

BERGEN KOMMUNE


ERFARINGER FRA KARTLEGGING AV SANDFANGSDRIFT I BERGEN

PILOTPROSJEKT OM INNHENTING AV DRIFTSDATA FOR
BEDRE UTNYTTELSE AV RENSEPOTENSIALE I SANDFANG

RENERE HAVN BERGEN



Dokumentinformasjon

Tittel:	Erfaringer fra kartlegging av sandfangsdrift i Bergen. Pilotprosjekt om innhenting av driftsdata for bedre utnyttelse av rensesensiale i sandfang.		
COWI-kontor:	Bergen		
Oppdrag nr.:	A243166	Rapportnummer	RAP-A243166-2023-09
Utgivelsesdato:	27.10.23	Antall sider:	81
Tilgjengelighet:		Antall vedlegg:	0
Utarbeidet:	Ane Moe Gjesdal Aud Sundal Lars Jørgen Sørfonn		
Kontrollert:	Svein Ole Åstebøl Bjørn Kvisvik		
Godkjent:	Bjørn Kvisvik	Sign.	
Oppdragsgiver:	Bergen kommune	Oppdragsgivers kontaktperson:	Anne Christine Knag
Stikkord:	Sandfang, overvann, oppfyllingsnivå, tømmeplaner, rensesensiale miljøgifter, driftsrutiner sandfang		

INNHOOLD

Sammendrag	4
1 Innledning	6
1.1 Organisering og finansiering	6
1.2 Problembeskrivelse	7
1.3 Målsetting for pilotprosjektet	9
1.4 Retningslinjer for håndtering av forurenset overvann	9
2 Studieområder, kartgrunnlag og driftsrutiner	11
2.1 Studieområder	11
2.2 Gjeldende driftskontrakter for tømning av sandfang	17
2.3 Ledningskart for overvannsanlegg	18
3 Metode	18
3.1 Aktivitetsoversikt	18
3.2 Registreringsverktøy	19
4 Gjennomføring	23
4.1 Datainnsamling ved tømning av sandfang	23
4.2 Koordinering og informasjonsarbeid	26
5 Resultater fra feltregistreringer	26
5.1 Resultater kommunale veier i Kirkebukt-området	26
5.2 Resultater fylkesvei i Kirkebukt-området	44
5.3 Resultater fylkesveier i Bergen sentrum	52
6 Oppsummering av resultater og erfaringer	60
6.1 Registreringsmetode	60
6.2 Grensesnitt og problemstillinger	64
6.3 Samhandling kum-eiere, entreprenører og myndigheter	68
7 Iverksatte tiltak i Bergen	69
7.1 Oppdatering av kart og nye krav i kommunale driftskontrakter	69
7.2 Supplerende objektregistrering i nasjonal vegdatabank	74
7.3 Miljøovervåkning i sjø	74
8 Anbefalinger til kum-eiere	75
9 Referanser	79

Sammendrag

Bergen kommune, ved prosjektet Renere havn Bergen, har gjennomført et pilotprosjekt som har hatt som formål å bidra til redusert spredning av miljøgifter fra overvann til sjø gjennom å tilrettelegge for bedre utnyttelse av rensepotensialet i eksisterende sandfang.

Prosjektet er gjennomført sammen med Bergen kommune, Vestland fylkeskommune, Statsforvalteren i Vestland og entreprenørene Bydrift, Mesta, Presis Veidrift og Vitek. Miljødirektoratet har finansiert prosjektet sammen med Bergen kommune.

Undersøkelser på land og overvåking i sjø viser at overvann tilfører forurensning fra land til sedimentene i sjø. Overvåking i etterkant av gjennomførte tiltak mot forurenset sjøbunn viser tendenser til økende forurensningsnivå i den nyetablerte sjøbunnen. Tilførsel av miljøgifter fra land via overvann vurderes til å være en vesentlig årsak til denne rekontamineringen. Sandfang i overvannssystemet fungerer imidlertid som lokale renseanlegg for overvann og kan holde tilbake ca. 50 % av partikkelbundet forurensning forutsatt at de tømmes før de blir for fulle (Norsk Vann, 2021) (Stiftelsen VA-miljøblad, 2016). Oppfyllingshastigheten, og dermed tømmebehovet for sandfang, kan variere mye mellom ulike områder. I mange tilfeller tømmes sandfangene ikke ofte nok til å utnytte rensepotensialet. Bedre utnyttelse av rensepotensialet i eksisterende sandfang kan forlenge varigheten av utførte miljøtiltak og redusere behovet for opprydning i sjø. Bedre sandfangsdrift vil i tillegg redusere tilslamming i avløpsnett og slamtilførsel til renseanlegg som vil redusere driftsproblemer og vedlikeholdsbehovet på avløpssystemet.

Pilotprosjektet har samlet inn data fra tømning av sandfang i to studieområder i Bergen for å skaffe erfaring med feltregistreringer som kan benyttes til å optimalisere tømmeplaner. Datamaterialet omfatter flere omganger med tømning av sandfang i kommunale og fylkeskommunale veier over en periode på to år. Resultatene er vurdert opp mot nasjonale anbefalinger for best mulig tilbakeholdelse av miljøgifter (Norsk Vann, 2021) (Stiftelsen VA-miljøblad, 2016). Prosjektet har ikke hatt som formål å evaluere de nasjonale anbefalingene.

Resultatene fra pilotprosjektet viste tidlig et tydelig behov for en mer målrettet sandfangstømning og kartlegging. Bergen kommune iverksatte på bakgrunn av dette flere tiltak for å bedre grunnlaget for god sandfangsdrift i kommunale veier. Disse erfaringene er også inkludert i denne rapporten.

For å få en oversikt over status og effekt av gjeldende driftsrutiner, anbefales de offentlige kum-eierne å samle inn informasjon om oppfyllingsnivå og kumdybde ved rutinetømning. Måle- og registreringsmetoden som er testet i pilotprosjektet krever svært enkelt utstyr, utføres raskt til en relativt lav kostnad, kan iverksettes umiddelbart uten behov for investeringer og gir et godt vurderingsgrunnlag for videre driftsplanlegging. Resultatene gir økt driftskontroll og grunnlag for oppdatering av tømmeplaner der dette viser seg å være nødvendig for å utnytte sandfangenes rensepotensiale.

Basert på dette pilotprosjektet og erfaringer fra Bergen kommunes uttesting av feltregistreringer i nye kontrakter, gis det i kapittel 8 en oppsummering av anbefalinger til kum-eiere om hvordan planlegging, gjennomføring, krav i driftskontrakt, databehandling og bruk av resultatene kan innarbeides i sandfangsdriften. Prosjektet har også identifisert ulike grensesnitt og utfordringer i sandfangsdrift som kan ha miljømessig betydning og som aktørene bør være oppmerksomme på.

Anbefalte trinn i oppdatering av tømmeplan

1 Planlegge



1 Planlegg innsamling av data

- Gjennomgå kartgrunnlag
- Velg og tilrettelegg registreringsverktøy
- Utarbeid feltinstruks
- Ha dialog med entreprenør

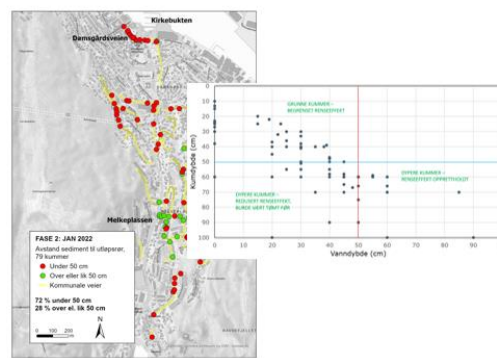
2 Registrere oppfyllingsnivå



2 Registrer oppfyllingsnivå og kuminfo

- Start ved en rutinetømming
- Gjenta ved flere rutinetømminger (2-3)
- Ev. registrer oppfyllingsgrad mellom rutinetømminger hvis lang tømmefrekvens

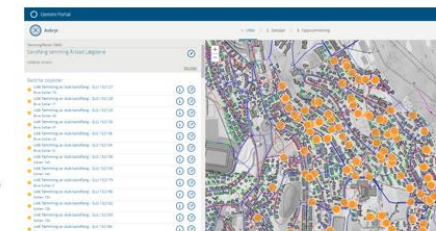
3 Evaluere data



3 Bearbeid innsamlede data

- Framstill resultater i kart og diagram
- Evaluer dagens tømmefrekvens opp mot nasjonale anbefalinger om maksimal oppfyllingsnivå før tømmeing (Norsk Vann, 2021, VA-miljøblad 116)

4 Oppdatere tømmeplan



4 Juster tømmeplan hvis nødvendig

- Vurder både endring av tømmefrekvens og andre tiltak som reduserer oppfyllingshastighet/tømmebehov
- Vurder kost/nytte
- Vurder resipientens sårbarhet
- Vurder praktisk gjennomførbarhet

1 Innledning

For at oppryddingstiltak i forurenset sjøbunn i bynære havneområder skal ha varig effekt, er det en forutsetning å minimere tilførsel av ny forurensning. Overvåking før og etter sjøbunnstiltak i Puddefjorden i Bergen, har gitt gode muligheter til å studere endringer i miljøtilstanden over tid. Tilførsel av urbant, forurenset overvann til byfjorden er identifisert som en vesentlig årsak til rekontaminering av den nyetablerte sjøbunnen i Puddefjorden (COWI, 2021a). Overflateavrenning skyller med seg partikler og miljøgifter i bymiljøet, fra land mot sjø. Sandfang i eksisterende overvannssystemer har imidlertid en betydelig evne til å rense overvann som kan utnyttes bedre gjennom kontroll med fyllingsgrad og tilstrekkelig hyppig tømning. Med bakgrunn i dette har Bergen kommune, ved prosjektet Renere havn Bergen, tatt initiativ til et pilotprosjekt som har hatt som formål å forebygge og redusere tilførsel av ny forurensning til sjøområder for å forlenge varigheten av utførte miljøtiltak og redusere behovet for opprydding i sjø. Nedbørsfeltet til Kirkebukten i Puddefjorden ble valgt ut som studieområde da nedbørsfeltet er relativt oversiktlig og det foreligger flerårig overvåkingsdata for de tilstøtende sjøområdene. Et område i Bergen sentrum ble også benyttet som studieområde. Denne rapporten oppsummerer problemstilling, gjennomføring og resultatene av pilotprosjektet.

1.1 Organisering og finansiering

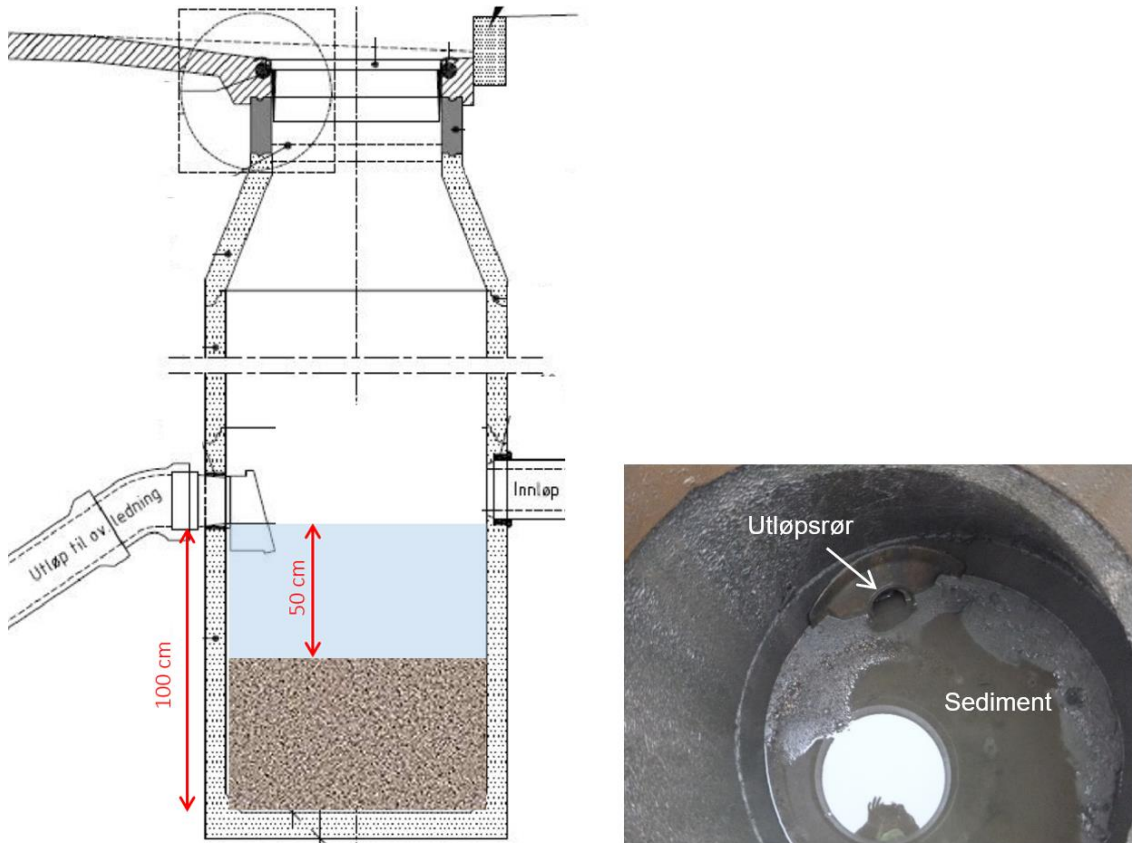
Arbeidet er gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom offentlige kum-eiere (Bergen kommune og Vestland fylkeskommune), tømmeentreprenører (Bydrift, Mesta, Presis Vegdrift og Vitek Miljø) og forurensningsmyndighetene (Statsforvalteren i Vestland og Miljødirektoratet). COWI har hatt ansvar for prosjektplanlegging, koordinering, gjennomføring og databearbeiding. Prosjektet er finansiert av Miljødirektoratet og Bergen kommune. Ekstra driftsutgifter ble dekket av Bergen kommune og Vestland fylkeskommune.

Tabell 1 Prosjektgruppen for pilotprosjektet

Deltakere	Rolle i prosjektet	Kontaktpersoner
Bergen kommune, Renere havn Bergen	Prosjektledelse og koordinering	Anne Christine Knag
COWI for Renere havn Bergen	Metodeutvikling, koordinering, gjennomføring og databearbeiding	Ane Gjesdal Aud Sundal
Bergen kommune, Bergen Vann	Forvalter av avløpsnett og VA-ledningskartet	Lars Jørgen Sørfonn
Bergen kommune, Bymiljøetaten	Ansvarlig for tømmekontrakt, sandfang i kommunal vei	Arild Gundersen
Byrådsavdeling for Klima, miljø og byutvikling, kommunaldirektørens stab	Informasjon om prosjektet i ulike medier og kommunale kanaler	Anne Kringstad, Håvard Prestegården
Vestland fylkeskommune	Ansvarlig for tømmekontrakter, sandfang i fylkesvei	Marianne Kråkenes, Thea Vestrheim Skavhellen, Ingrid Annette Padøy
Bydrift	Tømmeentreprenør	Åge Gjøstein
Mesta	Tømmeentreprenør	Christine Helen Førde
Presis Vegdrift	Entreprenør for vegdrift	Christer Johannessen
Vitek Miljø	Tømmeentreprenør	Andreas Bruvik, Remy Lyssand
Statsforvalteren i Vestland	Forurensningsmyndighet	Magne Nesse

1.2 Problembeskrivelse

Sandfang er i utgangspunktet etablert i overvannssystemene for å samle opp sand, jord og avfall for å hindre tilslamming og driftsproblemer i etterfølgende ledningsnett (Figur 1). Driftsplanene har derfor tradisjonelt vært lagt opp slik at sandfangene skal tømmes tilstrekkelig ofte til at utløpet og det etterfølgende ledningsnettet holdes åpent. For å utnytte sandfangenes rensesensiale for miljøgifter, må de imidlertid tømmes hyppigere enn det som er nødvendig for å opprettholde de opprinnelige funksjonene (Stiftelsen VA-miljøblad, 2016).



Figur 1 Venstre: Halvfull standard sandfangskum med 100 cm dybde fra utløpet av kummen til bunnen av kummen (Stiftelsen VA-miljøblad, 2016). Høyre: Sandfang som er fylt med masser helt opp til utløpet

Sandfangsmasser består av sedimenterte partikler som er vasket av overflatene med overvann i det lokale nedslagsfeltet som drenerer mot de ulike kummene. Generelt vil forurensningsbidraget avhenge av aktiviteten lokalt. Områder med mye trafikk, avrenning fra områder med eldre bebyggelse med forurenset bygningsmateriale og forurenset byjord kan bidra med vesentlig forurensning, mens områder med lite trafikk, hyppig gaterenhold, beplantede hager og nyere bebyggelse vil ha renere overvann.

Overvannssystemet i bymiljø har svært mange sandfang. I byer som Bergen, Trondheim og Oslo kan det være snakk om 10 000 – 30 000 sandfang (Stiftelsen VA-miljøblad, 2016). Sandfangskummer fungerer som lokale rensesett for partikkelbundet forurensning og kan gi en fjerning av ca. 50 % av den partikkelbundne andelen av tungmetaller og organiske miljøgifter dersom de tømmes hyppig nok (Lindholm, 2020) (Norsk Vann, 2021). Den vannløste andelen av stoffene går uhindret gjennom

sandfanget. I sandfang som er fulle av sedimentert materiale kan partikler re-suspenderes og føres ut i sjøen med overvannet i nedbørsintensive perioder. Laboratorieforsøk har vist at når et standard sandfang med 100 cm dybde er mer enn 40 – 60 % fylt, kan selv mindre vannføring føre til utspyling av sedimentinnholdet fra kummen og dermed gi utslipp av partikkelbundet forurensning til resipient (Lager, 1977).

Nasjonale råd for drift av sandfang anbefaler at sandfang med standard dyp på 100 cm tømmes senest når de er halvfulle for å utnytte rensespotensialet til kummene (Norsk Vann, 2021) (Stiftelsen VAMiljøblad, 2016). Dette betyr at avstanden mellom sedimentoverflaten og underkant av utløpsrøret må minimum være 50 cm, eller sagt på en annen måte, vanddybden over sedimentene som er fanget i kummene må minimum være 50 cm (Figur 1).

En rekke tidligere undersøkelser av sandfangskummer nær havneområdene i Bergen har vist at kummene i stor grad er fullere enn anbefalt (COWI, 2008) (COWI, 2012a) (COWI, 2015a) (COWI, 2017) (COWI, 2019b). Undersøkelsene har også vist at utformingen av sandfangskummer varierer sterkt og at det blant annet finnes en god del kummer som er grunnere enn 100 cm. Anbefalingen om at sandfang bør tømmes før de er halvfulle er knyttet til standard kummer på 100 cm. I praksis vil dette derfor ikke kunne benyttes som mål for når alle typer kummer bør tømmes. For å praktisk kunne måle om kummene tømmes hyppig nok til å utnytte rensespotensialet for miljøgifter, er det i dette prosjektet fokusert på å registrere om avstanden mellom sedimentoverflaten og utløpsrør før tømning er minimum 50 cm, i tråd med nasjonale anbefalinger. Renseeffekten vil også være avhengig av størrelsen på nedbørfeltet til kummen. For kummer med lite nedbørfelt og lav vannføring, vil risiko for utspyling av sedimentert materiale være lavere selv med mindre avstand enn 50 cm mellom sediment og utløp. I evalueringen av måleresultatene i dette prosjektet er det av praktiske hensyn forutsatt at kummene har lik størrelse på nedbørfelt. Størrelse på nedbørfelt er imidlertid også en faktor som det kan tas hensyn til i neste fase ved endelig evaluering av tømmeplaner (se kap. 6.2.6).

En forutsetning for å gjennomføre en mer systematisk oppfølging av sandfangskummene er at man har oversikt over sandfangenes lokalisering, utforming og hvor raskt de fylles opp. Ved registrering av kumdybde og avstand fra sediment til utløpsrør (vanddybde) ved tømning av sandfang, kan tømmeplaner over tid optimaliseres slik at rensespotensialet til sandfangskummene blir utnyttet maksimalt. Ved prosjektets oppstart i 2021 ble det ikke gjennomført slike registreringer ved tømning av sandfangskummer i Bergen.

Ansvar for overvannssystemet i et byområde er normalt fordelt på mange ulike eiere som kommune, fylke, stat og private grunneiere. I tillegg vil ofte oppgavene med drift og vedlikehold av overvannssystemet være tildelt ulike kommunale og private aktører gjennom tidsavgrensede kontrakter.

Enkelte kumeiere har innført, eller er i gang med å innføre, mer systematisk registrering av tømmebehov for sandfang, men mye tyder på at mange har dårlig oversikt. Som et supplement til manuelle registreringsmetoder, pågår det et prosjekt som omfatter utvikling av sensorteknologi for registrering av vann- og slamnivå i sandfang. Formålet er å utvikle sensorer som er designet for bruk i overvannssystem og som kan utplasseres i utvalgte "problemkummer" eller bygges inn i nye kumløsninger, og varsle om tømmebehov (Bærum kommune, 2023) (Storm Aqua, 2023).

Drift av sandfang var tema ved Norsk Vann sin årskonferanse 2022 for kommunale og private VA-anlegg. Ved spørsmål til salen svarte 85% at forurensning i overvann «er» eller «er delvis» en utfordring for vannkvaliteten i egen kommune. 8% svarte «vet ikke». På spørsmål om sandfangene tømmes i tilstrekkelig grad i egen kommune svarte 86 % «nei» eller «heller dårlig».

1.3 Målsetting for pilotprosjektet

I regi av Renere Havn Bergen er det gjennomført tiltak mot forurenset sjøbunn i Puddefjorden, og tiltak er også planlagt i Store Lungegårdsvann og Vågen. Studier av rekontaminering etter tildekking med rene masser i Puddefjorden indikerer at tilførsel av miljøgifter fra avløpsnett (overvann og overløp fra felles avløpssystem) er den viktigste årsaken til en begynnende rekontaminering i Puddefjorden (COWI, 2021a). En best mulig utnyttelse av rensespotensialet til sandfangskummene i nedslagsfeltet til tiltaksområdet kan dermed bidra til å redusere rekontaminering av den nyetablerte, rene sjøbunnen. Tilsvarende problemstilling med rekontaminering er rapportert fra andre havner der det er gjort tiltak mot forurenset sjøbunn, blant annet i Oslo og Trondheim havn (Norges Geotekniske Institutt (NGI), 2015) (COWI, 2022).

Med bakgrunn i dette har prosjektet følgende målsettinger:

Overordnet mål

Bidra til redusert spredning av miljøgifter fra overvann til sjø gjennom å tilrettelegge for bedre utnyttelse av rensespotensialet i eksisterende sandfang.

Prosjektmål

- 1 Skaffe erfaring med hvordan opplegg for feltregistrering og bearbeiding av informasjon om oppfyllingsnivå i sandfang kan benyttes for å optimalisere tømmeplaner i henhold til nasjonale anbefalinger.
- 2 Identifisere utfordringer i drift av sandfang som kan ha miljømessig betydning.
- 3 Bevisstgjøre kumeiere og entreprenører om betydningen av god sandfangsdrift som miljøtiltak.
- 4 Legge til rette for erfaringsoverføring til andre områder.

Prosjektet har ikke hatt som formål å evaluere de nasjonale anbefalingene for sandfangsdrift.

1.4 Retningslinjer for håndtering av forurenset overvann

Overvann i sentrumsområder tilføres forurensning fra mange ulike kilder, og direkte utslipp kan komme i konflikt med gjeldende lovverk, f.eks. forurensningsloven, forurensningsforskriften, vannforskriften og naturmangfoldloven. Hvorvidt det er behov for rensing eller omlegging av overvannsutslipp vil etter Miljødirektoratets vurdering avhenge av sammensetningen til overvannet, tilstanden i resipienten og brukerinteresser. Utslipp av overvann krever normalt ikke tillatelse etter forurensningsloven (NOU, 2015).

I Bergen kommunes kommunedelplan for overvann er en av målsettingene at overvann ikke skal forurense miljøet (Bergen kommune, 2019a). I dette ligger det at vannforekomster som tilføres overvann skal oppnå vannforskriftens mål om «god kjemisk og økologisk tilstand» og at dagens tilstand ikke skal forringes. For å oppnå dette, ønsker kommunen å redusere overløpsutslipp fra fellessystem for overvann og spillvann samt at den enkelte grunneier/anleggseier/tiltakshaver skal hindre spredning av forurensning fra forurensete overflater. Rensing av overvann ved hjelp av

sandfang er minimumskravet for overvann som kobles til kommunalt ledningsnett. Ved etablering av nye anlegg i nedbørsfelt til sårbare vannforekomster, eller for overvann som er særlig forurenset, vil det gjennom VA-rammeplan og reguleringsplan bli vurdert å stille krav til rensing ut over bruk av sandfang. For sårbare vannforekomster, kan nedbørsfeltet til vannforekomsten få en hensynssone som angir renskrav (Bergen kommune, 2019a) (Bergen kommune, 2005). For tiltaksområdet i Puddefjorden er det i kommuneplanens arealdel §33.2 angitt en sikringssone (H130) med følgende retningslinjer «Unngå tilføring av ny forurensning etter tildekking av forurenset sjøbunn i Puddefjorden og Store Lungegårdsvann» (Bergen kommune, 2019b).

Statens vegvesen har innarbeidet krav til rensing av overvann i håndbok N200 Vegbygging. Kravene er gradert ut fra ÅDT¹ og risiko for biologisk skade i vannforekomst. Ved ÅDT over 3000 skal behov for rensiltak vurderes og tilpasses resipient. Ved ÅDT over 30 000 skal rensiltak med minimum to trinn benyttes, også ved utslipp til kystvann. Ved påslipp av overvann fra vei til kommunalt avløpsnett gjelder forurensningsforskriften kapittel 15A og §15A-4 og kommunen er myndighet (Statens Vegvesen, 2021). Det vises også til Norsk Vann sin rapport (2021) som omtaler Vannforskriftens krav til utslipp av overvann og rensiltak (Norsk Vann, 2021).

Oppmerksomheten omkring forurensning i overvann fra veier og bymiljø er økende, og ved nyanlegg vurderes behovet for rensing ut fra forurensningsgrad og resipientenes sårbarhet. Ulike metoder kan benyttes, og mange aktører arbeider med å utvikle nye og mer effektive løsninger.

Omfanget av eldre ledningsanlegg er imidlertid stort, og overvann i byområder transporteres i all hovedsak i ledningsanlegg med varierende typer sandfang som eneste renseløsning. For eksisterende overvannsanlegg med sandfangskummer, er det god drift som kan sikre best mulig utnyttelse av renssevnen. Hvor raskt sandfangene i et område fylles opp, vil være avhengig av en rekke faktorer. Det er derfor vanskelig å sette et generelt krav om tømmeffrekvens i en kommune/by siden optimal tømmeffrekvens varierer for sandfang i forskjellige områder. Utredningen NOU 2015:16 om overvann i byer og tettsteder (NOU, 2015) foreslår at et funksjonskrav til tømning av sandfang i tettsteder inntas i nytt kapittel 15C i forurensningsforskriften, dvs. at sandfang og lignende innretninger skal driftes, tømmes og vedlikeholdes slik at funksjonen opprettholdes.

Statsforvalterens myndighet med hensyn til overvann er beskrevet i rundskriv T-3/12 (Miljøverndepartementet, 2012) og i brev fra Miljødirektoratet til alle fylkesmannsembetene (nå Statsforvalter) (Miljødirektoratet, 2014). Utslipp av overvann behandles vanligvis ikke etter forurensningsloven, men forurensningsloven § 7 fjerde ledd gir Statsforvalteren hjemmel til å pålegge tiltak ved fare for forurensning. Statsforvalteren skal bare vurdere å pålegge tiltak i tilfeller der overvann utgjør et miljøproblem. Behovet for å gi pålegg vil avhenge av en vurdering av sammensetningen av overvannet, tilstanden i resipienten og brukerinteresser. Vannforskriften setter miljømålene og dermed rammene for tiltak for å nå miljømålene (Miljødirektoratet, 2014).

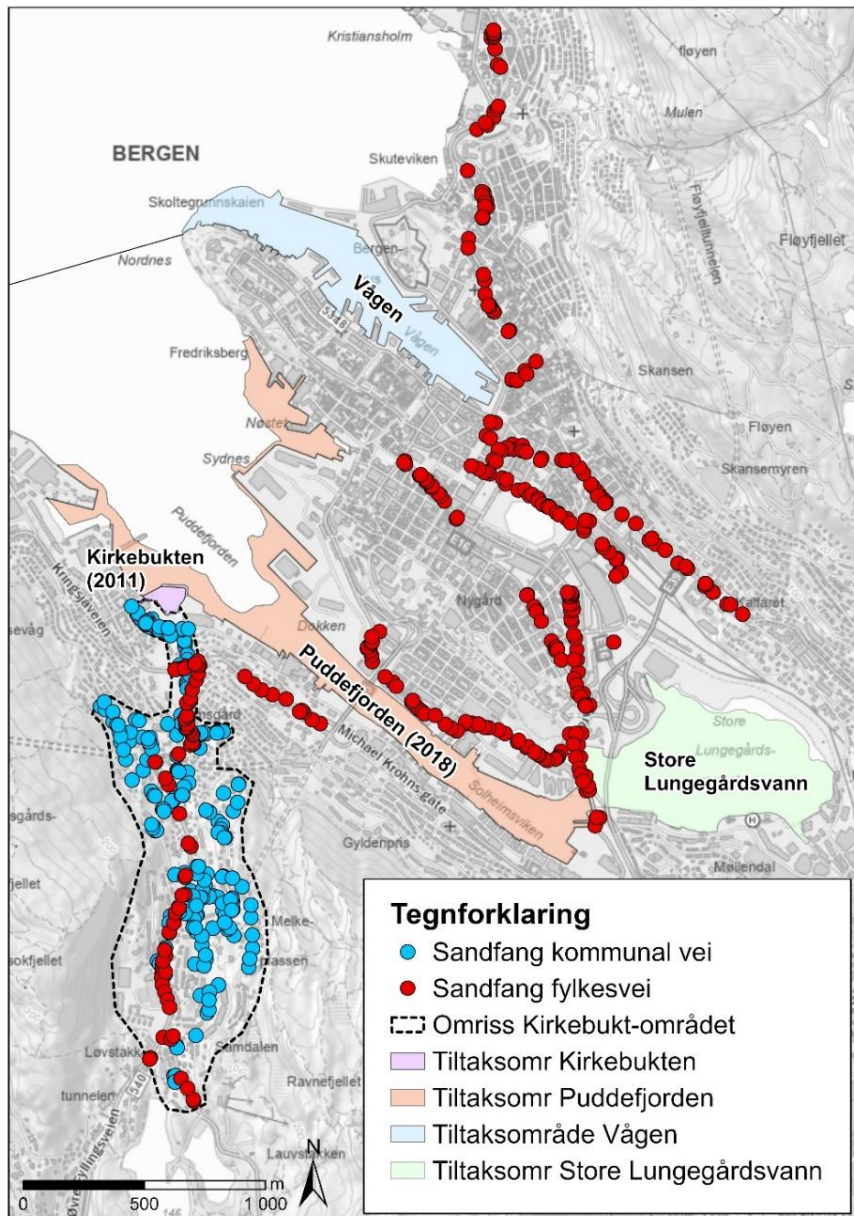
¹ ÅDT (årsdøgntrafikk) er gjennomsnittlig daglig trafikkmengde

2 Studieområder, kartgrunnlag og driftsrutiner

2.1 Studieområder

Nedslagsfeltet til Kirkebukten på Laksevåg i Bergen ble valgt som primært studieområde for pilotprosjektet. I løpet av prosjektperioden ble prosjektet utvidet til å også omfatte fylkesveier i Bergen sentrum (Figur 2). Studieområdene har avrenning til Renere havn Bergen sine tiltaksområder i sjø. I Bergen er det områder med felles avløpsnett og områder med separate ledningsnett for overvann og spillvann. I områder med separate nett ledes overvannet direkte til sjø. I områder med felles avløpsnett ledes overvann og spillvann til avløpsrenseanlegg, men stor nedbør kan gi overbelastning i avløpsnettet og føre til kortvarige utslipp til sjø via lokale overløp. Bergen kommune ønsker å separere en større andel av ledningsnettet i årene som kommer. Dette vil medføre flere utslippspunkt for overvann til sjø.

I Kirkebukt-området omfatter studien alle sandfang som er tilknyttet det offentlige overvannssystemet, til sammen ca. 160 sandfang i kommunal vei og ca. 55 sandfang i fylkesvei. I sentrumsområdet ble ca. 260 sandfang i fylkesvei inkludert i prosjektet. Kommunen har ansvar for drift av sandfang i kommunal vei og ved kommunale bygg, mens fylkeskommunen har ansvar for drift av sandfangskummer i fylkesvei. Sandfang i riksvei og private overvannssystemer er ikke inkludert i studien. Ansvaret for drift av disse påhviler henholdsvis Statens vegvesen og grunneier.



Figur 2 Kartet angir sandfang i nedslagsfeltet til Kirkebukten og fylkesveier i Bergen sentrum som er inkludert i studien. Kartet viser også Renere havn Bergen sine tiltaksområder for opprydding i forurenset sjøbunn og angir med årstall der det er gjennomført opprydding i sjø.

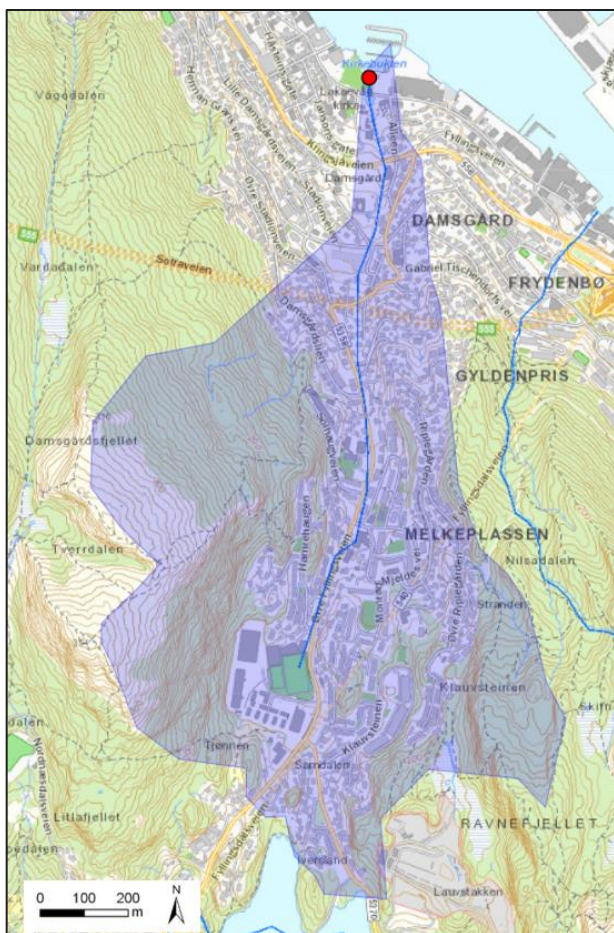
2.1.1 Nedslagsfeltet til Kirkebukten

Kirkebukts-området ligger på vestsiden av Puddefjorden i Bergen og ble vurdert som et godt egnet pilotområde på grunn av utformingen av overvannssystemet og at det tidligere er gjennomført miljøtiltak i sjø som fremdeles overvåkes. Området har stor grad av separat nett for overvann og spillvann. Det foreligger mye informasjon om området fra gjennomførte miljøtiltak og tidligere undersøkelser både på land og i sjø. Området har også en beliggenhet og størrelse som gjør det egnet for gjennomføring av en pilottest.

I 2011 ble det gjennomført tiltak mot forurenset sjøbunn i Kirkebukten med mudring og tildekking med rene masser (COWI, 2012b). Tiltaket ble utført av Bergen kommune gjennom prosjektet Renere Havn Bergen. Målet med tiltaket var å oppnå god miljøtilstand i området og samtidig skaffe erfaring med

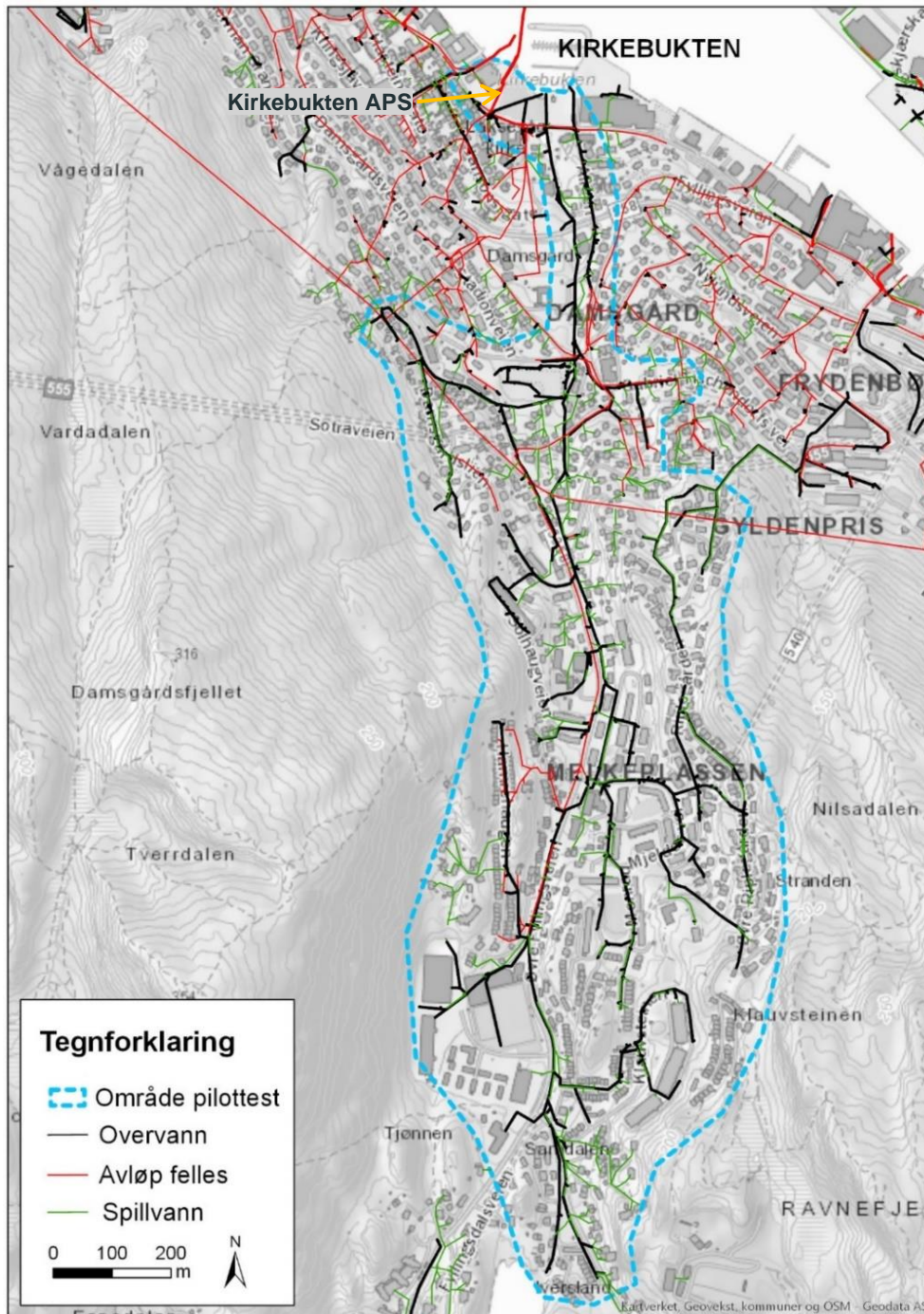
ulike tildekkingsmaterialer. Etter tiltak er det gjennomført miljøovervåking i Kirkebukten i 2011, 2012, 2015 og 2019 som har påvist tilførsel av ny forurensning (COWI, 2019a). Tilførselen er antatt å komme hovedsakelig fra tilgrensende forurensede sjøområder i Puddefjorden i perioden fram til disse områdene ble tildekket med rene masser i 2018. Det resterende bidraget av ny forurensning til Kirkebukten er tilførsel fra ulike kilder på land. Utslipp av urbant overvann antas å være hovedkilden. Videre overvåking av miljøtilstanden i Kirkebukten ble gjennomført i 2022 (COWI, 2023b).

Nedbørsfeltet til Kirkebukten har et areal på ca. 1,35 km² (Figur 3). Hele dalen fra Melkeplassen i sør drenerer overvann mot Kirkebukten via ledningsnett med utløp i bukten, via Damsgårdselven (som delvis går i kanal) og direkte ved overflateavrenning.



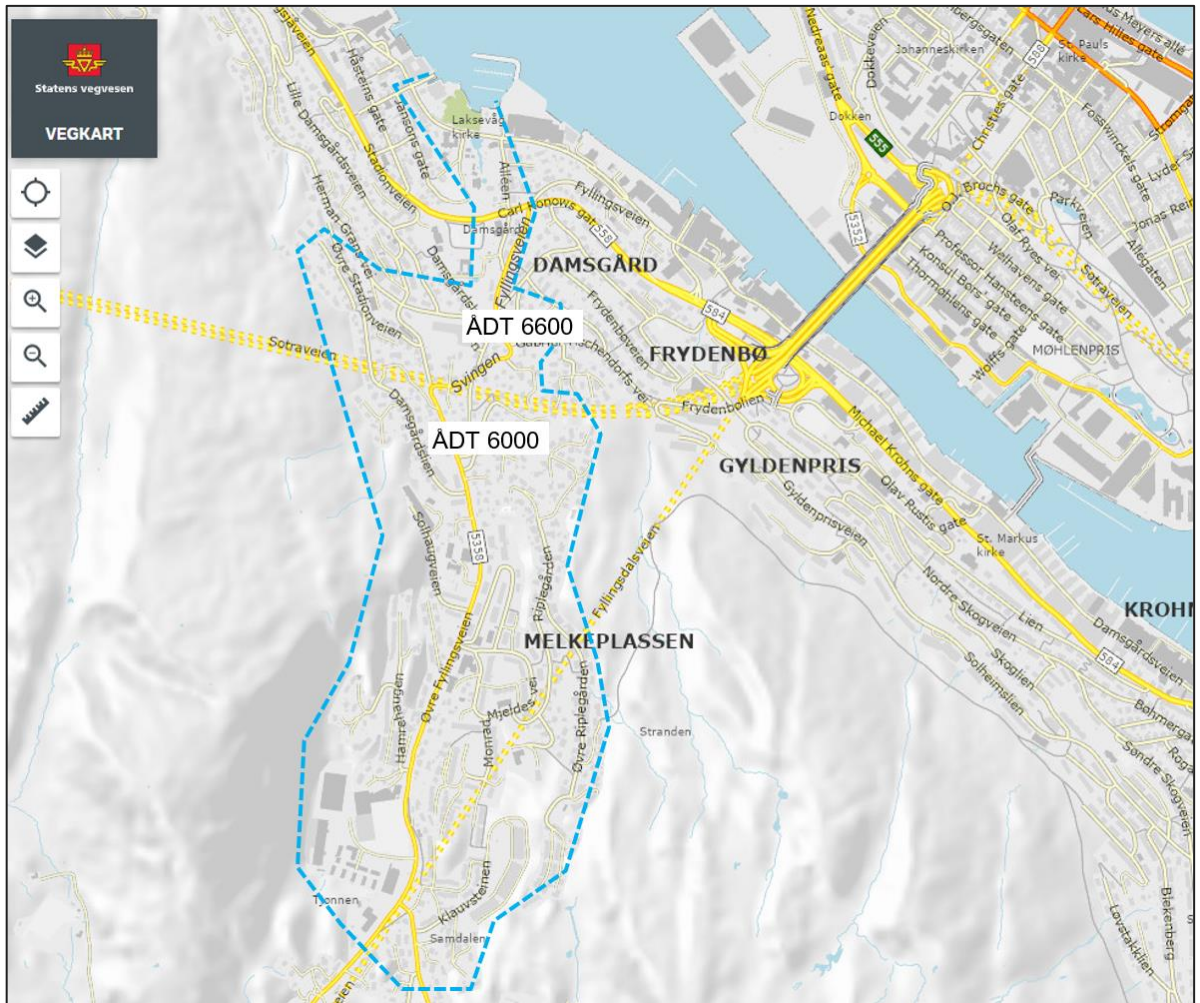
Figur 3 Nedbørsfeltet til Kirkebukten (hentet fra NVEs kartdatabase NEVINA). Damsgårdselven er stedvis lagt i rør.

Figur 4 viser en oversikt over VA-ledningsnett i studieområdet. Det er gjennomført separering av det opprinnelige fellessystemet for avløpsvann slik at området nå i hovedsak har separate ledningsanlegg for overvann og spillvann. To overvannsledninger og Damsgårdselven har utløp innerst i Kirkebukten. Spillvannet ledes til avløpsrensning. Områdene øst og vest for pilotområdet har fremdeles fellessystem, noe som medfører at en større del av overvannet i disse områdene normalt blir pumpet til avløpsrensning, blant annet via en avløpspumpestasjon i Kirkebukten. I perioder med stor nedbør kan fellessystemet bli overbelastet og medføre utslipp via overløp (Figur 4).



Figur 4 Oversikt over avløpsledningsnett i Kirkebukt-området pr juni 2022 (APS: avløpspumpestasjon).

Veinettet i nedbørfeltet til Kirkebukten er hovedsakelig kommunalt. I tillegg går fylkesvei 5358 fra sør mot nord gjennom Øvre Fyllingsvei – Svingen – Fyllingsveien til den treffer fylkesvei 558 Carl Konowsgate som krysser området på tvers i nord (Figur 5).



Figur 5 Utsnitt fra Vegkart som viser veinettet i Kirkebukta-området og ÅDT for Fv5358 (Statens vegvesen, 2022a)

2.1.2 Fylkesveier i Bergen sentrum

I sentrum ble sandfangsdrift av flere fylkesveier i sentrum inkludert i prosjektet (Figur 6). Dette var delstrekninger av Fv 584 (Carl Konowsgate), Fv5352 (O.J. Brochs gate, Thormøhlens gate – Lars Hilles gate – Nygårdsgaten), Fv5334 (Vaskerelven), Fv577 (Kaigaten), Fv585 (Kalfarveien - Kong Oscars gate - Nygaten), Fv5342 (Vetrlidsalmenningen – Øvregaten - Nye Sandviksveien - Sandviksveien). Trafikkmengden varierer fra ÅDT 2000 til ÅDT 8800 som vist i Figur 6.

Avløpsnettet i den sørlige delen av området (Fv5352) har separat nett for overvann og spillvann med lokale overvannsutslipp til sjø, mens det i de øvrige delene fremdeles er fellessystem for overvann og spillvann, og avløpsvannet føres til avløpsrensplanlegg.



Figur 6

Utsnitt av Vegkart som viser veinettet i Bergen sentrum og ÅDT for delstrekninger som inngår i prosjektet: Fv558 (Carl Konowsgate), Fv5352 (O.J. Brochs gate, Thormøhlens gate – Lars Hilles gate – Nygårdsgaten), Fv5334 (Vaskerelven), Fv577 (Vetrlidsalmenningen-Øvregaten-Nye Sandviksveien-Sandviksveien) (Statens vegvesen, 2022a)

2.2 Gjeldende driftskontrakter for tømning av sandfang

2.2.1 Kommunale veier

Driftsansvaret for kummer i kommunale veier ligger til Bergen kommune ved Bymiljøetaten. Gjeldende tømmecontrakt i Kirkebuk-området på Laksevåg er inngått med Bydrift AS som entreprenør. Kummene i gatene nærmest sjøen tømmes rutinemessig en gang i året, mens i resten av området er tømmeffrekvensen hvert andre år. Prosjektet har fått opplyst at det ble gjennomført en full tømmerunde i hele området i 2020, dvs. et år før prosjektstart. Sandfangene tømmes med sugebil, og lokket spraymerkes med "årets" farge. Eventuelle avvik eller skader skal rapporteres. Utført tømning rapporteres samlet for hele området. Massene leveres til godkjent deponi for forurenset masse (Bergen kommune, Bymiljøetaten, 2021).

2.2.2 Fylkesveier

Driftsansvar for sandfangskummer i fylkesvei ligger til Vestland Fylkeskommune ved Enhet for vedlikehold, drift og beredskap/infrastruktur og veg. Gjeldende tømmecontrakt for Kirkebuk-området på Laksevåg er inngått med Mesta, og kummene tømmes rutinemessig en gang i året. Fylkeskommunen gjør stikkprøvekontroller. Det gjøres ingen registrering av fyllingsgrad før tømning (Vestland Fylkeskommune, 2023).

Drift av sandfang i sentrumsområdet dekkes av en annen driftskontrakt hos Vestland fylkeskommune. Det er Presis Veidrift som er tømmeentreprenør, og de bruker Vitek Miljø som utførende underleverandør. I dette området skal sandfangskummer tømmes to ganger i året (vår og høst). Det gjøres ingen registrering av fyllingsgrad før tømning (Vestland Fylkeskommune, 2023).

På grunn av mye trafikk på dagtid foregår tømning i fylkesvei om natten og med trafikkdirigering.

2.2.3 Riksveier

Statens vegvesen har ansvar for drift av sandfang i riksveier. Det er ingen riksveier i studieområdet ved Kirkebukten på Laksevåg. Det var heller ikke praktisk mulig å inkludere registreringer ved tømning av sandfang i riksveier i Bergen sentrum i dette prosjektet, men Statens vegvesen har vært orientert om prosjektet undervegs og har delt informasjon om egne driftsrutiner.

I Statens vegvesen sin gjeldende driftskontrakt for sentrumsområdet i Bergen er det ikke fastsatt tømmeffrekvens for sandfang i riksveier. Statens vegvesen har krav til at entreprenør skal gjennomføre systematiske registreringer av kummer hvert år i tidsrommet 1. april - 1. juni. Resultatet fra registreringene skal rapporteres hvert år innen 15. juni. Statens vegvesen bestiller områdevis tilsyn/tømning fra driftsentreprenøren som er Mesta. Entreprenøren velger selv i samarbeid med Statens vegvesen hvilke sandfang som skal tømmes etter registrert behov fra befarer. Det er ikke gitt eksakte kriterier for hvor fulle kummene kan være før de skal tømmes, men målet er at alle sandfang skal tømmes før oppslamming når opp til utløpsrør (Statens vegvesen, 2022b).

2.2.4 Andre offentlige områder

Parkseksjonen hos Bymiljøetaten har ansvar for å drifte de kommunale overvannssystemene i parkområder og tømmer sandfangene der hver høst. I Kirkebuk-området er det en offentlig park, Laksevåg parken. En del av sandfangene i parken er infiltrasjonskummer. Det vil si at vann som føres

mot systemet infiltrerer i grunnen, og bare ved intens nedbør og overbelastning går overvannet i overløp mot sjø (Bergen kommune, Bergen Vann, 2023). Det vil likevel samle seg sand og slam i kummene som begrenser kapasiteten over tid og som kan spyles videre ut i sjøen ved stor vannføring. Parkområdet driftes av en annen entreprenør enn den som tømmer sandfang i kommunal veg. For å sikre en mest mulig enhetlig drift i pilotprosjektperioden, er kummer i parkområdet tømt i regi av prosjektet.

2.3 Ledningskart for overvannsanlegg

Kommunens VA-ledningskart har inntegnet kommunale overvannsledninger og kummer, og det er registrert en del teknisk informasjon i tilknytning til disse. Ledningskartet gir god oversikt, men har også en del feil/mangler. Enkelte ikke-kommunale anlegg kan være registrert, men kvaliteten på dataene er usikker. Fylkeskommunale, statlige og private overvannssystem er ikke systematisk registrert i kommunens VA-ledningskart.

Sandfangskummer i fylkesveier og riksveier er registrert som vegobjekt i Statens vegvesen sitt veikart (<https://vegkart.atlas.vegvesen.no>). Det er også registrert en del teknisk informasjon i tilknytning til disse, men det framgår ikke hvor kummene har utløp og hvilket ledningsnett de eventuelt har påslipp til. De ikke-kommunale overvannsanleggene er ofte tilknyttet som påslipp til kommunal overvann/avløpsledning, men de kan også drenere til lokale vassdrag eller til infiltrasjon i grunnen. Sandfangskummer er vist som objekter midt i veibanen og er ikke angitt med eksakt lokalisering.

3 Metode

3.1 Aktivitetsoversikt

Prosjektet er gjennomført over en to-års periode, fra våren 2021 til våren 2023. Følgende hovedaktiviteter er gjennomført:

2021:

- › Konkretisering av prosjektplanen i dialog med ansvarlig etat for kumdrift i Bergen kommune.
- › Etablering av prosjektgruppe med aktuelle kumeiere, entreprenører og myndigheter.
- › Utvikling og testing av metode for registrering av aktuell kum-informasjon i samarbeid med tømmeentreprenør.
- › Tilrettelegging av registreringsverktøy.
- › Registreringer i felt ved rutinetømming av kommunale sandfang i Kirkebukt-området.
- › Bearbeiding av innsamlede data.
- › Møter med involverte parter for å formidle resultater og koordinere videre arbeid.
- › Utarbeiding av statusnotat for prosjektet.

2022:

- › Opplæring av de ulike tømmeentreprenørene i bruk av registreringsverktøyet. Gjennomført i felt.
- › Registreringer i felt ved ekstra-tømming og rutinetømming av sandfang i kommunale veier og fylkesveier i Kirkebukt-området. Utført i januar og juni.

- › Registreringer i felt ved rutinetømming av sandfangskummer i fylkesveier i Bergen sentrum. Utført i april og oktober.
- › Bearbeiding av innsamlede data.
- › Møter med involverte parter for å formidle resultater og koordinere videre arbeid.
- › Oppdatering av statusnotat for prosjektet.

2023:

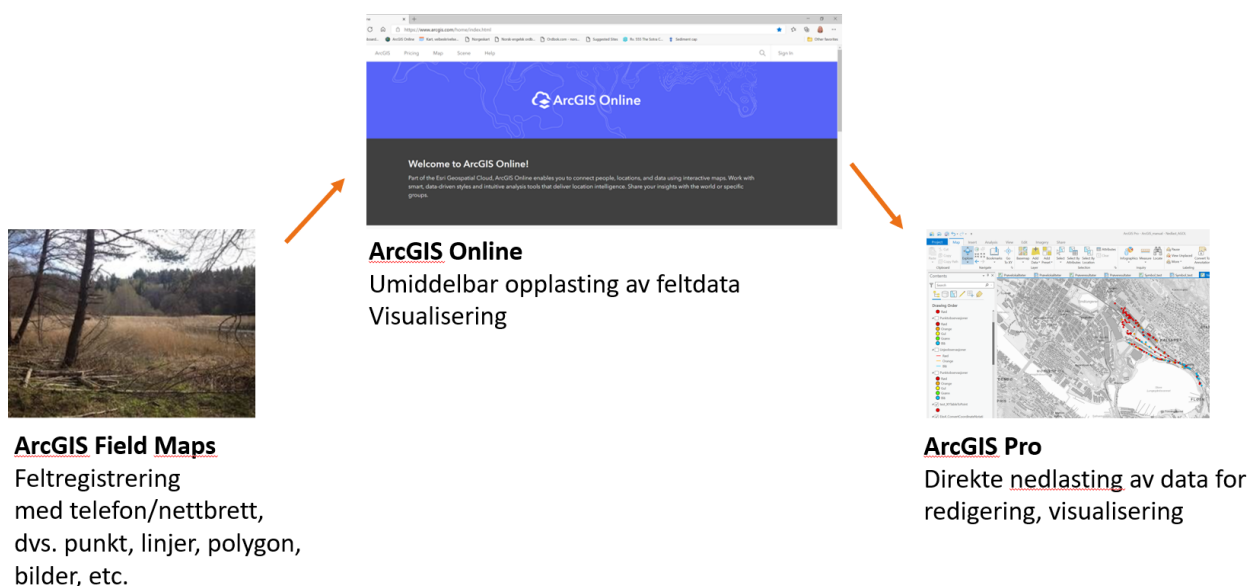
- › Registrering av kum-informasjon uten tømming av sandfang i kommunale veier og fylkesveier i Kirkebukta-området. Utført i januar.
- › Møter med involverte parter for å formidle resultater, diskutere erfaringer og videre bruk av disse ved revisjon av tømmeplaner og inngåelse av nye tømmekontrakter.
- › Utarbeiding av erfaringsrapport for prosjektet.

3.2 Registreringsverktøy

3.2.1 ArcGIS Field Maps

Til registrering av relevante parameter i forbindelse med tømming av sandfangene i studieområdet ble appen ArcGIS Field Maps benyttet. ArcGIS Field Maps er utviklet av selskapet ESRI som også står bak ArcGIS Pro som mange kommuner og andre organisasjoner benytter til analyse, bearbeiding og visualisering av geografiske data. Man må ha en separat lisens for å bruke ArcGIS Field Maps som koster rundt 5000 kr i året. Appen kan brukes på både OS og Android.

Med ArcGIS Field Maps kan man blant annet registrere punkt, linjer, polygon, tekst, bilder, etc. i felt og laste disse opp til ArcGIS Online. ArcGIS Online er en ren nettbasert skyløsning. Feltregistreringene vil være tilgjengelig på ArcGIS Online umiddelbart etter registrering i felt er gjennomført. Fra ArcGIS Online kan man enkelt laste ned feltdataene til ArcGIS Pro for videre bearbeiding (Figur 7). ArcGIS Pro versjon 2.9.5 ble brukt for å bearbeide og visualisere feltdatasettet i dette prosjektet.



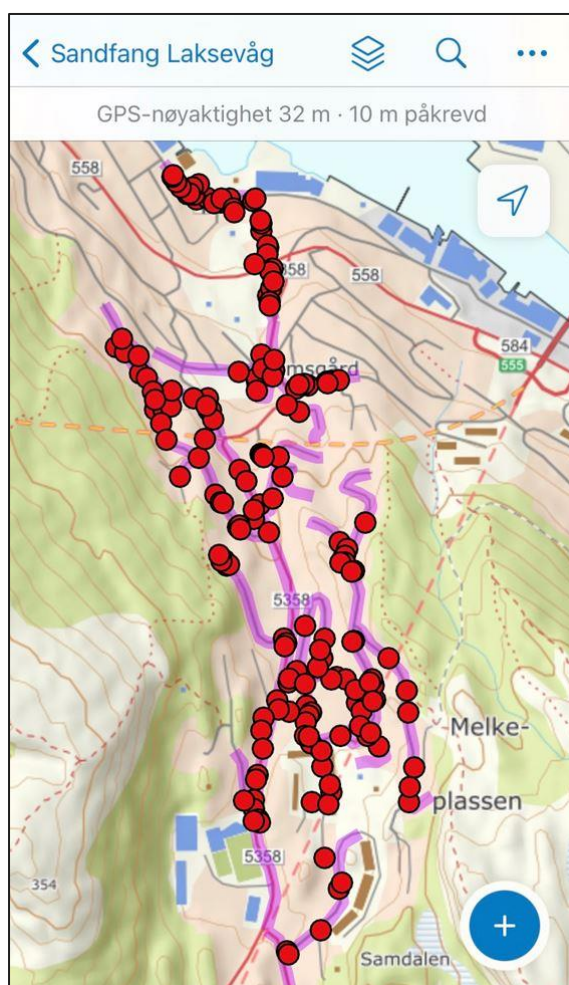
Figur 7 Prinsipp for feltregistrering, opplasting og bearbeiding av data

3.2.2 Grunnlagsdata og relevante registreringsparameter

De fleste kommunale sandfangskummene i Kirkebukst-området var allerede registrert med koordinater i Bergen Vanns database. Det ble derfor valgt å ta utgangspunkt i dette datasettet for feltregistreringene sammen med en oversikt over veiene der kommunens entreprenør har ansvaret for tømning av sandfangskummer. Prosjektet fikk oversendt følgende informasjon fra Bergen Vann i starten av prosjektet:

- › Koordinatfestede sandfangslokalteter på overvannsledninger med utløp til Kirkebukten fra Bergen Vanns database, samt teknisk informasjon om hver av de registrerte kummene.
- › Oversikt over veier der Bergen kommunes entreprenør utfører tømning innenfor studieområdet.

I datasettet fra Bergen Vann lå det inne en del teknisk informasjon for hvert sandfang, blant annet alder, ID nummer, kum-eier, etc. Denne informasjonen ble ikke fjernet, men det ble lagt til flere felter som kunne benyttes til registrering av relevante parameter i felt. Kartlaget med de allerede innregistrerte sandfangskummene, samt et kartlag med veiene der kommunens entreprenør har ansvaret for tømning av sandfangene, ble gjort tilgjengelig i ArcGIS Field Maps (via ArcGIS Online) (Figur 8).



Figur 8 Utsnitt fra feltappen ArcGIS Field Maps som viser grunnlagsdatasettet som ble oversendt fra Bergen Vann. Røde sirkler: Sandfang allerede innregistrert i Bergen Vanns database. Lilla streker: Veier der kommunens entreprenør har ansvaret for tømning av sandfang.

For sandfangskummene i fylkesvei i Kirkebukt-området og i sentrum hadde ikke prosjektet tilgang til koordinatfestede lokaliteter eller annen informasjon. Lokalitetene til disse sandfangskummene ble derfor innregistrert av entreprenør som del av dette prosjektet.

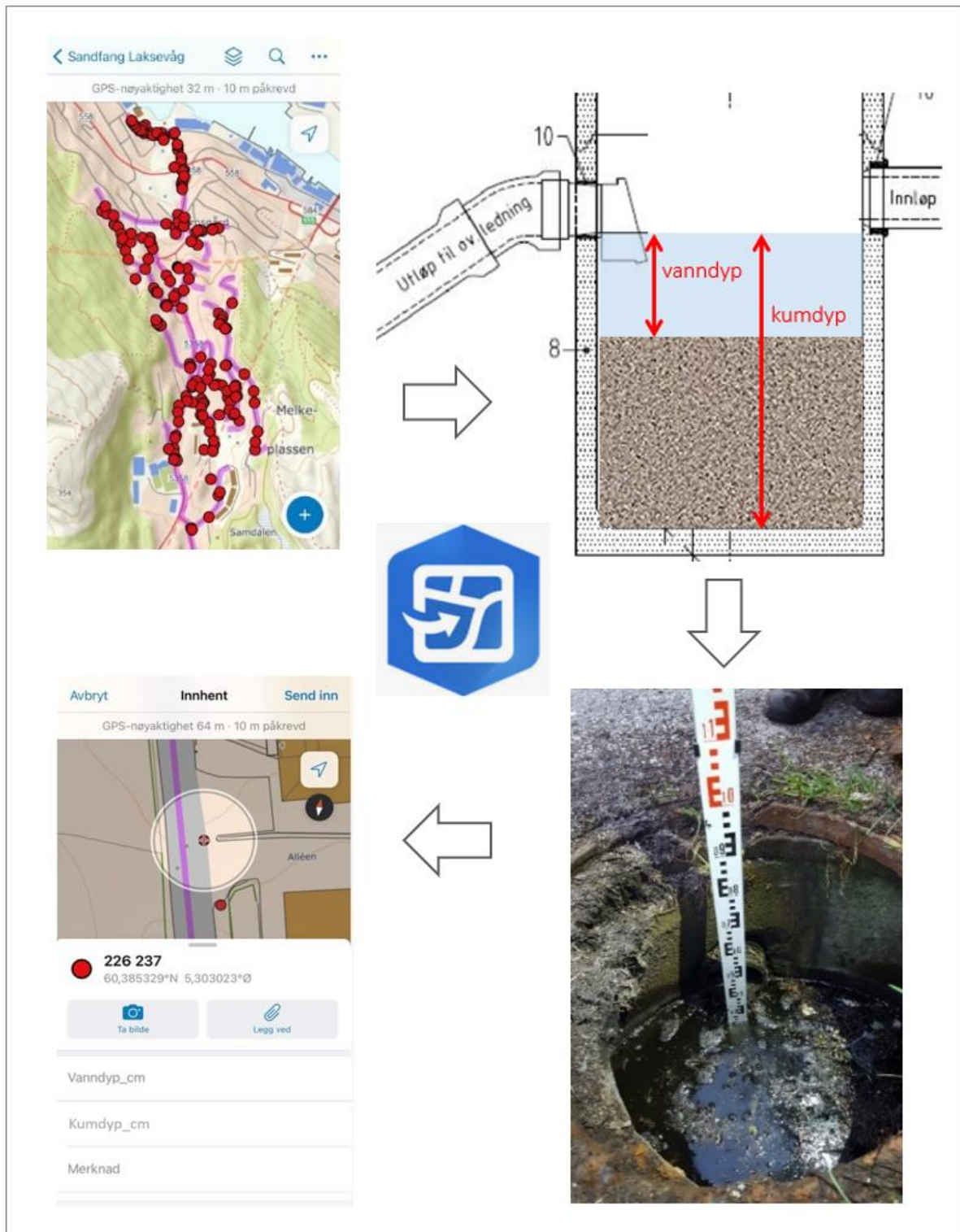
3.2.3 Relevante parameter

Hovedformålet med feltregistreringen var å skaffe informasjon om kumdybde og avstand fra utløp av kum til overflaten av sedimentene i kummen (her også kalt vanndybde) ved tidspunktet for rutinetømmingen. I tillegg var det interessant å registrere enkelte andre forhold, f.eks. om kummen var tilgjengelig for tømming og om kummen var innregistrert i Bergen Vanns database (kun for sandfangene i de kommunale veiene).

Det ble besluttet å gjennomføre følgende registreringer for hver sandfangskum:

- › Vanndybde = avstand fra utløp av kum til overflaten av sedimentene i kummen (måles før tømming) (Figur 9).
- › Kumdybde = avstand fra utløp av kum til bunnen av kummen (måles etter tømming) (Figur 9)
- › Om kum var utilgjengelig for tømming og i så fall hva som var grunnen til dette (parkerte biler på brønnlokket, etc.)
- › Om kum var innregistrert i datasettet fra Bergen Vanns database (kun for sandfangene i de kommunale veiene). Registrering av nytt punkt dersom kummen ikke var innregistrert tidligere.
- › 3 bilder: 1) Oversiktsbilde av kum og omgivelsene før åpning, 2) bilde ned i kum etter åpning men før tømming og 3) bilde ned i kum etter tømming (Figur 9).

Figur 9 viser et utsnitt fra ArcGIS Field Maps med registreringsfeltene som ble lagt inn før filen ble gjort tilgjengelig i ArcGIS Field Maps. For parameterne listet opp over, anbefales det å legge inn 3 registreringsfelter; et for vanndybde, et for kumdybde og et merknadsfelt.



Figur 9 Prinsippskisse for registrering i felt med kartgrunnlag (venstre øverst), måleparameter (høyre øverst), målestav med cm-angivelse (høyre nederst) og registreringsfeltene i ArcGIS Field Maps (venstre nederst).



Omgivelser



Før tømming



Etter tømming

Figur 10 Eksempel på bildesett fra en registrert kum

4 Gjennomføring

4.1 Datainnsamling ved tømming av sandfang

Før oppstart i felt ble opplegget og feltappen testet ut sammen med personell fra Bydrift. Det ble deretter utarbeidet en registreringsinstruks med beskrivelse av pålogging til app, registreringsparametere og rekkefølge på registreringene. Denne ble gitt til tømmepersonellet samtidig med opplæring i felt. Den ble oppdatert for hver omgang med innsamling av data i prosjektet.

COWI deltok i felt ved oppstart av hver omgang med datainnsamling for å formidle bakgrunnen og formålet med prosjektet, samle informasjon om driftsrutiner og se hvordan opplegget for måling og registrering fungerte i praksis. I det videre arbeidet gjennomførte tømmeentreprenørene selv all måling og registrering i ArcGIS Field Maps samtidig med tilsyn/tømming av sandfang. Måling og registrering ble utført som vist i Figur 9. Ved første gjennomføring ble det også tatt bilder ved hver kum som vist i Figur 10.

I starten ble det benyttet tommestokk til å måle vanddybde og kumdybde. Tommestokken ble etter hvert byttet ut med en robust teleskop-målestav (1-5 meter) med tydelig cm-angivelse (Figur 9). Målestaven gjorde avlesningen lettere i mørke og dype kummer. Tømmepersonellet hos de ulike entreprenørene meldte tilbake at registreringsappen fungerte godt og at måling og registrering, etter en kort innkjøringsperiode, medførte lite mertid per kum.

I Kirkebukst-området ble det gjennomført datainnsamling i fire faser (juni-august 2021, januar 2022, juni 2022 og januar 2023) med varierende omfang og tømming av sandfang i kommunal og fylkeskommunal vei. I sentrumsområdet ble det samlet inn data i to omganger samtidig med rutinetømming av sandfang i fylkeskommunal vei (april og oktober 2022). Omfanget av datainnsamling er oppsummert i Tabell 2 - Tabell 4. Etter hver omgang med datainnsamling hentet COWI det registrerte datasettet fra ArcGIS Online og lastet det ned til ArcGIS Pro for videre bearbeiding og framstilling av resultatene i kart og diagram. Resultatene presenteres i kapittel 5.

Tabell 2 Oppsummering av datainnsamling fra sandfang i kommunal vei i Kirkebukt-området i prosjektperioden. Siste tømmerunde før juni-august 2021 var i sommerhalvåret 2020.

Fase	Tid	Sted	Utført	Antall registrerte	Utført av
1	Juni-August 2021	Kommunal vei i Kirkebukt-området	"Alle" målt og tømt	133	Bydrift
2	Januar 2022	Kommunal vei i Kirkebukt-området	Utvalgte målt og tømt	116	Bydrift
3	Juni 2022	Kommunal vei i Kirkebukt-området	"Alle" målt og tømt	155	Bydrift
4	Januar 2023	Kommunal vei i Kirkebukt-området	"Alle" målt	156	Bydrift/COWI

Tabell 3 Oppsummering av datainnsamling fra sandfang i fylkesvei i Kirkebukt-området i prosjektperioden. Fylkesveien i dette området ble med i prosjektet fra fase 2. Siste tømmerunde før januar 2022 var sommeren 2021.

Fase	Tid	Sted	Utført	Antall registrerte	Utført av
1	-	-	-	-	-
2	Januar 2022	Fylkesvei i Kirkebukt-området	Utvalgte målt og tømt	28	Mesta
3	Juni 2022	Fylkesvei i Kirkebukt-området	"Alle" målt og tømt	52	Mesta
4	Januar 2023	Fylkesvei i Kirkebukt-området	"Alle" målt	56	Bydrift/COWI

Tabell 4 Oppsummering av datainnsamling fra sandfang i fylkesvei i Bergen sentrum. Siste tømmerunde før april 2022 var i oktober 2021.

	Tid	Sted	Utført	Antall registrerte	Utført av
1	April 2022	Fylkesveier i sentrum	Rutinedrift, målt fyllingsgrad	261	Vitek for Presis Veidrift
2	Oktober 2022	Fylkesveier i sentrum	Rutinedrift, målt fyllingsgrad	234	Vitek for Presis Veidrift

Entreprenørene gav prosjektet nyttige opplysninger om egne rutiner og rapporteringsverktøy for sandfangsdrift. Generell praksis ved sandfangstømming er at dette utføres med slamsugebil og av et arbeidslag på to personer (Figur 11). Slamsugebilen har en tank for slam og en tank for spylevann. Det benyttes høytrykkspyler for å rengjøre rister/innløp og løse opp harde masser i sandfang, og sedimenterte masser og vann suges opp til slamtanken. Hvor mange kummer som kan tømmes før bilen er full, avhenger av størrelsen på slamtanken og maksimalt tillatt vekt for kjøretøyet. Sugebilene som ble benyttet i prosjektet hadde i størrelsesorden 7-13 m³ slamtank og 1-8 m³ vanntank. En standard sandfangskum har et volum på 0,8 m³ under utløp. Det vil si at slamtanken i sugebilen relativt raskt fylles opp av en blanding av sandfangssediment og vann.

Entreprenørene opplyste at sandfangsmassene blir levert som forurenset masse til godkjent deponi, mens slamvannet tømmes fortløpende tilbake til avløpsnett etter hvert som bilen fylles opp. For tømning av slamvann benyttes kummer som erfaringsmessig har god kapasitet. Det tas ikke hensyn til hvilket ledningsnett kummen drenerer til (overvann eller fellessystem).

Entreprenørene har ulike systemer som de normalt benytter for rapportering av utført arbeid. Mesta benytter et kartbasert system, Open Route Field fra Trimble, for registrering av driftspunkt med bilde etter tømning av sandfang og merknader om eventuell feil eller mangler (Mesta, 2022). Vitek Miljø benytter et kartbasert registreringssystem, Collector Pro fra Zeekit, for registrering av driftspunkt med bilde etter rengjøring/tømning og merknader om eventuelle feil eller mangler (Vitek Miljø, 2022). For sandfangene i fylkesveiene i sentrum, opplyste driftspersonellet at disse driftes vår og høst ved at innløpene rengjøres for å holde flomveier åpne, og at sandfangene tømmes etter behov (Vitek Miljø, 2022). Det er ikke praksis for å registrere hvor fulle sandfangene er før tømning.

Bydrift registrerer eventuelle tekniske feil/avvik ved avmerking med GPS (BM Road Service system) og rapporterer for øvrig utført tømning per gate/område. Det er ikke rutine for å rapportere tømning per kum, registrere hvor fulle sandfangene er eller følge opp å tømme eventuelle sandfang som er utilgjengelig pga. parkerte biler eller annet.



Figur 11 Bilder fra tømning av sandfang i kommunal vei på dagtid, Damsgårdsveien (Bydrift) og på nattestid i fylkesvei i sentrum, O.J.Brochs gate (Vitek).

4.2 Koordinering og informasjonsarbeid

Prosjektet hadde som delmål å bevisstgjøre kumeiere og entreprenører og legge til rette for erfaringsdeling. Utført koordinerings- og informasjonsarbeid er oppsummert under.

- › Oppstartsmøte med alle involverte. Gjennomgang av problemstilling og forankring av prosjektmål og gjennomføringsplan i prosjektgruppen.
- › Befaring/møter felt med Bydrift, Mesta og Vitek Miljø i forbindelse med datainnsamling og tømning av sandfang i pilotområdene.
- › Nettsak om prosjektet i kommunens kanaler [Bergen kommune - Tester om behovsprøvd tømning av gatesluk gir mindre forurensning til sjø](#).
- › Fortløpende formidling av foreløpige resultater til prosjektgruppen for Renere havn Bergen (Bergen kommune/Bymiljøetaten, Miljødirektoratet og Statsforvalter i Vestland)
- › Fortløpende formidling og diskusjon av foreløpige resultater og problemstillinger med ulike etater i Bergen kommune, Miljødirektoratet, Statsforvalteren i Vestland, Vestland fylkeskommune, Bydrift, Mesta og Presis Vegdrift.
- › Møter med Statens vegvesen for å informere om prosjektet, innhente informasjon om driftsrutiner for sandfang i riksveier og diskutere muligheten for å inkludere Statens vegvesen i pilotprosjektet.
- › Avslutningsmøte med alle involverte parter for å formidle resultater og diskutere hvordan erfaringene fra pilotprosjektet kan benyttes videre ved revisjon av tømmeplaner og inngåelse av nye tømmekontrakter.
- › Presentasjon av prosjektet på Norsk Vann sin årskonferanse 2022.
- › Utarbeiding av erfaringsrapport fra prosjektet som kan videreformidles til andre byer som arbeider med å redusere risiko for rekontaminering etter miljøtiltak i sjø.

5 Resultater fra feltregistreringer

I dette kapittelet presenteres resultater fra målinger av kumdybde og hvor fulle sandfangene var før tømning, samt annen informasjon som ble samlet inn og registrert av entreprenørene i felt. Registrerte data fra kummer i kommunale- og fylkesveier i studieområdene presenteres hver for seg. Oppfyllingshastighet og tømmebehov er vurdert etter nasjonale anbefalinger for best mulig tilbakeholdelse av miljøgifter i sandfang, definert som at det minimum bør være 50 cm mellom sedimentoverflate og underkant av utløp av kum (Norsk Vann, 2021) (Stiftelsen VA-miljøblad, 2016). Avstanden mellom sedimentoverflaten og utløpet er i felt registrert som "vanndybde" før tømning. Det er ikke tatt hensyn til variasjon i størrelsen på sandfangenes nedbørsfelt og maksimal vannføring, som også kan ha betydning for renseseffekten i kummene.

5.1 Resultater kommunale veier i Kirkebukt-området

I de kommunale veiene innenfor Kirkebukt-området tømmes sandfangskummene i dag hvert annet år, med unntak av kummene i Damsgårdsveien som tømmes hvert år (Figur 15). For å undersøke om dagens tømmefrekvens ivaretar rensesensenset i sandfangskummene, ville det i utgangspunktet være mest praktisk å gjennomføre registrering samtidig med en eller flere rutinetømminger. Men siden prosjektet har begrenset tidsramme, samt at det var mistanke om at tømmefrekvensen på annet hvert år ikke er tilstrekkelig, ble det valgt å gjennomføre første tømme- og registreringsrunde ett år etter

siste rutinetømming. Basert på resultatene fra første runde, ble det deretter valgt å gjennomføre tømming/registrering hvert halvår i totalt 4 faser.

5.1.1 Fase 1: Juni-august 2021

Første tørme- og registreringsfase i kommunale veier i Kirkebukt-området ble utført i perioden juni-august 2021. Sandfangskummene som allerede var registrert i Bergen Vanns database ble gjort tilgjengelig i ArcGIS FieldMaps.

Det ble totalt registrert 168 sandfangskummer innenfor Kirkebukt-området i veier som lå innenfor tørme-entreprenør Bydrifts kontrakt (dvs. eksklusiv sandfangskummer lokalisert i fylkesvei og private kummer). 34 av sandfangskummene var ikke inkludert i grunnlagsdatasettet fra Bergen Vann og ble lagt til som del av registreringen. Av de totalt 168 sandfangskummene var 10 av kummene ikke koblet til overvannsnettet (vannet filtrerer ned i grunnen), og disse ble ikke inkludert i den videre databearbeidingen.

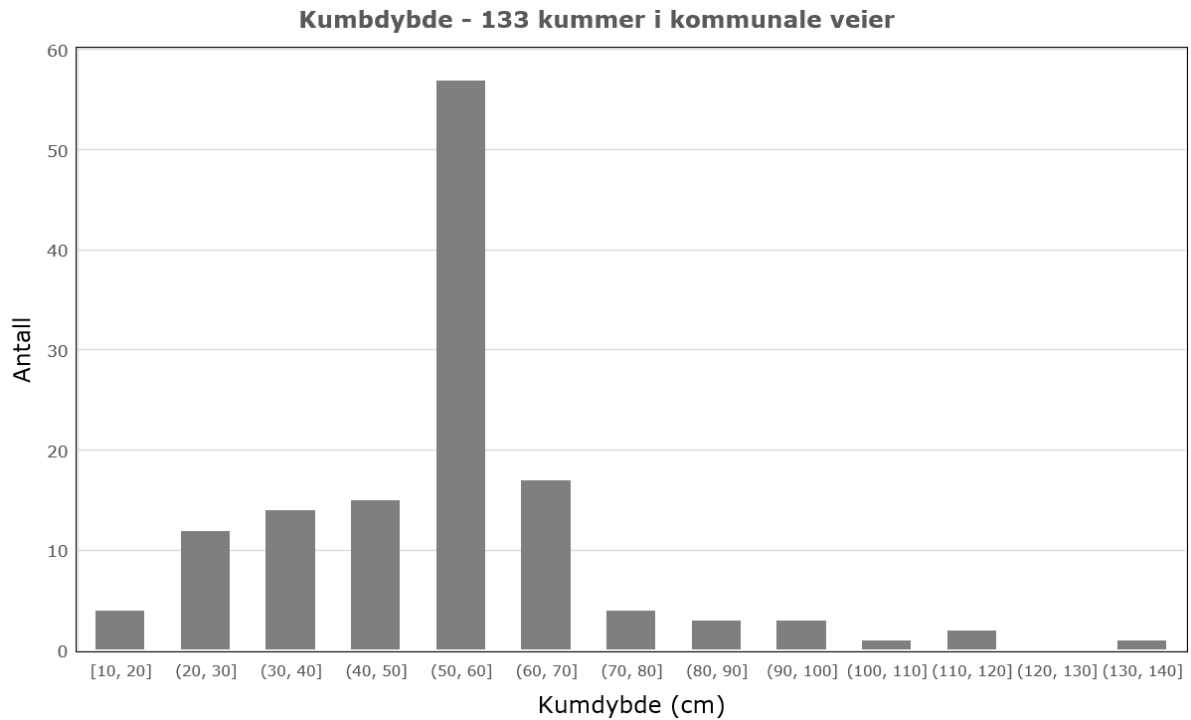
Av de gjenværende 158 sandfangskummene var 133 kummer (~84 %) tilgjengelige for tømming, mens 25 kummer (~16 %) var ikke tilgjengelige. Følgende grunner gjorde kummene utilgjengelige for tømming:

- › Parkerte biler på toppen av kumløkket (13)
- › Sandfangskummene lå innenfor inngjerdet (midlertidig) anleggsområde (7)
- › Sandfangskummene lå slik til at Bydrift ikke kom til med slamsugebilen (4)
- › Kumløkket satt fast (1)

Bydrift har opplyst at de ikke returnerer til sandfangskummene de ikke får tilgang til. Dette betyr at 16 % av sandfangskummene innenfor studieområdet ikke ble tømt i første fase.

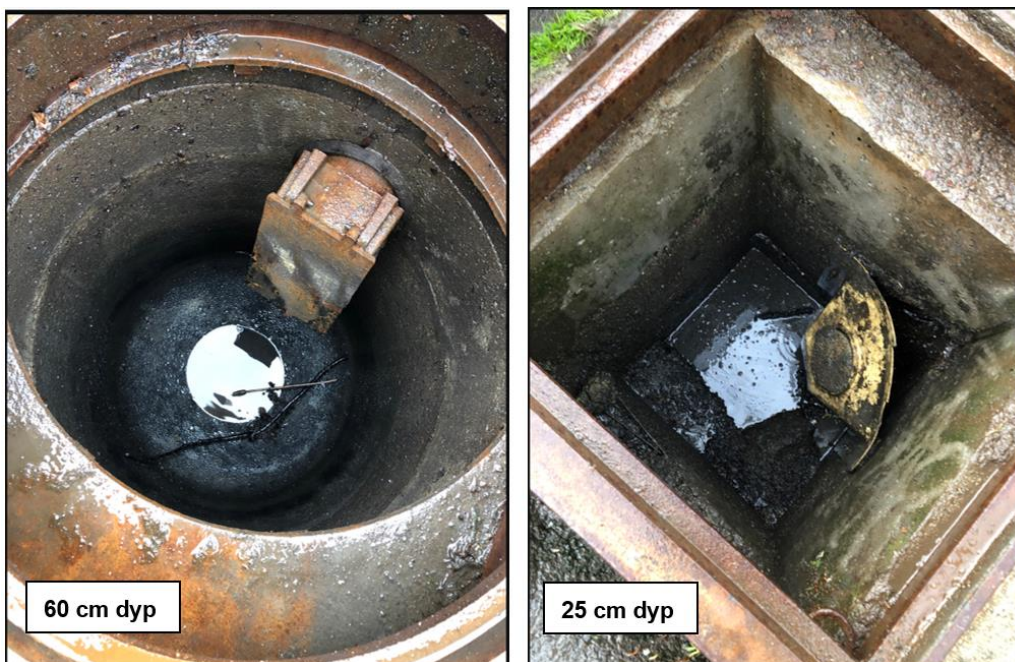
Kumdybde

Det ble registrert store forskjeller i teknisk utforming av sandfangskummene i de kommunale veiene. Det var blant annet stor variasjon i dybde på sandfangene. Dybden av en sandfangskum er definert som avstanden mellom underkant av utløpet av kummen og bunnen av kummen (Figur 1). Dybden er vesentlig for hvor fort sandfanget fylles og hvor stor risikoen er for at sedimenter materiale skal bli spylt ut ved intens nedbør. Figur 12 viser fordelingen av dybdene til de 133 sandfangskummene som hadde utløp til overvannsnettet og var tilgjengelige for tømming i første fase. 10 % av kummene var dypere enn 70 cm, mens 56 % av kummene hadde dybde mellom 50 og 70 cm. Av disse hadde de fleste dybde på ca. 60 cm. 34 % av kummene var grunnere eller lik 50 cm. De grunneste kummene har lite sandlagringsvolum, og det vil derfor være umulig å beholde minimum 50 cm avstand mellom sedimentoverflate og utløp fram til tømming av sandfanget.



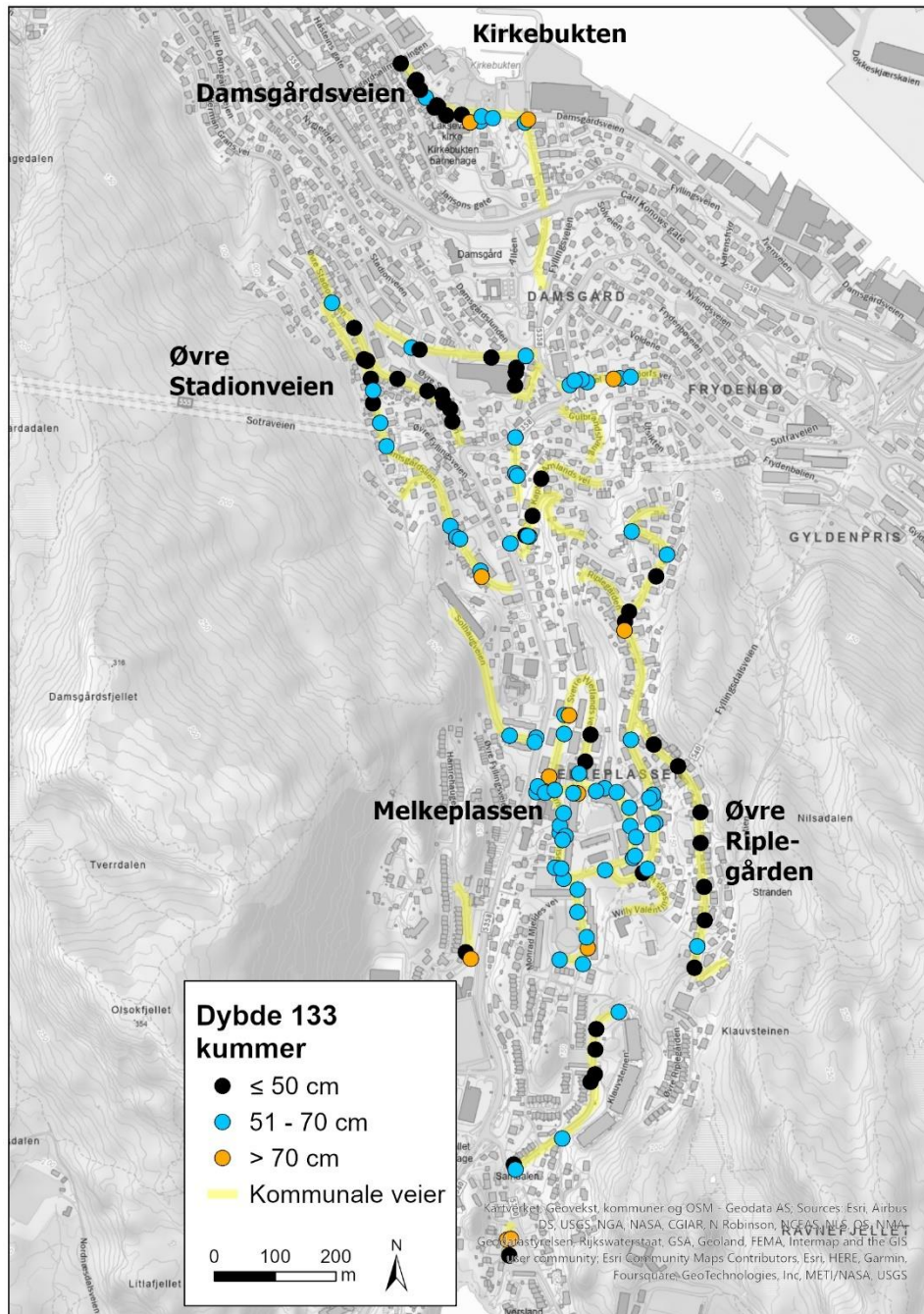
Figur 12 Dybde av de 133 sandfangskummene som ble tømt i Kirkebukt-området sommeren 2021. Dybden tilsvarer avstanden mellom utløpet og bunnen av kummen som vist i Figur 1.

Figur 13 viser bilder av typiske sandfangskummer i området. I tillegg til variasjon i dybde var det variasjon i fasong og diameter som igjen påvirker sandfangsvolumet, det vil si det volumet kummen har til å samle sandfangsmateriale under utløpet. Grunne kummer som i tillegg har liten diameter vil ha et særlig lite volum og kan fylles raskere opp enn dype kummer med stor diameter.



Figur 13 Sandfangskummen til venstre representerer den mest vanlige kumtypen i området med dybde på ca. 60 cm. Bildet til høyre viser en kum med dybde på ca. 25 cm.

Figur 14 viser en oversikt over den geografiske fordelingen av kumdybder i de kommunale veiene i studieområdet. I enkelte soner finnes det mange grunne kummer, som for eksempel i Damsgårdsveien ved Kirkebukten.

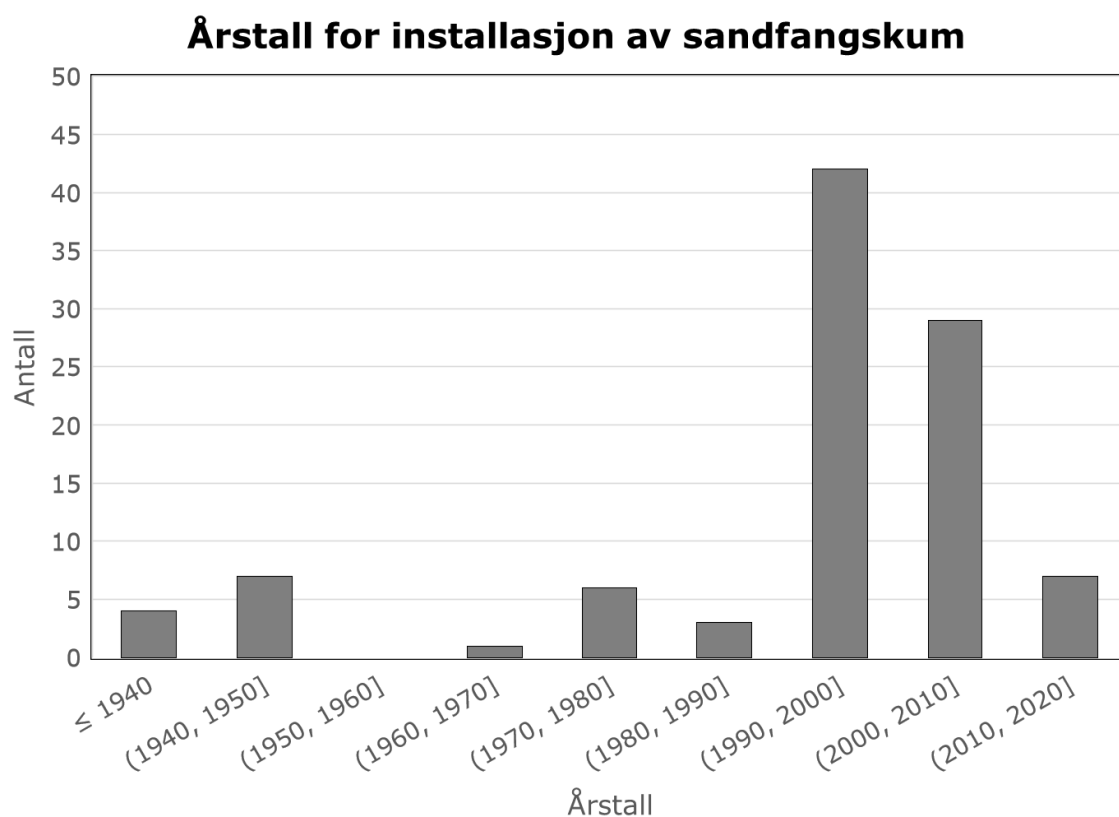


Figur 14 Oversikt over den geografiske fordelingen av kumdybder i kommunale veier i studieområdet. Kumdybden = avstand fra bunnen av kum til underkant av utløpsrør.

Alder

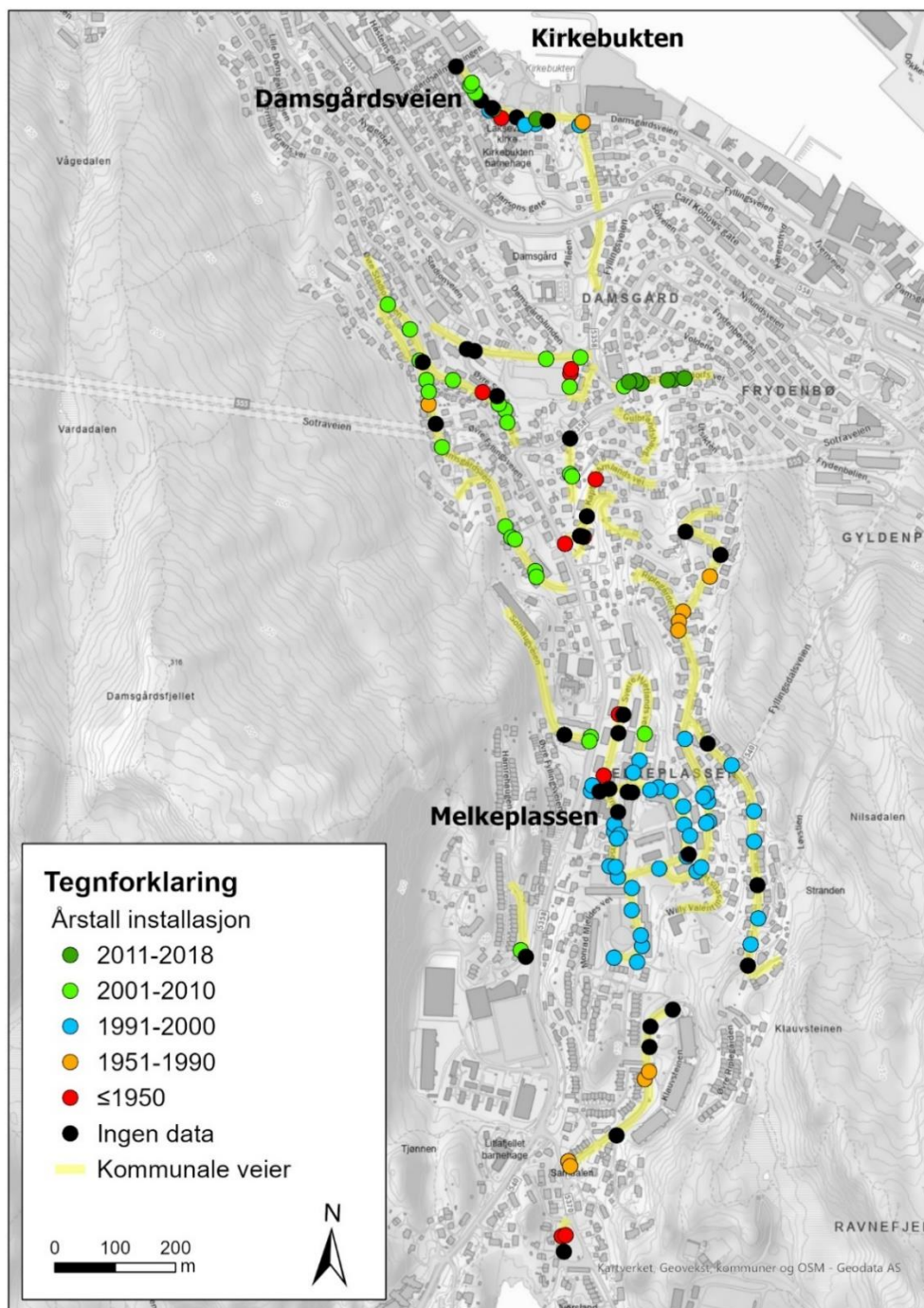
Grunnlagsdatasettet fra Bergen Vann inneholdt diverse informasjon for hver av sandfangskummene, blant annet årstall for installasjon. For 4 av kummene i datasettet manglet informasjonen om årstall, og denne informasjonen foreligger heller ikke for de 30 sandfangene som ikke lå inne i datasettet fra Bergen Vann og som ble registrert under tømmerunden. Totalt finnes det derfor informasjon om etableringsår for 99 av 133 sandfangskummer.

Figur 15 viser fordelingen av installasjonsår for de 99 kummene. Avløpssystemet er bygd ut over en lang tidsperiode, og alderen på kummene varierer fra relativt nytt til svært gammelt. Figuren viser at 43 % av disse kummene ble installert mellom 1990 og 2000, mens 21 % av kummene ble installert før 1990. 36 % av kummene ble installert etter år 2000.



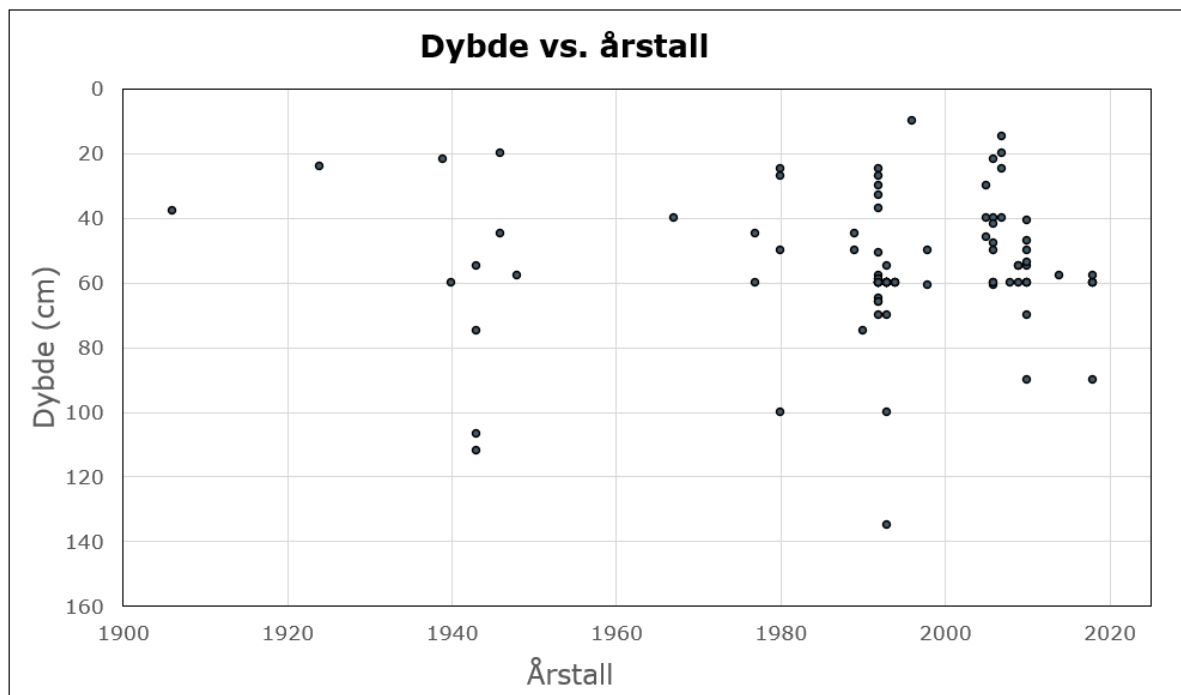
Figur 15 Årstall for installasjon av de 99 sandfangskummene i prosjektområdet som hadde informasjon om årstall for installasjon.

Figur 16 viser en oversikt over alderen til sandfangskummene i de forskjellige delene av studieområdet. Oversikten viser blant annet at avløpsnett i området ved Melkeplassen i sør i stor grad ble utbygd i perioden 1991-2000. Rett nord for dette området finner man flest kummer fra årene etter 2000, selv om det innimellom finnes noen eldre sandfangskummer. I Damsgårdsveien nærmest Kirkebukten mangler det data for en del av kummene, men oversikten viser at en del av de relativt grunne kummene i dette området er installert etter år 2000.



Figur 16 Oversikt over årstall for installasjon av sandfangskommene i studieområdet. Det finnes kun data for 99 av de 133 sandfangskommene som ble tømt.

Utforming av avløpsanlegg har generelt blitt mer standardisert opp gjennom årene, og i dag benyttes normalt prefabrickerte sandfang med 100 cm dybde og diameter på 100 cm (Stiftelsen VA-miljøblad, 2016). En kunne derfor forvente at det var større variasjon i utforming i de gamle kummene i pilotområdet og at de nye kummene i stor grad ville være standardkummer med 100 cm sandfangsdybde. Figur 17 viser en sammenstilling av kumdybde og årstall. Figuren viser imidlertid ingen klar sammenheng mellom disse to parameterne. Det finnes en del relativt grunne kummer i området, og flere av disse har blitt installert i perioden etter 2000. De fleste av de dypere sandfangskommene ble installert i perioden før år 2000.



Figur 17 Dybde av sandfangskum versus årstallet kummen ble installert.

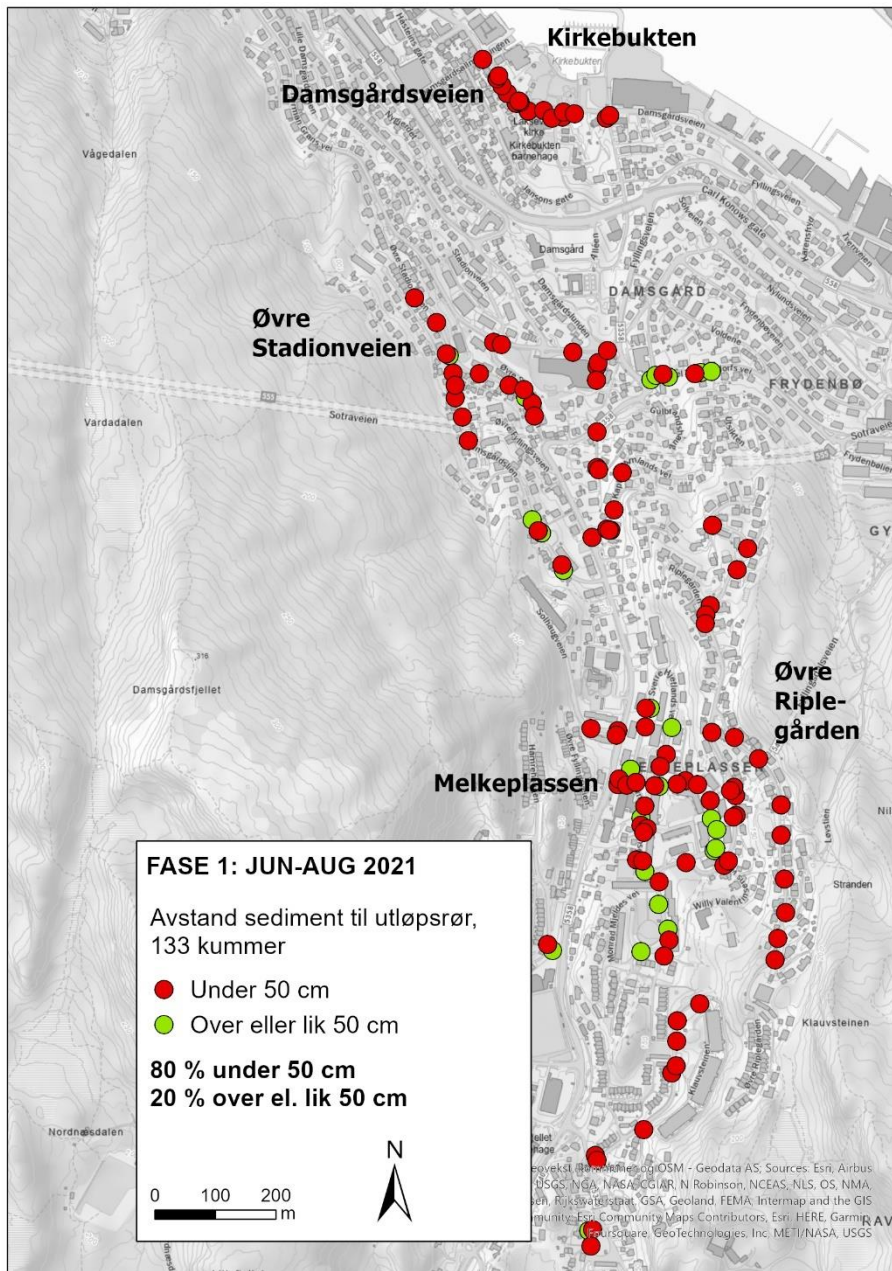
Oppfyllingsnivå

Registreringsresultatene for tømmerunden sommeren 2021 viste at 46 av de 133 sandfangskummene var helt fulle på tømmetidspunktet, dvs. at sediment fylte sandfanget helt opp til utløpet av kummen. Dette utgjør 35 % av alle sandfangskummene som var tilgjengelige for tømning i denne tømmerunden.

Resultatene viste at kun 20 % av kummene (27 av 133 kummer) hadde avstand mellom sedimentoverflate og utløpsrør lik 50 cm eller større som er anbefalt for å opprettholde rensefunksjonen. 80 % av kummene (106 av 133 kummer) hadde under 50 cm avstand mellom sedimentoverflate og utløp.

Den geografiske fordelingen av sandfangskummene som har over eller under anbefalt avstand mellom sedimentoverflate og utløpsrør er vist i Figur 18. Mange av sandfangskummene i Damsgårdsveien ved Kirkebukten var helt fulle, men generelt er det ikke noe bestemt geografisk mønster for hvor de fulle kummene er lokalisert i studieområdet.

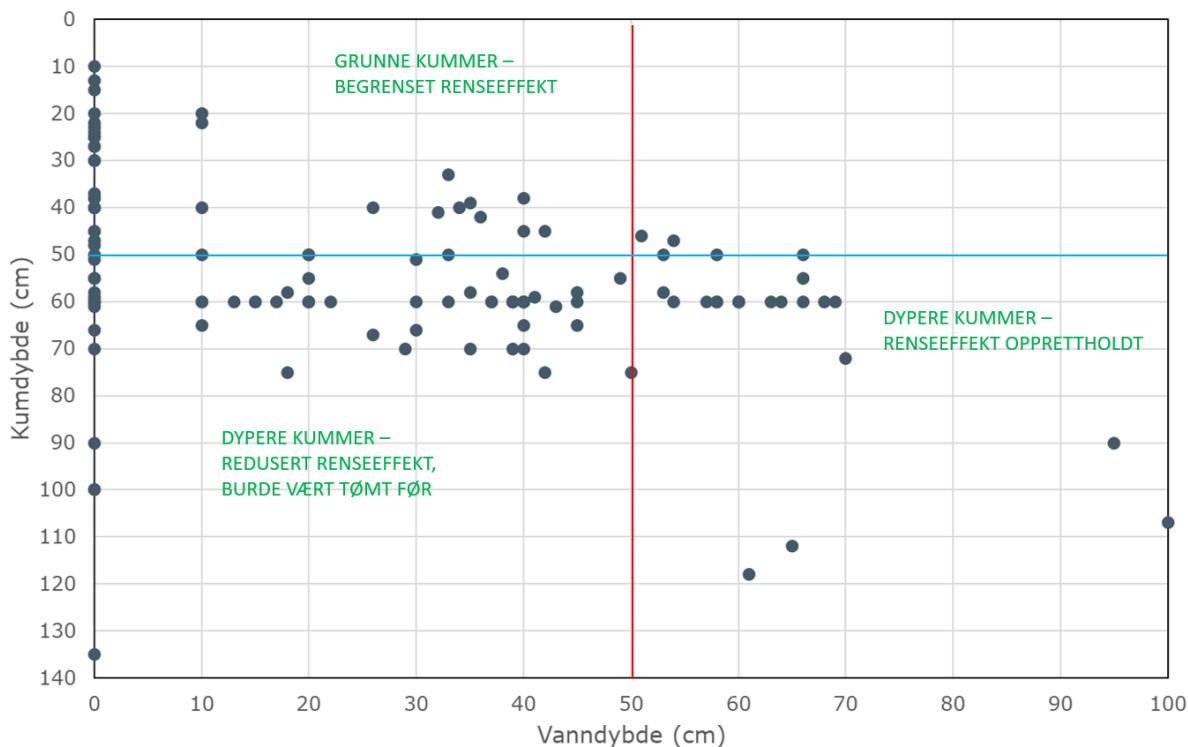
Det ble i forkant opplyst om at det ble gjennomført en full tømmerunde av kummene i kommunale veier sommeren 2020, dvs. 1 år tidligere. Resultatene viser at rensepotensialet til sandfangskummene i studieområdet ikke er utnyttet når en så høy andel av sandfangskummene er helt eller neste fulle før en tømning gjennomføres.



Figur 18 Oversikt over lokaliseringen av sandfangskommene som har over eller under anbefalt avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør på 50 cm (vanndybde). Avstanden ble målt før tømning av kum.

For å undersøke sammenhengen mellom kumdybden og avstanden mellom sediment og utløpsrør (vanndybde) i sandfangskommene før tømning, er disse to parameterne sammenstilt i Figur 19. Kummene som plotter over den blå horisontale streken (29 %) er grunnere enn 50 cm, og disse har begrenset renseseffekt sammenlignet med dypere sandfang siden det ikke er mulig å ha en 50 cm beskyttende vannpute over sedimentene som forhindrer utspyling av partikler. Kummene som plotter under den blå linjen og til høyre for den loddrette røde linjen, er dypere kummer der avstanden mellom sediment og utløp før tømning fremdeles overstiger 50 cm og renseseffekten dermed er opprettholdt. Kummene som plotter under den blå linjen og til venstre for den røde linjen, er dypere kummer med vanndybde under 50 cm. Disse har redusert renseseffekt, og burde vært tømt tidligere.

Det må understrekes at det ikke skjer en brå endring i renseseffekt akkurat når vanndybden synker under 50 cm. Reduksjonen i renseseffekt vil være gradvis ved minkende vanndybde over sedimentene. Renseseffekten vil også være avhengig av størrelsen på nedbørfeltet til kummen. For kummer med lite nedbørfelt og lav vannføring vil risiko for utspyling av sedimentert materiale være lavere selv med mindre avstand enn 50 cm mellom sediment og utløp. Det vil for eksempel si at grunne kummer ikke nødvendigvis har begrenset renseseffekt dersom de har et lite nedbørfelt. I evalueringen av måleresultatene i dette prosjektet er det av praktiske hensyn forutsatt at kummene har lik størrelse på nedbørfelt. Størrelse på nedbørfelt er imidlertid også en faktor som det kan tas hensyn til i neste fase ved endelig evaluering av tømmeplaner (se kap. 6.2.6).



Figur 19 Oversikt over kumdybden og vanndybden til hver av de 133 sandfangskummene. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømning). NB! Noen av punktene plottes over hverandre i figuren. Figuren viser enkelte tilfeller av større vanndybde enn kumdybde, se diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4.

Rundt 40 % av de 133 kummene har en dybde på rundt 60 cm. Figur 19 viser at avstanden mellom sediment og utløp som ble registrert før tømning i første fase varierer sterkt for disse kummene og at det derfor ikke kun er dybden på kummene som er avgjørende for hvor fort et sandfang fylles opp. Det er også andre faktorer som spiller inn, som for eksempel plassering i terrenget, størrelse på nedslagsfeltet til kummen, omfang av gatestrøing og gatefelling, tilførsler fra områder utenfor vei og trafikkbelastning.

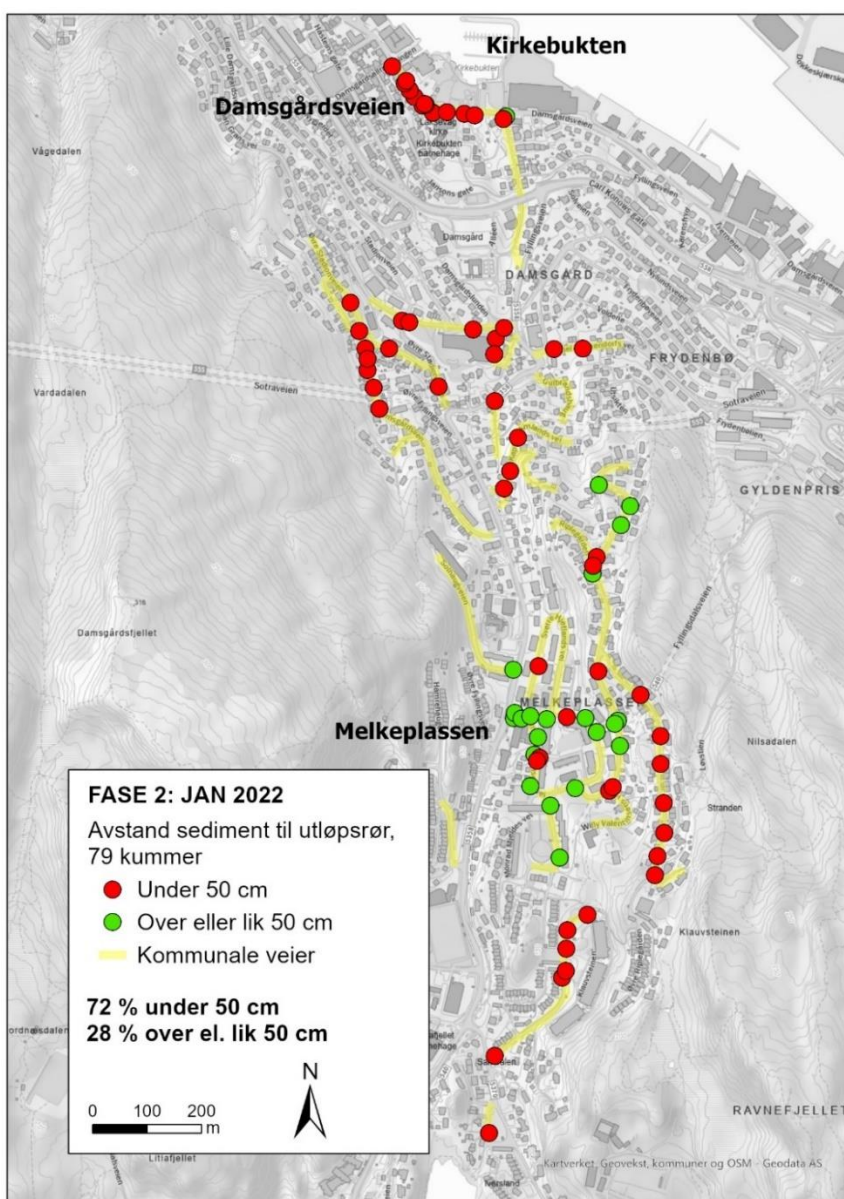
5.1.2 Fase 2: Januar 2022

I den andre tømmefasen utført i januar 2022 i kommunale veier var målet å tømme kummene som var fullest i 2021. Det ble valgt å tømme alle kummer som hadde under 40 cm vanndybde i fase 1. I tillegg ble det lagt opp til å tømme kummer som ikke var tilgjengelige under tømmerunden i fase 1, samt å renske ut kvister og skrot som var påvist i bunnen av 3 kummer under tømningen sommeren 2021

(krever tilleggsutstyr). Totalt ble det lagt opp til å tømme og måle vanndybde for 116 kummer i januar 2022. Kumdybde ble kun målt for de kummene som ikke var tilgjengelige i fase 1.

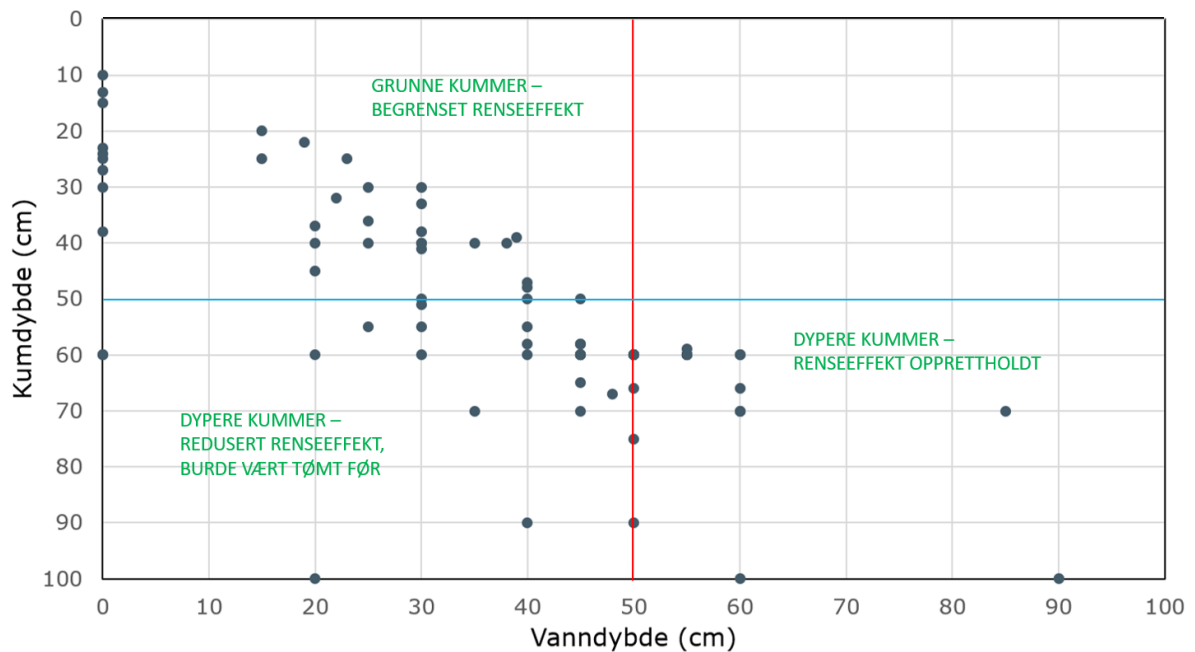
Av de 116 kummene, var 89 kummer (76 %) tilgjengelige og ble tømt. 27 kummer (24%) var ikke tilgjengelige, primært på grunn av parkerte biler over kumlukkene samt et anleggsområde som hindret tilgang til 7 av kummene. Det ble rensket ut av de 3 kummene med kvister og skrot i bunnen.

Av de 89 kummene som ble tømt i januar 2022, ble 79 kummer også tømt i 2021. Det vil si at 79 kummer ble tømt og registrert både sommeren 2021 og i januar 2022. Dette var kummene som var fullest i den første tømmerunden, og de utgjør således ikke et representativt utvalg av kummene i studieområdet. Resultatene fra tømmerunden i januar 2022 for disse 79 kummene er vist i Figur 20.



Figur 20 Resultater fra tømmerunden i januar for de 79 kummene som var fullest i første tømmerunde i juni-august 2021. Resultatene viser lokaliseringen av sandfangskummene som har over eller under anbefalt avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør på 50 cm (vanndybde). Avstanden ble målt før tømning av kum.

En sammenstilling av vanndybden og kumdybden for de 79 kummene som ble tømt både sommeren 2021 og i januar 2022 er vist i Figur 21. Registreringene viste at et halvt år etter at kummene ble tømt sist, hadde 28 % (22 kummer) over eller lik 50 cm avstand mellom sediment og utløp. Renseeffekten var dermed fremdeles opprettholdt for disse kummene ved tømmetidspunktet. 72 % (57 kummer) hadde under 50 cm avstand mellom sediment og utløp og dermed dårligere renseeffekt. 14 % av disse kummene (11 kummer) var helt fulle. En stor andel av kummene som hadde dårlig renseeffekt var imidlertid grunnere enn 50 cm og kan derfor ikke oppnå samme renseeffekt som dypere kummer (Figur 21).



Figur 21 Oversikt over vanndybden og kumdybden til de 79 kummene som ble tømt både sommeren 2021 og i januar 2022. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømning). NB! Noen av punktene plotter over hverandre i figuren. Figuren viser enkelte tilfeller av større vanndybde enn kumdybde, se diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4.

Etter to tømmerunder var fortsatt 10 % av kummene ikke tømt på grunn av utilgjengelighet, primært på grunn av parkerte biler over kumlokkene, samt et anleggsområde som forhindret tilgang til noen kummer.

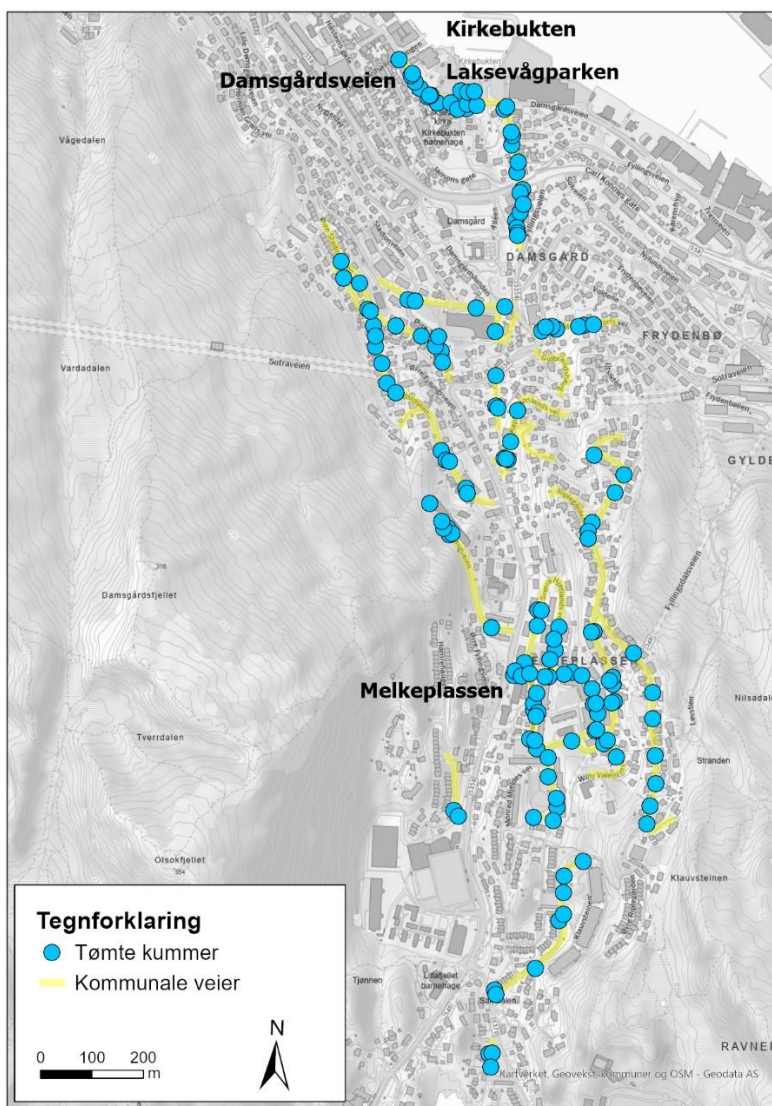
5.1.3 Fase 3: Juni 2022

I tømme fase 3, utført i juni 2022, var formålet å tømme alle kummer for i størst mulig grad redusere tilførselen av partikkelbundet forurensing til sjø under miljøovervåkningsrunden som ble utført i Kirkebukten i juli-august 2022 (se også avsnitt 7.3). Det ble derfor satt inn ressurser for å sperre av veier i forkant av tømningen for å unngå at parkerte biler forhindret tilkomst til kummene. Anleggsarbeidet som gjorde enkelte kummer i tidligere tømmerunder utilgjengelige var ferdigstilt.

Totalt ble det tømt og registrert vanndybde for 155 kummer i de kommunale veiene i Kirkebukto-området i tømmerunden i juni 2022 (Figur 22). I denne tømmerunden ble også 3 sandfangskummer i Laksevåg parken ved Kirkebukten inkludert. Kun 2 kummer ble registrert som utilgjengelige i denne

tømmerunden. I tillegg ble 2 kummer registrert som ikke funnet, og 2 kummer ble registrert som allerede tømt av entreprenøren med ansvar for fylkesveiene i Kirkebukt-området. Dette betyr at omtrent 97 % av registrerte sandfangskummer i kommunale veier i Kirkebukt-området som har utløp til overvannsnettet (ikke infiltrerer i grunnen) ble tømt i denne runden. Kumdybde ble kun registrert for kummene som ikke hadde vært tilgjengelige i tidligere runder.

Siden det var ønskelig å redusere tilførselen av partikkelbundet forurensning fra overvann til sjø under miljøovervåkningsrunden som ble utført i Kirkebukten i juli-august 2022, ble det valgt å tømme flest mulig sandfangskummer i juni 2022 uavhengig av når kummene ble tømt sist. Det betyr at datasettet for denne tømmerunden inneholder sandfangskummer som ikke umiddelbart kan sammenlignes med tanke på oppfyllingshastighet (noen kummer ble sist tømt i januar 2022, noen ble sist tømt i juni-august 2021 og noen var utilgjengelige i tidligere tømmerunder og siste tømmetidspunkt er dermed usikkert). En sammenligning av resultater for relevante utvalg av datasettet med resultater fra andre tømmerunder er vist i avsnitt 5.1.5 med tanke på vurderinger av oppfyllingshastighet og tømmebehov.



Figur 22 Oversikt over lokalisering av de 155 kummene som ble tømt i kommunale veier i fase 3 i juni 2022

5.1.4 Fase 4: Januar 2023

I januar 2023 ble det valgt å kun gjennomføre registrering av avstand mellom sedimentoverflate og utløp uten å tømme kummene i de kommunale veiene i Kirkebukt-området. Dette gav informasjon om oppfyllingsnivå med mindre ressurser enn ved å gjennomføre en runde med både tømming og registrering. Totalt ble det registrert vanndybde i 156 kummer i registreringsrunden i januar 2023. 152 av disse kummene ble tømt/registrert i juni 2022.

I tillegg til registrering av vanndybde, ble det i registreringsrunden i januar 2023 gjennomført kontrollmålinger av kumdybder i utvalgte kummer. Det var planlagt å kun måle kumdybde i første runde (eller første gang en kum var tilgjengelig), men noen tilfeller av registreringer der vanndybden oversteg kumdybden medførte et behov for kontrollmålinger av kumdybde. En nærmere diskusjon rundt måleusikkerhet er gitt i avsnitt 6.1.4.

Relevante sammenligninger mellom resultatene fra registreringsrunden i januar 2023 med andre runder for vurdering av oppfyllingshastighet og tømmebehov er gitt i avsnitt 5.1.5.

5.1.5 Evaluering av oppfyllingshastighet og tømmebehov

En sammenligning av registreringsresultatene fra første fase (1 år siden tømming) med resultatene fra fjerde fase (1/2 år siden tømming) i kommunale veier i Kirkebukt-området er vist i Figur 23. Figur 24 viser de samme datasettene plottet som kumdybde vs. vanndybde (avstand mellom sedimentoverflate og utløp). Resultatene viser tydelig at dagens tømmefrekvens på annenhvert år er for lav med tanke på utnytting av rensepotensialet i sandfangskummene. En høy andel kummer (80 %) hadde under 50 cm avstand mellom sedimentoverflate og utløp ett år etter tømming, dvs. at en årlig tømmefrekvens heller ikke er tilstrekkelig for å utnytte rensepotensialet fullt ut. Det er imidlertid sannsynlig at andelen av kummer med under 50 cm vanndybde i fase 1 er noe høyere enn reelt siden 16 % av kummene ble registrert som utilgjengelige. Dersom man antar at like mange kummer var utilgjengelige i tidligere tømmerunder, så betyr det at det var gått lenger enn ett år siden tømming for en del av kummene i datasettet fra fase 1.

Resultatene fra fase 4, da man var sikker på at det var gått et 1/2 år siden tømming, viser at 35 % av kummene hadde mindre enn 50 cm avstand mellom sedimentoverflate og utløp (Figur 23). Dette tallet er kun litt høyere enn andelen av kummer som er grunnere enn 50 cm. En sammenligning mellom kartene i Figur 23 viser at kummene som har vanndybde under 50 cm samsvarer i stor grad med kummene som er grunnere enn 50 cm. Det finnes også mange kummer som har rundt 60 cm dybde, og det skal heller ikke så mye oppfylling til i disse kummene før vanndybden blir redusert til under 50 cm. Rensepotensialet til en stor andel av sandfangskummene i de kommunale veiene i Kirkebukt-området er derfor begrenset av dybden til kummene.

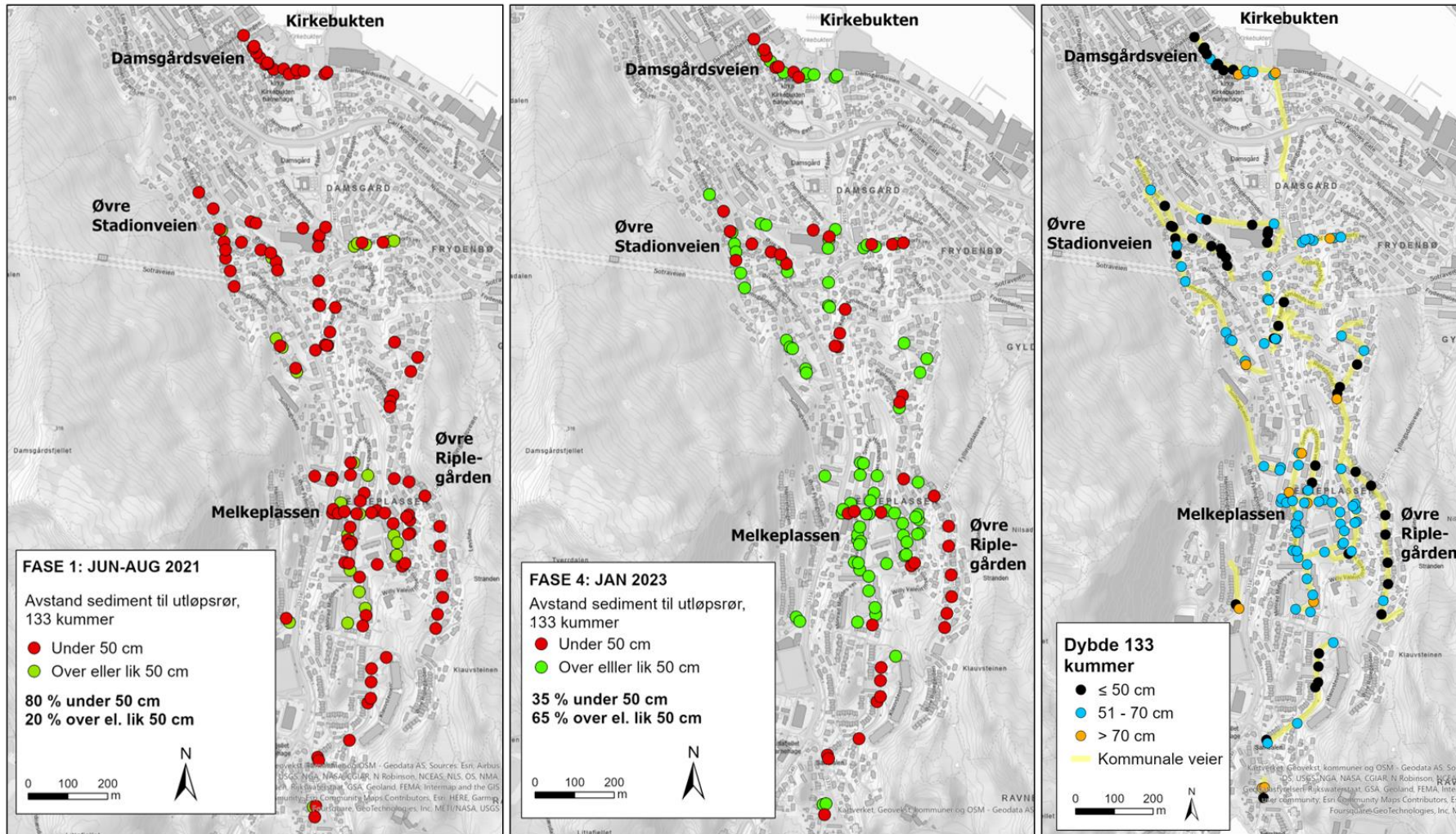
Fyllingsgraden til en kum kan også påvirkes av aktiviteten i nedslagsfeltet som igjen kan variere med årstider og mellom år. Gatestrøing er et eksempel på en slik faktor. 77 av kummene i kommunale veier i Kirkebukt-området ble tømt/registrert i alle fire rundene, og Figur 25 og Figur 26 viser registreringsresultatene for dette datasettet. I runde 2, 3 og 4 var det like lenge siden siste tømming (1/2 år) for disse kummene, mens andelen kummer med mindre enn 50 cm avstand mellom sediment og utløp varierte mellom 73 % (fase 2) og 43 % (fase 3). Antall målerunder i dette datasettet er ikke stort nok til å kunne si noe om årstidsvariasjoner, men datasettet viser at man kan forvente forskjeller mellom registreringsrunder for de samme kummene selv om det har gått like lang tid siden siste tømming. Dette viser at det er viktig å gjennomføre registreringer av vanndybde mer enn en gang før man gjør vurderinger av tømmebehov i et område.

133 KUMMER TØMT/REGISTRERT I FASE 1 OG FASE 4

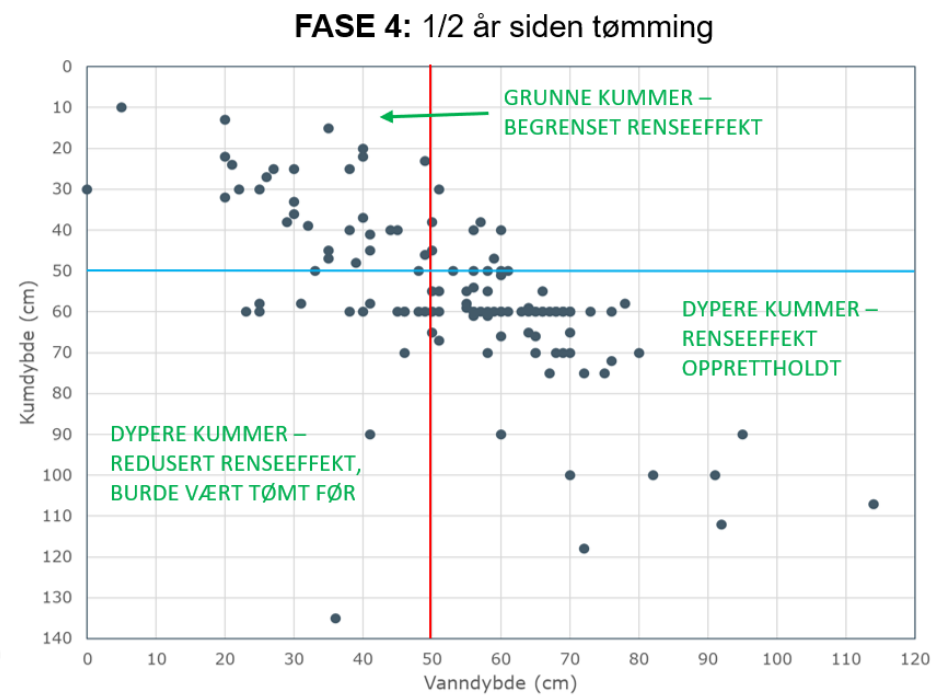
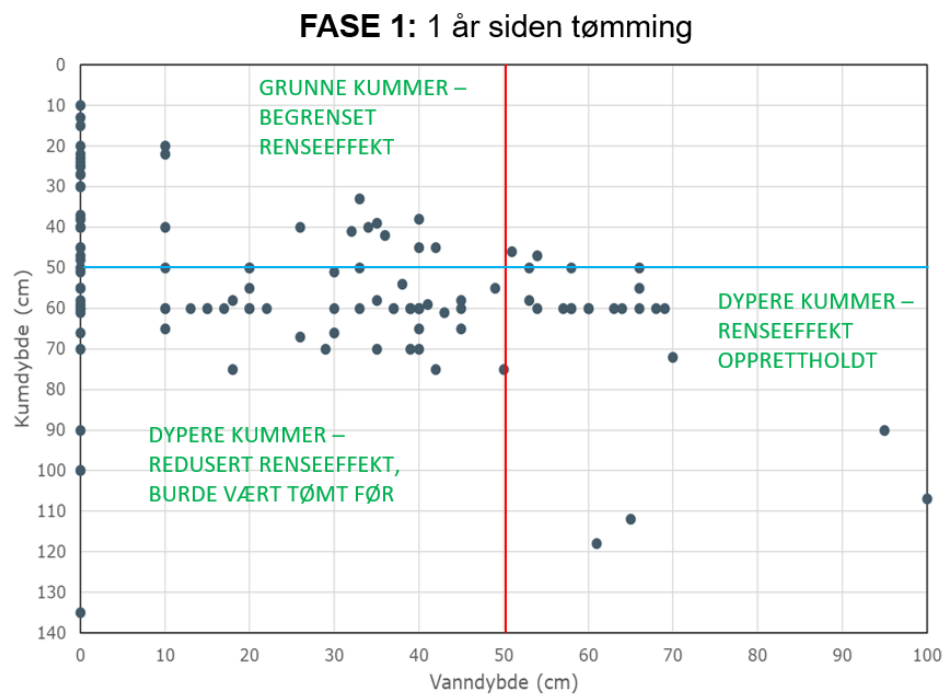
FASE 1: 1 år siden tømning

FASE 4: 1/2 år siden tømning

Kumdybde

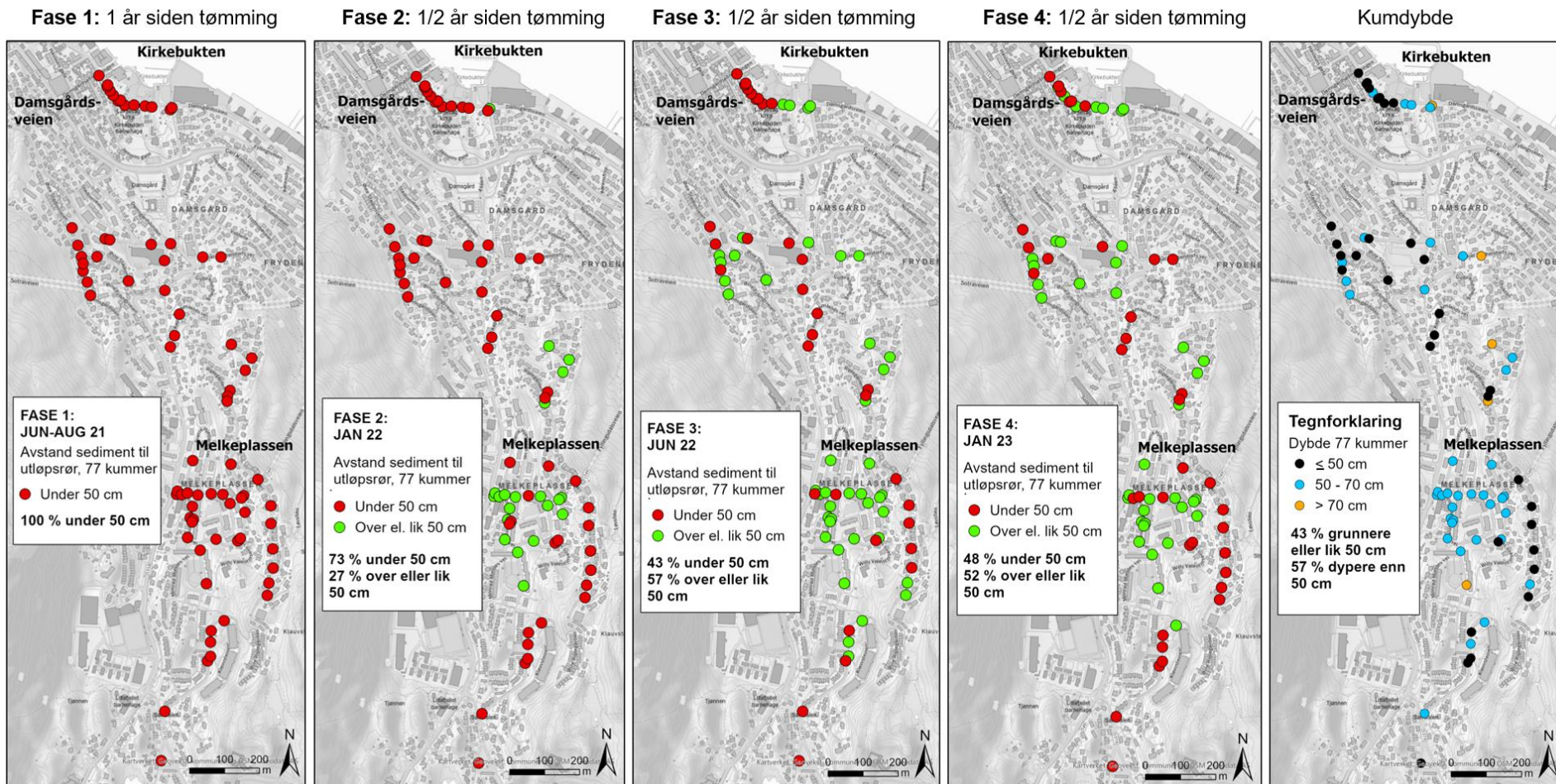


Figur 23 Sammenligning mellom måleresultater for fase 1 og fase 4, samt oversikt over kumdybde. For å bedre kunne sammenligne datasettene, er det i fase 4 kun inkludert 133 av de 156 kummene som ble registrert

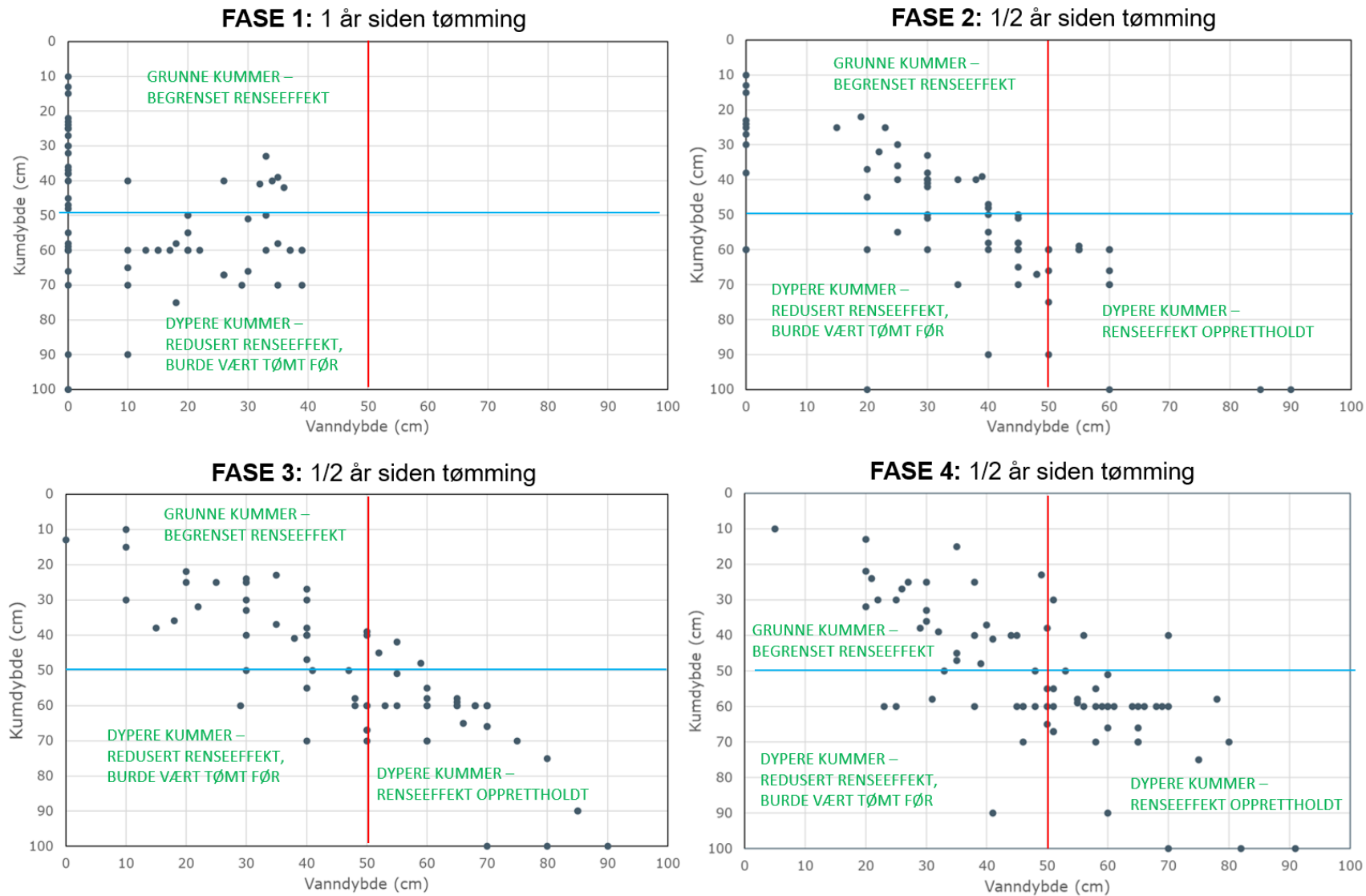


Figur 24 Sammenligning mellom registreringsresultater for 133 kummer i fase 1 og fase 4. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømning). NB! Noen av punktene plottes over hverandre i figurene. Figuren viser enkelte tilfeller av større vanndybde enn kumdybde, se diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4.

77 KUMMER TØMT/REGISTRERT I ALLE FASENE

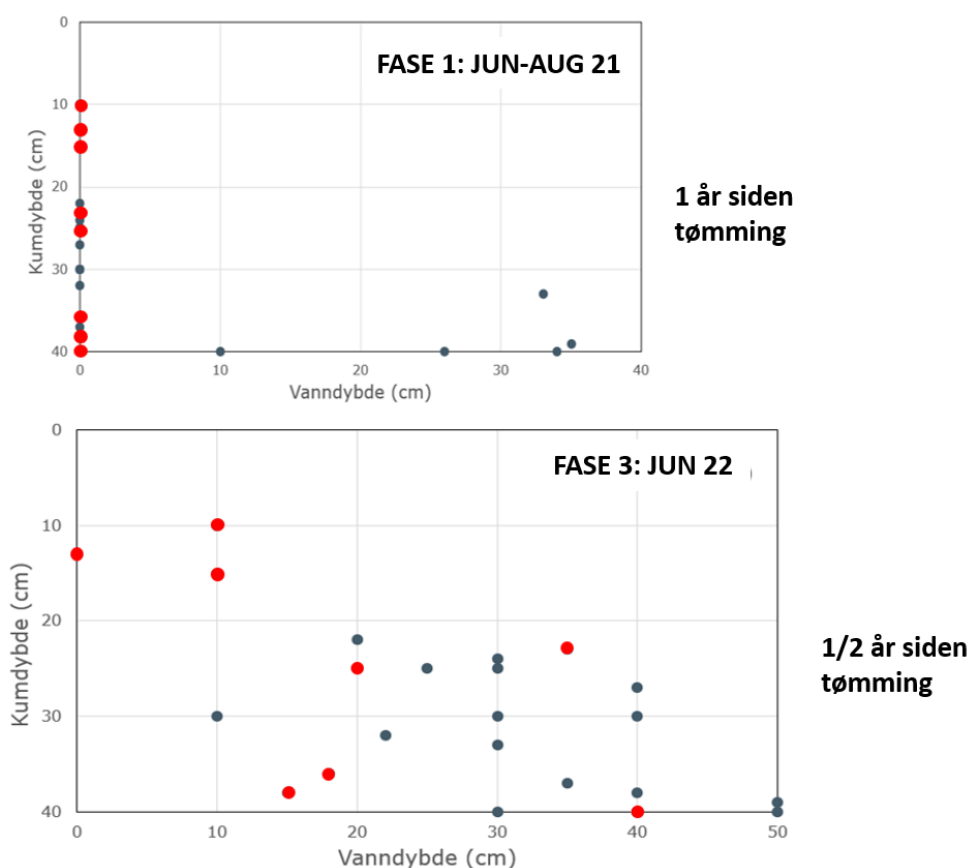


Figur 25 Variasjoner i oppfyllingsnivå for de 77 kummene som ble tømt/registrert i alle 4 fasene



Figur 26 Vanndybde vs. kumdybde for de 77 kummerne som ble tømt/registrert i alle 4 fasene. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømning). NB! Noen av punktene plottes over hverandre i figurene. Figuren viser enkelte tilfeller av større vanndybde enn kumdybde, se diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4.

Basert på studien i de kommunale veiene i Kirkebukt-området er det klart at tømmeffrekvensen i området som i dag er hvert andre år, minimum bør økes til årlig ut fra miljøhensyn. Selv med årlig tømning vil imidlertid for mange sandfang bli for fulle til å utnytte rensespotensialet i kummene. Det bør derfor gjøres ytterligere kost-nytte vurderinger av ulike tiltak for å redusere spredning av forurensede partikler til sjø. Det kan for eksempel vurderes å øke tømmeffrekvensen til halvårlig, særlig i områder med mange grunne kummer. Figur 27 viser registreringsresultater for fase 1 (1 år siden tømning) og fase 3 (1/2 år siden tømning) for de grunneste kummene i pilotområdet. Flere av disse er lokalisert i Damsgårdsveien som er den mest trafikkerte av de kommunale veiene i pilotområdet (markert med røde sirkler i Figur 27). Mer trafikk betyr trolig mer miljøgifter i omløp, og grunne kummer i en trafikkert vei vil være fornuftig å prioritere for hyppigere tømning. Selv om grunne kummer som vist i Figur 27 ikke har samme rensespotensiale som dypere kummer, så samler de likevel en del forurensning som ellers kan bli ført til sjø.



Figur 27 Kumdybde vs. vanndybde for de grunneste kummene i Kirkebukt-området. Kummene markert med rødt er lokalisert i Damsgårdsveien (se Figur 26 for lokalisering) som har mer trafikk enn de andre kommunale veiene i området og dermed potensielt mer miljøgifter i omløp. Figuren viser enkelte tilfeller av større vanndybde enn kumdybde, se diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4.

Hyppigere tømning vil øke driftskostnadene, og et alternativt tiltak vil være å øke gaterenholdet ved kosting/feieing slik at partikler fra veibanen fjernes før de når overvannssystemet og sedimenterer i sandfang. Dette vil medføre at oppfyllingshastigheten av sandfangene reduseres. Et annet alternativ vil være å skifte ut grunne kummer med dypere kummer slik at oppsamlingvolumet blir større og sandfangene kan tømmes sjeldnere. I slike kost-nytte beregninger må man se på hva som er praktisk

gjennomførbart og vurdere kostnader ved hyppigere tømning opp mot økte kostnader for gaterenhold eller investeringskostnader ved utskiftning av kummer. Faktorer som størrelsen på sandfangskummenes nedbørsfelt og resipientens sårbarhet bør også inngå i slike vurderinger.

Ved innsamling av store registreringsdatasett i flere faser er det vanskelig å unngå unøyaktigheter/feil i dataene. I denne studien var det planlagt å måle kumdybde og vanndybde i den første fasen og deretter kun måle vanndybde i de etterfølgende fasene. Ved gjennomgang av vanndybde dataene ble det klart at den registrerte vanndybden, særlig i fase 2 – 4, i flere tilfeller oversteg den registrerte kumdybden fra fase 1 (se Figur 24, Figur 26 og Figur 27). Det finnes flere årsaker til måleusikkerheter/feil i datasettene, og disse er nærmere diskutert i avsnitt 6.1.4. Det er imidlertid det store bildet som er viktig i gjennomgangen av de innsamlede dataene, og de observerte unøyaktighetene/feilene i datasettene vurderes til å ikke ha noen innvirkning på konklusjonene som er dratt fra studien.

5.2 Resultater fylkesvei i Kirkebukt-området

Innenfor Kirkebukt-området er det kun en fylkesvei (Fv5358), og det var i utgangspunktet kun planlagt å inkludere sandfang i kommunale veier i dette området. Erfaringene fra første tømme fase i kommunale veier i juni-august 2021 viste imidlertid at det ville være nyttig å inkludere flere aktører i prosjektet for å belyse flere problemstillinger og grensesnitt. Sandfang i fylkesvei i Kirkebukt-området ble derfor inkludert i prosjektet fra andre fase (januar 2022).

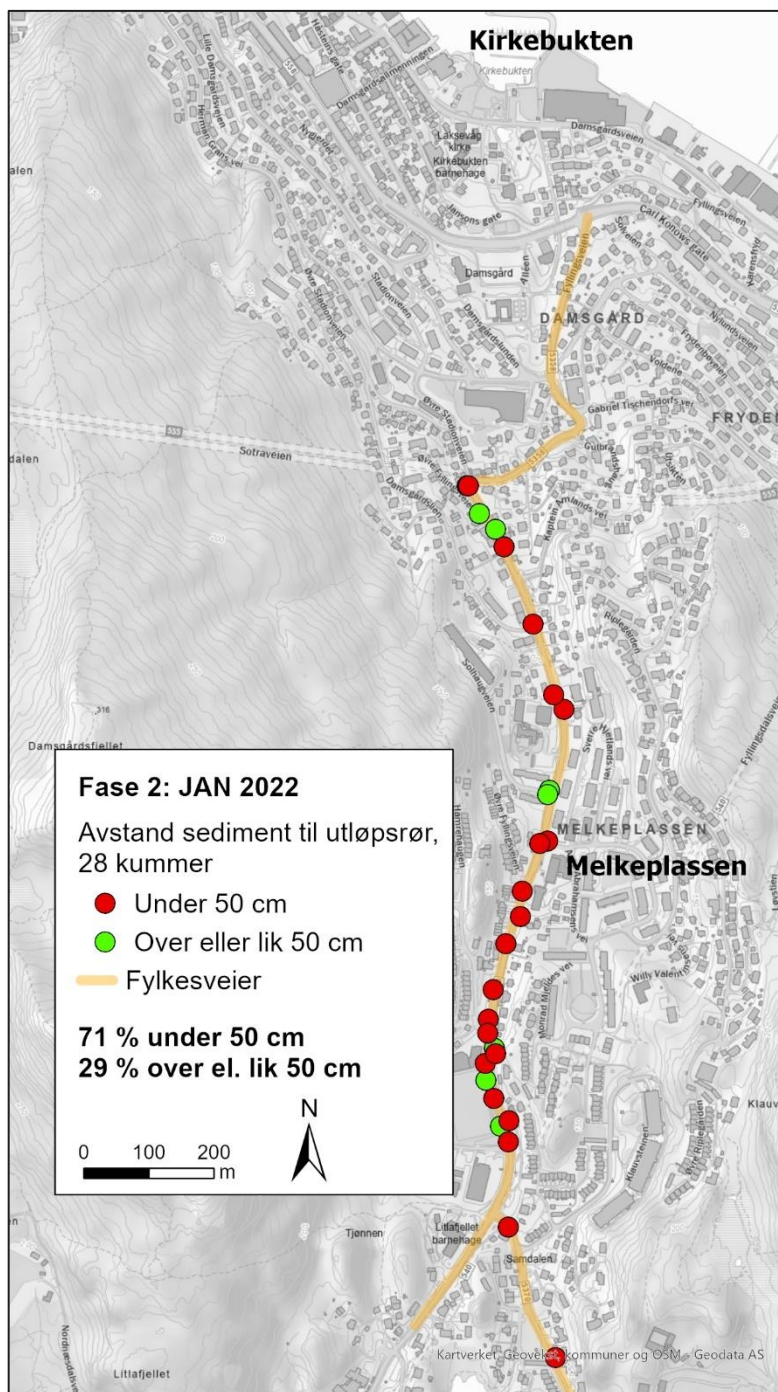
I fylkesveien innenfor Kirkebukt-området tømmes sandfangskummene i dag en gang i året om sommeren. Prosjektet hadde ikke tilgang til noe grunnlagsdatasett med oversikt over kumlokaltetene i fylkesveien, og i januar 2022 ble det utført en ekstra tømmerunde av et begrenset antall kummer for å skaffe oversikt over omfang og eventuelle problemstillinger og grensesnitt. Et område i den nordlige delen av fylkesveien var i denne fasen ikke tilgjengelig pga. anleggsarbeid. Det ble deretter valgt å gjennomføre en runde med fullstendig tømning/registrering i juni 2022 og januar 2023. De tre tømme/registreringsrundene i fylkesvei blir kalt fase 2 – fase 4 for at de skal samsvare med navngivningen av tømme/registreringsrundene i de kommunale veiene i Kirkebukt-området.

Siden prosjektet ikke hadde noe grunnlagsdatasett med oversikt over kumlokaltetene, gjennomførte entreprenør innmåling av lokalitetene til sandfangskummene ved hjelp av ArcGIS Field Maps.

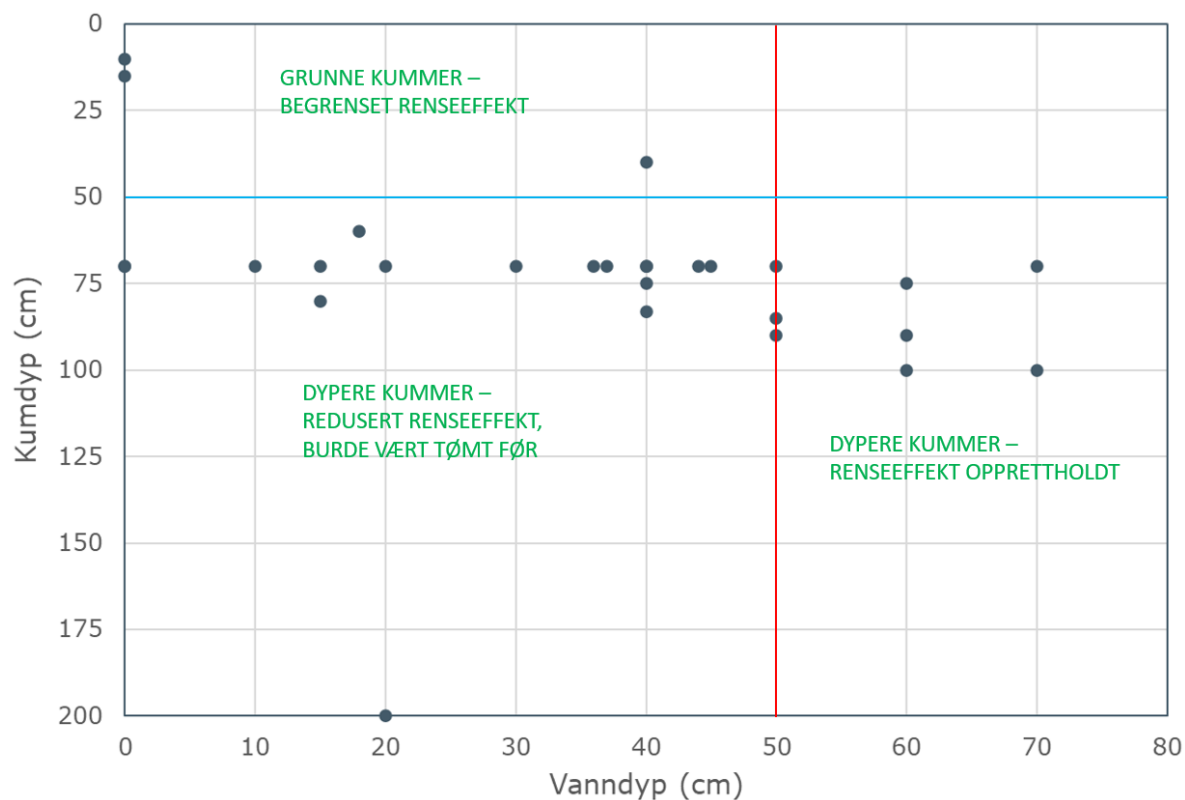
5.2.1 Fase 2: Januar 2022

I januar 2022 ble det gjennomført tømning og registrering av kumdybde og avstand mellom sedimentoverflate og utløp i 28 kummer i fylkesvei innenfor Kirkebukt-området (Figur 28). Resultatene viste at 71 % av kummene (20 kummer) hadde mindre avstand enn 50 cm mellom sedimentoverflate og utløp, mens for 29 % (8 kummer) var denne avstanden større enn eller lik 50 cm. 14 % av kummene var helt fulle.

En sammenstilling av kumdybden og avstanden mellom sedimentoverflaten og utløpet til de 28 sandfangskummene er vist i Figur 29. Forutsatt at alle kummene ble tømt sommeren 2021, så viser figuren at for drøyt 2/3 av kummene er renseeffekten redusert etter et halvt år (vanndybde under 50 cm), mens for knappe 1/3 av kummene er renseeffekten fortsatt opprettholdt.



Figur 28 Oversikt over lokaliseringen av de 28 kummene som ble tømt i fylkesvei i januar 2022 med klassifisering i henhold til om avstanden mellom sedimentoverflaten og utløpsrøret i kummene (vanndybden) var større eller mindre enn 50 cm. Det var et år siden forrige tømming.

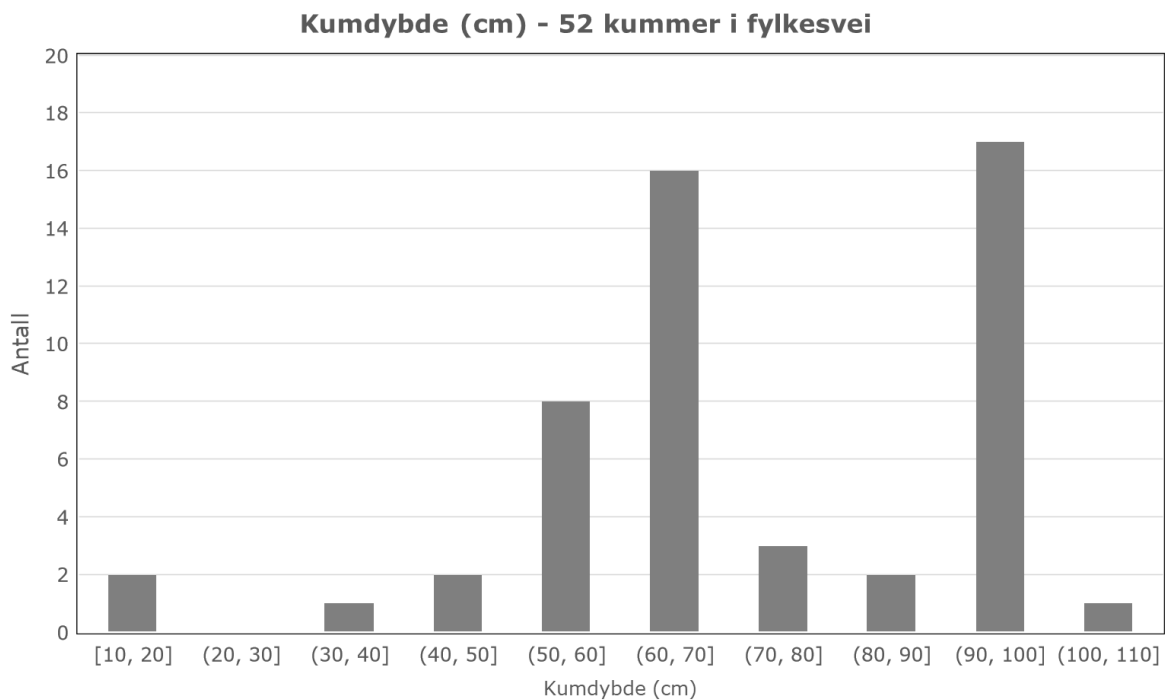


Figur 29 Oversikt over kumdybden og vanndybden til de 28 sandfangskummene som ble tømt i fylkesveier i Kirkebukt-området i januar 2022. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømming). NB! Noen av punktene plottes over hverandre i figuren.

5.2.2 Fase 3: Juni 2022

I juni 2022 ble det gjennomført tømming og registrering av kumdybde og avstand mellom sedimentoverflate og utløp i totalt 52 sandfangskummer i fylkesvei innenfor pilotområdet. For 24 av disse kummene var det gjennomført tilsvarende registreringer i januar 2022. 4 av kummene som ble inkludert i fase 2 ble ikke bli tømt i fase 3.

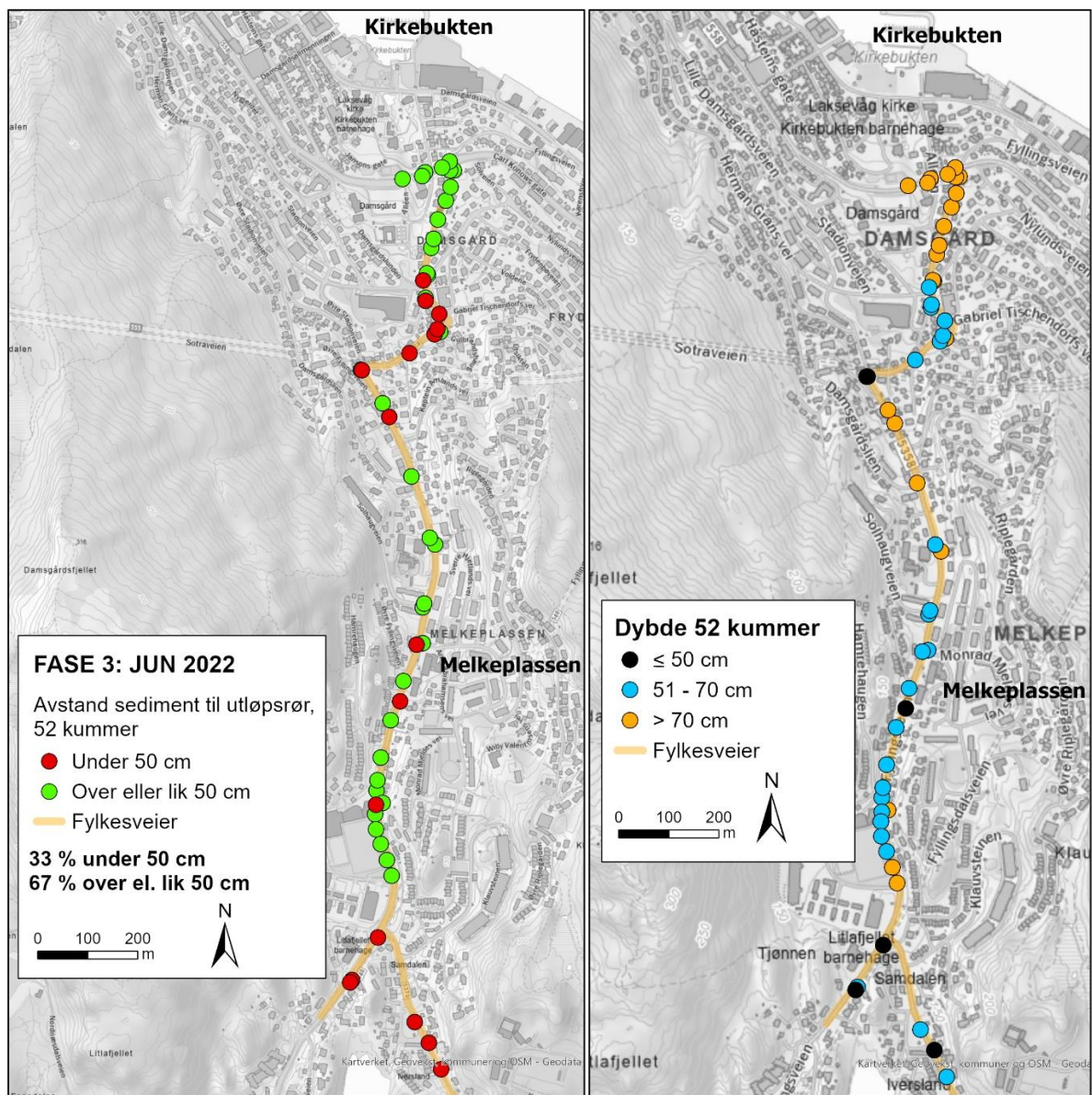
Fordelingen av dybdene til de 52 sandfangskummene er vist i Figur 30. På samme måte som for kummene i kommunale veier, ble det også registrert store forskjeller i dybden til sandfangskummene i fylkesvei. Generelt er kummene i fylkesveien noe dypere enn kummene i de kommunale veiene. 44 % av kummene som ble tømt i fylkesveien hadde dybde over 70 cm, mens 46 % hadde dybde mellom 50 og 70 cm. Kun 10 % av kummene var grunnere enn 50 cm (mot 34 % i de kommunale veiene). Det vil si at kummene i fylkesveien har et bedre rensespotensiale sammenlignet med kummene i de kommunale veiene.



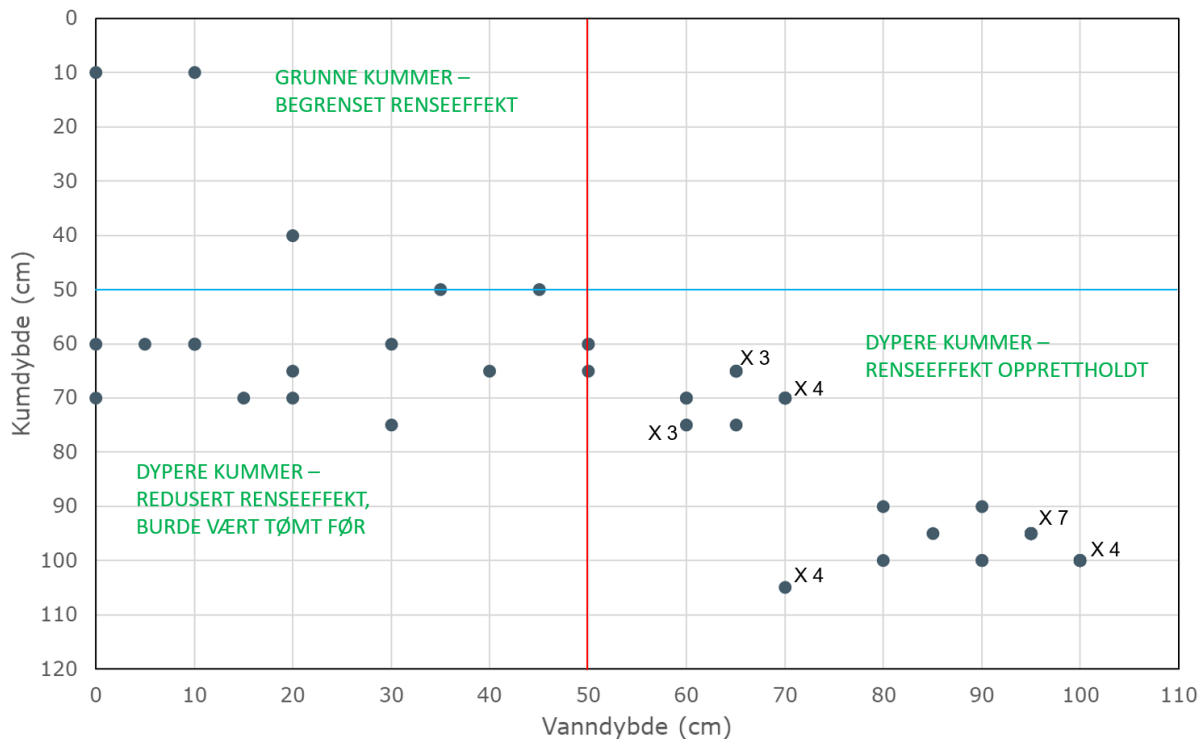
Figur 30 Fordeling av kumdybder for de 52 kummene som ble tømt i fylkesveier i pilotområdet i juni 2022.

Registreringsresultatene for de 52 kummene som ble tømt i juni 2022 er vist i Figur 31 og Figur 32. Resultatene viser at 33 % av kummene (17 kummer) hadde mindre enn 50 cm avstand mellom sedimentoverflate og utløp, mens for 67 % (35 kummer) var denne avstanden større enn eller lik 50 cm. Sammenligningen med dybdekartet viser at kummene som har vanddybde under 50 cm i stor grad samsvarer med de grunneste kummene i området.

Ved gjennomgang av registreringene fra fase 3 var det tydelig at vann- og kumdybdetallene var avrundet til nærmeste 5 - 10 cm i større grad enn tallene fra de andre fasene. Dette vises i Figur 32 i form av at mange punkter plotter over hverandre i figuren. Det ble derfor valgt å markere overlappende punkter i figuren med «x + tall» for å illustrere dette (Figur 32). Avrunding av dybdetall ble ikke nevnt i instruksjonen som ble gitt til entreprenørene, og det kan derfor lett skje at enkelte personer velger å avrunde tallene i større grad enn andre når det er flere personer som utfører registreringene (se også diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4).



Figur 31 Oversikt over lokaliseringen av de 52 kummene som ble tømt i fylkesveier i juni 2022 med dybde og klassifisering i henhold til om avstanden mellom sedimentoverflate og utløp i kummene var over eller under 50 cm før tømning. Kumdybden = avstand fra bunnen av kum til underkant av utløpsrør.

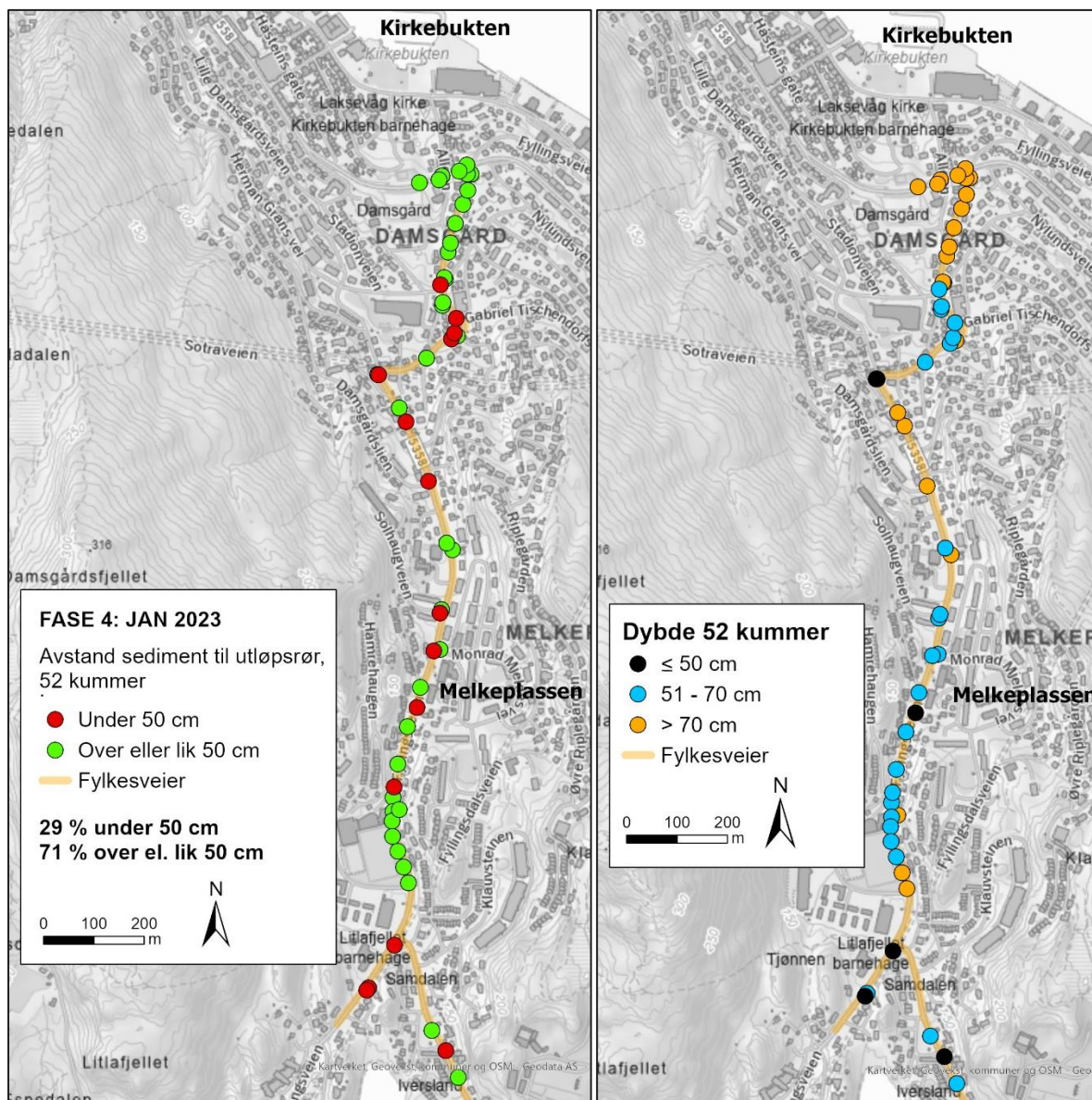


Figur 32 Oversikt over kumdybden og vanndybden til de 52 sandfangskummene som ble tømt i fylkesveier i Kirkebukt-området i juni 2022. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømning). NB! Noen av punktene plottes over hverandre i figuren, og der 3 eller flere overlapper er dette markert med «x + tall».

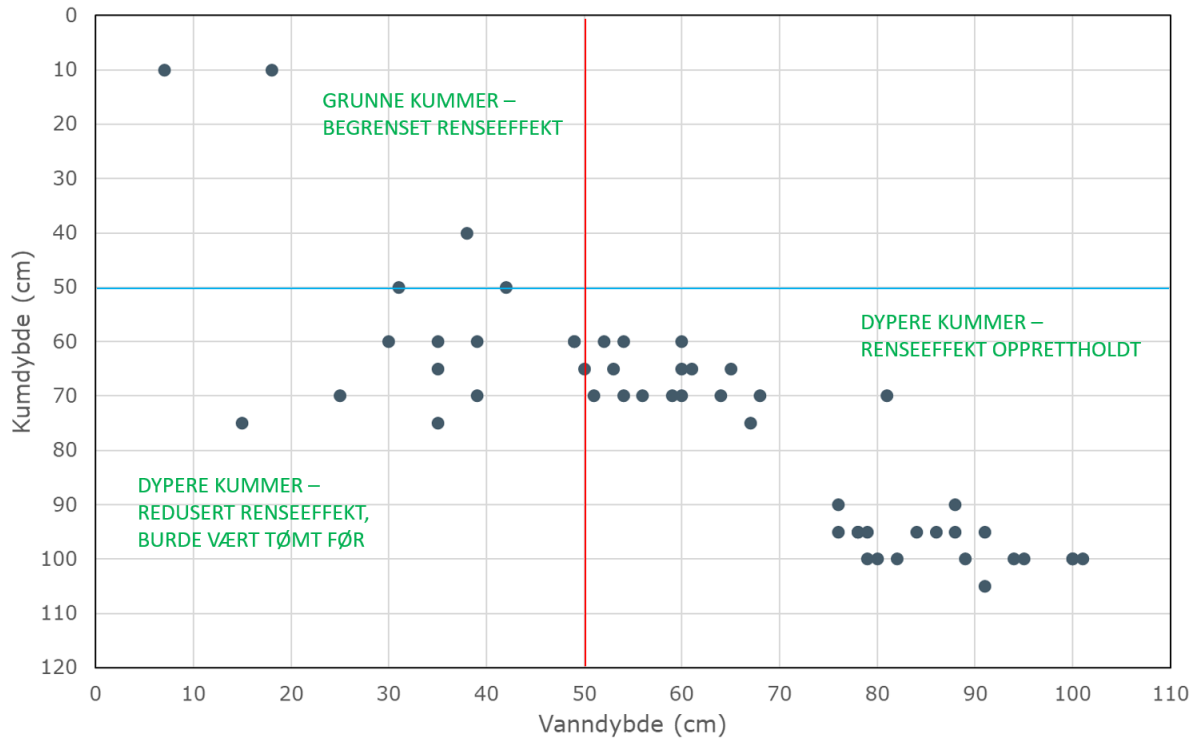
5.2.3 Fase 4: Januar 2023

I januar 2023 ble det gjennomført registrering av avstand mellom sedimentoverflate og utløp (vanndybde) i totalt 56 sandfangskummer i fylkesvei innenfor Kirkebukt-området. For 52 av disse kummene var det gjennomført tømning og registrering av kumdybde og avstand mellom sedimentoverflate og utløp i juni 2022. I figurene er det derfor valgt å inkludere disse 52 kummene for lettere å sammenligne resultatene.

Registreringsresultatene for de 52 kummene som ble tømt i januar 2023 er vist i Figur 33 og Figur 34. Resultatene viste at 29 % av kummene (15 kummer) hadde mindre enn 50 cm avstand mellom sedimentoverflate og utløp og dermed redusert renseseffekt. For 71 % av kummene (37 kummer) var vanndybden større enn eller lik 50 cm og renseseffekten dermed opprettholdt.



Figur 33 Oversikt over lokaliseringen av de 52 kummene som ble tømt i fylkesveier i januar 2023 med dybde og klassifisering i henhold til om avstanden mellom sedimentoverflaten og utløpet i kummene var større eller mindre enn 50 cm. Kumdybden = avstand fra bunnen av tom kum til underkant av utløpsrør.



Figur 34 Oversikt over kumdybden og vanndybden til de 52 sandfangskummene som ble tømt i fylkesveier i pilotområdet i januar 2023. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømming). NB! Noen av punktene plotter over hverandre i figuren. Figuren viser enkelte tilfeller av større vanndybde enn kumdybde, se diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4.

5.2.4 Evaluering av oppfyllingshastighet og tømmebehov

Kummene i fylkesveien er generelt noe dypere enn kummene i de kommunale veiene, og kun 10 % av kummene er grunnere enn 50 cm mot 34 % i de kommunale veiene i Kirkebukst-området. Rensepotensialet til kummene i fylkesvei er derfor noe bedre enn rensepotensialet til kummene i de kommunale veiene. Nesten halvparten av kummene i fylkesveien har imidlertid dybde mellom 50 og 70 cm, og det skal ikke så mye oppfylling til i disse kummene før renseseffekten reduseres. Også i fylkesvei i Kirkebukst-området er derfor rensepotensialet til sandfangskummene til en viss grad begrenset av dybden på kummene.

Sandfangene i fylkesveien i dette studieområdet tømmes rutinemessig en gang i året. Resultatene fra prosjektet viser at et halvt år etter siste tømming, var omtrent 1/3 av kummene for fulle og hadde redusert renseseffekt, mens for omtrent 2/3 av kummene var renseseffekten fremdeles opprettholdt. Prosjektet har ikke data på oppfyllingsnivået i kummene etter et helt år uten tømming, men det er rimelig å anta at andelen for fulle kummer vil øke en del sammenlignet med tilsvarende andel et halvt år etter tømming. Selv om en del av disse kummene er relativt grunne og ikke kan ha så god renseseffekt som dypere kummer, så vil for mange sandfang bli for fulle til å utnytte rensespotensialet i kummene med årlig tømmeffrekvens.

Basert på resultatene bør det derfor gjøres kost-nytte vurderinger av ulike tiltak for å redusere spredning av forurensede partikler til sjø fra fylkesvei i Kirkebukst-området. Det kan for eksempel vurderes å øke tømmeffrekvensen til halvårlig, eller intensivere gaterenholdet. Et viktig tiltak er å påse at alle kummer i fylkesveiene faktisk blir tømt i hver tømmerunde. I Kirkebukst-området ble det for

eksempel observert kummer i fylkesvei som var markert som «kommunale» i kommunens VA-kart. De omfattes likevel ikke av kontrakten til kommunens entreprenør som bare opererer i kommunal vei, og det var uklart om disse kommunale kummene i fylkesvei ble tømt av fylkeskommunens entreprenør før dette grensesnittet ble identifisert av prosjektet (se også avsnitt 6.2 for nærmere diskusjon om grensesnitt og problemstillinger). Den høye andelen av kummer med under 50 cm avstand mellom sedimentoverflate og utløp i den første tømmerunden som ble utført i fylkesvei (71 % av 28 kummer), antyder at ikke alle disse kummene var blitt tømt som del av rutinetømmingen sommeren 2021.

5.3 Resultater fylkesveier i Bergen sentrum

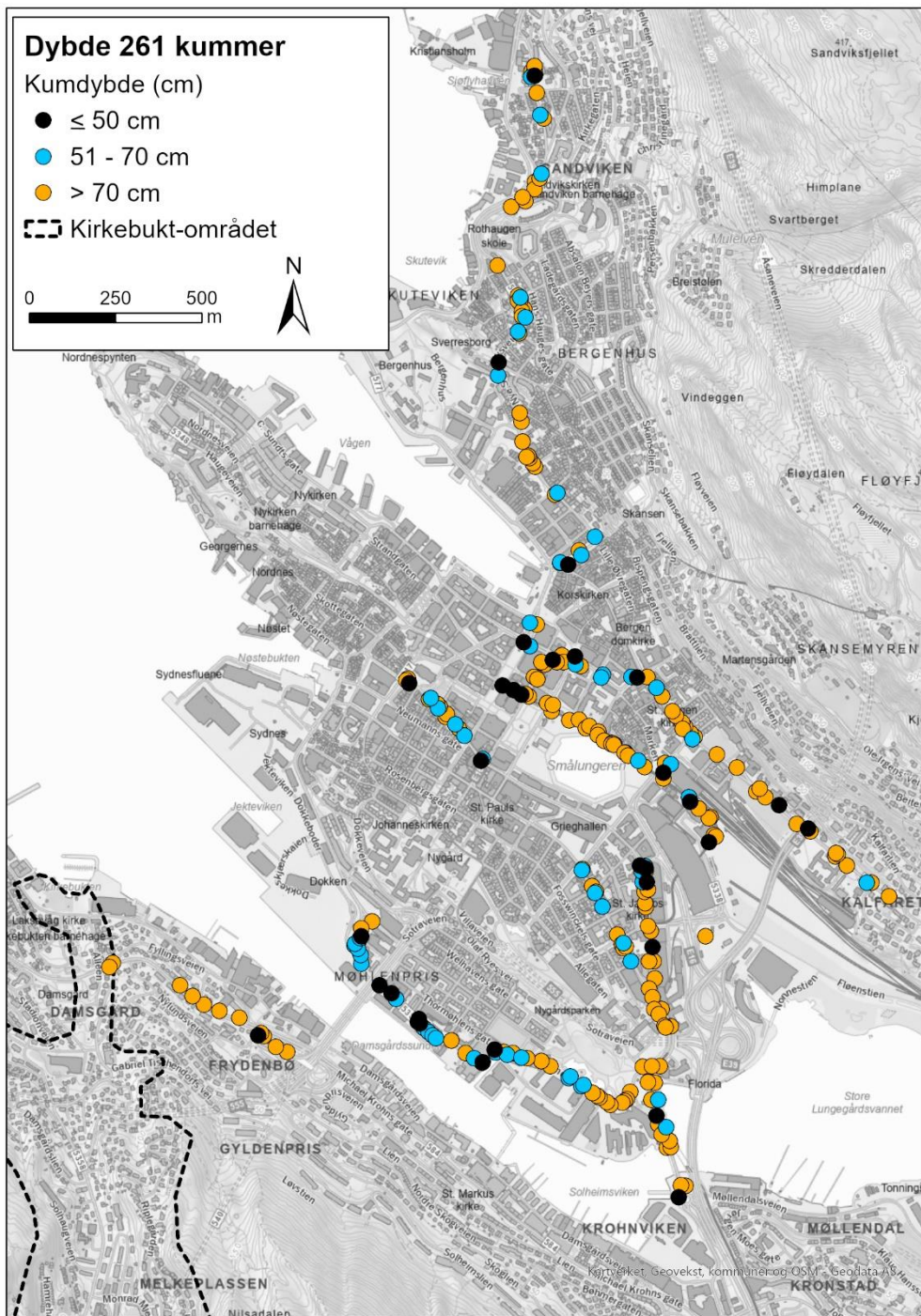
Sandfangskummene i Kirkebukt-området utgjør kun en liten andel av sandfangskummene i Bergen kommune. For å kunne vurdere om dette studieområdet er representativt for større deler av kommunen, ble det besluttet å inkludere to runder med registreringer i sandfang i fylkesveier i sentrum av Bergen.

Sandfangskummene i sentrum blir driftet ved at entreprenør rengjør innløpene og deretter vurderer behovet for tømming (se også avsnitt 4.1). Dette betyr at ikke alle kummer blir tømt i hver runde. Tilsyn/tømming av kummene blir rutinemessig gjennomført to ganger i året – en gang om våren og en gang om høsten.

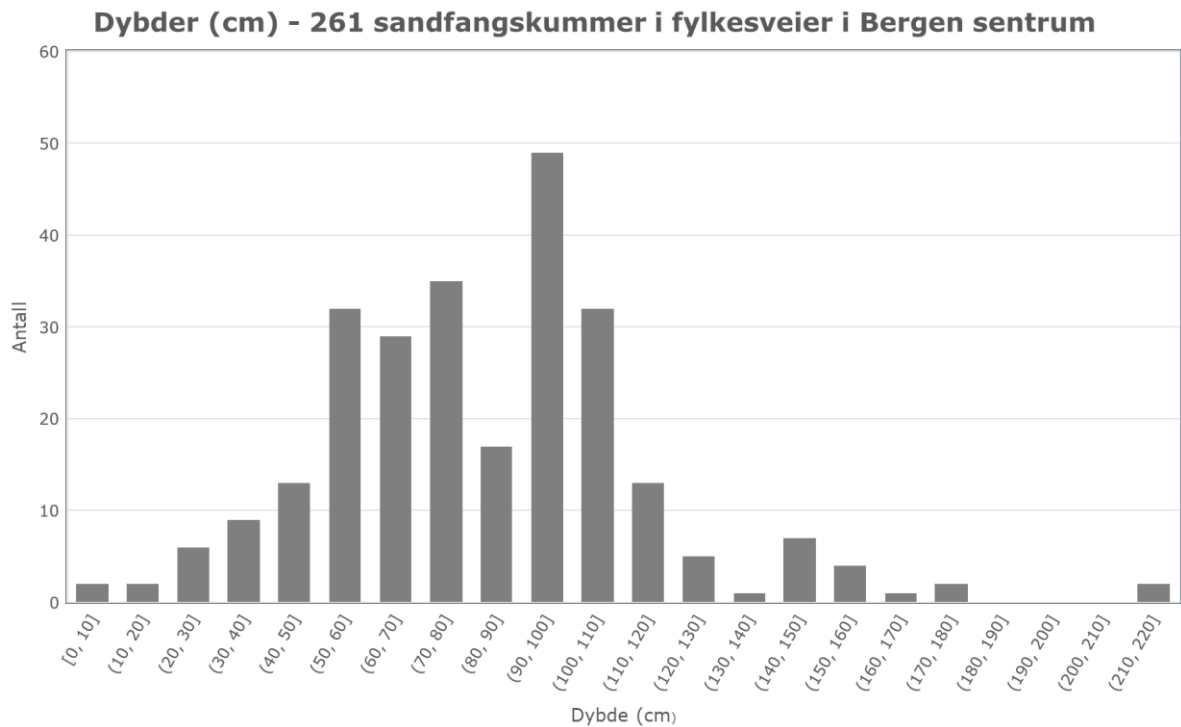
5.3.1 Runde 1: April 2022

Den første registreringsrunden i fylkesveier i sentrum ble utført i april 2022 i forbindelse med rutinemessig tilsyn/tømming av sandfangskummer. Entreprenør gjennomførte innmåling av lokalitetene til sandfangskummene ved hjelp av ArcGIS Field Maps siden prosjektet ikke hadde tilgang til noe grunnlagsdatasett med oversikt over kumlokalitetene. Innmåling og registreringer ble gjennomført for totalt 261 kummer. I tillegg ble det registrert inn 3 kummer som var fulle av avretningsmasse/betong og en kum som ikke var tilgjengelig pga. at en tilhenger var parkert over kumløkket.

Lokaliseringen av de 261 sandfangskummene er vist i Figur 35, og fordelingen av kumdybdene er vist i Figur 36. I overensstemmelse med resultatene fra fylkesvei innenfor Kirkebukt-område, så viser registreringene at kummene i fylkesveiene i sentrum generelt er dypere enn kummene i de kommunale veiene innenfor Kirkebukt-området. 65 % av kummene i datasettet fra fylkesveiene i sentrum har dybder over 70 cm, mens 26 % har dybder mellom 50 og 70 cm. Kun 9 % av kummene er grunnere enn 50 cm (mot 10 % av kummene i fylkesveiene i pilotområdet og 34 % av kummene i de kommunale veiene i Kirkebukt-området). De grunneste kummene er lokalisert relativt spredt utover i fylkesveiene i sentrumsområdet.



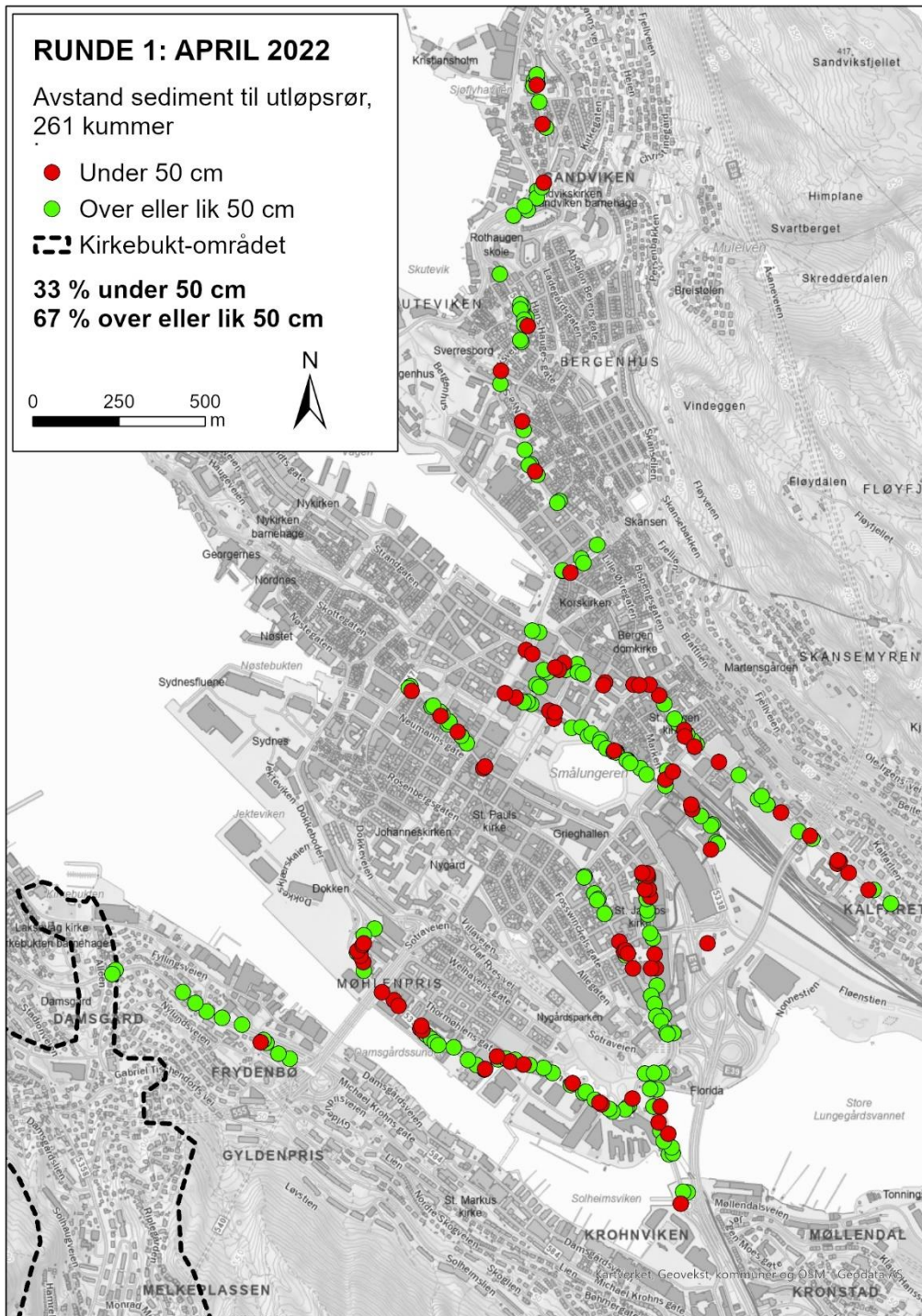
Figur 35 Oversikt over dybder av sandfangskummer i fylkesveier i sentrum av Bergen. Kumdybde = avstanden mellom underkant av utløpet og bunnen av kummen.



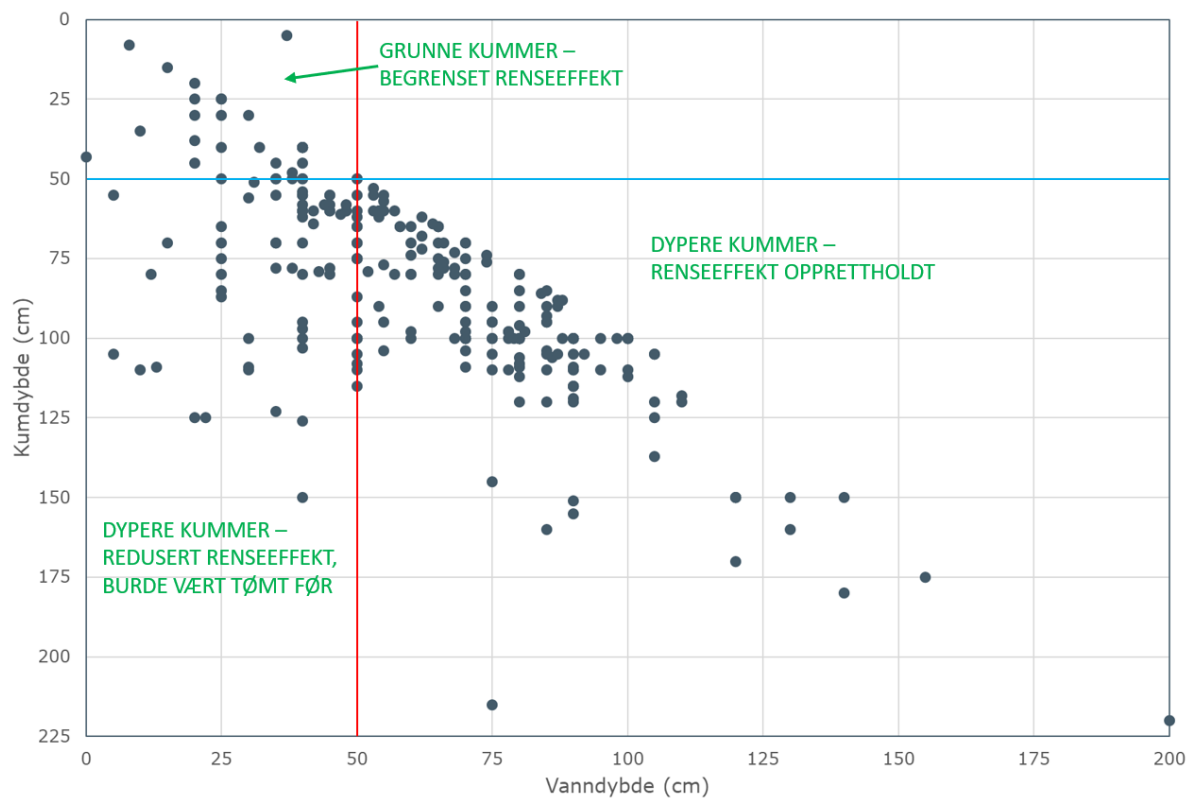
Figur 36 Fordeling av dybde for de 261 sandfangskommene som ble tømt i Bergen sentrum i april 2022. Dybden tilsvarer avstanden mellom utløpet og bunnen av kummen

Resultatene fra registreringene av avstanden mellom sedimentoverflate og utløp (vanndybden) i de 261 sandfangskommene er vist i Figur 37, og en sammenstilling av kumdybden og vanndybden er vist i Figur 38. 67 % av kummene registrert i første runde hadde større enn eller lik 50 cm avstand mellom sedimentoverflate og utløp, mens for 33 % av kummene var denne avstanden under 50 cm.

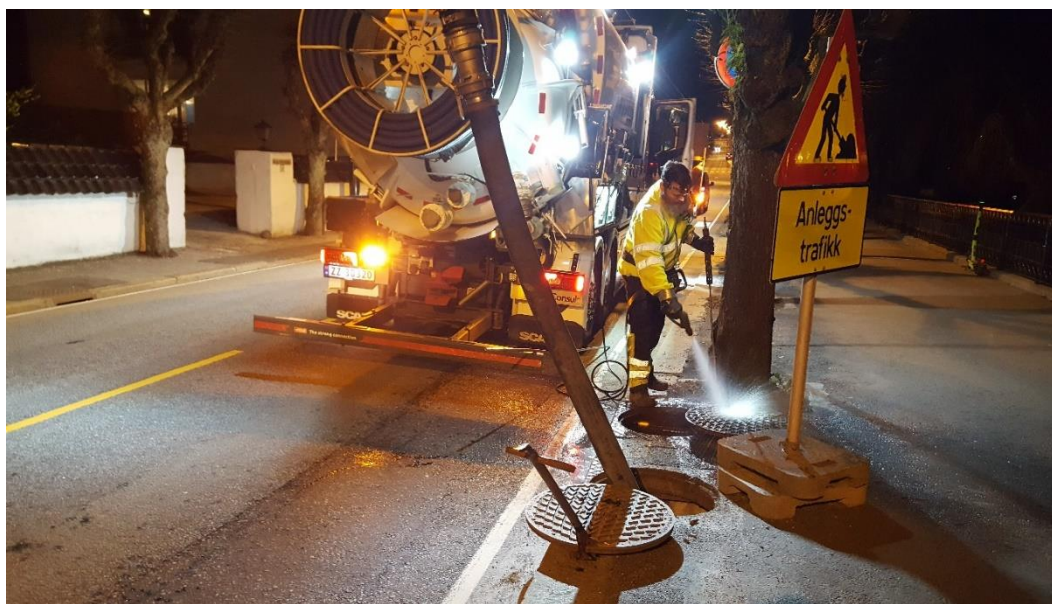
Figur 38 viser en generell trend der registrert vanndybde øker med økende dybde på sandfangskommene. Det er dermed primært de grunneste kummene som ikke har vanndybde over 50 cm. 9 % av kummene er grunnere enn 50 cm og kan ikke ha så god renseeffekt som dypere kummer. 21 % av kummene plotter imidlertid under blå linje og til venstre for rød linje i Figur 38, dvs. at de er dypere enn 50 cm og har vanndybde under 50 cm. Rensepotensialet til disse kummene er ikke godt nok utnyttet.



Figur 37 Oversikt over lokaliseringen av de 261 kummene som ble tømt i fylkesveier i Bergen sentrum i april 2022 med klassifisering i henhold til om avstanden mellom sedimentoverflate og utløp (vanndybden) er over eller under 50 cm.



Figur 38 Oversikt over kumdybden og vanndybden til de 261 sandfangskummene som ble tømt i fylkesveier i Bergen sentrum i april 2022. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømning). NB! Noen av punktene plottes over hverandre i figuren. Figuren viser enkelte tilfeller av større vanndybde enn kumdybde, se diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4.

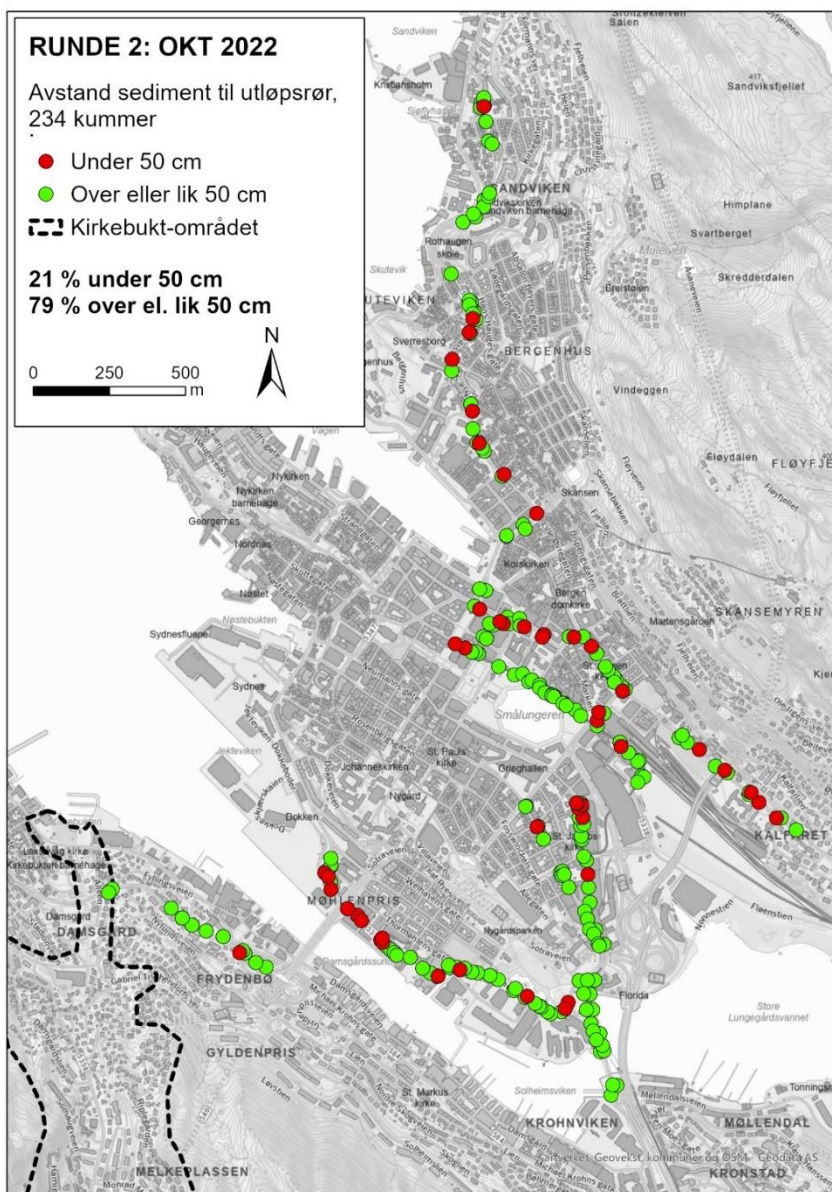


Figur 39 Rengjøring og tømning av sandfang i Bergen sentrum, Gamle Kalvedalsvei (Vitek Miljø).

5.3.2 Runde 2: Oktober 2022

Den andre registreringsrunden i fylkesveier i Bergen sentrum ble utført i oktober 2022 i forbindelse med rutinemessig tilsyn/tømming av sandfangskummer. I denne runden ble de 261 innmålte kumlokalitetene fra første runde gjort tilgjengelig i ArcGIS Field Maps. Det ble kun registrert vanndybde før tømming i andre runde (ikke kumdybde). Registreringer ble gjennomført i totalt 234 av kummene. Færre registreringer i andre runde sammenlignet med første runde kommer primært av mangel på registrering i en gate (tilsyn/tømming ble sannsynligvis gjennomført, mangel på registrering er trolig en forglemmelse).

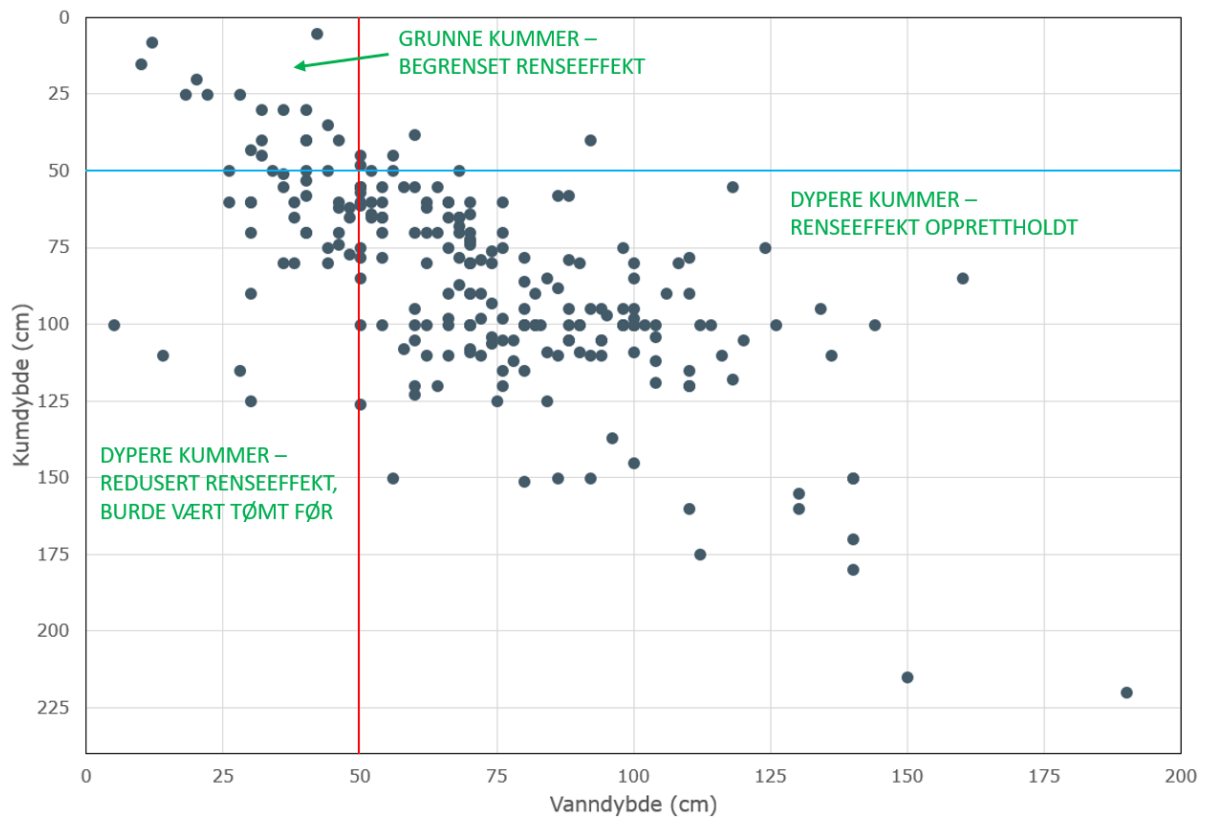
Resultatene fra registreringene i de 234 sandfangskummene er vist i Figur 40. Resultatene viser at 79 % av de 234 kummene hadde vanndybde over eller lik 50 cm, mens 21 % hadde vanndybde under 50 cm. De tilsvarende tallene for de samme 234 kummene i første runde var henholdsvis 69 % og 31 %.



Figur 40 Oversikt over lokaliseringen av de 234 kummene som ble tømt i fylkesveier i Bergen sentrum i april 2022 med klassifisering i henhold til om avstanden mellom sedimentoverflate og utløp (vanndybde) var over eller under 50 cm.

Figur 41 viser en sammenstilling mellom vanndybde og kumdybde for de 234 kummene det ble gjort registreringer for i andre runde. Av de 234 kummene er 9 % grunnere enn 50 cm og har dermed begrenset renseeffekt (plotter over den blå linjen og til venstre for den røde linjen i Figur 41). Siden 79 % av kummene har vanndybde over 50 cm, betyr det at 12 % av kummene er dypere enn 50 cm og har vanndybde under 50 cm, dvs. har redusert renseeffekt (plotter under blå linje og til venstre for rød linje).

Kumdybde ble kun registrert i første runde. Figur 41 viser dermed kumdybden som ble registrert i første runde og vanndybden som ble registrert i andre runde. Figur 41 viser en del tilfeller av større vanndybde enn kumdybde. Slike tilfeller er også registrert i datasettene fra Kirkebuk-området, men det er noen flere tilfeller i datasettet vist i Figur 41 – særlig for det dypeste kummene. En diskusjon om måleusikkerhet er gitt i avsnitt 6.1.4, og det kan være en kombinasjon av forskjellige årsaker til disse feilene i datasettet. I fylkesveiene i sentrum ble ikke alle kummene tømt i første runde når kumdybde ble registrert, og det er trolig mer utfordrende å bestemme kumdybde når det ligger en del materiale i kummen enn når den er helt tømt.



Figur 41 Oversikt over kumdybden og vanndybden til de 234 sandfangskummene der det ble gjort registreringer i fylkesveier i Bergen sentrum i oktober 2022. Vanndybde = avstand mellom sedimentoverflate og underkant av utløpsrør (målt før tømming). NB! Noen av punktene plotter over hverandre i figuren. Figuren viser en del tilfeller av større vanndybde enn kumdybde, se diskusjon om måleusikkerhet i avsnitt 6.1.4.

5.3.3 Evaluering av oppfyllingshastighet og tømmebehov

I overensstemmelse med resultatene fra fylkesveiene i Kirkebukt-området, så viser registreringene at kummene i fylkesveiene i sentrum generelt er dypere enn kummene i de undersøkte kommunale veiene (65 % av sandfangskummene i fylkesveiene i sentrum er dypere enn 70 cm mot 10 % i de kommunale veiene i Kirkebukt-området). Dette betyr at sandfangskummene i fylkesveiene i sentrum har et bedre rensespotensiale sammenlignet med kummene i de kommunale veiene som er inkludert i denne studien.

Driften av sandfangene i fylkesveiene i sentrum innebærer at det gjennomføres tilsyn med kummene to ganger i året med rengjøring av innløpene og en vurdering av behovet for tømning. Resultatene fra andre registreringsrunde viser at rensespotensialet ikke blir ivarettatt for 12 % av kummene med dagens driftsrutiner (12 % av kummene har avstand mellom sedimentoverflate og utløp under 50 cm og er dypere enn 50 cm). Dette er ikke en stor andel av kummene, og driften av sandfangene i fylkesveiene i sentrum er derfor relativt god. Ved å se på hvor mange av de dypere kummene som hadde under anbefalt vanndybde i andre registreringsrunde og hvor mange av disse som ikke var tømt i første runde, så er det imidlertid klart at man kan forbedre renseseffekten i nesten alle disse kummene ved å gjøre en strengere vurdering av tømmebehovet slik at flere kummer blir tømt i hver runde.

Fra tallmaterialet som er innhentet for fylkesveiene i sentrum der tilsyns-/tømmefrekvensen er halvårlig, ser man at oppfyllingshastigheten primært ligger mellom 0 og 50 cm på et halvt år. Basert på disse tallene bør man i disse veiene tømme alle kummer som har vanndybde under 100 cm i hver tilsyns-/tømmerunde dersom man vil unngå tilfeller av kummer som blir for fulle (grunnere kummer tømmes helt). Dette vil imidlertid medføre at man også tømmer noen kummer som har lav oppfyllingshastighet og som egentlig ikke trenger så hyppig tømning. Alternativt kan man gå mer detaljert til verks og lagre informasjon om kummenes oppfyllingshastighet og tømmebehov i registreringssystemet entreprenøren bruker i felt. Kummer som har lav oppfyllingsgrad over tid kan da tømmes sjeldnere enn to ganger i året. Det understrekes at tallene gitt her kun gjelder de undersøkte sandfangskummene i dette studieområdet, og de må ikke sees på som generelle anbefalinger som kan overføres til andre områder.

Kun knappe 2 % av kummene i studieområdet (4 kummer) fyller seg så raskt opp at de har behov for tømning oftere enn to ganger i året for å opprettholde renseseffekten. Dette utgjør så få kummer at det vurderes som unødvendig å øke tilsyns-/tømmefrekvensen.

Det ble registrert at enkelte kummer var fylt med store steiner, avrenningsmasser eller betong og dermed ikke kunne tømmes. Det er viktig å ha gode rutiner for at slike kummer blir fulgt opp i etterkant slik at de raskest mulig kan få tilbake sin rensesfunksjon.

6 Oppsummering av resultater og erfaringer

6.1 Registreringsmetode

Måle- og registreringsmetoden som er testet i pilotprosjektet krever svært enkelt utstyr, utføres raskt til en lav kostnad, kan iverksettes umiddelbart uten behov for investeringer og gir et godt vurderingsgrunnlag for videre driftsplanlegging.

6.1.1 Registreringsmetode og parametervalg

Måle- og registreringsmetoden som er testet i dette prosjektet muliggjorde innsamling av mye informasjon på relativt kort tid og gav et godt grunnlag for å vurdere status og tømmebehov i de aktuelle studieområdene. Den tilrettelagte registreringsløsningen i ArcGIS Field Maps har lavt brukergrensesnitt. Det var kun behov for en rask opplæring av tømmepersonell i felt. ArcGIS er en mye brukt programvare og kan enkelt benyttes av f.eks. kommuner og fylkeskommuner. Dataene lastes enkelt over i ArcGIS Pro for videre databearbeiding og kartframstilling. Visualisering i kart gir god oversikt over status for det aktuelle området og mulighet til å lokalisere eventuelle problemområder med for eksempel dårlig tilkomst, grunne kummer eller stor oppfyllingshastighet i sandfang.

Det finnes også andre registreringsverktøy som kan benyttes. Flere tømmeentreprenører benytter allerede kartbaserte registreringsløsninger som kan tilpasses formålet. Det samme gjelder feltverktøy som hører til kum-eier sitt eget digitale ledningskart/veikart. Bergen kommune har for eksempel sitt ledningskart i Gemini VA og benytter Gemini Portal som feltverktøy. Det er viktig at de innsamlede dataene rapporteres til kum-eierne i et format som er egnet til bearbeiding og fremstilling i kum-eiernes egne kartsystem.

Mertiden og dermed tilleggskostnadene som påløper ved denne type registrering, reduseres når den utføres av entreprenør samtidig med rutinetømming. I pilotprosjektet ble det tatt utgangspunkt i en mertid på maksimalt 1 time per 5 kummer, noe som så ut til å stemme i praksis. Sandfangstømming utføres som regel av et arbeidslag på to personer, og da vil mertiden bli enda lavere ved at den ene måler og registrerer samtidig med at kollegaen forbereder bilen for tømning. Dybden av en sandfangskum trengs kun å registreres en gang, og mertiden ved måling og registrering vil dermed reduseres ytterligere ved senere tømmerunder. Omfanget av bilder kan også reduseres etter første registreringsrunde. For entreprenører som allerede benytter et digitalt registreringsverktøy for å dokumentere utført oppgave, vil tilleggstiden for å registrere oppfyllingsnivå være svært liten.

Parameterne som ble valgt ut for registrering i pilotprosjektet vurderes til å være hensiktsmessige for formålet til prosjektet. Den registrerte informasjonen gir oversikt over utforming, oppfyllingsnivå og lokalisering av sandfangene i området uten å være unødvendig tids- og kostnadsnivående.

Bildene som ble tatt før og etter tømning gav nyttig tilleggsinformasjon. Bilder bør være del av en slik registrering slik at kum-eier har enkel tilgang til informasjon om kum-utforming. Omfanget kan eventuelt reduseres til kun ett oversiktsbilde som viser plassering av kummen i terrenget og ett bilde av tom kum, samt at bilder bare tas ved første registreringsrunde.

6.1.2 Feltutstyr

Måle- og registreringsmetoden som ble benyttet i dette prosjektet krever svært enkelt utstyr. I tillegg til den tilrettelagte feltappen var det behov for vanntett nettbrett/smarttelefon, powerbank/lademulighet, en robust målestav med tydelige enheter og tall og en hodelykt. Teleskop-målestaven (1-5 meter) som ble benyttet i de siste målerundene, var praktisk å håndtere, enkel å lese av og kan nå ned i de dypeste kummene (Figur 42).



Figur 42 Målestav som ble benyttet i prosjektet: Teleskopstav 1-5 meter.

6.1.3 Databearbeiding

Fremstillingen av de registrerte parameterne i kart og diagram som vist i kapittel 5 gav samlet en relativt rask og enkel oversikt over resultatene. Kartfremstillingene er viktig for å relatere resultatene til geografi, og diagrammet gir en mer detaljert fremstilling av forholdet mellom kumdybde og avstand mellom sediment og utløp. Kombinasjonene av kart og diagram vurderes derfor til å gi en god oversikt over registreringsresultatene.

6.1.4 Måleusikkerhet/feil i registreringer

De innsamlede datasettene viser at der er noe måleusikkerhet/feil i registreringene. Det er en rekke mulige årsaker til dette. Under er det gitt en oversikt over årsaker til måleusikkerhet/feil i registreringene basert på erfaringene fra dette prosjektet, samt anbefalinger for å oppnå best mulig kvalitet på innsamlede data. Det er også viktig å påpeke at man ikke klarer å unngå noen unøyaktigheter i slike datasett. Det er det store bildet som er viktig i gjennomgangen av de innsamlede dataene, og man kan dra nyttige konklusjoner og forbedre driften av sandfangskummer selv om registreringene inneholder noen unøyaktigheter/feil.

Skjerm foran utløp

Utløpsrøret i sandfangskummer er som oftest dekket av en skjerm som skal holde tilbake flytende avfall. Disse skjermene har forskjellig utforming som vist i Figur 43. Avstanden fra underkant av skjermen til underkant av utløpsrøret varierer for de ulike skjermene og ligger typisk i området 10-13 cm. Dybden til en sandfangskum skal måles fra bunnen og opp til underkant av utløpsrøret (Figur 1). Siden skjermen skjuler utløpsrøret og det er flere personer som har gjennomført registreringen, har trolig noen målt opp til underkant av skjermen mens andre har gjort et estimat av plasseringen av underkant av utløpsrøret bak skjermen. Dette kan føre til feil i målingene av kumdybde på opptil ca. 15 cm. Denne type feil vises typisk i datasettene i form av at enkelte vanndybder i de siste registreringsrundene overstiger kumdybden som ble innregistrert i den første registreringsrunden.

For å redusere denne feilkilden, er det viktig å fokusere på denne problemstillingen i instruksjonen til entreprenør og vise målene i en illustrasjon. Det kan være en fordel å bruke litt ekstra tid på å få innregistrert mest mulig korrekt kumdybde i første registreringsrunde. Ved måling før tømning vil vannstanden normalt stå opp til underkant av utløpet, men dette er ikke alltid tilfelle, som for eksempel ved langvarig tørke/fordamping eller at kummen lekker i bunnen.

1) Skjerm av støpejern, kantete, ca. 10 cm (t.v.lukket, t.h.åpen)



2) Skjerm av støpejern, avrundet, ca. 13 cm



3) Skjerm av plast, avrundet, ca. 13 cm/



Figur 43 Forskjellig utforming av skjerner foran utløpsrør i sandfangsskummer. Avstanden mellom underkant av skjermen og underkant av utløpsrøret bak skjermen ligger i området 10 -13 cm for disse skjermene.

Ujevn sedimentoverflate

Materialet som samler seg i sandfangskummer har ikke alltid en jevn overflate. Dette er ikke alltid synlig siden sedimentoverflaten som regel er dekket med vann (unntatt når kummen er helt full eller kummen lekker i bunnen). Avhengig av hvor i kummen man senker målestaven i kummen, kan derfor målingene av avstand mellom sedimentoverflate til underkant av utløpsrør variere noe. Som regel utgjør en slik feil i målingene ikke mer enn ca. 5 cm, men i noen få tilfeller er det registrert kummer med svært ujevn sedimentoverflate.

For å redusere denne feilkilden, så bør man måle flere steder i kummen for å sjekke om det er store forskjeller før man leser av vanddybden – og ved behov estimere en gjennomsnittlig vanddybde for kummen.

Unøyaktig GPS lokasjon i områder der kummer ligger tett

Ved innmåling av kum-lokaliteter med app på telefon/nettbrett, vil nøyaktigheten til koordinatene typisk være rundt +/- 5 m eller dårligere. I områder der kummer ligger tett, kan dette medføre at man tar feil kum i senere tømme-/registreringsrunder.

For å unngå denne problemstillingen, kan man velge å måle inn lokaliteten til sandfangskummer med en nøyaktig GPS (nøyaktighet på få cm). Bergen Vann har f.eks. valgt å gjennomføre supplerende kartlegging og innmåling av ikke-registrerte eller feilplasserte objekt i Bergenhus og Årstad med en GPS med høy nøyaktighet (se også avsnitt 7.1.1).

Avrunding av tall

Ved gjennomgang av dataene fra en av tømmerundene i fylkesveien i Kirkebukt-området, så var det tydelig at måletallene var avrundet til nærmeste 5 - 10 cm i større grad enn tallene fra de andre rundene. Det kan lett skje at enkelte personer velger å avrunde tallene i større grad enn andre når det er flere personer som utfører registreringene.

For å hindre denne problemstillingen, bør det nevnes i instruks og gjennomgang med entreprenør at man skal rapportere måletall så nøyaktig som mulig og ikke avrunde tallene.

Tørre kummer

I en vanlig sandfangskum vil det normalt stå vann opp til underkant av utløpsrøret. Enkelte kummer lekker imidlertid i bunnen, slik at kummen ikke inneholder vann og sedimentene i kummen ligger tørt. I dette prosjektet ble det observert enkelte eksempler på at slike kummer ble registrert inn med «0» i vanddybde i stedet for avstanden mellom sedimentoverflaten til underkant av utløpsrøret.

For å hindre risikoen for denne misforståelsen og feil i registreringene, bør det påpekes i instruks og gjennomgang med entreprenør at «vanddybde» tilsvarer avstanden mellom sedimentoverflaten og underkant av utløpsrøret også i tørre kummer.

Måling av kumdybde uten å tømme kummen

I et område der driften av sandfangskummer innebærer at entreprenør gjør en vurdering av tømmebehovet i hver runde, bør kumdybde innregistreres først når en kum blir tømt. Dersom det ligger noe masse i bunnen av kummen, kan det være vanskelig å stikke målestaven helt til bunns for å få en nøyaktig måling av kumdybde. Dette vil særlig være vanskelig dersom massene i kummen er faste eller grovkornede.

Måleutstyr

I starten av prosjektet ble det brukt tomrestokk, og den kunne være vanskelig å lese av i dype og mørke kummer. For de siste målerundene ble det brukt en robust teleskop-målestav (1-5 meter) med tydelig cm-angivelse, noe som trolig har redusert usikkerheten i målingene. Det er særlig viktig med godt måleutstyr når registreringene gjennomføres på natt når det er mørkt.

Tegninger/skisser i instruks

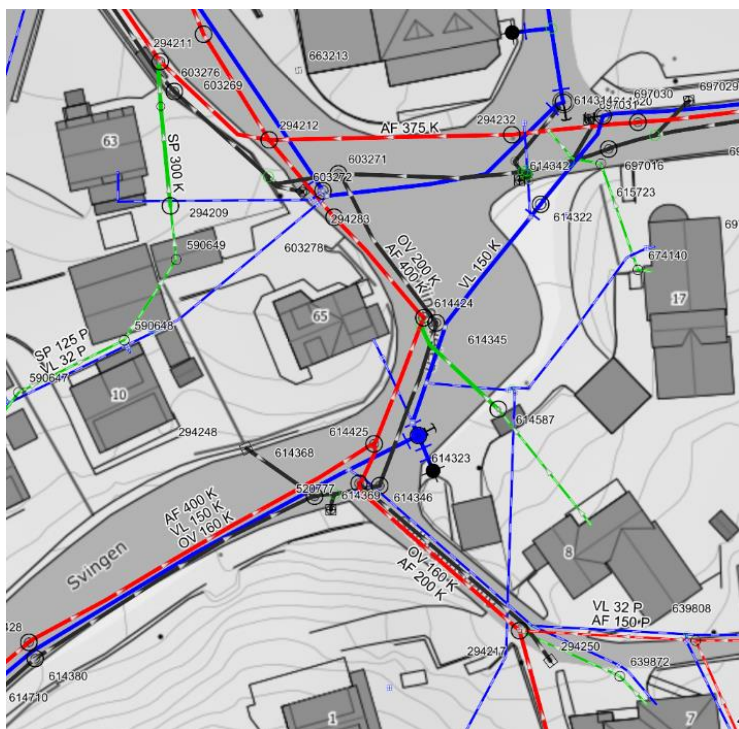
Det kan skje at entreprenør-firma benytter arbeidere som ikke forstår så godt norsk. Det er derfor viktig å ha tydelige tegninger/skisser i instruksjonen som viser hvilke avstander som skal måles, og eventuelt også utarbeide en engelsk versjon av instruksjonen. Instruksjonen bør være så kort og konsis som mulig.

6.2 Grensesnitt og problemstillinger

6.2.1 Mange aktører og grensesnitt

Det er en rekke aktører involvert i planlegging og utførelse av sandfangsdrift i sentrumsområder: Kommune, fylkeskommune, Statens vegvesen, private kumeiere og en rekke ulike entreprenørfirma. Tømmekontraktene har ulikt innhold med hensyn til gjennomføring og rapportering, og de har ofte lang varighet. Det vil ta tid å innarbeide endringer i rutiner og optimalisere driftspraksis. For å komme i gang, vil det være viktig å være tidlig ute med tanke på å få nødvendige registreringer inn som en deloppgave i nye tømmekontrakter, eventuelt undersøke mulighetene for å få det inn som en tilleggsoppgave i eksisterende kontrakter. Ved oppstart av pilotprosjektet var ikke registrering av fyllingsgrad inkludert i noen tømmekontrakter i Bergen. Nå har Bergen kommune inkludert det i flere nye kontrakter. Erfaringene deres fra det første driftsåret er oppsummert i kap. 7.1.

Mange aktører betyr også mange grensesnitt og muligheter for uklare ansvarsforhold. Dette kan resultere i at sandfang ikke tømmes i det hele tatt eller at det utføres dobbeltarbeid. I studieområdet ved Kirkebukten ble det for eksempel observert sandfangskummer i fylkesvei som hører til det kommunale overvannsnett (Figur 44). Disse inngår ikke i kontrakten til kommunens entreprenør, fordi den kun omfatter kummer i kommunal vei, og det var uklart om de ble oppfattet som fylkeskommunale og tømt av fylkeskommunens entreprenør. Ansvarsforholdene i dette området ble avklart etter at grensesnittet var oppdaget.



Figur 44 T.v. utsnitt av ledningskart som viser kommunal overvannsledning i Fylkesvei.

6.2.2 Ulike og mangelfulle kartsystemer

Det kan være vanskelig å få oversikt og følge opp sandfangstømming ved hjelp av dagens tilgjengelige kart. Det finnes ikke en samlet oversikt over overvannssystemet og lokalisering av sandfangskummer i Bergen. Situasjonen er trolig tilsvarende for andre kommuner. De ulike kum-eierne benytter ulike digitale kartsystemer, og disse er delvis overlappende og delvis mangelfulle.

Kommunens VA-ledningskart er det mest fullstendige og angir ledningsnett og punktobjekter som blant annet sandfang, men også her mangler en del kommunale og særlig ikke-kommunale kummer, og lokaliseringen kan være unøyaktig. For eksempel ble det i løpet av pilotprosjektet innregistrert 34 kommunale sandfangskummer som ikke lå i det opprinnelige VA-ledningskartet.

Kummer i fylkesvei og riksvei er registrert som veiobjekter i den nasjonale vegdatabanken (DNVB) og markert i Vegkart ([Vegkart \(vegvesen.no\)](http://vegvesen.no)), men eksakt lokalisering og teknisk informasjon er mangelfull. Ledningsnett og utslippspunkt for overvann framgår heller ikke av Vegkart. Det vil si at det mangler informasjon om sandfangene er tilknyttet en overvannsledning som drenerer til nærliggende vassdrag eller sjø, om den er tilknyttet som påslipp til kommunalt avløpsnett eller om den infiltrerer i grunnen.

I pilotprosjektet ble det for eksempel observert sandfangskummer i Fv 5358 (Øvre Fyllingsvei) som ikke var inntegnet i VA-ledningskartet, som heller ikke var spesifikt plassert i Vegkart og der ingen av kartsystemene hadde inntegnet overvannsledningen som kummene var tilknyttet (Figur 45).

Bergen kommune og Vestland Fylkeskommune har startet arbeidet med supplerende innmåling av kummer og andre deler av overvannssystemet for å bedre kartgrunnlaget. Dette er omtalt i kapittel 7.



Figur 45 Kartutsnittene viser Øvre Fyllingsvei i 1) Vegkart (DNVB) grønne sirkler symboliserer kummer 2) kommunens VA-kart, svart strek symboliserer overvannsledning og svart sirkel er kum 3) skisse som viser faktisk situasjon der røde sirkler viser faktiske sandfang og gul strek symboliserer overvannsledning som har påslipp på kommunal overvannsledning.

6.2.3 Varierende driftspraksis

De ulike tømme kontraktene har ulike krav til tømning og rapportering. I tillegg har entreprenørene ulike arbeidsrutiner og registreringssystemer. Eksempler på dette er beskrevet i kap. 4.1.

Ved oppstart av innsamling av driftsdata for å optimalisere tømmeplaner, er det viktig å være klar over hva som er praksis i det aktuelle området både med hensyn til drifts-frekvens, om alle sandfangskummer tømmes eller om entreprenør gjør en vurdering av behovet, hvilke kriterier som eventuelt legges til grunn for vurderingen, hva som gjøres med kummer som er overparkerte/ikke tilgjengelige og om det er tilgjengelige driftsdata/registreringer fra tidligere tilsyn-/tømmerunder.

6.2.4 Håndtering av slamvann fra slamsugebilene

Sandfangsmasser som suges opp av sandfangene er forurenset og skal leveres til godkjent deponi. Ved tømning av sandfang suges det opp store volum av sediment, vann som stod i kummen og spylevann som benyttes til rengjøring av innløp og for å løsne eventuelle faste masser. Slamtanken i sugebilene har begrenset volum og fylles raskt opp med en blanding av sediment og vann. Sandfangsmassene sedimenterer til en viss grad i tanken, og det er praksis for å tømme overskytende slamvann tilbake til avløpsledningsnettet. Nyere slamsugebiler har også mulighet for å gjenbruke slamvann til spyling. Ved tømning av slamvann til avløpsnettet benyttes kummer som erfaringsmessig har god kapasitet, men det tas normalt ikke hensyn til hvilket ledningsnett kummen drenerer til (overvann eller fellessystem). Ved gaterenhold er det trolig tilsvarende praksis for tømning av slamvann fra kostebiler.

Denne praksisen er svært uheldig fordi slamvannet vil være forurenset av miljøgifter som er bundet til ikke-sedimenterte partikler i vannfasen. Slamvannet vil være fortynnet sandfangsmateriale og inneholde partikkelbundet forurensning i større eller mindre grad. Hensikten med å tømme sandfang mens det fremdeles er god avstand mellom sedimentert sand/slam og utløp av kum er for å hindre

resuspensjon og utspyling av forurenset materiale. Ved å tømme tilsvarende slamvann fra sugebilene og tilbake på avløpsnettets spres denne forurensingen effektivt. Praksisen er særlig uheldig dersom slamvannet tømmes tilbake på et overvannssystem som drenerer til en sårbar resipient. Konsekvensen vil være mindre dersom slamvannet tømmes til et felles-avløpssystem som drenerer til et avløpsrensaneanlegg.

Praksisen med tømning av slamvann tilbake på avløpsnett bør vurderes opp mot abonnementsvilkårene og grenseverdier som gjelder for påslipp til offentlig avløpsnett. Det bør lages retningslinjer for håndtering av slamvann, og denne må innarbeides i alle driftsrutiner og tømmekontrakter på samme måte som håndtering av de forurensete sandfangmassene.

6.2.5 Tilgjengelighet

En vesentlig andel (16 %) av sandfangskommene i kommunale veier i studieområdet på Laksevåg ble registrert som utilgjengelige og ble ikke tømt i den første tømmerunden sommeren 2021. Parkerte biler over kumlokket utgjorde hovedårsaken til at sandfangskommene var utilgjengelige (Figur 46). Entreprenør opplyste at de ikke returnerer til sandfangskummer som er utilgjengelige før ved neste rutinetømning. Man kan derfor anta at en ikke ubetydelig andel av sandfangskummer i et sentrumsområde med mange smale gater og gateparkering ikke blir tømt i løpet av en rutinetømmerunde. I tømmerunden i juni 2022 ble det satt inn ressurser for å sperre av veier i forkant av tømningen, og da ble kun 1 % av kummene registrert som utilgjengelige.

Tilgjengelighet til sandfang i kommunale veier vil generelt være dårligere enn i fylkesveier pga. smalere veibane og parkerte biler.



Figur 46 T.h. overparkert kum, t.v. kum merket tømt med "årets" farge

6.2.6 Oppdatering av tømmeplaner og andre tiltak som påvirker tømmebehov

I forbindelse med oppdatering av tømmeplaner bør det gjøres en kost/nytte-vurdering med hensyn til hvor stor andel for fulle kummer som kan aksepteres før tømmefrekvensen økes, hva som er hensiktsmessig størrelse på områder med samme tømmefrekvens og hvilke alternative tiltak som kan gjennomføres for å øke renseseffekten for overvann i et område og/eller redusere tømmebehovet.

Ulike tiltak kan redusere oppfyllingshastigheten i sandfangskummer og dermed også redusere tømmebehovet. Driftspraksis med hensyn til salting eller strøing med sand i vinterhalvåret vil påvirke

oppfyllingshastigheten. Gaterenhold ved kosting/feiring fjerner effektivt partikler fra veibanen før de når overvannssystemet og sedimenterer i sandfang (NIBIO Miljø og naturressurser, 2016). Etablering av dypere kummer i områder med svært grunne kummer vil gi et større oppsamlingvolum, bedre renseeffekten og sandfangene kan tømmes sjeldnere. Faktorer som størrelsen på sandfangskummenes nedbørsfelt og resipientens sårbarhet bør også inngå i slike vurderinger.

Avfall fra anleggsarbeid og rehabilitering av bygg som blir liggende på gaten, kan også gi stor tilførsel av masser til nærliggende sandfangskummer. Renere havn Bergen har jobbet aktivt med å redusere forurensning som spres med maling og fasadematerialer fra rehabilitering av bygninger ved å informere bransje og bygningseiere om deres ansvar for å undersøke og samle opp denne type forurensning (Bergen kommune, 2023) .

Regelmessig tømming av sandfang vil kunne redusere kostnadene per kum sammenlignet med hasteoppdrag i forbindelse med kraftig nedbør og oversvømmelse. Det vil også redusere kostnadene for spyling av rør som går tett som følge av at grus og sand sedimenterer i avløpsnett. Slike kostnader kan ofte bli betydelig høyere enn tømmekostnadene (NOU, 2015)

6.2.7 Finansiering

Kum-eier er ansvarlig for egen overvannshåndtering og utslipp til resipient eller påslipp til offentlig avløpsnett. Drift av offentlige sandfang finansieres over ulike kommunale, fylkeskommunale og statlige budsjetter. Det kan være utfordrende å skaffe finansiering til hyppigere tømming av sandfang og/eller økt gaterenhold.

Også internt i kommunen kan ulike deler av drift og investeringer i overvannsanlegg være fordelt på ulike budsjetter. Dette kan komplisere muligheten for å øke gaterenholdet eller investere i dypere kummer dersom dette ut fra en kost/nytte-vurdering skulle vise seg å være mer gunstig enn å øke tømmefrekvensen for sandfang. I Bergen er eksempelvis tømming av sandfang i kommunale veier finansiert over VA-budsjettet mens gaterenhold i de samme veiene finansieres over et budsjett for veidrift.

6.3 Samhandling kum-eiere, entreprenører og myndigheter

Pilotprosjektet har hatt svært stor nytte av at deltakerne representerer flere offentlige kum-eiere, entreprenører og myndigheter. Deltakerne har bidratt med informasjon og innspill som til sammen har fått fram kompleksiteten og grensesnittene. Samarbeidet i prosjektet har også skapt en felles bevissthet og forståelse av problemstillingen som er en forutsetning for å optimalisere driften på en miljømessig god og samtidig praktisk gjennomførbart måte. Gjennom møter og feltarbeid har de ulike aktørene lært av hverandre og fått større forståelse for verdien av gode driftsrutiner.

7 Iverksatte tiltak i Bergen

7.1 Oppdatering av kart og nye krav i kommunale driftskontrakter

Resultatene fra pilotprosjektet viste tidlig et tydelig behov for en mer målrettet sandfangstømming og kartlegging. Underveis i prosjektet bestemte derfor Bergen Vann og Bymiljøetaten seg for å bedre kartgrunnlaget og teste denne type driftsregistreringer i større skala, allerede før pilotprosjektet var ferdig. Kommunen har iverksatt flere tiltak for å bedre grunnlaget for god sandfangsdrift i kommunale veier, og erfaringene oppsummeres i dette kapitlet. Det er gjennomført supplerende kartlegging og innmåling av sandfang, og fra 2022 er blant annet måling av kumdybde og oppfyllingsnivå i sandfang inkludert i nye driftskontrakter. Feltregistreringene fra tømming utføres elektronisk og direkte på kumobjekt i kommunens ledningskart (Bergen kommune, Bergen Vann, 2023).

7.1.1 Supplerende kartlegging av sandfang og oppdatering av ledningskart

For å bedre kartgrunnlaget, ble det sommeren 2022 gjennomført supplerende kartlegging og innmåling av ikke-registrerte eller feilplasserte kummer i sentrumsbydelene Bergenhus og Årstad. Bergen kommune har sitt ledningskart i Gemini VA og benytter Gemini Portal som feltverktøy. Feltarbeidet med registrering og innmåling ble utført av sommervikarer. Det ble blant annet registrert inn 200 kummer som ikke var registrert i kartet fra før.

Sommervikarene fikk innføring i Gemini Portal samt 1-2 dager med opplæring i GPS-utstyr. De fikk tilgang til egen bil, PC og nettbrett og planla selv kartleggingen langs kommunal vei i de to bydelene (Figur 47). Det ble målt inn nøyaktig posisjon for sandfang som ikke viste i Portal eller som var unøyaktig plassert i kartet. Kummene ble ikke åpnet, og det vil si at det ikke ble utført dybdeinnmåling. Rådata fra denne innmålingen ble levert til kartavdelingen i Bergen Vann, som kvalitetssjekket og registrerte innmålingsdata i Gemini VA. Dette var en effektiv måte å oppdatere kartverket før sandfangstømming. Uten nøyaktig posisjon i kartet kan det være vanskelig for entreprenør å vite hvilket objekt i kartet en tømming skal registreres på, spesielt i områder der sandfang ligger tett i tett.



Figur 47 Kartlegging og innmåling av ikke registrerte eller feilplasserte objekt. T.v. Leif Eskeland Schutz, t.h. Stine Emilie Gregersen

7.1.2 Objektbasert rapportering i nye tømmekontrakter

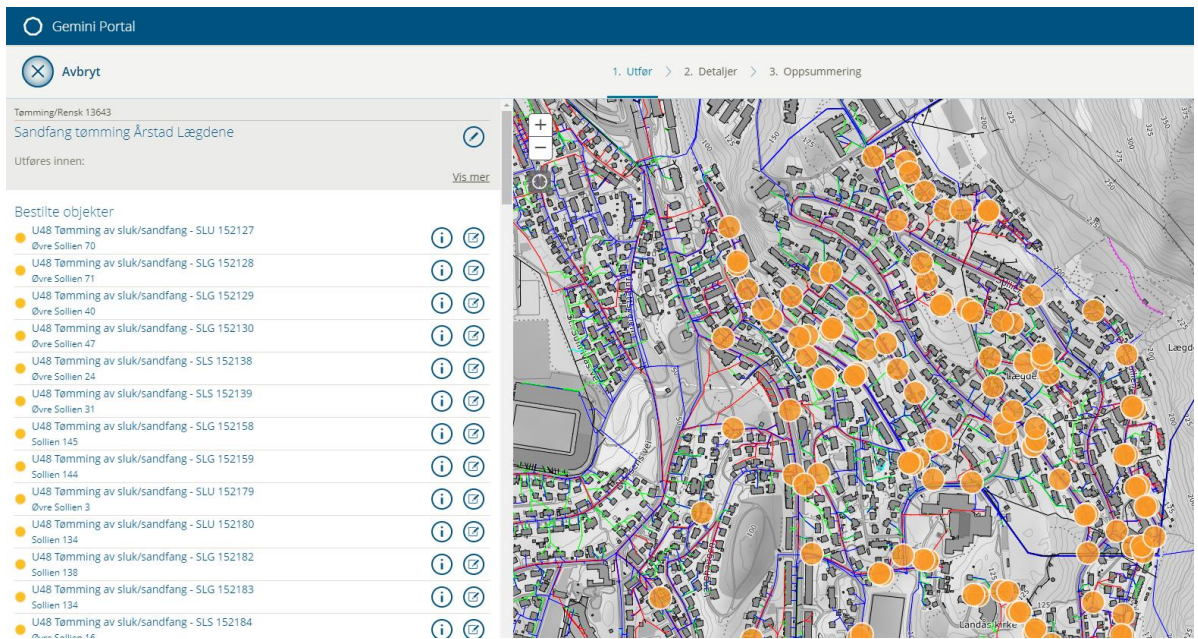
Tømming av sandfang inngår i driftskontrakter for de kommunale veiene. I Bergen er denne driften fordelt på tre kontrakter. Kontraktene inngås vanligvis for 3 år med mulighet for forlenging til maksimalt 5 år. Sandfang tømmes som hovedregel hvert andre år. I «problemområder» tømmes det en gang i året. Fram til 2022 har entreprenørene fått kjøreruter (roder) og rapportert utført tømming ved avmerking med GPS (BM Road Service system) eller rapportering per gate. Det har ikke vært noen form for objektbasert registrering av utført drift og ingen oversikt over tømmehistorikk per kum.

I 2022 ble det innført nye krav om objektbasert registrering ved inngåelse av ny driftskontrakt for sentrumsområdene Årstad og Bergenhus. Kommunen ønsker å få bedre kontroll med hvilke kummer som faktisk blir tømt og hvilke som ikke er tilgjengelige i de ulike tømmerundene. Det er også ønskelig å få oversikt over oppfyllingshastigheten i ulike områder, slik at kommunen har en mulighet for å tilpasse tømmefrekvensen etter behovet.

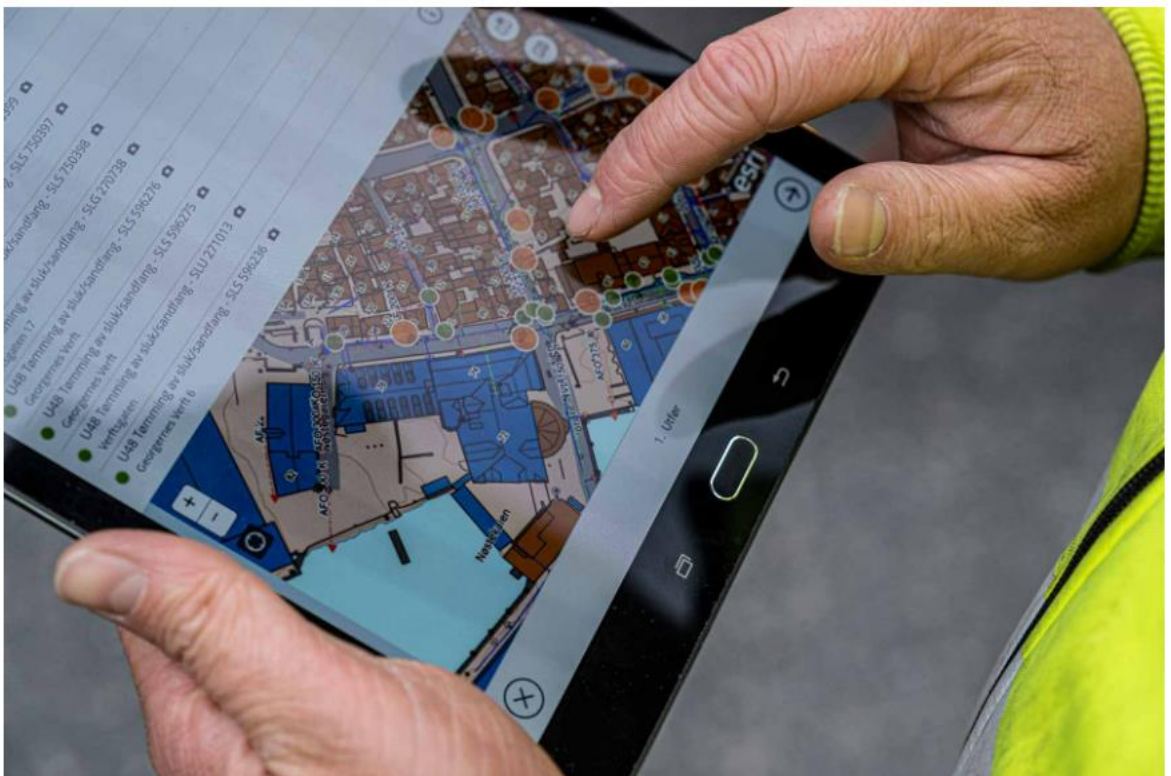
Tømmeplanene for sandfang blir nå laget i kommunens ledningskart (Gemini VA) som vist i Figur 48. Entreprenøren bruker et feltverktøy (Gemini Portal) og registrerer fortløpende fyllingsgrad før tømming, utført tømming og eventuelle avvik på objekt direkte i kommunens ledningskart. På denne måte har kommunen til enhver tid oversikt over framdriften i arbeidet og får tømmehistorikk lagret per kum. I første runde registreres også kumdybde, noe som gir en pekepinn på om sandfangene er tilstrekkelig dimensjonert for å holde tilbake partikler. Kontraktområdet er delt opp i bestillinger ut ifra logiske kjøreruter (roder). F.eks. er Årstad bydel, som tømmes annenhvert år, delt opp i 6 bestillinger med totalt ca. 1500 sandfang/sluk.

Registreringen i felt foregår ved at entreprenør markerer sandfanget som skal tømmes direkte i bestillingen (Figur 48) og får opp en sjekkliste med registreringsfelt (Figur 50). Det er også en rubrikk for fritekst i løsningen, og man kan laste opp vedlegg (f.eks. bilde).

Entreprenør får god oversikt over hvilke kummer som er tømt og hvilke som gjenstår ved at objektet endrer farge i kartet når tømming er registrert (Figur 49).



Figur 48 Tømmeplan for sandfang, her fra Lægdene i Årstad. Skjerm bilde fra Gemini Portal. Kilde: Bergen Vann



Figur 49 Utsnitt fra digital tømmeplan underveis i utførelse av en bestilling. Tømte sandfang er markert i kart og bestillingsliste med grønn sirkel. Gjenstående er markert med oransje sirkel (Kilde: Norva 24).

I Bergen kommune benyttes Gemini Portal til bestilling og registrering av utført arbeid på en rekke områder, bl.a. rørinspeksjoner, renovering, spyling og vedlikeholdsarbeid på avløpsnett. Det var derfor en forholdsvis enkel arbeidsoperasjon å også bestille og registrere tømning av sandfang i dette verktøyet. Entreprenør hadde allerede erfaring med bruk av Gemini Portal, så opplæringen bestod i et enkelt møte i forkant av sandfangstømningen i 2022.

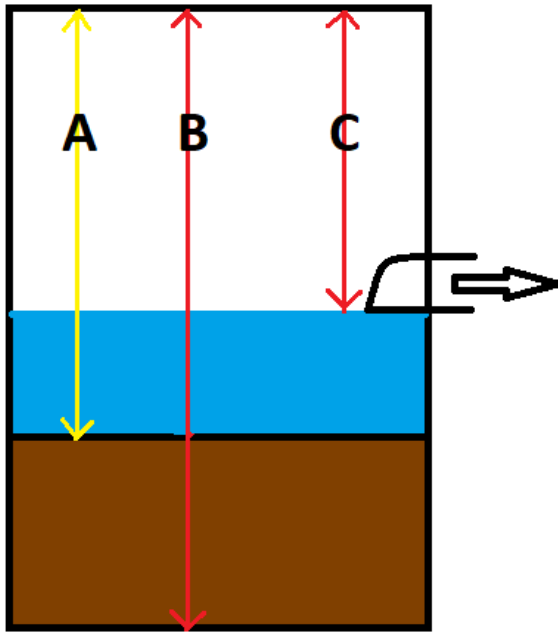
I Gemini Portal ble det utarbeidet en sjekkliste for registreringer som entreprenør fyller ut ved tømning (Figur 50). Kommunen valgte å måle kumdybde og avstand mellom sedimentoverflate og utløp på en litt annen måte enn i pilotprosjektet. Alle avstandene ble målt fra topp av kum/terrengoverflate som vist i Figur 51. Dette innebærer måling av tre avstander i første målerunde, men fordelene er lettere avlesning av målestav. Ved første målerunde innhentes og registreres alle avstandsmålene, A) *terrengoverflate – sediment (måles før tømning)*, B) *terrengoverflate - bunn kum (måles etter tømning)*, C) *terrengoverflate – underkant av utløp (Figur 51)*. Ved senere tømninger vil det være tilstrekkelige å måle avstand A for å kunne regne ut kummens oppfyllingsnivå under utløp før tømning.

Bestilling for Sluk 152127 U48 Tømning av sluk/sandfang

Velg tilstand/årsak

- Dårlig utformet (T92)
- Skadet trykkreduksjonsventil (T87)
- Stor tilførsel av sand/grus (T69)
- Stor gjenstand (T68)
- Greiner/kvister/pinner (T67)
- Grovinmåling for dybde fra topp til bunn (T1000)
- Sannsynlig årsak Verdi *cm*
- Grovinmåling for høyde fra bunn til utløp (T1001)
- Sannsynlig årsak Verdi *cm*
- Grovinmåling for fyllingsgrad (T1002)
- Sannsynlig årsak Verdi *cm*
- Fyllingsgrad (prosent) (T200)
- Sannsynlig årsak Verdi *%*

Figur 50 Sjekkliste med registreringsfelt i Gemini Portal som entreprenør fyller ut ved tømning av sandfang. Denne versjonen ble brukt i 2022 og skal endres noe mht. rekkefølge og ordbruk. Dette er mer omtalt i avsnitt 7.1.3. Kilde: Bergen Vann.



Figur 51 Innmåling relatert til terrengoverflate. Ved første gangs tømming skal mål A, B og C registreres. Ved påfølgende tømminger måles kun mål A. A) terrengoverflate – sediment (måles før tømming), B) terrengoverflate – bunn kum (måles etter tømming), C) terrengoverflate – underkant av utløp.

7.1.3 Erfaringer fra ny praksis og planlagte justeringer

Etter sandfangstømmingen i 2022 holdt Bergen kommune et evalueringsmøte med entreprenør. Tilbakemeldingen var at systemet er enkelt å bruke. Måling og registrering utføres på få minutter per sandfang. Instruksjonen i bestillingen bør imidlertid være kort, tydelig og helst på både norsk og engelsk. Følgende justeringer er planlagt utført før neste tømming i 2023:

- Rekkefølgen på avkryssing i sjekklisten (Figur 50) skal endres slik at den følger rekkefølgen på arbeidsoperasjonene i felt. I starten fulgte ikke "nummereringen" av målene i illustrasjonen en logisk arbeidsrekkefølge i felt. Illustrasjonen er nå endret slik at innmåling A er første måling som faktisk blir utført, B andre og C tredje, som vist i Figur 51.
- Ordlyden i bestillingen skal gjøres tydeligere, spesielt det som gjelder innmåling av A, B og C ved første gangs tømming (Figur 50), samt spesifisere håndtering av måleusikkerhet som beskrevet under "Instruks" i kapittel 8.
- Det skal lages en engelsk beskrivelse.
- Illustrasjonen som viser de aktuelle målene skal vises i bestillingen, og det vil være en laminert, fysisk versjon av illustrasjonen som entreprenør har tilgjengelig i slamsugebilene (Figur 51).
- Bestillingsløsningen fungerer fint for planlagte tømminger, men for ikke planlagte tømminger (ekstratømming) har det frem til nå ikke blitt gitt tilgang til at entreprenør kan registrere disse direkte i løsningen. Det er av vesentlig betydning å få inn ekstratømminger i systemet om man skal kunne bruke data til smartere tømming, så entreprenør vil få opplæring i løpet av høsten 2023.

I tillegg er det uavklarte problemstillinger som må løses, samt optimalisering:

- Roder tilpasses kontinuerlig etter tilbakemelding fra entreprenør. For eksempel kan det være behov for liten sugebil i noen gater, eller blindgater/enveiskjøringer som ikke er tatt hensyn til flyttes til en annen rode.
- Håndtering av avvanning av sugebilene (slamvann) må avklares. En mulighet er å benytte påslippspunkt på spillvannsnettet. Et alternativ som bør undersøkes er muligheten for å sette utslippkrav til avvanningsbilene. Det gjenstår å undersøke hvilkken teknologi som er tilgjengelig på markedet og som dermed kan etterspørres.
- Bymiljøetaten vil vurdere et system der kjøretøy blir flyttet i forkant av gatefeing og sandfangstømming slik at driftsoppgavene kan utføres best mulig.

Foreløpig blir fyllingsgrad målt og registrert i Gemini Portal for sandfang i kommunal vei. Både Bergen Havn og parkseksjonen i Bymiljøetaten har sandfang de tømmer utenom. Bergen Havn har allerede tatt i bruk løsningen, og parkseksjonen ønsker å ta den i bruk. Samlet vil dette kunne føre til bedre driftskontroll og dermed utslippsreduksjon av forurensing fra sandfang til tiltaksområdet for Renere havn Bergen.

Neste steg for kommunen er å innføre registrering av oppfyllingsnivå i Gemini Portal i alle driftskontraktene. I 2023 er dette gjort i kontrakten for Bergen sør og vest. Her har sommervikarer kartlagt sandfang i bydelene Fyllingsdalen og Fana i løpet av sommeren slik det ble gjort for Årstad og Bergenhus. Dermed gjenstår kun Bergen nord og øst.

Når kommunen etter hvert får målt inn oppfyllingsnivå flere ganger, blir neste fase å bruke innsamlet data til en mer målrettet tømning. For eksempel kan det legges inn roder med hyppigere tømning av sandfang som fylles for fort opp og eventuelt tilsvarende redusert tømning av sandfang som har lav tilførsel av partikler. Dette vil antakelig kunne redusere antall ikke planlagte ekstratømminger. Andre aktuelle tiltak kan være å ha en mer målrettet kosting av gater der det strøs mye sand om vinteren. Før driftsplaner kan oppdateres må imidlertid datakvaliteten sikres ved å gå gjennom innmålinger gjort av entreprenør, og ved behov utføre ny innmåling og evt. kontrollmålinger ved hjelp av sommervikarer.

7.2 Supplerende objektregistrering i nasjonal vegdatabank

Vestland fylkeskommune har startet et arbeid som skal bedre kvaliteten på informasjon om kummer og stikkrenner i nasjonal vegdatabank.

Supplerende objektregistrering er inkludert i driftskontraktene fra 2021. Hvert år skal minimum 20% av eksisterende kummer og stikkrenner i kontraktsområdene måles inn. Innmålingen gjelder også eksisterende objekter som ikke er innmålt tidligere. Arbeidet utføres samtidig med systematisk driftsinspeksjon (Vestland fylkeskommune, 2023).

7.3 Miljøovervåking i sjø

Renere havn Bergen overvåker miljøtilstanden og ny tilførsel av forurensning til tiltaksområdene i sjø der det er utført eller planlagt opprydding og etablering av ren sjøbunn. Resultatene fra gjentatte

overvåkingsomganger i Puddefjorden og Kirkebukten peker på forurensningstilførsel fra overvann og overløp fra avløpsnett som en hovedårsak til rekontaminering (COWI, 2021a) (COWI, 2023a) (COWI, 2023b).

I 2022 ble det gjennomført miljøovervåking i Kirkebukten i et begrenset antall målestasjoner. Det ble ikke målt vesentlig forskjell i tilført forurensning i Kirkebukten sommeren 2022 sammenliknet med tilsvarende målinger i 2019 (COWI, 2023b). Resultatene fra miljøovervåking i Kirkebukten understreker kompleksiteten i urban forurensning og kildesporing. I forkant av overvåkingen i 2022 ble alle sandfang i nedslagsfeltet til Kirkebukten tømt for å redusere tilførsel av forurensning til sjø så mye som mulig. Tilsvarende tømme-status før overvåkingen i 2019 er imidlertid ikke kjent. Eksempel på andre forhold som kan påvirke den målte tilførselen av miljøgifter til sjø og som varierer over tid, er nedbør, annen aktivitet og forurensningskilder i nedbørfeltet og status for gaterenhold. Det vil også være usikkerheter i målemetoder og analyser. Det er mange faktorer som har betydning, og datamaterialet fra Kirkebukten er vurdert til å være for lite til å fange opp alle de ulike faktorene. Det vil kreve en større studie for å kunne måle effekten av optimalisert sandfangsdrift på tilførsel av forurensning til sjø.

8 Anbefalinger til kum-eiere

Urbant overvann er forurenset av en rekke miljøgifter. En betydelig andel av dette kan holdes tilbake i sandfang, noe som vil redusere utslipp til sjø og andre sårbare resipienter. Dette rensepotensialet bør utnyttes. Tømmebehovet for sandfang kan variere mye mellom ulike områder og må tilpasses lokale forhold.

For å få en oversikt over status og effekt av gjeldende driftsrutiner, anbefales alle kum-eiere å samle inn informasjon om oppfyllingsnivå og kumdybde ved rutinetømming. Måle- og registreringsmetoden som er testet i pilotprosjektet krever svært enkelt utstyr, utføres raskt til en relativt lav kostnad, kan iverksettes umiddelbart uten behov for investeringer og gir et godt vurderingsgrunnlag for videre driftsplanlegging. Resultatene gir økt driftskontroll og grunnlag for oppdatering av tømmeplaner der dette viser seg å være nødvendig for å utnytte sandfangenes rensepotensiale (Figur 52).

Basert på pilotprosjektet og erfaringer fra Bergen kommunes uttesting av feltregistreringer i nye kontrakter, gis følgende anbefalinger:

Viktig ved planlegging og gjennomføring av feltregistreringer

- › **Registreringssystem:** Velg registreringssystem og format som er hensiktsmessig for videre bruk av dataene i eget system. For kommuner/andre som benytter Gemini VA og Gemini Portal eller tilsvarende, anbefales bruk av disse verktøyene basert på erfaringene fra Bergen kommune. Alternativt kan entreprenørenes egne registreringssystemer eller feltapper som ArcGIS Field Maps tilpasses og benyttes.
- › **Parameter:** Skaff oversikt over kumdybde, oppfyllingsnivå og kumlokalisering. Kumdybde og kumlokalisering trengs kun å registreres en gang, og det lønner seg å legge inn tid/ressurser på å få registrert disse så nøyaktig som mulig. Ta som minimum et bilde av tom kum og et bilde av plassering av kum i terreng i første registreringsrunde.

- › **Instruks:** Utarbeid en kort og konsis instruks til entreprenør med skisse som viser parameterne som skal registreres. Utarbeid engelskspråklig instruks ved behov. Adresser følgende årsaker til måleusikkerhet og avklar hvordan disse bør håndteres: Skjerm foran utløpsrør, ikke registrerte kummer eller unøyaktig kumplassering, måleutstyr, tørre kummer, avrunding av måletall, ujevn sedimentoverflate i kum (se kap. 6 for mer info om disse temaene).
- › **Dialog med entreprenør:** Gjennomfør møte med entreprenør med gjennomgang av instruks og eventuell opplæring i bruk av valgt registreringssystem, samt bevisstgjøring av entreprenør når det gjelder miljøbetydningen av god drift av sandfangskummer.
- › **Registreringstidspunkt:** Gjennomfør registreringer samtidig med rutinetømming. Ved lav tømmefrekvens bør man vurdere å gjennomføre en runde med kun registreringer mellom rutinetømmingene. Legg vekt på å få med alle kummene fra første runde. Det trengs minst 2-3 runder med registreringer for å få oversikt over oppfyllingshastighet som kan variere noe over tid.

Databearbeiding og bruk av resultatene

- › **Kart:** Fremstilling av registreringsresultatene i to forskjellige kartvarianter for hver registreringsrunde har vist seg å være nyttig for å få en rask og enkel oversikt over dataene; i) et kart som viser variasjon i kumdybde, og ii) et kart som viser andel av kummene som har avstand mellom sedimentoverflate og utløpsrør større eller mindre enn 50 cm (se kap. 5). Kartene gir en pekepinn på om det er delområder som skiller seg ut med tanke på kumdybde eller oppfyllingshastighet.
- › **Diagram:** Fremstilling av kumdybde og avstand mellom sedimentoverflate og utløpsrør i et diagram for hver registreringsrunde gir et mer detaljert innsyn i dataene og supplerer informasjonen i kartene.
- › **Det store bildet:** Se det store bildet i gjennomgangen av de innsamlede dataene og sammenligningen av data mellom registreringsrunder. Det er umulig å unngå noen unøyaktigheter i slike datasett, men man kan dra nyttige konklusjoner og forbedre driften av sandfangskummer selv om registreringene inneholder noen unøyaktigheter.
- › **Oppdatering av tømmeplaner:** Tømmeplaner må tilpasses lokale forhold og baseres på kumdybde og gjentatte registreringer av oppfyllingsnivå ved tømming. Det bør gjøres en kost/nytte vurdering som også inkluderer alternative tiltak som reduserer oppfyllingshastigheten (f.eks. økt gaterenhold, utskifting av grunne kummer) og tar hensyn praktisk gjennomførbarhet. Faktorer som størrelsen på sandfangskummenes nedbørsfelt og resipientens sårbarhet bør også inngå i slike vurderinger.

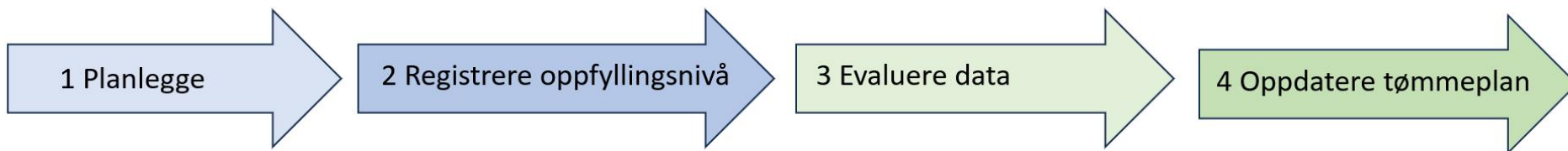
Vær oppmerksom på disse problemstillingene

- › **Mange aktører og grensesnitt:** En rekke aktører er involvert i planlegging og utførelse av sandfangsdrift; kommunale etater, fylkeskommune, Statens vegvesen, private kum-eiere og ulike entreprenørfirma. Mange aktører betyr også mange grensesnitt og muligheter for uklare rutiner og ansvarsforhold. Det bør f.eks. avklares hvem som har ansvar for drift av overvannssystem der kommunalt overvannsnett krysser fylkesveier, sandfang i offentlige parker og sandfang i havne- og godsterminaler.

- › **Ulike og mangelfulle kartsystemer:** Det finnes ikke en samlet oversikt over overvannssystemene og lokalisering av sandfangskummer. Ulike aktører har egne kartsystemer, og disse er delvis overlappende og delvis mangelfulle. Enkelte kart-objekter kan også være feilplassert, f.eks. er kummer i fylkesvei i et av studieområdene plassert på senterlinjen i veien og ikke angitt med nøyaktig posisjon i nasjonalt Veikart. Før oppstart av feltregistreringer bør det gjøres en vurdering av kvaliteten på kartgrunlaget og eventuelt behov for supplerende kartlegging.
- › **Variierende driftspraksis:** Tømming av sandfang praktiseres forskjellig, og entreprenør gjør i variierende grad egne vurderinger av tømmebehov i felt ut fra oppfyllingsnivå og lokalkunnskap. Det er viktig at dette er avklart med kum-eier og at det er avtalt hvilke kriterier som eventuelt skal legges til grunn for å kunne utsette tømming av enkelte kummer.
- › **Tilgjengelighet:** I et sentrumsområde kan en vesentlig andel av sandfangskummene være utilgjengelige for tømming på grunn av f.eks. overparkering eller smale gater. Disse vil ikke bli tømt i løpet av en rutine-tømmerunde dersom det ikke gjøres ekstratiltak som varsling av beboere, sperring av gater eller at entreprenør går tilbake til kummer som ikke var tilgjengelige ved første forsøk. Registreringsløsninger som angir i kartet hvilke kummer som er tømt og hvilke som gjenstår, vil være et nyttig verktøy.
- › **Slamvann:** Det er praksis for å tømme overskytende slamvann fra sugebilenes slamtank tilbake til avløpsnett. Slamvannet vil være forurenset i variierende grad, og praksisen er særlig uheldig dersom slamvannet tømmes tilbake på et overvannssystem som drenerer til en sårbar resipient. Praksisen bør vurderes opp mot abonnementsvilkårene og grenseverdier som gjelder for påslipp til offentlig avløpsnett.
- › **Redusert kumvolum:** I prosjektet er det observert at en del kummer har redusert sandfangsvolum på grunn av tilført stein, betong, avretningsmasse, skrot eller kvister. Dette blir ikke fjernet som en del av rutinemessig sandfangstømming, men registreres som avvik og må fjernes med spesialutstyr. Det er viktig å ha gode rutiner for rask oppfølging av denne type avvik.
- › **Finansiering:** Drift av offentlige sandfang finansieres over ulike kommunale, fylkeskommunale og statlige budsjetter. Finansiering av økt tømmefrekvens eller andre tiltak som reduserer tømmebehovet kan være krevende og involverer flere ulike etater og budsjetter. I Bergen er eksempelvis tømming av sandfang i kommunale veier finansiert over VA-budsjettet mens gaterenhold i de samme veiene finansieres over et budsjett for veidrift.

Viktige krav i driftskontrakter

- › **Registreringsparametere og rapporteringsformat:** Det må tydelig fremgå i driftskontrakter hvilke parametere som skal registreres og på hvilket format resultatene skal rapporteres.
- › **Håndtering av slamvann:** Det må lages retningslinjer for håndtering av slamvann som innarbeides i driftskontrakter på samme måte som håndtering av de forurensete sandfangsmassene. Eventuelle kummer som kan benyttes for tømming av slamvann på avløpsnett må spesifiseres.
- › **Ikke tilgjengelige kummer:** Det må spesifiseres i driftskontrakter hvordan entreprenør skal forholde seg til sandfangskummer som er utilgjengelige på grunn av f.eks. overparkering eller smale gater.



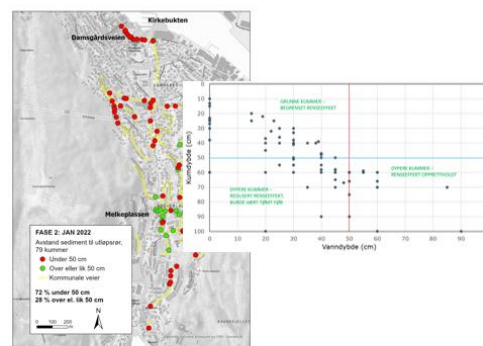
1 Planlegg innsamling av data

- Gjennomgå kartgrunnlag
- Velg og tilrettelegg registreringsverktøy
- Utarbeid feltinstruks
- Ha dialog med entreprenør



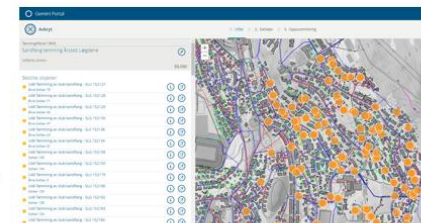
2 Registrer oppfylingsnivå og kuminfo

- Start ved en rutinetømming
- Gjenta ved flere rutinetømminger (2-3)
- Ev. registrer oppfylingsgrad mellom rutinetømminger hvis lang tømme frekvens



3 Bearbeid innsamlede data

- Framstill resultater i kart og diagram
- Evaluer dagens tømme frekvens opp mot nasjonale anbefalinger om maksimal oppfylingsnivå før tømning (Norsk Vann, 2021, VA-miljøblad 116)



4 Juster tømmeplan hvis nødvendig

- Vurder både endring av tømme frekvens og andre tiltak som reduserer oppfylingshastighet/tømmebehov
- Vurder kost/nytte
- Vurder resipientens sårbarhet
- Vurder praktisk gjennomførbarhet

Figur 52 Anbefalte trinn i oppdatering av tømmeplan

9 Referanser

Bergen kommune. 2005. *Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune. Utgave 11.02.2005.* 2005.

Bergen kommune. 2019a. *Kommunedelplan for overvann 2019-2029.* 2019.

Bergen kommune. 2019b. *KPA 2018-2030. Bestemmelser og retningslinjer til kommuneplanens arealdel. Vedtatt av Bystyret 19.06.2019.* 2019.

Bergen kommune, Bergen Vann. 2021. *Pers.med. Lars Jørgen Sørfonn.* 2021.

Bergen kommune, Bymiljøtaten. 2021. *Pers.med. Arild Gundersen.* 2021.

Bergen kommune, Bergen Vann. 2022. *VA-ledningskart. Gemini VA.* 2022.

Bergen kommune, 2023. [Bergen kommune - Renere Havn Bergen](#)

Bydrift AS. 2022. *Pers. med. fra driftspersonell .* 2022.

Bærum kommune. 2023. *Pers. med. Bjørn Skog*

COWI. 2008. *Supplerende undersøkelser av forurensningstilstand og aktive kilder.* 2008.

COWI. 2012a. *Beregning av forurensning fra overvann. Prosjekt nr. A029838.* 2012.

COWI. 2012b. *Gjennomført av mudring og tildekking i Kirkebukten.* 2012.

COWI. 2015a. *Forurensning i sandfangsedimenter, Laksevåg ved Nordrevågen.* 2015.

COWI. 2015b. *Tømming av sandfangkummer. System for oppfølging og kostnader. M-427. s.l. : Miljødirektoratet, 2015.*

COWI. 2017. *Forurensning i sandfangsedimenter, overvann og overløp, Damsgård til Verftet.* 2017.

COWI. 2019a. *Miljøtilstand i Kirkebukten, overvåkningsresultater 2019.* 2019a.

COWI. 2019b. *Kartlegging av landkilder, Store Lungegårdsvann - Mulige kilder til ny tilførsel av miljøgifter fra land til sjø.* 2019b.

COWI. 2021a. *Oppfølgende undersøkelse etter tiltak mot forurenset sjøbunn i Puddefjorden.* 2021.

COWI. 2021b. *Status for forebyggende tiltak mot spredning av forurensning til Kirkebuktne, Laksevåg. Rapport nr. A109463-2021-07.* 2021.

COWI. 2022. **Miljøovervåking etter tiltak mot forurenset sjøbunn i Trondheim hamn 2022.** Fagrapport, 2022.

COWI. 2023a. 4-årskontroll etter tiltak mot forurenset sjøbunn i Puddefjorden. Rapport nr. A243166-2023-02.

COWI. 2023b. Miljøtilstand i Kirkebukten, overvåking 2022. Rapport nr. A243166-2022-04.

Haraldsen. 2018. Status på sanfangsregistrering i Akershus og Oslo. Foredrag under fagtreff om sandfang i Norsk Vannforening, 15.10.2018. 2018.

Lager. 1977. Catchbasin technology overview and assessment. s.l. : Report no. EPA-600/2-77-05. Cincinnati, Ohio, May., 1977.

O. Lindholm et.a. 2013. Miljøgifter i overvann fra tette flater, renseanlegg og overløp - Case Indre Oslofjord. Artikkel i Vann nr. 02/2013. 2013.

Lindholm O. 2015. Forurensningstilførsler fra veg og betydningen av å tømme sandfang. Artikkel i Vann 01/2015. 2015.

Lindholm O. 2018. Generelt om sandfang og rensing av miljøgifter. Foredrag under fagtreff om sandfang i Norsk Vannforening, 15.10.2018. 2018.

Lindholm O. 2020. Renseeffekter i gatesandfang. Notat, NMBU. 2020.

Mesta. 2022. Pers. med. fra driftspersonell. 2022.

Miljødirektoratet. 2014. Fylkesmannens myndighet for utslipp av forurenset overvann. Brev til alle fylkesmennene datert 06.05.2014. 2014.

Miljøverndepartementet. 2012. Rundskriv T-3/12 Fylkesmannens myndighet etter forurensningsloven, oreigningslove og produktkontrollloven.
<https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/andre-dokumenter/kld/2012/rundskriv-t-3-12-fylkesmannens-myndighet-forurensningsloven-oreigningslova-produktkontrollloven/id708382>

NIBIO Miljø og naturressurser. 2016. Veiavrenning og driftstiltak. Overvåking av avrenning samt oppfølging av feie- og sandfangsmasser ved ulik veidrift. Vol.2, nr.144, 2016. 2016.

Norsk Vann. 2014. Håndtering av overvann fra urbane veger. Norsk Vann rapport nr 200/2014. 2014.

Norsk Vann. 2021. Forurensning i overvann fra urbane flater - vannmiljømål og rensiltak. Rapport nr. B27/2021. 2021.

NOU. 2015. Overvann i byer og tettsteder som problem og ressurs. Norges offentlige utredninger, 2015:16. 2015.

Statens Vegvesen. 2014. Vanneskyttelse i vegplanlegging og vegbygging. Rapport nr. 295 . 2014.

Statens Vegvesen. 2021. N200 Vegbygging. Gyldig fra 2021-06-22. 2021.

Statens vegvesen. 2022a. Vegdatabanken. Vegkart. <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>. 2022.

Statens vegvesen. 2022b. *Pers. med. byggelder for veidrift, riksveier i Bergen. 2022.*

Stiftelsen VA-miljøblad. 2015. *Beregning av utslipp av miljøgifter til vannforekomster. 2015.*

Stiftelsen VA-miljøblad. 2016. *Gatesandfang. Nr. 117 / 2016. 2016.*

Storm Aqua. 2023. *Pers. med. Per Møller-Pedersen, <https://stormaqua.no/tjenester/drift-og-vedlikehold/behovsstyrt-drift/behovsstyrt-drift-av-sandfang/>*

T. G. Jantsch et.al. 2006. *Forekomst av organiske miljøgifter i overvann. Artikkel i Vann nr. 1/2006. 2006.*

Vestland Fylkeskommune. 2023. *Pers.med. byggeledere for driftskontrakter. Enhet for vedlikehold, drift og beredskap / infrastruktur og veg 2022.*

Vitek Miljø. 2022. *Pers. med fra driftspersonell. 2022.*