

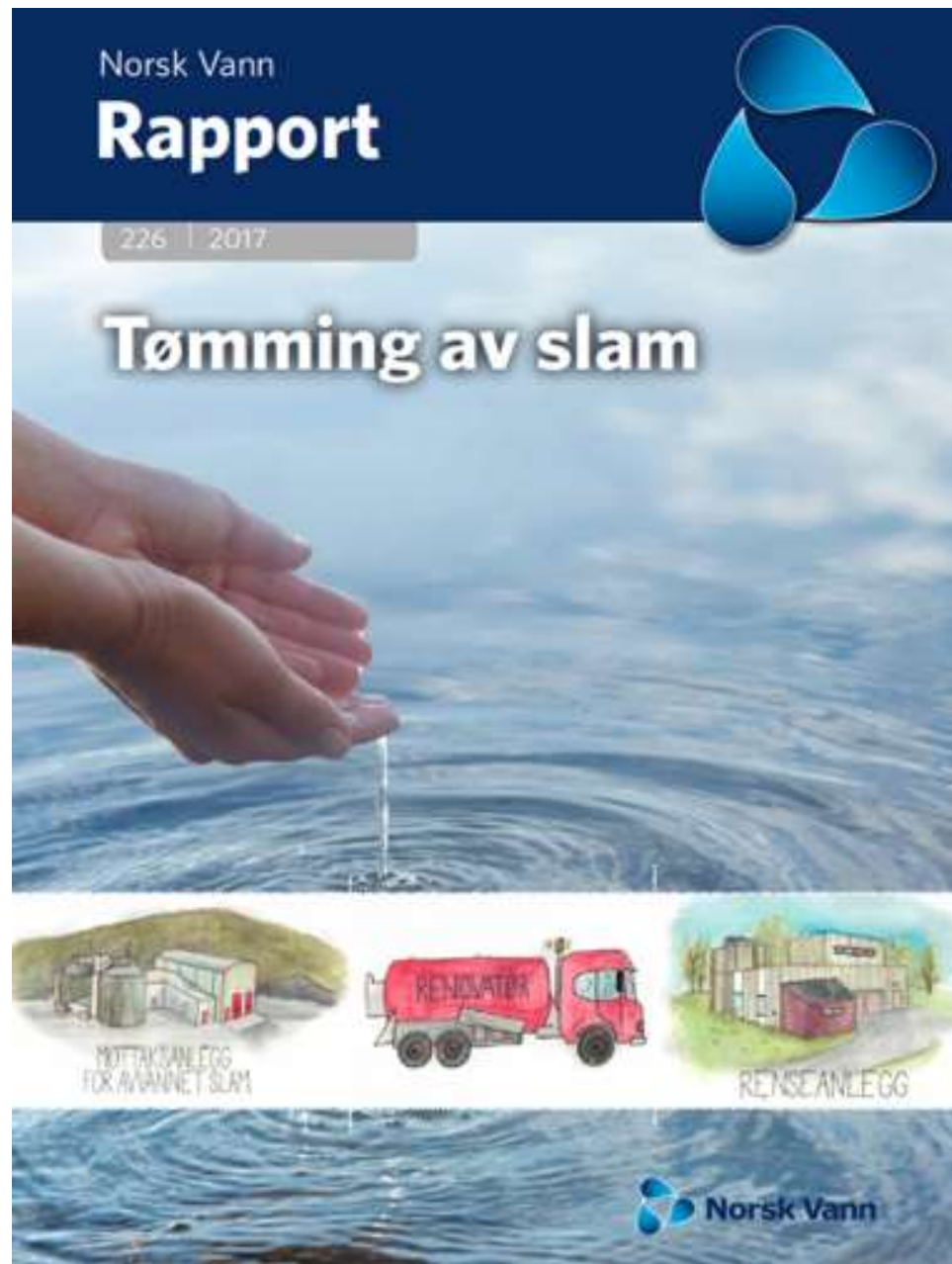
TØMMING AV SLAM OG MOBIL AVVANNING

Willy Røstum Thelin, seniorforsker SINTEF

Avløpskonferansen 2018, 23.05 – 24.05

Ny Norsk Vann rapport

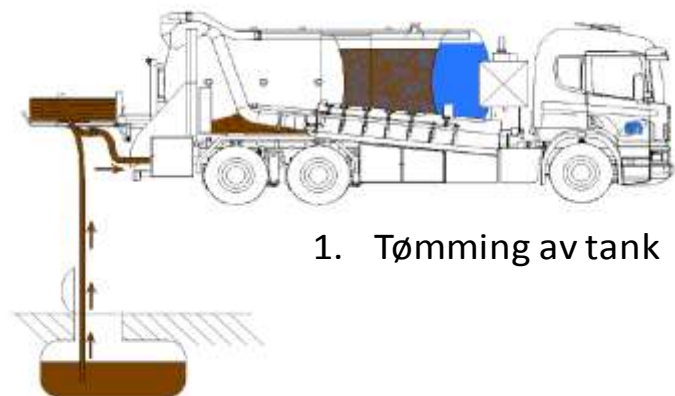
- ❑ Målsetning: øke den generelle kunnskapen om slamtømming i spredt bebyggelse, og om mobil avvenning spesielt



Hovedtemaer som behandles i rapporten

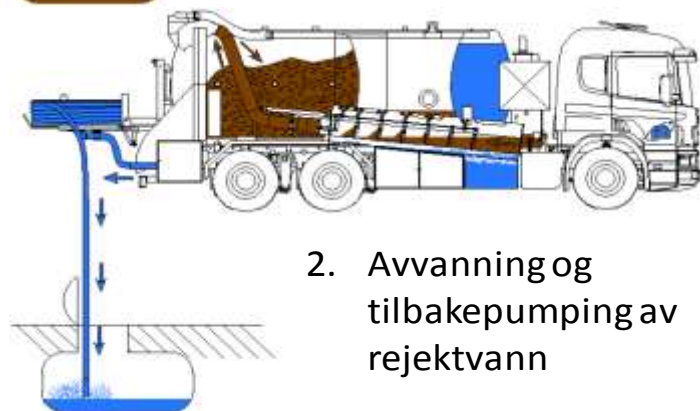
-
- ☐ Konsekvenser ved bruk av mobil avvanning
 - ☐ Vurdering av miljøpåvirkning og økonomi knyttet til slamtømmeteknologi
 - ☐ Innkjøp av slamtømmetjenester

Teknologi for mobil avvanning

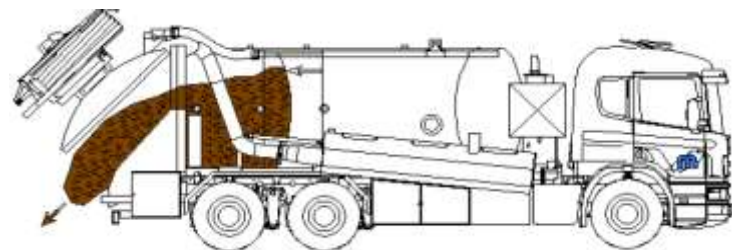


1. Tømming av tank

Masko
Zoll



2. Avvanning og
tilbakepumping av
rejektvann



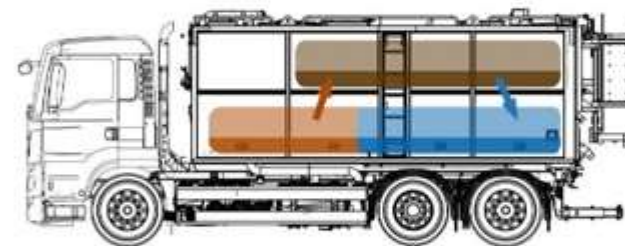
3. Tømming av avvannet slam

Tømming av slamavskiller



Nomek
/KSA

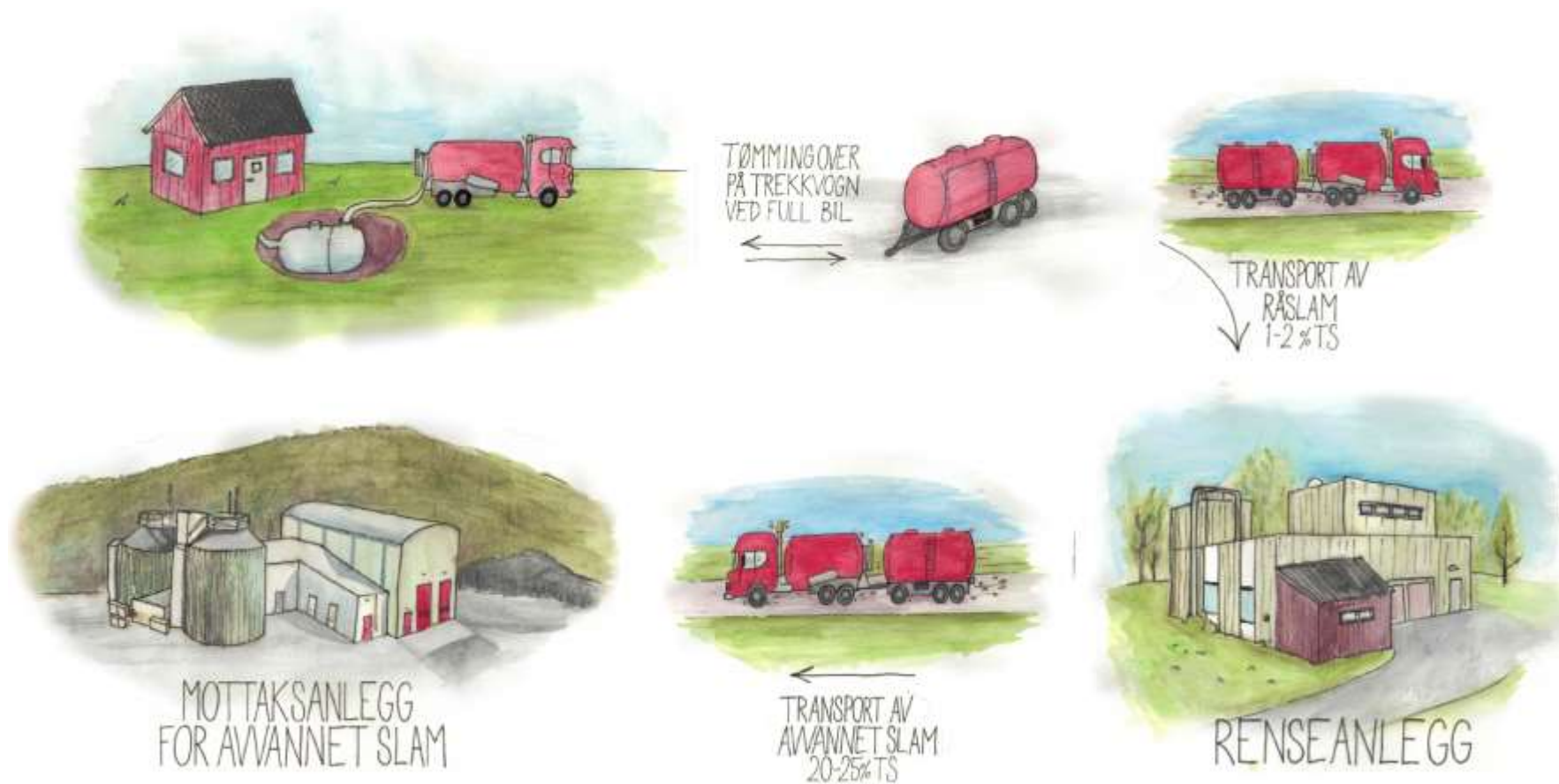
Avvanningsprosess



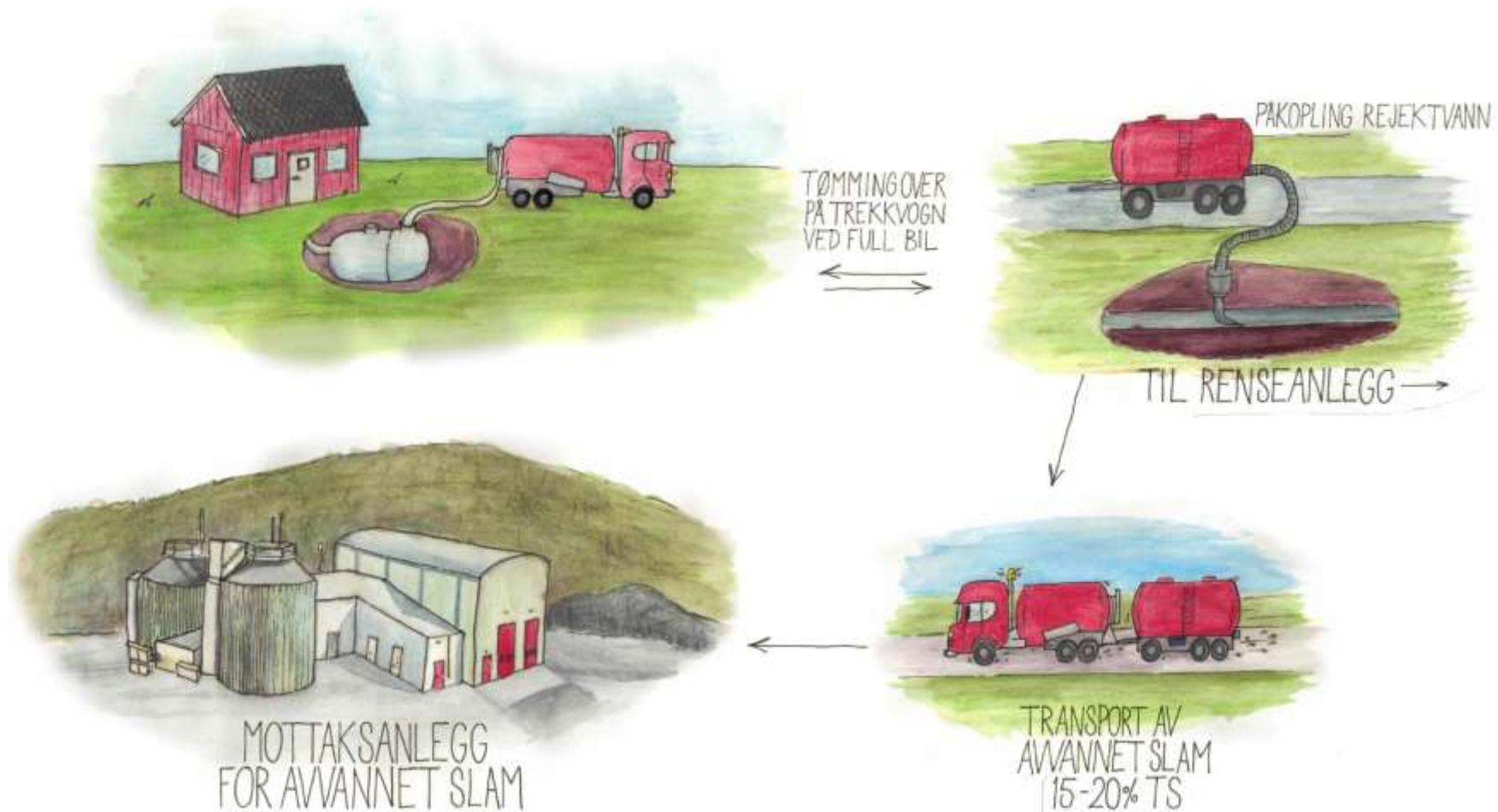
Returpumping av rejektvann



Transportbehov ved konvensjonell tømming



Transportbehov ved mobil avvanning



Behov for avklaringer vedrørende konsekvenser ved bruk av mobil avvanning

- ✓ Kan utslipp av restpolymer fra mobil avvanning ha uheldig effekt på helse og vannmiljø?
- ✓ Kan tilbakeføring av rejektivann medføre at renseanlegget ikke overholder rensekravene?
- ✓ Kan tilbakeføring av rejektivann medføre driftsproblemer for henholdsvis minirensesanlegg og påfølgende rensetrinn etter slamavskiller?

Giftighet av polymer

- ❑ Polyakrylamider har i utgangspunktet høy akutt toksisitet i *rent vann*
 - ✓ skyldes fysiske effekter pga. av høy ladningstetthet som gjør at polymeren adsorberer til overflater – medfører f.eks. blokkering av gjeller på fisk
 - ✓ Giftigheten reduseres betydelig i naturlige vannkilder og avløpsvann pga. at polymeren inaktiveres når den binder seg til kolloidalt og partikulært materiale
- ❑ Relevante studier (PEC/NEC) der effekten ved bruk av polyakrylamid for avvanning av slam i sentrale renseanlegg viser at det er svært liten risiko for uheldig påvirkning på vannlevende organismer, *bl.a Stowa 1995, Murgtroyd et al 1996*
- ❑ *Pga. høy molekylvekt og høy ladningstetthet vil polyakrylamider vanskelig passere gjennom cellemembraner og tas opp i organismer.*
 - ✓ Polyakrylamid har meget lav bioakkumulerbarhet
- ❑ En omfattende svensk studie av miljøpåvirkningen fra bruk av polymere til avløpsrensing konkluderer med at det ikke finnes indikasjoner på at bruk av polyakrylamid vil ha negativ innvirkning på resipienten, *Wahlberg & Paxeus 2003*

Karakteristikk på rejektivann - Næringsstoffer

- ❑ Norske, svenske og danske feltundersøkelser - målt konsentrasjonen av næringsstoffer i rejektivann fra avvanning av slam fra slamavskillere
- ❑ Sammenligning av konsentrasjoner i rejektivann med typiske konsentrasjoner i avløpsvann fra husholdninger:
 - ✓ Fosfor : 2-3 ganger høyere enn i typisk avløpsvann fra husholdninger
 - ✓ N_{tot} : 2-5 ganger enn i typisk avløpsvann fra husholdninger
 - ✓ Høyeste måling for organisk stoff er drøyt 2 ganger høyere enn i typisk avløpsvann fra husholdninger

Karakteristikk på avløpsvann fra husholdninger

	KOF	BOF ₅	N _{total}	P _{total}	SS
Utslipp [g/(pe·døgn)] ¹	120	60	12	1,8	70
Konsentrasjon, [mg/l] ²	800	400	80	12	467

¹ Spesifikk stoffbelastning per pe. ihht. Norsk Vann rapport 168 (2009).

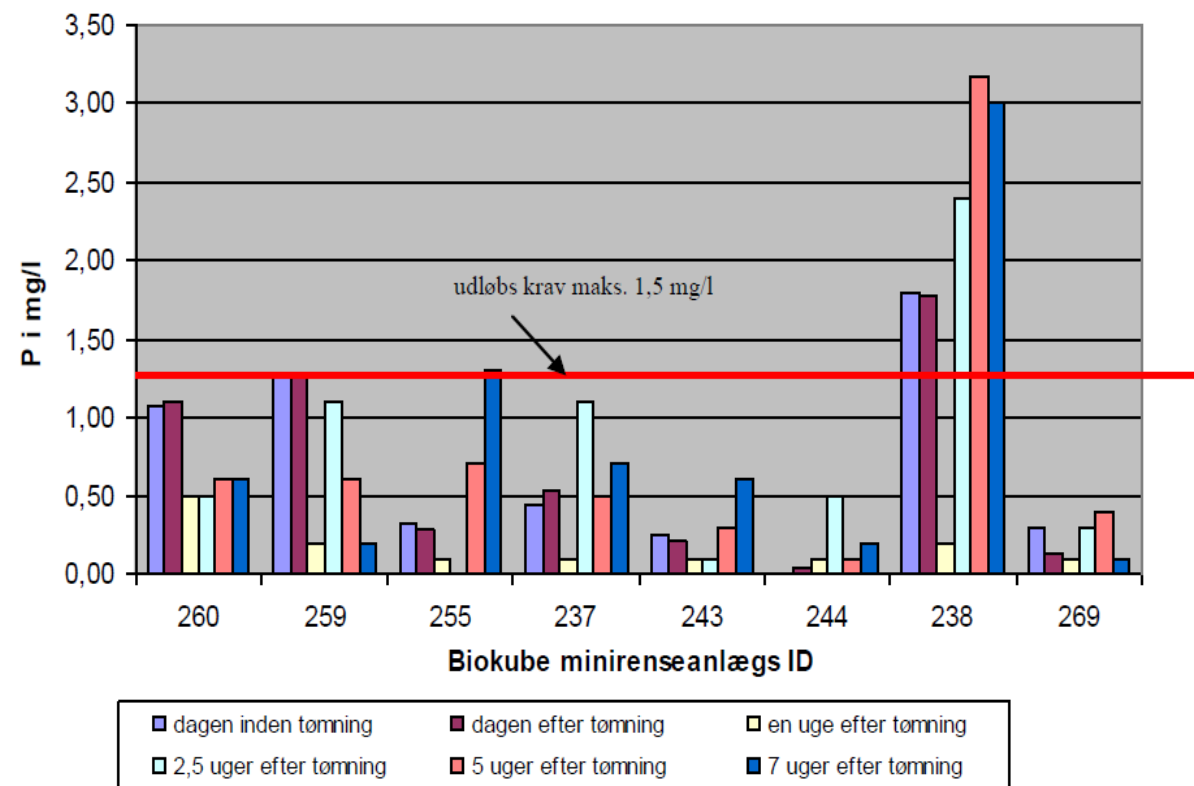
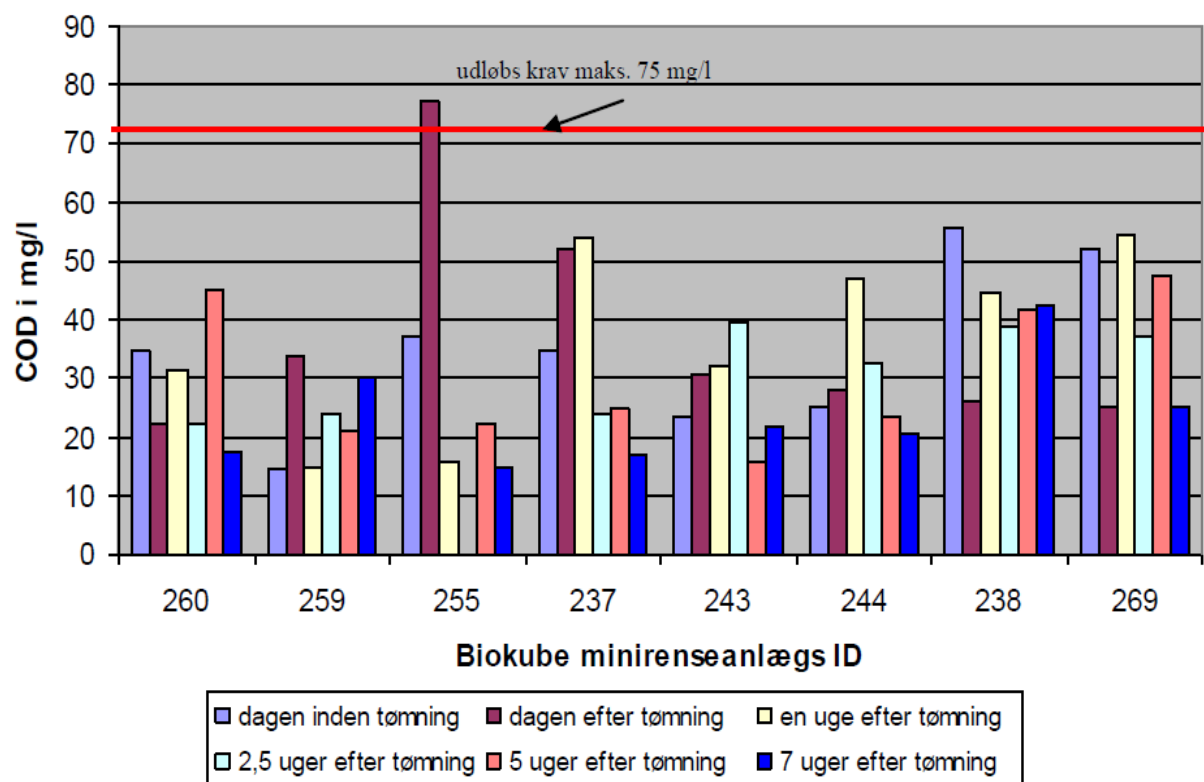
² Forutsatt spesifikt vannforbruk på 150 l/(pe·døgn).

Vurdering av forurensingsmessig betydning ved utslipp av rejektivann fra slamavskiller

- ❑ Beregningseksempel: Kvantifisering av ekstra forurensingsbelastning på resipienten som skyldes tilførsel av rejektivann fra mobil avvanning

	Normal innløpskons, [mg/l]	maks kons rejektivann, [mg/l]	Akkumulert årlig normalutslipp 5 pe [kg]	Ekstra utslipp pga rejektivann, [kg]	Relativ betydning av merutslipp [%]
KOF	800	2400	292	9,6	3,3
P	12	36	4,4	0,14	3,3
N	80	400	29,2	1,6	5,5

Vurdering av forurensningsmessig betydning ved tilbakeføring av rejektivann til Minikube minirensesanlegg



Utslipp av suspendert stoff (Mobil avvanning med polymer)

❑ Norsk undersøkelse (Norconsult 2011) - Mobil avvanning av slam fra slamavskillere

- ✓ Tilbakefylling av rejektvann til 80%
- ✓ Blandprøve tatt av rejektvann, øvrige prøver tatt ved utløp ett døgn etter tømning

Prøve	BOF [mg/l]	KOF [mg/l]	P _{total} [mg/l]	SS [mg/l]
Rejektvann	220	430	9,2	176,0
1	440	740	7,3	137
2	150	300	8,0	92,8
3	450	170	7,3	37,0
4	9	320	8,5	155
5	27	290	10	182
6	160	330	9,1	59,9
7	160	320	8,2	67,6
Middelverdi	272	383	8,3	104,5
Maksimalverdi	450	740	10	182
Minimumsverdi	160	290	7,3	37,0

- ❑ I gjennomsnitt 40% reduksjon i SS ett døgn etter tømning.
- ❑ Kun 10% skyldes fortynning, resten skyldes aggregering og sedimentering i slamavskilleren
- ❑ Samme størrelsesorden eller lavere enn typisk normalutslipp fra slamavskiller
- ❑ Konklusjon: Lite sannsynlig med høyere SS ut fra slamavskiller ved mobil avvanning enn i en normalsituasjon

- ✓ Forutsetter god kvalitet på utførelse, og at slamavskilleren ikke har vesentlige mangler!

Utslipp av restpolymer

- ☐ Mesteparten av polymeren (ca 90%) følger slamfasen ,mens resterende ender opp i rejektivannet
- ☐ Noe av restpolymeren i rejektivannet vil binde seg til partikler og tas ut som slam i slamavskilleren.
 - ✓ Hvor mye polymer som slippes ut fra slamavskiller og faktisk tilføres nedstrøms rensetrinn er ikke kjent
- ☐ Polymeren har lav mobilitet i jord, og lav nedbrytbarhet
 - ✓ Kan ikke utelukke at polymer vil kunne akkumulere i infiltrasjonsmasser/sandfiltre og gradvis redusere infiltrasjonshastighet på sikt

Undersøkelse av feilfunksjon på infiltrasjonsanlegg

- ❑ Flere konsulent- baserte utredninger, samt undersøkelser i forbindelse med FoU aktivitet i Norge
 - ✓ Oppgraving og undersøkelse av anlegg med feil
 - ✓ I undersøkelsene har det blitt konstatert at feil dimensjonering og/eller feil utførelse var årsak til funksjonsfeil på samtlige undersøkte anlegg

- ❑ Pilotstudie med undersøkelse av infiltrasjonskapasitet og vannoppstuvning for infiltrasjonsanlegg som ble tilført rejektivann, *NAT-programmet (1994-1997)*
 - ✓ Sammenligning mot referanseanlegg som ble tilført normalt avløpsvann viste ikke signifikante forskjeller

Anbefalte retningslinjer for tømning

- ☐ Startdosering og kontroll av flokkuleringsegenskapene
- ☐ maksimal tilbakeføring av rejektivann tilsvarende 75 % av våtvolum
- ☐ Oppsuging av flytslam
- ☐ IKKE tilbakeføring av rejektivann ved manglende/defekt
- ☐ Anleggsleverandørens tømmeinstruks

Behov for FoU

- ❑ Det bør undersøkes hvor mye av restpolymeren i rejektivannet fra mobil avvanning som slippes til resipient/nedstrøms rensetrinn, og hvor mye som bider seg til partikler i tilført avløpsvann og følger slamfasen
- ❑ Det bør undersøkes i hvilken grad evt. akkumulering av restpolymer i infiltrasjonsmasser påvirker infiltrasjonskapasiteten i infiltrasjonsanlegg over tid

Behov for FoU, forts.

- ❑ Behov for dokumentasjon av konsekvenser ved tilbakeføring av rejektivann til minirensesanlegg
 - ✓ De fleste leverandører av minirensesanlegg tillater ikke tilbakeføring av rejektivann
 - ✓ Det ikke funnet spesielle forhold som tilser at tilførsel av rejektivann fra mobil avvanning skal medføre uheldige konsekvenser for minirensesanlegg, foruten at en kan forvente kortere perioder med dårligere rensing av nitrogenparametere, og evt. fosfor
 - ✓ Noen leverandører rapporterer om tilstopping av f.eks luftpumper og fordelingsrør. Det bør dokumenterse hvorvidt tilfeller av dette beror på dårlig utførelse med utslipp av flytslam og forhøyede konsentrasjoner av suspendert stoff og restpolymer

Vurdering av miljøpåvirkning og økonomi

❑ Diskusjonen er hovedsakelig basert på beregningsmodell som er utviklet i prosjektet

- ✓ Inngangsvariabler som tar høyde for lokale forutsetninger
- ✓ Valgt et referansenivå for hver variabel som benyttes for å beregne base case

Variabel	Beskrivelse	Enhet	Referansenivå
V1	Gjennomsnittsavstand mellom anlegg innenfor tømmeområdet	km	0,1
V3	Gjennomsnittelig t/r kjøredistanse fra anlegg til oppstillingsplass for trekkvogn	km	8
V5	Gjennomsnittshastighet innenfor tømmeområdet	km/t	30
V6	Gjennomsnittshastighet utenfor tømmeområdet	km/t	65
V7	Antall anlegg i tømmeområdet	-	100
V8	Gjennomsnittsvolum per anlegg	m ³	4
V10	Tørrstoffinnhold i avvannet slam	%	20
V12	t/r kjøriedistanse fra oppstillingsplass for henger til kompostering/biogassanlegg	km	100

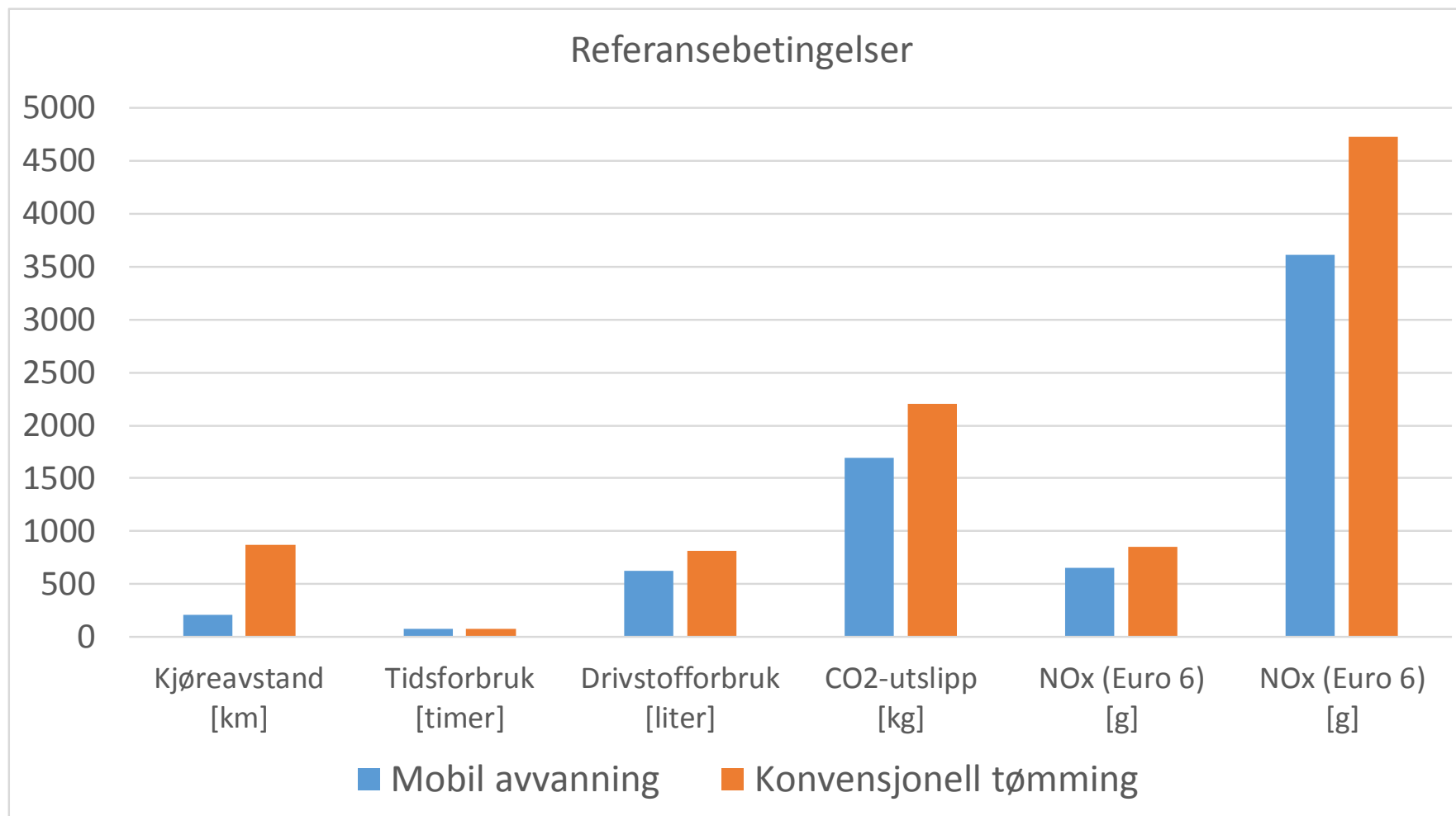
Vurdering av miljøpåvirkning og økonomi

Øvrige inngangsparametere som holdes konstante	Enhet	Input-verdi
Drivstofforbruk kun bil uten last	l/km	0,29
Drivstofforbruk kun bil med last	l/km	0,31
Drivstofforbruk vogntog uten last	l/km	0,41
Drivstofforbruk vogntog med last	l/km	0,44
Drivstofforbruk ved pumping/spyling	l/time	18
Drivstofforbruk ved tomgang	l/time	2
Gjennomsnittelig drivstofforbruk ved tomgang/pumping /spyling	l/time	7,7
Kapasitet bil (konvensjonell tømning)	m ³	9,5
Kapasitet henger (konvensjonell tømning)	m ³	18,5
Antall overpumper fra bil til henger (konvensjonell tømning)	-	2
Kapasitet bil + henger (konvensjonell tømning)	m ³	28
Kapasitet bil (mobil avvanning)	m ³	5
Kapasitet henger (mobil avvanning)	m ³	18
Kapasitet bil + henger (mobil avvanning)	m ³	23
Kapasitet på vogntog med krokbil for transport til slammottak	m ³	28
Antall overpumper fra bil til henger (mobil avvanning)	-	8
Gjennomsnittelig tørrstoffinnhold i råslam	%	1,5
Tidsforbruk per 4 m ³ slamavskiller (mobil avvanning)	min	40
Tidsforbruk per 4 m ³ slamavskiller (konvensjonell tømning)	min	25
Tidsforbruk per 10 m ³ slamavskiller (mobil avvanning)	min	64
Tidsforbruk per 10 m ³ slamavskiller (konvensjonell tømning)	min	40
Tidsforbruk avlastning fra bil til henger	min	20
Tidsforbruk avlastning ved renseanlegg	min	45
Tidsforbruk avlastning ved slammottak	min	45
CO ₂ -utslipp	g CO ₂ / liter drivstoff	2700
NO _x -utslipp (Euro 6)	g NO _x / liter drivstoff	1,04
NO _x -utslipp (Euro 5)	g NO _x / liter drivstoff	5,78

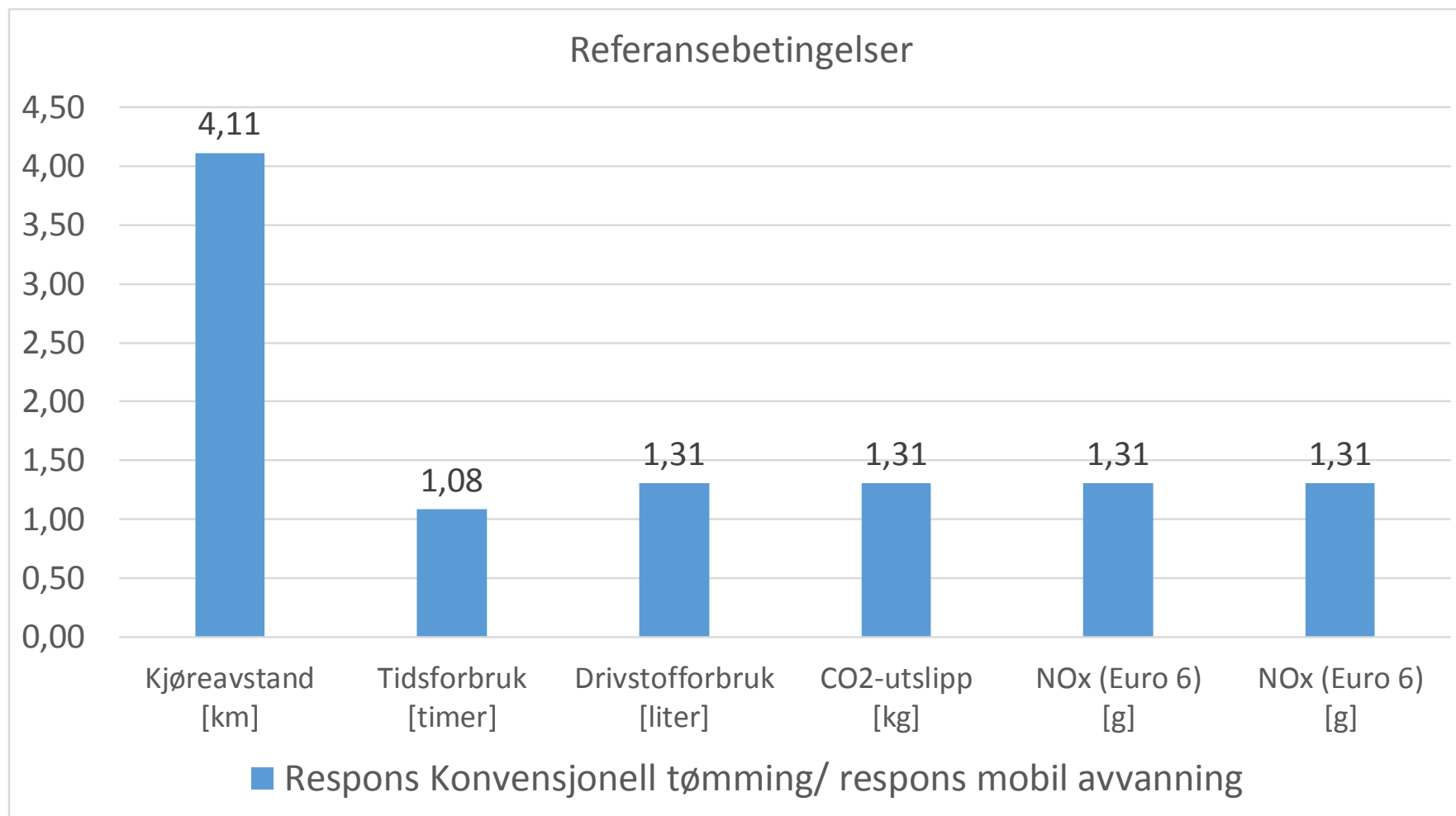
- ✓ Et sett med konstante input parametere
- ✓ Bergende responser som er relevant for å vurdere miljøpåvirkning og økonomi

Respons	Beskrivelse	Enhet
R1	Tilbakelagt kjøredistanse (mobil avvanning)	km
R3	Tidsforbruk (mobil avvanning)	timer
R5	Drivstofforbruk (mobil avvanning)	liter
R7	CO ₂ utslipp (mobil avvanning)	kg
R9	NO _x -utslipp (Euro 6) (mobil avvanning)	g
R11	NO _x -utslipp (Euro 5) (mobil avvanning)	g

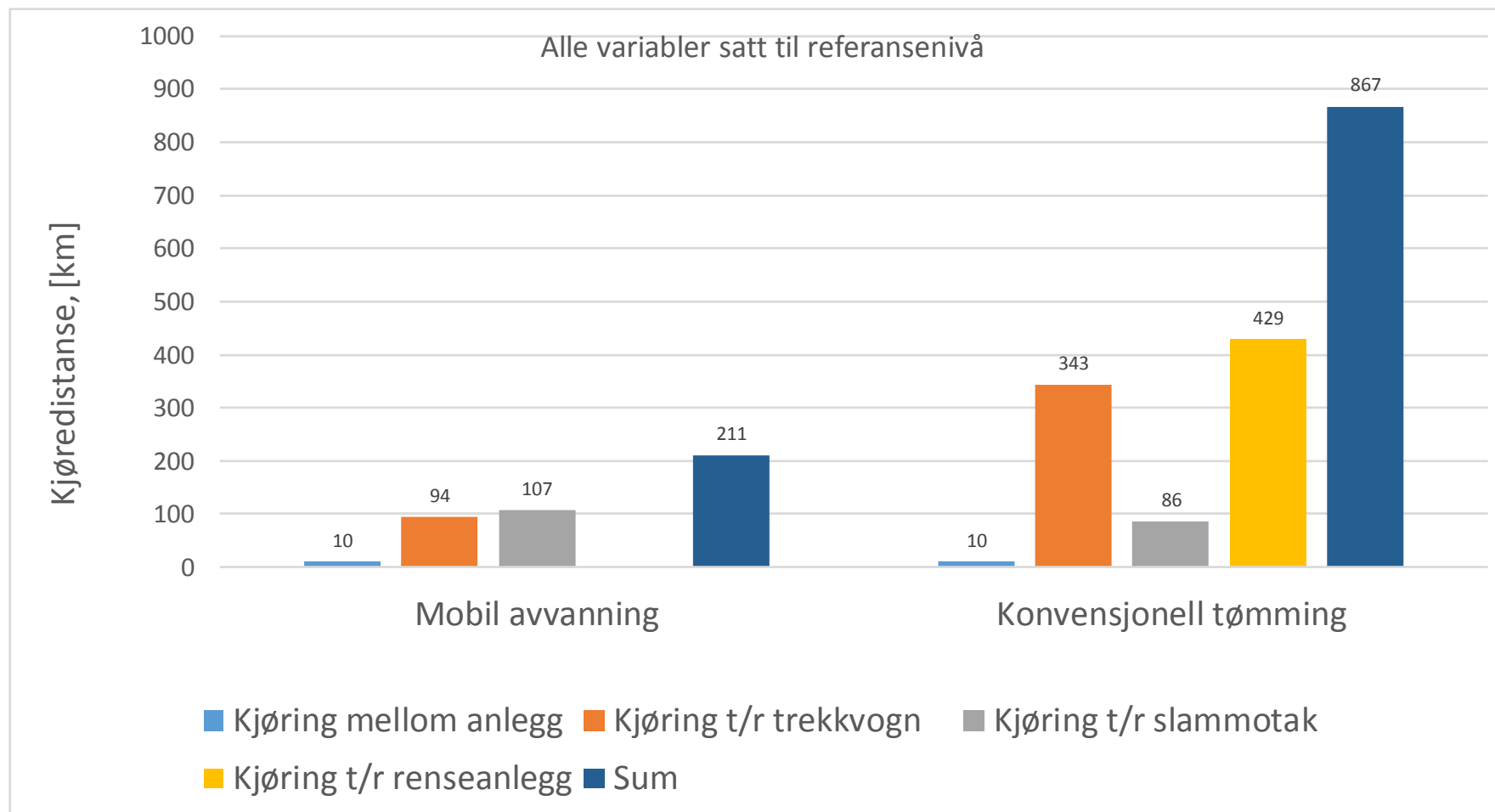
Beregning av responser for base case



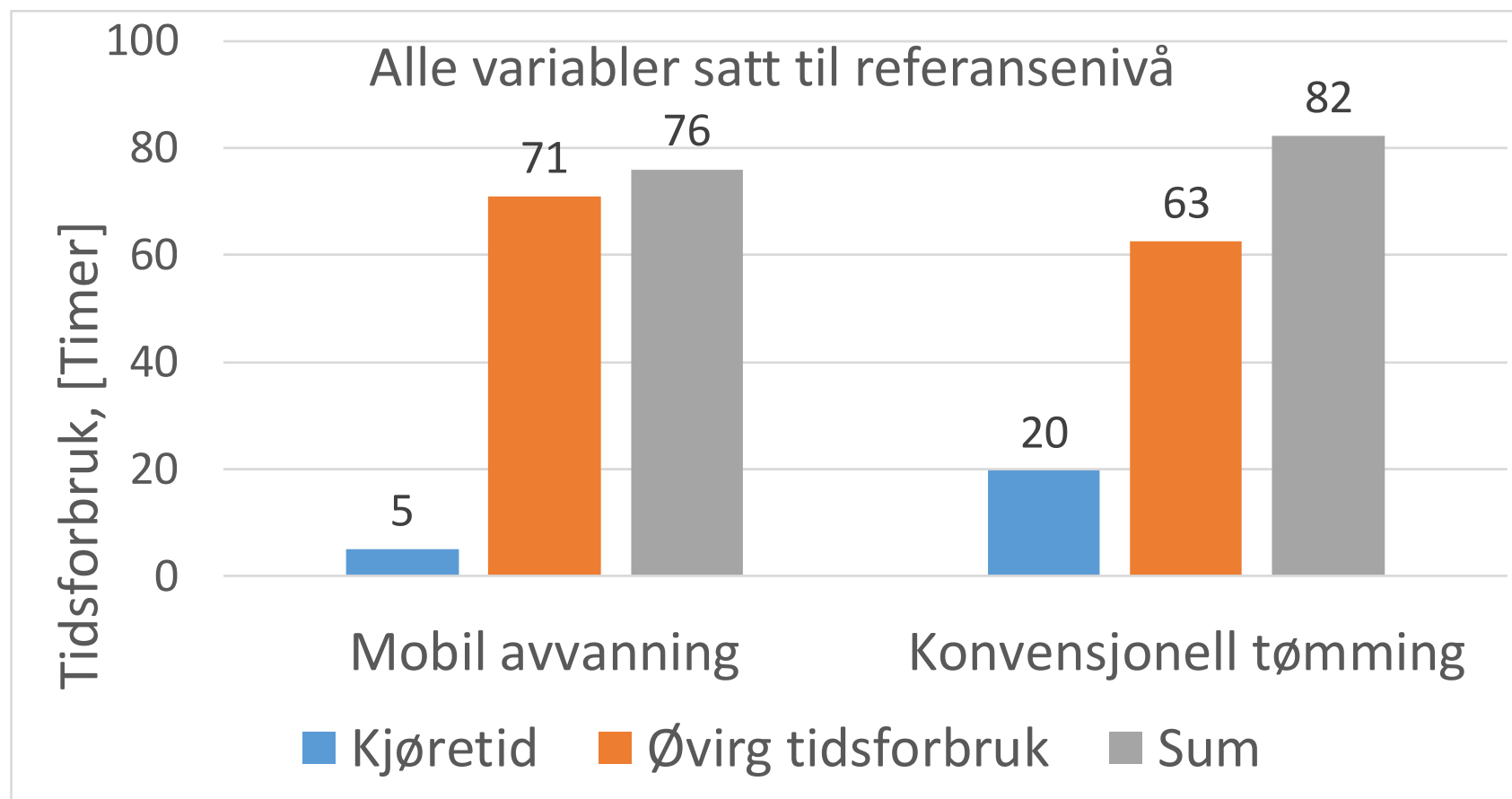
Beregning av responser – relative verdier



Differensiering av kjøredistanser



Differensiering av tidsforbruk



Økonomiske betraktninger

Forutsetninger

Timepris konvensjonell tømning [Kr]	1400
Timepris mobil avvanning [Kr]	1540
Drivstoff pris [kr/l]	13
Kostnad avvanning av råslam ved renseanlegg [Kr/m^3]	100
Kostnad levering av avvannet slam til mottak [Kr/m^3]	100
Råslam til renseanlegg [m^3]	400

- ✓ Det er valgt referansenivå for inngangsvariabler

Mobil avvanning

Drivstofforbruk [l]	626
Totalt tidsforbruk [timer]	76
Kostnad drivstoff	<u>8138</u>
Kostnad tidsforbruk	<u>117040</u>
Kostnad levering av avvannet slam	<u>40000</u>
Total kostnad	<u>165178</u>

Konvensjonell tømmeteknologi

Drivstofforbruk [l]	817
Totalt tidsforbruk [timer]	82
Kostnad drivstoff	<u>10621</u>
Kostnad tidsforbruk	<u>114800</u>
Kostnad levering av råslam	<u>40000</u>
Kostnad levering av avvannet slam	<u>40000</u>
Total kostnad	<u>205421</u>

Prosentvis høyere kostnad for konvensjonell tømning

24

Innkjøp av slamtømmetjenester

- ❑ Kvaliteten på utførelsen av slamtømmetjenester viktig både for å unngå mulig skade på renseanlegg, og for å unngå unødig forurensing
- ✓ Slamtømmeentreprenørens kompetanse og prosedyrer/rutiner for utførelse av tømming er avgjørende for kvaliteten på tjenesten
- ✓ Kommunens rolle som innkjøper av slamtømmetjenester og for oppfølging av slamtømmerens arbeid er også avgjørende

Kvalifikasjonskrav

- ❑ Rapporten gir anbefalinger vedrørende kvalifikasjonskrav som bør stilles til leverandøren i konkurransegrunnlaget og ved gjennomføring av slamkontrakt. Blant annet påpekes følgende:
 - ✓ Krav til at leverandøren har et dokumentert kvalitetssystem for gjennomføring av tømmeoppdrag
 - Be om sertifikat (ISO 9001)
 - Eller alternativt be om nødvendig dokumentasjon for å vurdere hvorvidt leverandøren har tilstrekkelig rutiner og prosedyrer for å sikre kvaliteten på tjenestene som tilbys,
 - ✓ Kontroll av kvalitet på gjennomføring av tømmeoppdrag
 - Stikkprøvekontroll
 - Regelmessig inspeksjon der oppdragsgiver følger med slamtømmer og vurderer hvorvidt tømning, rapportering, m.m. gjennomføres i henhold til leverandørens prosedyrer, tømmeinstrukser for de aktuelle anleggstypene, og i henhold til krav i kontrakt.

Nødvendige opplysninger og teknisk kravspesifikasjon

- ❑ Rapporten anbefaler viktig krav og informasjon som bør inngå i konkurransegrunnlaget for konkrete slamtømmeoppdrag
 - ✓ Tekniske krav som bør stilles til slamtømmeentreprenøren
 - ✓ Hvilke opplysninger kommunen må gi i konkurransegrunnlaget for at leverandøren skal ha tilstrekkelig underlag til å levere inn tilbud

Nødvendige opplysninger og teknisk kravspesifikasjon

8.2.1	Beskrivelse av oppdraget	59
8.2.2	Tømmeperiode og tidspunkt for tømning	60
8.2.3	Valg av slamtømmeteknologi og utstyr	60
8.2.4	Tømmeintervall	61
8.2.5	Tømmeplan	62
8.2.6	Tømmeinstrukser	62
8.2.7	Utførelse av slamtømming	63
8.2.8	Kartinnmåling av anlegg	64
8.2.9	Tilbakeføring av rejektivann	64
8.2.10	Anlegg med begrenset fremkommelighet	65
8.2.11	Mottak av slam	65
8.2.12	Beredskap og ekstra tømminger	66
8.2.13	Varsling og kvittering om tømning	66
8.2.14	Bruk av digitale løsninger for datautveksling og rapportering	66
8.2.15	Rapportering fra slamtømmer og nytteverdi for kommunen	67
8.2.16	Krav til administrasjon og mottak av kundesøknader	68
8.2.17	Krav til slamtømmeutstyr	68
8.2.18	Miljøhensyn	68

Sjekkliste – oppfølging av kontrakt

- ☐ Eierskap og kontroll over slamdatabasen
- ☐ Oppfølging av avvikshåndtering og at alvorlige avvik lukkes
- ☐ Vurdere endring av tømmefrekvens der rapportering fra slamtømmer tilsier at anlegg er overfylte
- ☐ Overvåkning av kvalitet på oppdragsutførelse (stikkprøvekontroll)
- ☐ Vurdere å kreve kompensasjon ved avvik i kvalitet



Teknologi for et bedre samfunn