenginngrep i slike områder innebærer risiko for uforutsette konsekvenser. Det er også risiko for frigjøring av deponigass ved inngrep i massene. Slike gasser kan utgjøre en eksplosjonsfare og helseskader, særlig dersom de samler seg i lukkede eller dårlig ventilerte områder (Miljødirektoratet, 2020; Rambøll, 2023 s. 51). På bakgrunn av dette plasseres både bekkeåpning og nytt grunt rør i kategorien «middels», da begge innebærer graving i deponimasser.

Strømperenovering krever ingen graving, og påvirkes dermed i mindre grad av deponimassene. Likevel medfører kulvertens store dybde praktiske utfordringer, særlig med tanke på tilgjengelighet. Tiltaket forutsetter også at eksisterende kummer er tilgjengelige og i tilstrekkelig god stand til å muliggjøre installasjonen av strømpen. På grunn av disse forholdene vurderes også strømperenovering som et tiltak med «middels» kompleksitet.

Kapasitet

De konkrete spesifikasjonene for hvordan tiltakene skal utformes er ikke bestemt enda. Når dette underkriteriet skal vurderes legges det derfor noen generelle betraktninger til grunn. Bekkeåpning har, når det gjelder kapasitet, den fordel at det reduserer flomrisikoen ved å tilby større kapasitet for overvannshåndtering. Dette gjør løsningen mer robust i møte med klimaendringer og øker kontrollen over flomveier, noe som bidrar til en mer forutsigbar og sikker håndtering av overvann. På grunn av disse fordelene kategoriseres bekkeåpning som «god».

Når det kommer til grunt rør er det mulig å legge et rør som er større enn den eksisterende kulverten. Det er usikkert hvilken dimensjon det nye røret vil ha, men siden det er mulig å gå opp en eller flere dimensjoner kategoriseres dette konseptet som «middels».

Strømperenovering vil resultere i omtrent lik kapasitet. Diameteren på røret vil bli noe redusert som følge av at strømpen festes på innsiden av røret, men røret vil få redusert ruhet, og det antas derfor at kapasiteten forblir omtrent den samme som dagens løsning. Det er uvisst nøyaktig hvor store regnskyll dagens kapasitet kan håndtere, men basert på alder, og Oen et al. (2019) sine vurderinger om at kapasiteten må tredobles for å imøtekomme klimaendringene vurderes dagens kapasitet som dårlig egnet til å håndtere fremtidige nedbørmengder. Dette konseptet vurderes derfor som «dårlig».

Det er viktig å merke seg at kapasiteten må vurderes i sammenheng med hele kulvertens forløp. Det har liten verdi å øke kapasiteten oppstrøms dersom flaskehalser eller begrensninger lenger nedstrøms forblir uendret. I denne analysen vurderes imidlertid kun den delen av kulverten som tiltakene direkte berører. Vurderingene må derfor sees som isolerte, og endelig beslutning bør bygge på en samlet vurdering av hele kulvertens kapasitet.

Samlet vurdering teknisk vurdering

For å gi den totale scoren innenfor hovedkriteriet teknisk vurdering benyttes Tabell 12. Resultatet er vist i Tabell 23. Som det kommer frem av tabellen er det bekkeåpning som har fått høyest score innenfor dette hovedkriteriet.

Tabell 23: Resultatet av evalueringen av hvert konsept innenfor hovedkriteriet teknisk vurdering.

	Grunt rør	Strømperenovering	Bekkeåpning
Teknisk egnethet	Middels	Dårlig	God
Kompleksitet	Middels	Middels	Middels
Kapasitet	Middels	Dårlig	God
Score	4	1	7

5.2.5 Normalisering

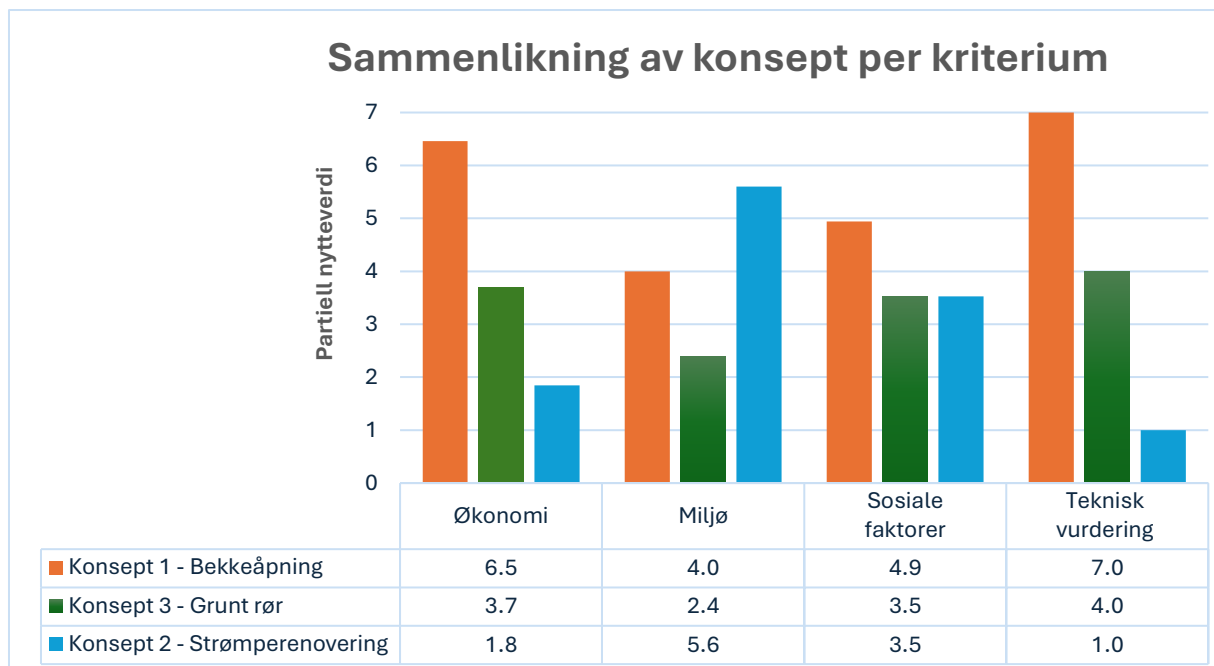
Før konseptene sammenliknes kalkuleres den normaliserte scoren. Hvordan dette beregnes er beskrevet i 3.3.3 Evaluering av konsepter. Scoren, og den normaliserte scoren for alle konseptene er vist i Tabell 24.

Tabell 24: Oversikt over scoren, og den normaliserte scoren for hvert konsept.

Konsept	Miljø		Sosiale faktorer		Teknisk løsning		Økonomi	
	Score	Norm. Score	Score	Norm. Score	Score	Norm. Score	Score	Norm. Score
Konsept 1 - Bekkeåpning	5.0	4.0	7.0	4.9	7.0	7.0	7.0	6.5
Konsept 2 - Strømperenovering	7.0	5.6	5.0	3.5	1.0	1.0	2.0	1.8
Konsept 3 - Grunt rør	3.0	2.4	5.0	3.5	4.0	4.0	4.0	3.7

5.3 Sammenstilling og usikkerhet

I det følgende visualiseres og sammenstilles de ulike konseptene ved å benytte stolpediagram. Figur 14 sammenlikner konseptene per kriterium, Figur 15 sammenlikner kriteriene per konsept, og Figur 16 gir en rangering av konseptene med relativ score. Ved å sammenlikne konseptene på ulike måter får man et bedre bilde av hva som skiller konseptene. Videre belyses usikkerheten ved gjøre en robusthetsanalyse med ulike scenarier for evalueringene av konseptene.



Figur 14: Sammenlikning av de ulike konseptene opp mot hvert enkelt kriterium. Figuren viser hvordan hvert konsept scorer innenfor de valgte hovedkriteriene, og gir et visuelt grunnlag for å vurdere styrker og svakheter ved hvert tiltak.

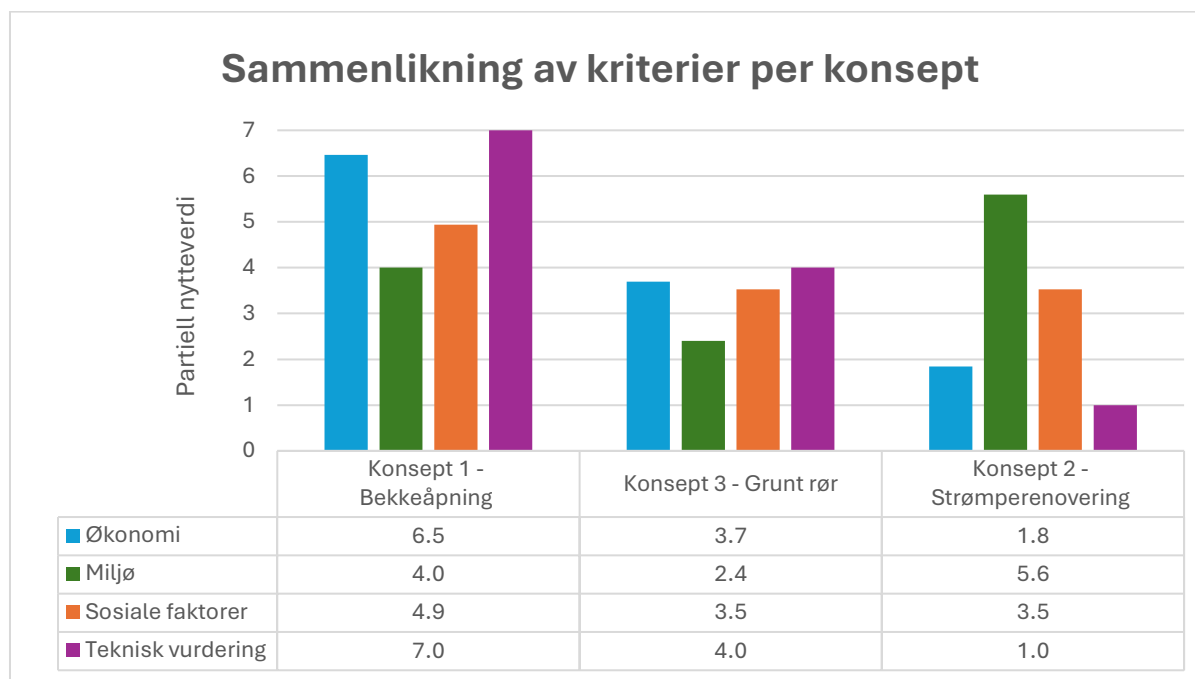
Ved sammenlikning av konseptene innen økonomikriteriet scorer bekkeåpning best. Dette skyldes lave investeringskostnader, fravær av vedlikeholdsansvar og potensial for synergieffekter med andre prosjekter. Strømperenovering får lavest score på grunn av høye kostnader, manglende synergieffekter og større driftsbehov. Grunt rør plasserer seg mellom disse, med enkelte fordeler som enkel drift og mulige synergier, men trekkes ned av høye investeringskostnader.

For miljøkriteriet er det strømperenovering som får høyest score. Dette kommer i hovedsak av at tiltaket er enkelt å implementere, og at det er en gravefri løsning. Dette tiltaket har lavt klimafotavtrykk, og det er liten risiko for spredning av forurensning. Bekkeåpning har en nesten like god score, noe som kommer av at en bekkeåpning er bra for det biologiske mangfoldet i elven, og at en naturlig bekk vil ha relativt lavt klimafotavtrykk. Grunt rør får lavest score for dette kriteriet. Dette kommer av at betong har høyt klimafotavtrykk, og at graving i massene kan føre til spredning av fremmede arter og forurensning.

For sosiale faktorer er det litt mindre spredning i scoren. Det er bekkeåpning som har best score da det forbedrer områdets attraktivitet og friluftsområdet. Både strømperenovering og grunt rør har minimalt med påvirkning på friluftsliv, men strømperenovering scorer litt bedre for dette kriteriet siden det er et gravefritt tiltak, og dermed ikke fører til forstyrrelser i grunnen og risikerer setningsskader.

For teknisk løsning er det i henhold til Figur 14 store forskjeller blant de ulike konseptene. Bekkeåpning får den beste scoren da dette konseptet passer godt i forhold til målet med prosjektet, og kapasiteten forbedres. Strømperenovering får en dårlig score for dette kriteriet da dette tiltaket ikke er det ideelle for dette prosjektet. Dette tiltaket vil ikke løse kapasitetsproblemene, og det er heller ikke godt egnet i forhold til situasjonen på Kjørbekk.

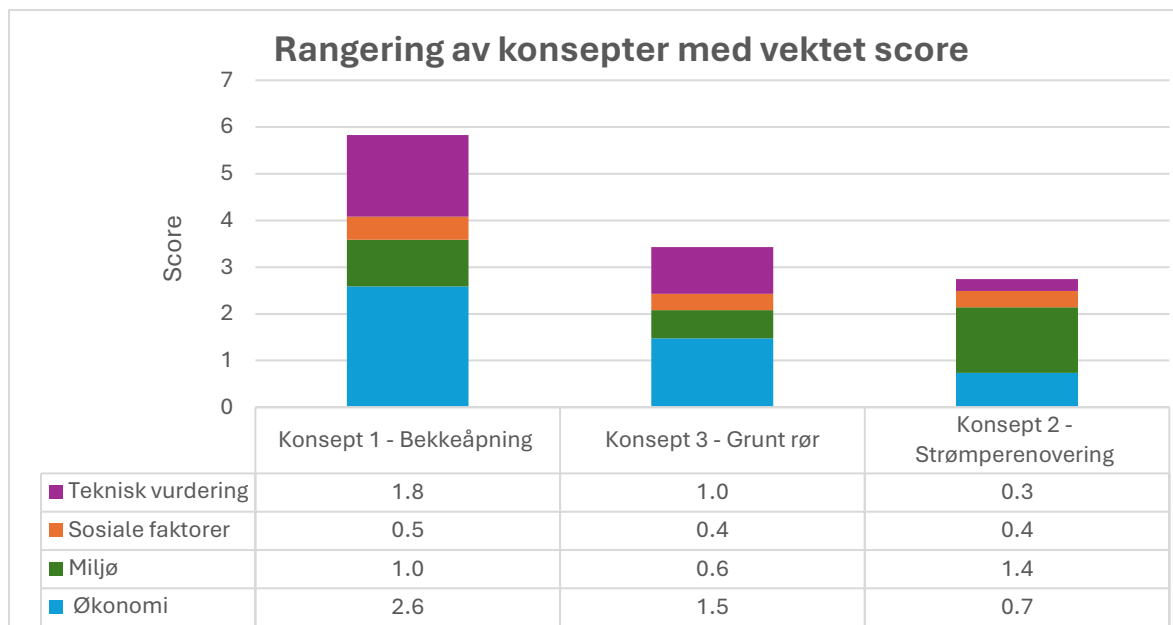
Ved å sammenlikne kriteriene per konsept kommer det tydelig frem hvilket av kriteriene som trekker vurderingen av konseptet opp eller ned.



Figur 15: Oversikt over hvordan hvert konsept presterer opp mot de ulike hovedkriteriene. Figuren gir en samlet vurdering av styrker og svakheter per konsept, og danner grunnlag for videre sammenligning og beslutningsstøtte.

Bekkeåpning får generelt en god score for alle kriterier, men kriteriet som trekker konseptet ned er miljø og sosiale faktorer. Sosiale faktorer har nesten like lav score som miljø, mens teknisk vurdering og økonomi trekker konseptet opp. Strømperenovering derimot har en motsatt fordeling av score. Her er det miljø og sosiale faktorer som trekker konseptet opp, mens økonomi og teknisk vurdering trekker vurderingen av konseptet ned. Grunt rør har en ganske jevn score på alle kriteriene, og det kommer også frem i Figur 15. Teknisk vurdering og økonomi får en nesten lik score, og trekker vurderingen litt opp, mens miljø og sosiale faktorer trekker evalueringen av konseptet litt ned.

Figur 16 viser rangeringen av konseptene i forhold til den vektete totalscoren. I denne sammenlikningen er vektingen av hvert kriterium inkludert, og den totale scoren for hvert konsept kan sammenliknes. Rangeringen viser at bekkeåpning er det beste konseptet, og er betraktelig bedre enn de andre konseptene.



Figur 16: Rangering av konsepter basert på vektet score. De normaliserte scorene er multiplisert med tilhørende vektorer, og summen danner den totale scoren som brukes til å sammenlikne konseptene.

Bekkeåpning får best total score. Dette tyder på at bekkeåpning oppfyller mange av målene og preferansene til beslutningstaker. Strømperenovering derimot får dårligst total score. Selv om strømperenovering fikk relativt høy score innenfor noen av kriteriene, får dette konseptet lavest score innenfor både økonomi og teknisk løsning, som begge har høy vekt. Spesielt økonomi som har en vekt på 40%, trekker dette konseptet ned. Grunt rør får en score som er litt bedre enn strømperenovering, men godt under bekkeåpning.

Før en endelig beslutning fattes, er det viktig å belyse usikkerheten i analysen. Resultatene som fremkommer i flermålsanalysen er basert på antakelser, estimer og vurderinger, som det er knyttet ulik grad av usikkerhet til. Når inngangsverdiene i analysen er usikre, kan det påvirke hvilket konsept som fremstår som mest gunstig. Det er derfor viktig å undersøke hvordan usikkerhet påvirker resultatene og hvilken robusthet analysen har. Noen av kriteriene hvor det er spesielt stor usikkerhet knyttet til kategoriseringen er investeringskostnader, biologisk mangfold, klimafotavtrykk, kompleksitet og kapasitet. For å undersøke om usikkerheten i vurderingen av disse underkriteriene vil påvirke rangeringen redegjøres det for sannsynlig spredning i vurderingen. Dette gjøres ved å foreta en pessimistisk og optimistisk vurdering for hvert av disse kriteriene i tillegg til den sannsynlige vurderingen som allerede er foretatt.

Investeringskostnadene er usikre fordi de kun er basert på estimer. Fordi økonomi har den største vekten, og investeringskostnader har mest å si for scoren innenfor økonomikriteriet vil usikkerhet i dette underkriteriet ha stor betydning for resultatet av analysen. I denne analysen er det begrenset grunnlag for kategoriseringen, noe som gjør det relevant å undersøke hvordan variasjoner i denne kan påvirke resultatene. I det pessimistiske scenariet vurderes konseptene grunt rør og strømperenovering likt som i

den sannsynlige vurderingen, altså som dårlige, mens bekkeåpning vurderes som middels. I det optimistiske scenariet vurderes grunt rør og strømperenovering som middels, mens bekkeåpning opprettholdes som god, slik den også er vurdert i den sannsynlige kategoriseringen.

Underkriteriet biologisk mangfold er usikkert blant annet fordi datagrunnlaget fra Artsdatabanken kan være utdatert eller ufullstendig. Det er mulig at det finnes truede arter i området som ikke er registrert. Dersom det oppdages at det er slike arter i området vil dette kunne påvirke vurderingen av tiltakene. For eksempel vil en bekkeåpning da kunne få en negativ påvirkning på det biologiske mangfoldet og dermed kategoriseres som dårlig, i stedet for god. Tilsvarende vil tiltaket grunt rør kunne vurderes som dårlig i stedet for middels, ettersom anleggsarbeidene i etableringsfasen potensielt kan forstyrre eller skade artsmangfoldet. Grunt rør vurderes i beste fall som middels, da tiltaket i seg selv ikke forventes å ha noen positiv effekt på naturmangfoldet. Strømperenovering antas å ha minimal påvirkning, ettersom arbeidet foregår under bakken. Dette tiltaket vurderes derfor som middels under både pessimistiske, sannsynlige og optimistiske scenarier.

Klimafotavtrykk er også usikkert da det her kun er gjort enkle vurderinger basert på generelle antakelser og typiske løsninger fremfor detaljerte beregninger. Klimafotavtrykket til grunt rør kan for eksempel få en bedre vurdering dersom klimagassene fra sementproduksjonen fanges med karbonfangst- og lagringsteknologi (CCS). Likevel vil dette tiltaket kreve mye materialer og anleggsarbeid, noe som gjør at tiltaket i et optimistisk scenario, vurderes å ha et middels klimafotavtrykk. Strømperenovering vil ikke få en mer optimistisk vurdering, men i et pessimistisk scenario kan produksjonen av strømpen være så energikrevende at tiltaket havner i kategorien middels istedenfor god. Bekkeåpning kan havne i kategorien dårlig dersom utformingen av kanalen medfører omfattende materialbruk, for eksempel til bygging av støttemurer. Tiltaket kan imidlertid vurderes som «god» dersom det viser seg å kreve mindre fysisk inngripen i terrenget enn først antatt.

Kompleksitet er også et underkriterium der det knytter seg betydelig usikkerhet til vurderingene. En sentral utfordring er manglende kunnskap om grunnforholdene, som først vil kunne avdekkes fullt ut når gravearbeidet faktisk påbegynnes. Det er gjennomført enkelte grunnundersøkelser, men i nedlagte deponiområder kan forholdene variere betydelig over korte avstander. For både bekkeåpning og grunt rør er kompleksiteten i stor grad avhengig av grunnens sammensetning. I et optimistisk scenario finnes det lite organisk avfall i området som skal graves ut, noe som vil redusere kompleksiteten og tiltakene kategoriseres da som «god». I et mer pessimistisk scenario kan det derimot være store mengder organisk materiale, noe som i vesentlig grad øker kompleksiteten. Tiltaket vil da kategoriseres som «dårlig». Det mest sannsynlige utfallet ble vurdert til å være av middels kompleksitet.

Når det gjelder strømperenovering, er usikkerheten knyttet til grunnforhold i mindre grad relevant, ettersom inngrepet skjer under bakken og i eksisterende strukturer. Dybden til kulverten er kjent, og selv om rehabilitering av kummene må gjennomføres, er det relativt lav usikkerhet knyttet til vurderingen.

Strømperenovering vurderes derfor som «middels» uansett om vurderingen er pessimistisk, sannsynlig eller optimistisk.

Kapasitet er et kriterium hvor det er liten usikkerhet knyttet til bekkeåpning og strømperenovering, men det er usikkert hvilken dimensjon det nye grunne røret vil ha. Både strømperenovering og bekkeåpning får samme vurdering i optimistisk og pessimistisk scenario som det sannsynlige. For konseptet grunt rør er det imidlertid en viss fleksibilitet knyttet til dimensjonering, da det er mulig å øke rørtverrsnittet ved behov. Dersom dimensjonen ikke økes vurderes konseptet som «dårlig», dersom den øker noe (som er mest sannsynlig) kategoriseres det som «middels», og dersom den øker så mye at tiltaket kan håndtere en 200-årsflom vurderes konseptet som «god».

I Tabell 25 kommer det frem hvordan kategoriseringen kan variere basert på pessimistisk, sannsynlig og optimistiske scenarier. Tabell 26 viser den mulige spredningen i scoren for hvert av hovedkriteriene.

Tabell 25: Vurdering av usikkerhet. Underkriteriene som det er knyttet mest usikkerhet til vurderes pessimistisk (P), sannsynlig (S) og optimistisk (O). Vurderingen er god (G), middels (M) eller dårlig (D).

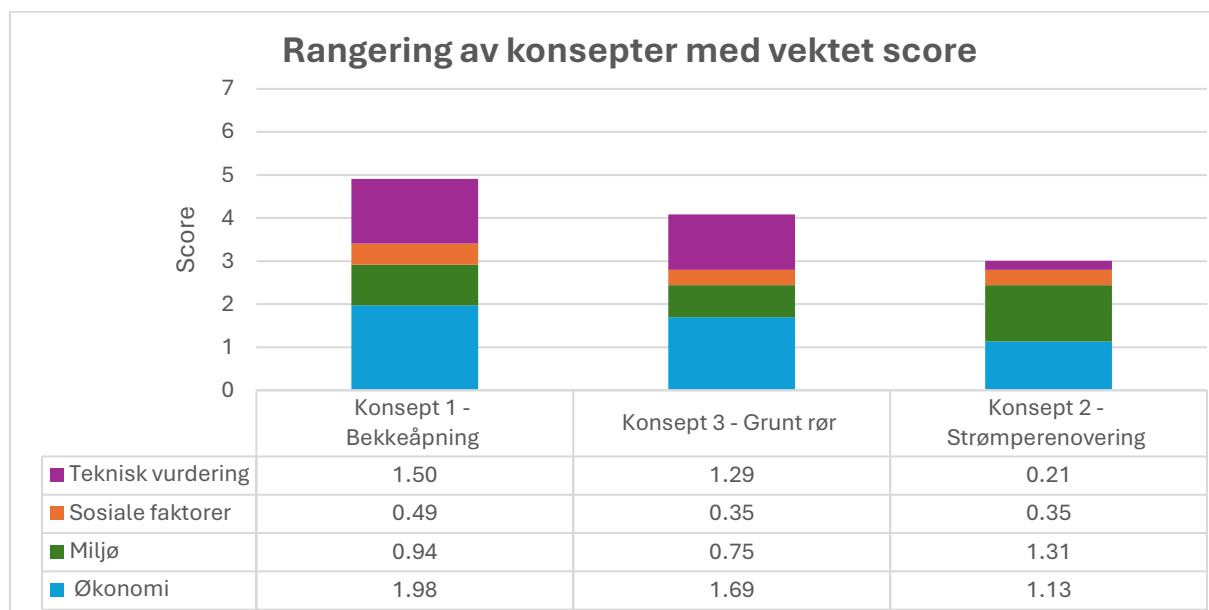
Underkategori	Grunt rør			Strømperenovering			Bekkeåpning		
	P	S	O	P	S	O	P	S	O
Investeringskostnader	D	D	M	D	D	M	M	G	G
Biologisk mangfold	D	M	M	M	M	M	D	G	G
Klimafotavtrykk	D	D	M	M	G	G	D	M	G
Kompleksitet	D	M	G	M	M	M	D	M	G
Kapasitet	D	M	G	D	D	D	G	G	G

Tabell 26: Vurdering av usikkerhet. Tabellen viser usikkerheten i scorene (1-7) basert på underkriteriene det er knyttet mest usikkerhet til.

Underkategori	Grunt rør			Strømperenovering			Bekkeåpning		
	P	S	O	P	S	O	P	S	O
Økonomi	4	4	6	2	2	4	6	7	7
Miljø	2	3	4	5	7	7	2	5	7
Sosiale faktorer	5	5	5	5	5	5	7	7	7
Teknisk vurdering	2	4	6	1	1	1	6	7	7

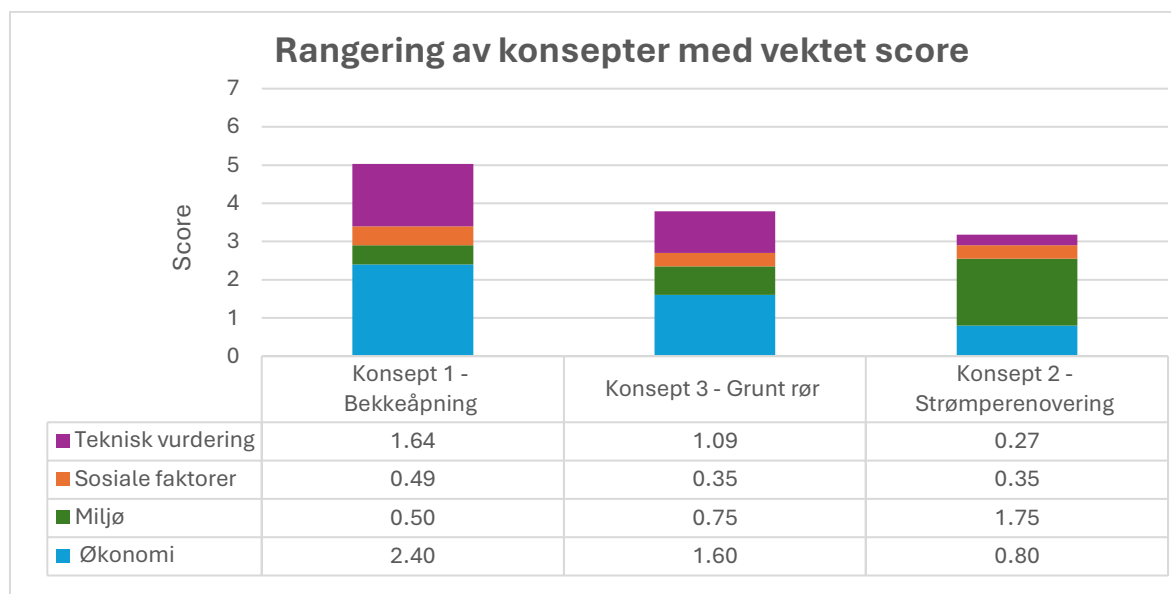
Figur 16 viser at bekkeåpning har relativt mye bedre score enn de to andre konseptene, noe som indikerer at rangeringen er robust. For å undersøke robustheten ytterligere, analyseres det hvordan rangeringen påvirkes dersom både strømperenovering og grunt rør vurderes optimistisk, mens bekkeåpning fortsatt vurderes med den sannsynlige kategoriseringen. Figur 17 presenterer den nye rangeringen. Ifølge denne figuren er det fortsatt bekkeåpning som er det anbefalte konseptet. Selv når de beste mulige scorene for

strømperenovering og grunt rør vurderes, oppnår de ikke en høyere totalscore enn den mest sannsynlige totalscoren for bekkeåpning.



Figur 17: Rangering av konsepter med vektet score. Her er de normaliserte scorene vektet med den bestemte vekten, og summen blir den totale scoren som benyttes til å velge mellom hvert konsept. Bekkeåpning får en score basert på den mest sannsynlige kategoriseringen, mens grunt rør og strømperenovering vurderes optimistisk.

Det vil også være interessant å undersøke en pessimistisk vurdering av bekkeåpning sammenliknet med en sannsynlig vurdering av strømperenovering og grunt rør. Figur 18 presenterer dette scenariet. Som det kommer frem av figuren vil også her, bekkeåpning få høyest total score.

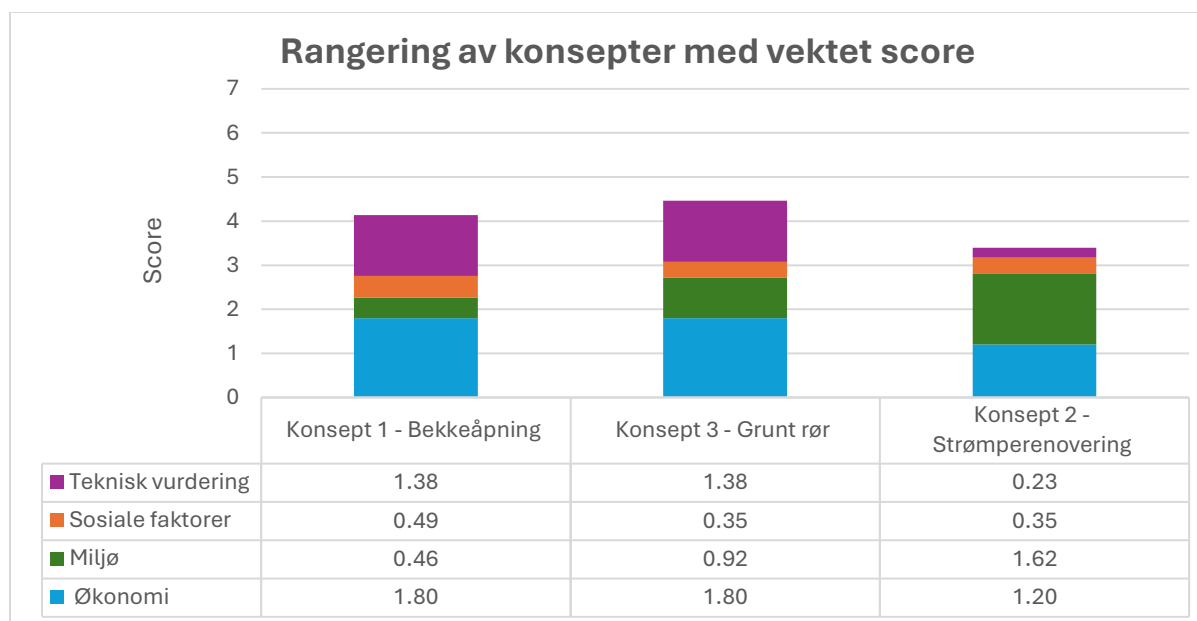


Figur 18: Rangering av konsepter med vektet score. Her er de normaliserte scorene vektet med den bestemte vekten, og summen blir den totale scoren som benyttes til å velge mellom hvert konsept. Bekkeåpning vurderes pessimistisk, grunt rør og strømperenovering sannsynlig.

Grunnen til at bekkeåpning nå får høyere score innenfor flere av kategoriene selv om det vurderes pessimistisk er at gjennomsnittsscoren reduseres. Når scoren normaliseres, er gjennomsnittsscoren i

nevneren. Den den normaliserte scoren blir derfor høyere når gjennomsnittsscoren blir lavere. For eksempel for teknisk vurdering i Figur 17 er gjennomsnittsscoren 4,67, mens i Figur 18 er gjennomsnittsscoren 4. Den vektete scoren for teknisk vurdering blir derfor høyere i Figur 18.

En siste vurdering som kan være interessant å gjøre er dersom bekkeåpning vurderes pessimistisk og grunt rør og strømpereovering vurderes optimistisk. Figur 19 illustrerer denne sammenlikningen. I dette scenariet vil grunt rør få en høyere total score enn bekkeåpning. Likevel er forskjellene så små at konseptene i praksis betraktes som like gode.



Figur 19: Rangering med vektet score. Her er de normaliserte scorene vektet med den bestemte vekten, og summen blir den totale scoren som benyttes til å velge mellom hvert konsept. Bekkeåpning vurderes pessimistisk, grunt rør og strømpereovering optimistisk.

Robusthetsanalysen viser at bekkeåpning får høyest score i alle scenarier, med unntak av når bekkeåpningen vurderes pessimistisk og grunt rør og strømpereovering vurderes optimistisk. I dette tilfellet vil grunt rør og bekkeåpning vurderes som like gode konsepter. Derfor vurderes bekkeåpning som det robuste og anbefalte tiltaket. Det endelige anbefalte rehabiliteringstiltaket basert på denne flermålsanalysen for Kjorbekk II er altså bekkeåpning.

6. Diskusjon

I denne masteroppgaven er det utviklet en flermålsanalysemodell som er testet på case Kjørbekk, med fokus på rehabilitering av kulverten som går gjennom Kjørbekk II. De vurderte konseptene er bekkeåpning, strømperenovering og grunt rør. Konseptene er evaluert og sammenstilt basert på kriteriene miljø, tekniske vurderinger, sosiale faktorer og økonomi. Hvert konsept er gitt en score for hvert kriterium, som videre er vektet basert på vektene som ble fastsatt med ekspertgruppen. I det følgende besvares de tre forskningsspørsmålene som ble presentert i kapittel 1.1 Problemstilling og forskningsspørsmål.

6.1 Resultatet av analysen

Resultatet av analysen viste at bekkeåpning er det anbefalte konseptet, hovedsakelig fordi det scorer høyest på tre av fire vurderingskriterier, inkludert økonomi som er vektet høyest. Dette tyder på at anbefalingen er robust, noe også robusthetsanalysen viser. Robusthetsanalysen undersøkte ulike scenarier med variasjoner i kategorisering for de mest usikre underkriteriene. Det er kun ett scenario hvor bekkeåpning ikke får høyest total score. Dette scenariet inntreffer om strømperenovering og grunt rør vurderes optimistisk, mens bekkeåpning vurderes pessimistisk. Et slikt scenario er det derimot svært usannsynlig at inntreffer, spesielt med tanke på at kompleksitet og biologisk mangfold er betydelige usikkerhetsfaktorer. Dersom det finnes en truet art i området, eller grunnen det skal graves i består av mye organisk avfall, vil dette påvirke scoren negativt for både grunt rør og bekkeåpning konseptene, ikke bare bekkeåpning. Dette gir et inntrykk av høy robusthet i resultatet.

I denne analysen ble det ikke gjennomført en robusthetsanalyse med alternative vektinger. Årsaken er at bekkeåpning fikk høyest score i tre av de fire hovedkriteriene, og det ble vurdert at endringer i vektingen i liten grad ville påvirke det samlede resultatet. Likevel er det knyttet en viss usikkerhet til valg av vekter. Gruppens sammensetning ga et godt grunnlag for å representere beslutningstakers preferanser, men subjektive vurderinger vil alltid innebære en viss grad av usikkerhet. Det var i gjennomføringen fokus på å sikre at alle synspunkter kom frem, men det kan likevel ikke utelukkes at deltakerne har påvirket hverandre i en viss retning.

Dersom det hadde vært mindre forskjell i totalscoren, kunne resultatet vært mer sensitivt for endringer i kategorisering. Når scoreforskjellene er små og vurderingene bygger på kvalitative anslag, bør dette tolkes som at konseptene i praksis er tilnærmet likeverdige. Det innebærer at resultatet ikke nødvendigvis peker på ett klart beste alternativ. I slike tilfeller bør resultatene ikke stå alene, men suppleres med faglig skjønn og lokal kontekst for å sikre en helhetlig og godt begrunnet beslutning.

Videre er det relevant å diskutere hvordan hvert kriterium er tolket og vurdert. Flere av kriteriene innebærer delvis subjektive vurderinger. Spesielt sosiale faktorer som økt attraktivitet og bedre

friluftsområder er vanskelig å kvantifisere på en objektiv måte. Tabellene med beskrivelsene for hva som skal til for å havne i hver kategori skal bidra med å redusere denne subjektiviteten, men det vil alltid være noe subjektivitet i slike vurderinger. Selve kategoriseringen og scoregivingen ble foretatt av forfatteren av denne masteroppgaven med diskusjoner som ble foretatt av valideringsgruppen som grunnlag. Selv om valideringen ga et grunnlag for vurderingene, er det viktig å påpeke at kategoriseringen ble gjennomført av én person, noe som kan ha introdusert en viss subjektivitet i prosessen.

Selv om diskusjonene med valideringsgruppen fungerte som støtte og veiledning, kan den enkeltes forståelse og tilnærming til problemstillingen ha påvirket resultatene. Dette kan potensielt ha ført til en skjevhet i vurderingene, da det ikke ble implementert en bredere eller mer variert vurdering av kriteriene. En mer uavhengig og tverrfaglig tilnærming, der flere personer deltar i kategoriseringen og analysen, ville trolig bidratt til et mer objektivt og balansert resultat. Selv om en bredere deltakelse kunne ført til endringer i kategoriseringen, er det også mulig at utfallet ville vært sammenfallende. Uavhengig av resultatet ville prosessen vært styrket gjennom redusert subjektivitet i vurderingene og reduserte usikkerhetsmomenter.

Økonomikriteriet, som er det høyest vektete i analysen, vil ha ekstra stor påvirkning på resultatene. Scoren innenfor dette kriteriet er i størst grad påvirket av investeringskostnader, som i denne analysen er basert på foreløpige og usikre estimater. Det må også tas høyde for at det er betydelig usikkerhet knyttet til slike kostnadsestimater, spesielt i tidligfase prosjekter som de som vurderes her. Som tidligere beskrevet, er det begrenset grunnlag for kategoriseringen av dette underkriteriet, og på grunn av den store vekten kan feilvurderinger ha stor påvirkning på analysens resultat. Denne usikkerheten understreker behovet for grundig kvalitetssikring. Et velfungerende KS-system (kvalitetssikringssystem) kan bidra til å strukturere arbeidet med estimering, dokumentere forutsetninger og kontrollere kritiske punkter, slik at beslutningsgrunnlaget blir så pålitelig som mulig.

Avslutningsvis er det relevant å reflektere over hvorvidt kommunen ville ha landet på samme beslutning uten bruk av denne modellen. Ettersom bekkeåpning også er det konseptet Rambøll (2025) anbefaler er det sannsynlig at dette konseptet også ville blitt foretrukket i en tradisjonell beslutningsprosess. Likevel representerer flermålsanalysen et viktig verktøy for å strukturere og dokumentere beslutningen på en systematisk og transparent måte. Metodikken bidrar til å synliggjøre og kvantifisere ellers kvalitative vurderinger, og tvinger beslutningstakerne til å eksplisitt vekte ulike kriterier. Dette øker både etterprøvbareheten og legitimiteten i beslutningsprosessen, samtidig som det gir et tydeligere bilde av hvilke hensyn som er tillagt størst betydning og hvorfor ett alternativ fremstår som mer hensiktsmessig enn et annet.

6.2 Styrker og svakheter med modellen

Dette kapittelet drøfter sentrale styrker og svakheter ved både den valgte evalueringsmetoden og utviklingen av modellen for Kjørbekk II. Formålet er å vurdere i hvilken grad modellen er egnet for å støtte en legitim beslutningsprosess i en kommunal kontekst. Det ses nærmere på hvordan metodiske valg og tilpasninger påvirker analysens kvalitet, og hvordan disse eventuelt avviker fra anbefalte prinsipper for flermålsanalyser.

For å kunne si noe om kvaliteten på denne modellen blir det viktig å diskutere hva som er en god modell. Definisjonen på kvalitet er ifølge Rolstadås (2024b) et mål på hvor godt produktets opplevde egenskaper tilfredsstiller brukerens behov. Behovet her, er å gjøre en god beslutning. Ifølge NOU 2015:14 (kap. 3) kjennetegnes godt beslutningsgrunnlag blant annet som at det er tydelig hva som er målet med beslutningen, informasjonen som ligger til grunn er relevant, korrekt og balansert og informasjonen er tilgjengelig, transparent og etterprøvable. Det er også viktig at usikkerheten knyttet til resultatene kommer tydelig frem. For at denne modellen skal være av god kvalitet må den altså oppfylle disse kravene.

I følge fremgangsmåten til Jordanger et al. (2007) er det avgjørende at selve problemstillingen ligger til grunn ved utviklingen av en flermålsanalysemodell. Dette innebærer at man først må ha en klar og felles forståelse av hva som faktisk er problemet, før man definerer mål, kriterier og alternativer. En slik problemorientert tilnærming bidrar til å sikre at analysen tar utgangspunkt i de mest relevante utfordringene og behovene knyttet til beslutningssituasjonen. Når modellen bygger direkte på problemets kjerne, øker sannsynligheten for at beslutningen blir både treffsikker og relevant.

Zlaugotne et al. (2020) indikerer at valget av metode for evalueringen og sammenstillingen vil ha betydning for resultatet av analysen. Det vil derfor være viktig å velge en metode som passer godt til situasjonen. Metoden som ble valgt her var et evalueringsverktøy som er beskrevet i Jordanger et al. (2007) med noen justeringer. Verktøyet ble valgt fordi det er lett å anvende i praksis, samtidig som det gir rom for nyanserte vurderinger og eksplisitt håndtering av flere mål. Dette gjør metoden egnet for beslutningssituasjonen som vurderes her.

En utfordring med denne metoden er at den forutsetter at svært ulike kriterier, som økonomi og miljø, kan verdsettes på en felles og sammenlignbar skala, her 1 til 7. Dette kan være krevende i praksis, ettersom slike kriterier ofte representerer ulike verdidimensjoner som ikke uten videre lar seg verdsette på en lik måte. I denne analysen er det utarbeidet tabellbeskrivelser for scoregivningen, som skal bidra til å standardisere vurderingsprosessen og gjøre den mer konsistent og etterprøvable. Likevel kan det være utfordrende å sikre at slike beskrivelser faktisk tolkes likt av ulike personer, særlig når kriteriene er komplekse, tverrfaglige eller basert på skjønn. Dermed kan det fortsatt oppstå variasjoner i hvordan aktørene gir poeng, noe som kan påvirke analysens robusthet.

Bruken av en tverrfaglig gruppe i utviklingen av modellen har vært sentral for å sikre både balanse og legitimitet i beslutningsgrunnlaget. Dette samsvarer med anbefalingene fra Macharis og Bernardini (2015), som understreker viktigheten av bred aktørinvolvering og tverrfaglig deltakelse i beslutningsprosesser. Gruppen besto av åtte deltakere, hvorav seks var ansatte i Skien kommune med ulike faglige ansvarsområder, og to representerte eksterne rådgivere. Gruppen hadde en tverrfaglig sammensetning med representanter med teknisk, miljøfaglig og økonomisk kompetanse, noe som bidro til en helhetlig og balansert vurdering av tiltakene. Ved å inkludere både interne og eksterne stemmer, ble diskusjonene mer nyanserte, og modellutviklingen ble forankret i både lokal kontekst og bredere fagkunnskap. Dette har ført til en modell som i større grad fanger opp kommunens prioriteringer på en både relevant og balansert måte. Den faglige bredden og åpenheten i prosessen bidrar dermed ikke bare til økt kvalitet i analysen, men også til styrket tillit til at den resulterende beslutningen er kunnskapsbasert og etterprøvbart.

Samtidig peker Macharis og Bernardini (2015) og Beutler et al. (2024) på viktigheten av bred brukerinvolvering i beslutningsprosesser. I utviklingen av modellen har imidlertid involveringen vært begrenset til en ekspertgruppe, uten deltakelse fra sekundære interessenter som beboere eller sluttbrukere. Dette kan anses som en svakhet, da det å ikke inkludere ikke-eksperter reduserer muligheten for å fange opp behov og verdier fra de som påvirkes av beslutningen. Når kun eksperter deltar, er det risiko for at modellen reflekterer et snevert faglig perspektiv, fremfor en helhetlig forståelse av situasjonen. Ifølge Macharis og Bernardini (2015) kan en slik begrensning svekke legitimiteten til analysen, og føre til lavere tillitt til beslutningen blant berørte parter.

Dette bildet støttes også av Beutler et al. (2024) som gjennomgår en rekke flermålsanalyser innen miljøforvaltning og bærekraft. Studien viser at interessenter sjelden inkluderes i hele beslutningsprosessen, og at involvering ofte begrenser seg til vekting av kriterier. Dette tyder på et vedvarende gap mellom anbefalt metode og faktisk praksis, som også er gjeldende i denne oppgaven. Selv om den tverrfaglige gruppen har gitt et godt faglig grunnlag, viser erfaringene at bredere brukerinvolvering kan være avgjørende for å sikre at beslutningsgrunnlaget oppleves som relevant, rettferdig og bærekraftig for alle berørte parter.

Samtidig er det viktig å være bevisst på at involvering i seg selv ikke nødvendigvis forbedrer kvaliteten på beslutningsgrunnlaget. Rowe og Frewer (2000) understreker at involvering av interessenter bør være godt planlagt og strukturert for å være et effektivt hjelpemiddel. De peker på at deltakelse uten tydelig formål, kunnskapsstøtte eller metodisk kontroll kan skape forvirring og svekke kvaliteten i analysen. Basert på dette kan fraværet av direkte brukerinvolvering i denne oppgaven forstås som en realistisk vurdering av hva som lot seg gjennomføre. Selv om bredere deltakelse kunne ha styrket legitimiteten, har den tverrfaglige ekspertgruppen bidratt til en strukturert og faglig robust prosess innenfor rammene av tilgjengelige ressurser og tidsplan.

På grunn av begrenset tid ble kriteriene fastsatt på forhånd, uten full involvering fra ekspertgruppen i denne fasen. Dette strider mot anbefalingen til Beutler et al. (2024) om tidlig involvering av interessenter. De fremhever at aktører bør inkluderes allerede i oppstartsfasen av prosessen for å sikre relevans i vurderingene. Dette er særlig viktig i en kommunal kontekst, hvor beslutninger ofte får direkte konsekvenser for innbyggere, ansatte og andre berørte parter. Selv om ekspertgruppen ikke deltok i selve utarbeidelsen av kriteriene, kom de med verdifulle tilbakemeldinger i etterkant. Likevel ville det vært mer i tråd med anbefalingene om de hadde vært involvert allerede i utformingsfasen, noe som kunne ha styrket både relevansen, presisjonen og legitimiteten til kriteriene.

Erfaringene fra utarbeidelsen av flermålsanalysemodellen i denne masteroppgaven indikerer at prosessen for fastsettelsen av kriteriene kunne vært gjennomført på en mer åpen måte. Under valideringen, der flere av de samme deltakerne deltok, kom det frem at enkelte kriterier ikke lenger ble ansett som relevante og derfor ble utelatt fra den endelige vurderingen. Dette burde ideelt sett vært identifisert i den innledende fasen, da kriteriene ble utviklet. At slike justeringer først ble gjort under valideringen, kan tyde på at det har vært ulik tolkning av hva de opprinnelige kriteriene faktisk omfattet. En mer strukturert og involverende prosess for kriterieutforming kunne ha bidratt til å avklare slike uklarheter tidligere, og lagt et mer solid grunnlag for analysen.

Valideringen av modellen representerer en viktig styrke ved arbeidet, da det følger anbefalingene fra Macharis og Bernardini (2015) om å inkludere relevante aktører i prosessen for å sikre brukbarhet i praksis. En slik validering gir økt tillit til at kriteriene og beskrivelsene er forståelige og relevante for dem som skal bruke modellen, og bidrar til å styrke modellens legitimitet. Samtidig innebærer det en begrensning at modellen kun ble testet på én gruppe, og at gruppen ikke rakk å validere alle kriteriene. Dette reduserer muligheten til å fange opp variasjoner i hvordan kriteriene og kategoriene tolkes.

For å øke tiltroen til modellen kunne det vært hensiktsmessig å involvere flere grupper med relevant fagkompetanse. Dette kan være enten en gruppe med lik eller ulik bakgrunn som gruppen som har blitt benyttet her. Det mest essensielle er at deltakerne til sammen har inngående kjennskap til fagområdene som vurderes, og den aktuelle problemstillingen. Dette skiller seg fra den tidligere fasen av modellutviklingen, hvor et bredt spekter av perspektiver og tverrfaglig innsikt var særlig verdifullt. I valideringsfasen er det derimot avgjørende med faglig forankring, slik at vurderingene gjenspeiler en informert og kvalifisert forståelse av hva som faktisk lar seg gjennomføre, og hvilke utfordringer og prioriteringer som er relevante. Uten denne typen bredere faglig kalibrering øker usikkerheten rundt om analysens resultater er robuste, eller om de i større grad er preget av enkeltpersoners tolkninger og mulig tvetydighet i beskrivelsen av kategoriene.

Som beskrevet i metodekapitlet ble modellen tilpasset kommunal kontekst ved innføre noen forenklinger. Et sentralt aspekt ved modellen er inndelingen i hovedkriterier og underkriterier. Dette baserer seg på Gogate et al. (2017) sin inndeling av modellen i hovedkriterier og underkriterier. Det som

skiller denne modellen fra Gogate et al. (2017) er at i denne modellen valgte ekspertgruppen kun å tildele vektorer til hovedkriteriene. En viktig fordel ved denne tilnærmingen er at modellen blir mer oversiktlig og lettere å forstå, samtidig som det åpner for å inkludere flere nyanserte vurderingspunkter gjennom underkriteriene. Denne forenklingen kan gjøre modellen mer anvendelig i praksis, særlig i kommunale beslutningsprosesser hvor tid og ressurser ofte er begrensede.

For å gjøre modellen mest mulig ressurseffektiv ble det valgt å benytte en kategorisering innenfor hvert underkriterium. Denne tilnærmingen forenkler vurderingsprosessen og reduserer behovet for spesialisert kompetanse, ettersom det er enklere å tilordne et konsept til en gitt kategori enn å gi en presis vurdering på en skala, for eksempel fra 1 til 7. Jordanger et al. (2007) trekker også frem at nøyaktigheten til vurderingene en ekspertgruppe gjør vil være begrenset, og at det ikke vil være hensiktsmessig å benytte en findelt skala. Derfor ble det valgt her å heller benytte en enkel kategorisering. En slik forenkling gjør modellen mer anvendelig, og ifølge Gogate et al. (2017) vil det være en fordel med kvalitative metoder for å vurdere konseptene der det er stor usikkerhet knyttet til vurderingen.

Ulempen med kategoriseringen er at det innebærer en viss reduksjon i presisjon, ettersom nyansene i vurderingene i mindre grad fanges opp. Ved å tildele vekt kun på hovednivå fremfor å tildele hvert underkriterium en vekt slik som Gogate et al. (2017) gjør, mister man muligheten til å skille mellom viktigheten av de enkelte underkriteriene. I modellen er det riktignok trukket frem ett prioritert underkriterium per hovedkriterium, mens de øvrige underkriteriene er gitt lik betydning. Dette gir et forenklet bilde av virkeligheten, der underkriteriene i praksis ofte vil ha ulik betydning. En mer presis modell kunne ha blitt oppnådd ved å vekte alle underkriteriene individuelt, men dette ville samtidig ha økt kompleksiteten og gjort den mindre brukervennlig, noe som kunne redusert sannsynligheten for at den tas i bruk.

Ved å benytte denne modellen på case Kjorbekk har Skien kommune lagt til rette for et mer informert og balansert beslutningsgrunnlag i vurderingen av rehabiliteringstiltak på Kjorbekk II. Selv om modellen har enkelte begrensninger, bidrar den i betydelig grad til å styrke grunnlaget for et mer informert og helhetlig valg i beslutningsprosessen. Oppsummert er styrkene til modellen:

- Modellen bygger på en problemorientert tilnærming
- Strukturering av komplekse problemstillinger
- Den tverrfaglige ekspertgruppen sikrer at modellen er bygd opp basert på et balansert grunnlag
- Forenklingene gjør modellen mer anvendbar
- Modellen er validert av en aktør

Svakhetene er:

- Sekundære interessenter eller brukere var ikke representert i ekspertgruppen
- Det er utfordrende å verdsette ulike kriterier på en felles skala

- Ekspertgruppen var ikke inkludert i utarbeidelsen av kriteriene
- Forenklingene kan ha gått utover presisjonen i analysen
- Modellen er kun validert med én gruppe

6.3 Modellens overførbarhet

I de forrige delkapitlene ble det reflektert rundt hvordan flermålsanalysemetodikken har fungert på case Kjørbekk, og hva som er styrkene og svakhetene med den utarbeidede flermålsanalysemodellen. I dette kapitlet skal det diskuteres om modellen som er utarbeidet for Kjørbekk kan være overførbar til andre caser med lignende problemstilling. Her er diskusjonen om modellens overførbarhet er begrenset til dens tekniske og metodiske egenskaper fremfor interessen i bransjen. En mer omfattende vurdering av dette kan være nødvendig for å fullt ut forstå hvordan modellen kan implementeres i fremtidige prosjekter.

Det er mange hensyn som skal balanseres i en kommune da kommunen har mange ansvarsområder, og det kan være utfordrende å vite hvor stor vekt hvert hensyn bør ha. På den ene siden er hver case unik, og både målsettingene og hensynene vil variere fra case til case, noe som kan føre til at den samme vektingen ikke nødvendigvis er passende for alle prosjekter. De ulike utfordringene og forutsetningene som er knyttet til hvert avfallsdeponi, kan kreve at vektene justeres for å reflektere de spesifikke forholdene. En av grunnidéene bak flermålsanalyse er at vekting av kriterier skal være spesifikke for det aktuelle beslutningsproblemet, og ikke baseres på en standardisert tilnærming, noe som gjør det mulig å ta hensyn til lokale forhold som ellers ville blitt oversett i mer generelle modeller (Jordanger et al., 2007).

På den andre siden, selv om ulike kommuner kan ha forskjellige prioriteringer, vil det sannsynligvis være flere felles trekk som gjør at det vil være nødvendig med minimale justeringer. Asplan Viak (2019) viser at det eksisterer flere felles mål og prioriteringer på tvers av kommuner og fylkeskommuner. Analysen av styringsdokumenter fra 41 kommuner av ulik størrelse avdekket at områder som økonomi, bærekraft, digitalisering og innbyggerinvolvering er gjennomgående prioriteringer i kommunesektoren. Dette antyder at det finnes betydelige likhetstrekk i kommunenes vurderingsgrunnlag, noe som styrker argumentet for at en modell som den som er utviklet i denne masteroppgaven kan ha overføringsverdi til lignende problemstillinger i andre kommuner.

For å utvikle denne modellen ble det benyttet en bred gruppe med kunnskap fra ulike fagområder i en mellomstor kommune til å tallfeste disse vektene. Selv om lokale interessenter eller sluttbrukere ikke var representert i ekspertgruppen, styrker tverrfagligheten i ekspertgruppen troverdigheten til analysen og vektene som er brukt i modellen (Beutler et al., 2024). Dette bidrar til at modellen ikke bare reflekterer individuelle preferanser, men i større grad representerer en balansert vurdering av hva som er viktig i en kommunal beslutningssammenheng. Basert på dette fremstår det som rimelig å anta at

mange kommuner kunne endt opp med en lignende fordeling av vektene, og at modellen som er utviklet for Kjorbekk II dermed potensielt kan gi et nyttig utgangspunkt for tilsvarende beslutningsprosesser i andre kommuner.

En annen faktor som styrker modellens anvendbarhet på tvers av ulike caser, er at den kun vekter de generelle hovedkriteriene. Dette gir større fleksibilitet og gjør det lettere å tilpasse modellen til forskjellige kontekster. Hvis hvert underkriterium hadde fått en egen vekt, ville det vært større risiko for at vektene ikke passer til andre caser. I tillegg er kriteriene ikke geografisk avgrenset, noe som ytterligere øker modellens overførbarhet og mulighet for anvendelse på tvers av ulike kommuner og prosjekter.

Enda et aspekt ved modellen som indikerer at den kan passe til lignende caser i andre kommuner er fokuset på brukervennlighet og ressurseffektivitet. Det er flere kommuner i Norge som på samme måte som Skien kommune, har begrensede ressurser (Kommunesektorens organisasjon, 2024). Derfor kan det være interesse for en slik modell for flere kommuner i Norge. På grunn av fokuset på brukervennlighet og ressurseffektivitet kan også sannsynligheten være større for at modellen kan implementeres i beslutningsprosesser.

Selv om det ikke er vanlig praksis å overføre en modell direkte fra ett case til et annet, kan dette i enkelte tilfeller være hensiktsmessig, særlig når casene har tilstrekkelige likheter. En slik tilnærming kan spare tid, ettersom utvikling av en modell fra bunnen av er tidkrevende. Det er imidlertid viktig å vurdere om modellen trenger betydelige endringer for å tilpasses de spesifikke forholdene i det nye caset. Dersom tilpasninger er nødvendige, kan man bruke den eksisterende modellen som et utgangspunkt, og ved å gjøre de nødvendige justeringene både spare tid og åpne for muligheter til videre forbedring.

6.4 Flermålsanalyse som beslutningsstøtte

I det foregående er resultatene av flermålsanalysen diskutert, styrkene og svakhetene med modellen er belyst, og det er diskutert om modellen er generaliserbar til andre deponier som står ovenfor lignende problemstillinger. I det følgende vil det diskuteres om flermålsanalysemetodikken vil være nyttig som beslutningsstøtte i spørsmål om implementering av tiltak for vannhåndtering i forbindelse med eldre kommunale avfallsdeponier i bynære strøk.

Ifølge Macharis et al. (2012) gir flermålsanalyse et mer transparent og etterprøvbart beslutningsgrunnlag, noe som styrker kvaliteten i offentlige beslutningsprosesser. I tillegg fremheves det at slike metoder egner seg godt for komplekse beslutningssituasjoner med mange aktører og motstridende mål, slik som i kommunale plan- og utviklingsprosesser. Anvendelsen av dette verktøyet muliggjør et mer systematisk og kunnskapsbasert beslutningsgrunnlag, noe som styrker etterprøvbarheten til det endelige valget. Dette er særlig viktig for de komplekse problemstillingene som behandles i denne masteroppgaven, ettersom det kan være vanskelig å avgjøre hvilket valg som er det

rette. Gitt at det dreier seg om store investeringer, blir det ekstra avgjørende å velge det mest hensiktsmessige konseptet.

Basert på de økonomiske utfordringene mange kommuner står overfor, blir det spesielt viktig å anvende verktøy som sikrer en helhetlig vurdering av ulike beslutningskriterier. En presset økonomi kan i mange tilfeller medføre at økonomiske hensyn alene får avgjørende betydning, og at det rimeligste konseptet automatisk foretrekkes. Flermålsanalyse bidrar imidlertid til å synliggjøre og integrere flere relevante kriterier i vurderingsgrunnlaget, noe som muliggjør en mer nyansert og faglig forankret beslutningsprosess. Gjennom inkludering av kriteriene økonomi, teknisk vurdering, miljø og sosiale faktorer synliggjøres ulike dimensjoner ved hvert konsept som ellers kunne ha blitt oversett i en mer ensidig vurderingsprosess. Dette gjør beslutningsgrunnlaget mer balansert, styrker etterprøvbareheten og reduserer risikoen for beslutninger basert på enkeltpersoners preferanser.

En annen fordel ved å anvende flermålsanalysemetodikken er at den fremmer diskusjon og tverrfaglig samarbeid, noe som er avgjørende for å sikre en helhetlig vurdering. Utarbeidelsen av modellen har vist at det i problemstillinger som denne, hvor dagens løsninger ofte ikke er optimale, er behov for nytenkning. Ved å inkludere fagpersoner med ulik bakgrunn, bringes det inn ulike perspektiver på hva som er relevant, og hvilke konsekvenser tiltakene kan ha over tid. Dette gir ikke bare et mer nyansert bilde av hvert alternativs styrker og svakheter, men øker også sannsynligheten for å identifisere innovative eller mer hensiktsmessige løsninger (Alves et al., 2007). I komplekse problemstillinger hvor gode løsninger er vanskelige å finne, og der handlingsrommet ofte er begrenset, kan tverrfaglighet være en nøkkel til å utvikle bedre tilnærminger enn de som tradisjonelt er benyttet.

Denne tverrfagligheten kan på den andre siden føre til utfordringer i gjennomføringen. Kommuner kan ha vanskeligheter med å sette sammen en bred gruppe til evalueringer på grunn av begrensede ressurser. Ofte må én person fylle flere roller, og kommuner leier inn ekspertise fordi de mangler egne ansatte med nødvendig kunnskap (T. Brommeland, personlig kommunikasjon, 19. februar 2025). Dette kan komplisere analysen, som krever faglig kunnskap på flere områder. Dersom kommunen ikke innehar kunnskapen til å gjøre alle vurderingen er det ikke gitt at kommunene vil være villige til å investere i eksterne vurderinger. Kommunen må vurdere om de har tilstrekkelig intern kompetanse eller om de må leie inn faglig støtte. Manglende intern ekspertise og beslutningen om ikke å investere i ekstern ekspertise kan skape usikkerhet rundt resultatene i flermålsanalysen og svekke tilliten til det anbefalte konseptet.

I tillegg kan det stilles spørsmål ved om det er nødvendig å benytte en ressurskrevende metode som flermålsanalyse, særlig når samme konklusjon ble nådd uten bruk av denne metoden i Kjørbekk caset. I dette tilfellet fremstod bekkeåpning som det klart mest hensiktsmessige tiltaket, noe som gjorde valget relativt uproblematisk. I en annen case kunne imidlertid forutsetningene vært annerledes, for eksempel dersom kumrehabilitering var mindre kostbart, eller kulvertens dybde ikke var like stor, kunne

strømperenovering stilt sterkere. Slike forhold kunne ha gjort valget mellom tiltakene mindre åpenbart og dermed økt behovet for en strukturert beslutningsstøtte. Selv om flermålsanalysemetodikken er særlig verdifull i situasjoner der det ikke er åpenbart hvilket tiltak som er mest hensiktsmessig, kan den også ha stor nytteverdi når ett alternativ fremstår som klart bedre enn de andre. I slike tilfeller kan analysen bidra til å bekrefte beslutningen, samtidig som den styrker kvaliteten på prosessen ved å sikre transparens, etterprøvbarehet og økt legitimitet.

7. Konklusjon

Målet med oppgaven var å vurdere om flermålsanalysemetodikken kan være nyttig som beslutningsstøtte i spørsmål om implementering av tiltak for vannhåndtering i forbindelse med eldre kommunale avfallsdeponier i bynære strøk. Basert på funnene fra case-studien Kjorbekk II, og gjennom en grundig drøfting av modellens styrker, svakheter og overførbarhet kan det konkluderes med at modellen er kan benyttes som utgangspunkt for andre lignende caser, men at det fortsatt er noe arbeid som gjenstår før modellen tas i bruk. Metodikken har flere fordeler, og etter å ha anvendt den på case Kjorbekk konkluderes det med at metodikken har stor nytteverdi i denne typen beslutningsprosesser.

Flermålsanalysen identifiserte bekkeåpning som det mest hensiktsmessige tiltaket i Kjorbekk II, basert på en helhetlig vurdering av økonomiske, tekniske, miljømessige og sosiale kriterier. Robusthetsanalysen støttet opp om dette funnet. Her kommer det frem at flermålsanalysen har bidratt til å styrke beslutningsgrunnlaget ved å strukturere og tydeliggjøre ulike relevante hensyn. Selv om det i denne casen var et tiltak som utpekte seg som særlig fordelaktig, viser analysen at metodikken også har verdi i slike tilfeller, ikke ved å endre konklusjonen, men ved å gi beslutningen større transparens, etterprøvnbarhet og legitimitet.

Modellen utviklet for Kjorbekk II hadde flere styrker, særlig knyttet til en problemorientert tilnærming, tverrfaglig samarbeid, enkel anvendelse og evnen til å strukturere komplekse vurderinger. Samtidig ble det identifisert svakheter, som manglende involvering av lokale interessenter, utfordringer med verdsetting av ulike kriterier på en felles skala, redusert presisjonsnivå og forhåndsdefinerte kriterier. Selv om det var en fordel å ha påbegynt en valideringsprosess, gjenstår det noe arbeid for å sikre en fullstendig validering. Ekspertgruppens tverrfaglige sammensetning ga imidlertid analysen nødvendig legitimitet og bidro til etterprøvnbarhet i resultatene. Samlet sett fremstår modellen som et nyttig beslutningsverktøy, samtidig som enkelte metodiske forbedringspunkter bør vurderes ved videre anvendelse.

Når det gjelder modellens overførbarhet, viser funnene at selv om det ikke er vanlig praksis å overføre flermålsanalysemodeller direkte mellom ulike caser, kan det være nyttig når casene har tilstrekkelige likheter. Dersom justeringer er nødvendige, kan modellen brukes som et utgangspunkt for tilpasning. I tider med stramme økonomiske rammer kan dette bidra til å styrke beslutningsgrunnlaget uten at det er nødvendig å utvikle en helt ny modell. Flere faktorer taler for denne tilnærmingen, blant annet at modellen bygger på generelle hovedkriterier, har en fleksibel struktur, og er utviklet med tanke på enkel implementering og ressursbesparelser. I tillegg finnes det mange felles mål og prioriteringer på tvers av kommuner, noe som øker sannsynligheten for at modellen kan tilpasses med kun små justeringer.

Flermålsanalyse er særlig verdifull i beslutningssituasjoner preget av kompleksitet og mange hensyn, slik som ved håndtering av gamle avfallsdeponier. Metodikken kan både redusere risikoen for feilinvesteringer, bidra til nye innovative løsninger, og bidra til bedre kvalitet i beslutningsprosessen

gjennom transparens, systematikk og legitimitet, også i tilfeller der det foretrukne tiltaket fremstår som opplagt. Selv om det gjenstår arbeid før denne modellen kan anvendes direkte på lignende caser, viser masteroppgaven at metodikken er nyttig. Oppgaven bidrar dermed med et konkret eksempel på hvordan flermålsanalyse kan tas i bruk i praksis i en kommunal kontekst, og kan danne grunnlag for videre metodisk utvikling og anvendelse i bransjen.

7.1 Videre arbeid

Denne masteroppgaven representerer et første steg i retning av å tilpasse flermålsanalysemetodikken til kommunal planlegging, men modellen krever videre utvikling før den eventuelt kan tas i bruk i andre kommuner eller lignende caser. Blant annet er det nødvendig å forbedre og presisere beskrivelsene i modellen, da disse per i dag fremstår som relativt generelle og kan dra nytte av ytterligere spesifisering. Dette kan gjøres ved å valideres med ytterligere grupper med relevant kompetanse. Den er foreløpig testet av én gruppe, og det er derfor behov for å få innsikt i hvordan ulike aktører tolker og bruker modellen, for å sikre at den er anvendelig og forståelig for ulike aktører. Videre testing og justering anbefales for å redusere usikkerhet og øke treffsikkerheten i beslutningsprosessen.

En annen viktig del av det videre arbeidet er å involvere et bredere spekter av interessenter i utvikling av modellen. I denne studien har modellen hovedsakelig blitt testet og vurdert av en ekspertgruppe, men for å sikre at den blir relevant og treffsikker i en kommunal kontekst, bør også brukergrupper og andre sekundære interessenter inkluderes. Det kunne derfor vært nyttig å undersøke hvordan brukernes synspunkter samsvarer med de vurderingene ekspertgruppen har gjort, for å vurdere om modellen virkelig reflekterer et bredt spekter av behov og interesser.

En annen potensiell forbedring er å øke presisjonen i modellens vurderinger, særlig når det gjelder den økonomiske vurderingen. En mer nyansert vurdering av disse kostnadene kan bidra til å gi en mer presis beslutningsstøtte, noe som vil være nyttig for å unngå feilvurderinger. Dette er spesielt viktig da økonomi har en stor vekt, og feilvurderinger kan få store utslag i analysen.

Før en endelig beslutning fattes for Kjørbekk II deponiet, kan det være nyttig å bruke en ekspertgruppe for å kvalitetssikre kategoriseringen som er gjort i modellen. Kvalitetssikring er en essensiell del av beslutningsprosessen, og den kan bidra til å styrke legitimiteten og påliteligheten til analysen. I tillegg vil det være nyttig å gjennomføre en kalibrering av modellen for å undersøke om modellen gjør rimelige avveininger mellom ulike typer kriterier. En systematisk kalibrering kan bidra til å styrke modellens treffsikkerhet, transparens og praktiske verdi, og avdekke eventuelle skjevheter i hvordan ulike kriterier påvirker det endelige resultatet. Ettersom denne casen ikke hadde et kvantitativt kriterium å gjøre kalibreringen mot ble det ikke gjort her, men dette kan være relevant å gjøre for andre caser.

Dersom modellen skal benyttes i lignende prosjekter fremover, kan det også være hensiktsmessig å etablere et enkelt kvalitetssikringssystem (KS-system) for modellen. Et slikt system bør inneholde klare retningslinjer for oppdateringer, dokumentasjon og anvendelse av modellen, samt prosedyrer for hvordan vekting og kriterier skal tilpasses ulike kontekster. Dette vil kunne sikre mer konsistent bruk på tvers av prosjekter, og samtidig styrke tilliten til modellen som beslutningsverktøy.

Til sist kan det være verdifullt å kartlegge interessen og behovet for et slikt verktøy blant andre deponieiere og kommuner. En slik undersøkelse kan gi indikasjoner på hvilke tilpasninger som eventuelt må gjøres for at den skal tas i bruk bredt i kommunal sektor. Dette vil være avgjørende for modellens videre utvikling og relevans i praksis.

Gjennom å adressere disse punktene kan modellen forbedres og tilpasses ytterligere, slik at den kan brukes som et effektivt verktøy for beslutningstaking i kommunale planprosesser som involverer komplekse problemstillinger som vannhåndtering i forbindelse med eldre deponier.

8. Kilder

- Alves, J., Marques, M. J., Saur, I. & Marques, P. (2007). Creativity and innovation through multidisciplinary and multisectoral cooperation. *Creativity and innovation management*, 16(1), 27-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2007.00417.x>
- Arvesen, S. (2013). *Instruks for gjennomføring av usikkerhetsanalyser* (Styringssystem). Jernbaneverket. <https://anskaffelser.no/sites/default/files/Usikkerhetsh%C3%A5ndtering%20%E2%80%9393%20Jernbaneverket.pdf>
- Asplan Viak. (2019). *Prioriterte mål i kommunalt og fylkeskommunalt planarbeid* (621952-01) (KS- FoU- Prosjekt 1840111). <https://www.ks.no/contentassets/9b46a6940db54fae865da7dcd06fb7ec/rapport-fou-prosjekt-184011.pdf>
- Avfall Norge. (2015). *Veileder for avslutning og etterdrift av deponier* (Rapport 12/2015). Avfall Norge. <https://avfallnorge.ams3.digitaloceanspaces.com/avfall-norge-no/dokumenter/2015-12-Veileder-Avslutning-og-etterdrift-av-deponier-Avfall-Norge.pdf>
- Avfallsforskriften. (2004). *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall* (FOR-2004-06-01-930). Lovdata. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL_9#%C2%A79-3
- Beutler, P., Larsen, T. A., Maurer, M., Staufer, P. & Lienert, J. (2024). A participatory multi-criteria decision analysis framework reveals transition potential towards non-grid wastewater management. *Journal of Environmental Management*, 367, 121962. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121962>
- Byggteknisk forskrift (TEK17). (2017). *Forskrift om tekniske krav til byggverk* (FOR-2023-06-22-1092). Lovdata. <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/15/iii/15-8>
- Cossu, R. & Stegmann, R. (2019). *Solid waste landfilling: Concepts, processes, technology*. Elsevier.
- EPD Norge. (u.å.). *Hva er en EPD?* Hentet 12.02.2025 fra <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>
- Finansdepartementet. (2010). *Utarbeidelse av KVV/KL dokumenter* (Veileder 9). Finansdepartementet. https://www.regjeringen.no/contentassets/d16417cc990c457db3fb2965dcdf3abe/veileder_nr9_utarbeidelse_av_kv_kl_dokumenter.pdf
- Fjordkraft. (u.å.). *Klimakalkulator*. Hentet 15.04.2025 fra <https://www.fjordkraft.no/klima/klimakalkulator/>
- Furre, S. (u.å.). *Livsløpsanalyser (LCA)*. Norsk institutt for bioøkonomi. Hentet 24.01.2025 fra <https://www.nibio.no/tema/miljo/livsløpsanalyser-lca>
- Gogate, N. G., Kalbar, P. P. & Raval, P. M. (2017). Assessment of stormwater management options in urban contexts using Multiple Attribute Decision-Making. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2046-2059. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.079>
- Grav, A. (2017, 23. mai). *Hydroteknikk - Tiltak lukka løp*. Norsk Landbruksrådgiving SA (NLR). Hentet 12.01.2025 fra <https://www.nlr.no/fagartikler/hydroteknikk/midt/hydroteknikk-tiltak-lukka-lop>
- Gulden, K. T. (2017, 16. juni). *Dammer og våtmarker renser den nyåpnede Hovinbekken*. NIBIO. Hentet 15.04.2025 fra <https://www.nibio.no/nyheter/ta-hovinbekken-i-bruk-men-vent-med-badingen?locationfilter=true>
- Gustavsen, Ø. & Jansson, H. K. (2018). Her er Norges skjulte søppeldynger. *NRK*. <https://www.nrk.no/stor-oslo/her-er-norges-skjulte-soppeldynger-1.14000265>

- Hassum, M. (2022). *Kartlegging av utbredelse og egenskaper til topptetting på Brånåsdalen nedlagte avfallsdeponi i Lillestrøm* (Masteroppgave). Norges miljø-og biovitenskapelige universitet. <https://hdl.handle.net/11250/3022510>
- Hjelle, S. L. (2024). *Feltundersøkingar og kartlegging av toppdekke og tetningslag på Brånåsdalen nedlagte avfallsdeponi* (Masteroppgave). Norges miljø-og biovitenskapelige universitet. <https://hdl.handle.net/11250/3154059>
- Holte, K. R. (2024, 14. mars). *Hvorfor får vi mer ekstreme nedbørmengder med global oppvarming?* Meteorologisk institutt. Hentet 12.01.2025 fra <https://www.met.no/nyhetsarkiv/hvorfor-far-vi-mer-ekstreme-nedborsmengder-med-en-global-oppvarming>
- Infrasteel. (2023, 12. desember). *The Most Common Reasons for Culvert Failure, Explained*. Infrasteel. Hentet 31.03.2025 fra <https://infrasteel.com/the-most-common-reasons-for-culvert-failure-explained/>
- Jordanger, I., Malerud, S., Minken, H. & Strand, A. (2007). *Flermålsanalyser i store statlige investeringsprosjekt* (Concept rapport nr. 18). Concept-programmet 2007. <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/Flerm%C3%A5lsanalyser+i+store+statlige+investeringsprosjekt.pdf/05f48234-c894-4deb-a7ec-6a181e52dc57?t=1684238584705>
- Kartverket. (u.å.). *Norge i bilder*. <http://www.norgeibilder.no/>
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A. & Christensen, T. H. (2002). Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical reviews in environmental science and technology*, 32(4), 297-336. <https://doi.org/10.1080/10643380290813462>
- Klima- og miljødepartementet. (2023, 28. august). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. Regjeringen.no. Hentet 01.05.2025 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>
- Kommunesektorens organisasjon. (2024). *Økonomisk handlingsrom - endelige Kostratall 2023* (Notat). <https://www.ks.no/contentassets/a747a1f72d234fe28295c8a76b31f6da/Notat-okonomisk-handlingsrom-endelige-Kostratall-2023.pdf>
- Loe Rørprodukter. (2023). *ESG-rapport* (Loe Impact 2023). <https://loe-ror.no/~documents/brosjyrer-og-produktinfo/loe-esg-rapport-2023?layout=default>
- Loftheim Renovasjon. (u.å.). *Rørfornyng*. Hentet 15.04.2025 fra <https://www.loftheimrenovasjon.no/rorfornyng>
- Macharis, C. & Bernardini, A. (2015). Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport policy*, 37, 177-186. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.11.002>
- Macharis, C., Turksin, L. & Lebeau, K. (2012). Multi actor multi criteria analysis (MAMCA) as a tool to support sustainable decisions: State of use. *Decision Support Systems*, 54(1), 610-620. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.08.008>
- Mæhlum, T., French, H. & Steigedal, S. F. M. (2025). *Case Kjørbekk i Skien - Foreløpige erfaringer fra earthresQue undersøkelser på nedlagt deponi i perioden 2022-2025* [Notat (under utarbeidelse)]. earthresQue.
- Miljødirektoratet. (2015). *Klima i Norge 2100 - Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning* (NCCS report 2/2015 2. opplag). Miljødirektoratet. <https://klimaservicesenter.no/kss/rapporter/kin2100>
- Miljødirektoratet. (2020). *Bygging på nedlagte deponier* (M-1780). Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1780/m1780.pdf>
- Miljødirektoratet. (2021). *Mer livskraftige vassdrag - Forslag til nasjonal strategi for restaurering av vassdrag 2021-2030*. Vannportalen. https://www.vannportalen.no/globalassets/vannportalen/kunnskapsgrunnlaget/restauring/restaureringsstrategien/resstrat2021_hoveddel_150921.pdf

- Miljødirektoratet. (2023, 27. mars). *Veileder - Arter i arealplanlegging*. Hentet 01.04.2025 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/arealplanlegging/miljohensyn-i-arealplanlegging/naturmangfold/arter-i-arealplanlegging/>
- Miljødirektoratet. (2025a, 9. januar). *Om forurensset grunn - grunnforurensning*. Hentet 08.04.2025 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/forurensset-grunn/forurensset-grunn/>
- Miljødirektoratet. (2025b, 19. mars). *Veileder - Håndtere sigevann fra deponi*. Hentet 01.04.2025 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/for-naringsliv/deponere-avfall/sigevannsveilederen/>
- Multiconsult. (2018). *Hydrologiske og hydrauliske beregninger* (13018B-Rivass-RAP-001). Norges geologiske undersøkelse. (u.å.-a). *Insar*. Hentet 23.04.2025 fra <https://insar.ngu.no/>
- Norges geologiske undersøkelse. (u.å.-b). *Løsmassekart*. Hentet 23.04.2025 fra https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- Norsk standard. (u.å.). *Standardisering*. Hentet 29.04.2025 fra <https://standard.no/standardisering/>
- NORSUS. (u.d.). *Om livsløpsvurdering – LCA (Life Cycle Assessment)*. Hentet 24.01.2025 fra <https://norsus.no/om-livslopsvurdering/>
- Norva 24. (u. å.). *Rørfornying*. Hentet 15.04.2025 fra https://norva24.no/tjeneste/rorfornying/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=3.3%20R%C3%B8rtjenester&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw782_BhDjARIsABTv_JDfk8-PWLTwGnokMfl21sm6CVq7cDNTQFS-Xy_MaC_UabQWdznHtAaApBBEALw_wcB
- NOU 2009:16. (2009). *Globale miljøutfordringer – norsk politikk*. Finansdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2009-16/id568044/?ch=6>
- NOU 2015:14. (2015). *Bedre beslutningsgrunnlag, bedre styring*. Finansdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-14/id2464978/?ch=4>
- NVE. (2022, 6. des). *Eksempelsamling for overvannstiltak*. Hentet 12.02.2025 fra <https://veiledere.nve.no/eksempelsamling-for-overvannstiltak/tiltak-for-normal-driftssituasjon/bekkeapninger/bekkeapning-ilabekken-trondheim/>
- NVE. (2024, 26. januar). *Sikringshåndboka*. Hentet 22.04.2025 fra <https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/om-sikringshandboka/>
- Oen, A., Okkenhaug, G., Sjødahl, E., Martinez, C. H. & Folde, M. S. (2019). *Fra deponi til landskap i et klimaperspektiv* (M-1405). Worksonland, NGI, Skien kommune. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2020/mai-2020/fra-deponi-til-landskap-i-et-klimaperspektiv---vannhandtering-for-a-hindre-spredning-av-gamle-miljosynder/>
- Olimb Rørfornying AS. (u.å.). *VIDEO: Strømperenovering av avløpsledninger uten inngrep i viktig natur*. Hentet 12.02.2025 fra <https://olimb.no/prosjekter/stromperenovering-av-avlopsledninger-uten-inngrep-i-viktig-natur/>
- Petrov, A. & Geraskina, I. (2017). Synergistic approach to the management of transport infrastructure projects. *Transportation Research Procedia*, 20, 499-504. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.081>
- Pulg, U., Barlaup, B. T., Skoglund, H., Velle, G., Gabrielsen, S.-E., Stranzl, S., Espedal, E. O., Lehmann, G. B., Wiers, T. & Skår, B. (2018). *Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø: God praksis ved miljøforbedrende tiltak i elver og bekker* (LFI-Rapport nr. 296/M-1051 | 2018). Miljødirektoratet & Laboratorium for ferskvannssøkologi og innlandsfiske (LFI).
- Rambøll. (2023). *Kjørbekken - Sammenstilling, handlingsrom og anbefalinger* [Upublisert rapport].
- Rambøll. (2025). *Kjørbekken - Mulighetsstudie for rehabilitering av eksisterende kulvert* [Upublisert rapport].

- Rolstadås, A. (2024a). *Interessentanalyse*. Store norske leksikon Hentet 24.03.2025 fra <https://snl.no/interessentanalyse>
- Rolstadås, A. (2024b, 13. august). *kvalitet (produksjonsteknikk)*. Hentet 06.05.2025 fra https://snl.no/kvalitet_-_produksjonsteknikk
- Rolstadås, A., Johansen, A., Olsson, N. & Langlo, J. A. (2023). *Praktisk prosjektledelse - Fra ide til gevinst*. Fagbokforlaget.
- Rosseland, T. L. (2023). *Forurensningstransport fra Slettebakken deponi i Bergen, fysisk kartlegging og modellering* (Masteroppgave). Norges miljø-og biovitenskapelige universitet. <https://hdl.handle.net/11250/3091168>
- Rowe, G. & Frewer, L. J. (2000). Public participation methods: a framework for evaluation. *Science, technology, & human values*, 25(1), 3-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/016224390002500101>
- Sintef. (2020, 14. april). *Betong er en del av klimaløsningen*. Hentet 04.05.2025 fra <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/-betong-er-en-del-av-klimalosningen/>
- Sivertsen, E., Bruaset, S., Bø, L. A., Johannessen, B. G., Klausen, R., Nøst, T., Solli, J. & Time, B. (2021). Bekkeåpning som klimatilpasningstiltak. En overordnet og flerfaglig anvisning. <https://hdl.handle.net/11250/2758409>
- Skien kommune. (2024). *Prosjektmandat - Kjørbekken - alternativ 0*. Skien kommune - BDK.
- Slinde, G. A., Mæhlum, T., Rannekleiv, S. B., Mjelde, M., Trannum, H. C., Gruang, M., Tobiesen, A. & French, H. K. (2023). *Faktagrunnlag - Vurdering av sigevann fra deponier i Norge* (M-2520). NGI, NIVA & NIBIO. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2023/mars-2023/vurdering-av-sigevann-fra-deponier-i-norge-faktagrunnlag/>
- Statens vegvesen Vegdirektoratet. (2015). *Prosesskode 1: standard beskrivelsestekster for vegkontrakter: hovedprosess 1-7* (Håndbok R761). <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-r761-prosesskode-1-05072018.pdf>
- Steen, M. (2003). *Veileder om miljørisikovurdering av bunntetting og oppsamling av sigevann ved deponier*. SFT. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klifsft/publikasjoner/avfall/1995/ta1995.pdf>
- Straus, J., Reigstad, G. & Anantharaman, R. (2024, 26. mars 2025). *COP29: Kutte metangassutslipp*. SINTEF. Hentet 13.05.2025 fra <https://blogg.sintef.no/energi/cop29-kutte-metangassutslipp/>
- Sweco. (2024). *Miljøteknisk rapport - kartlegging av deponimasser ved Kjørbekk, Skien kommune*.
- Tenbusch Inc. (2013). *Failing Culverts – Structural Problems & Economic Considerations*. https://tenbusch.com/underground_equipment/files/FailingCulvertsStructuralAndEconomicConsiderations.pdf
- Tvedten, M. K., Bue, H. L., Edvardsen, F. & Aschjem, B. (2022). *Nasjonal kartlegging av nedlagte deponier* (M-2129). Miljødirektoratet, Asplan Viak. <https://kudos.dfo.no/documents/51624/files/34071.pdf>
- Ulstein, H. & Grieg, E. (u.å.). *Bedre metode for håndtering av ikke-prissatte virkninger i samfunnsøkonomiske analyser* (Cocept temahefte nr. 19). Concept-programmet. <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/Bedre+metode+for+h%C3%A5ndtering+av+ikke-prissatte+virkninger.pdf/dbdbfd24-5e4a-3cb4-d9de-0e6f541ea82d?t=1647944550447>
- Universitetet i Oslo. (2023, 12. februar). *Bioakkumulering. I Fagtermer A-Å*. <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/b/bioakkumulering.html>

- Volden, G. H., Andersen, B., Engebø, A. & Welde, M. (2023). *Nullalternativets rolle i konseptvalgutredninger* (Concept-rapport nr. 71). Ex ante akademisk forlag. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/3058953/Nullalternativets+rolle+i+konseptvalgutredninger.pdf?sequence=1>
- Zlaugotne, B., Zihare, L., Balode, L., Kalnbalkite, A., Khabdullin, A. & Blumberga, D. (2020). Multi-criteria decision analysis methods comparison. *Rīgas Tehniskās Universitātes Zinātniskie Raksti*, 24(1), 454-471. <https://doi.org/https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0028>

9. Vedlegg

Vedlegg 1

Excel fil for flermålsanalysen.

Vedlegg 2

Excel fil for sammenstilling med pessimistisk scenario for bekkeåpning, sannsynlig scenario for grunt rør og strømperenovering.

Vedlegg 3

Excel fil for sammenstilling med sannsynlig scenario for bekkeåpning, optimistisk scenario for grunt rør og strømperenovering.

Vedlegg 4

Excel fil for sammenstilling med pessimistisk scenario for bekkeåpning, optimistisk scenario for grunt rør og strømperenovering.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelege universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway