

Statens vegvesen Region vest

Søknad om utslipp til sjø av anleggsvann fra tunnel og riggområde, samt innlekkasje- og vaskevann fra tunnel i driftsfase

Rogfast Entreprise E04 Boknafjordtunnelen Nord



Oppdragsnr.: 5144240 Dokumentnr.: NO-150-YM Versjon: E04
2019-06-12

Oppdragsgiver: Statens vegvesen Region vest
Oppdragsgivers kontaktperson: Merete Landsgård, Mona Bue
Rådgiver: Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder: Bjørn Kleppestø
Fagansvarlig: Bente Breyholtz
Andre nøkkelpersoner: Ingunn Wist, Silje Nag Ulla

E04	2019-06-12	For godkjenning myndighet	BeBre/SiNUI	IW	BjKle
E03	2019-06-11	For godkjenning myndighet	BeBre/SiNUI	IW	BjKle
B02	2019-04-09	For kommentar SVV	BeBre/SiNUI	IW	BjKle
A01	2019-04-09	For fagkontroll	BeBre		
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Statens vegvesen søker om tillatelse til utslipp til sjø av vann fra midlertidig anleggsdrift og i driftsfase for Rogfast sin entreprise E04, Boknafjordtunnelen nord.

Entreprise E04 Boknafjordtunnel nord omfatter driving av Boknafjordtunnelen fra Bokn mot Randaberg til entreprisegrensen E04/E02 mellom Bokn og Kvitsøy. Tunnelmassene er planlagt delvis solgt til Karmsund Havn og til Føresvik for etablering av næringsområder. Resterende tunnelmasse er planlagt utfyllt i sjø ved Arsvågen via etablert sidetunnel. Utfyllingen blir omtalt i egen søknad iht. Forskrift om mudring og dumping i sjø. Totalt skal det inntil 1 000 000 m^3 tunnelmasse ut i utfyllingsområdet fra drivingen av Boknafjordtunnelen nord under Boknafjorden.

Etableringen av Boknafjordtunnelen nord vil medføre behov for håndtering av vann fra driving av og innlekkasje i tunnelen og vann fra anleggs-/og riggområder. Alt anleggsvann skal samles opp og renses i renseanlegg bestående av sedimenteringsbasseng med oljeavskiller før det slippes til sjø. Vannmengde og - kvalitet skal overvåkes og kontrolleres. Det er utarbeidet et overvåkningsprogram med foreslåtte utslippskrav. Det vil være opp til entreprenør å velge rensemetode, plassering og dimensjonering av renseanlegg i anleggsfasen, men gjeldende utslippskrav skal overholdes.

Hovedtunnel nord er planlagt drevet fra Arsvågen. Tunnelvann fra entreprise E04 skal dermed føres ut til sjø ved Arsvågen via sidetunnelen som ble etablert i entreprise E13 (omtalt i tidligere innsendte søknader) og slippes ut ved Solholmen.

Det kan ikke utelukkes at noe tunneldriving også kan skje fra påhugget på Laupland. Tunnelvann fra Laupland skal føres sammen med anleggsvann fra dagsonen i rør langs Arsvegen og ut til sjø ved Lauplandsholmene.

Når hele tunnelanlegget står ferdig og kommer i drift, planlegges det at permanent utslipp av innlekkasjevann og rensert vaskevann fra Boknafjordtunnelen skal pumpes i ledning langs Arsvegen til sjø ved Lauplandsholmene.

Det er modellert hvordan utslippene til sjø i drift- og anleggsfase vil innlagres og fortynnes i resipienten. Modelleringene og vurderingene er basert på at utslippene slippes ut i hvert sitt område og er eneste forurensningskilde på stedet.

Resultatene viser at utslipp sørøst for Lauplandsholmen på ca. -30 m dyp og sør for Solholmen og eksisterende molo ved Arsvågen på -15 m vanddyp, vil gi god innblanding i vannmassene innen kort avstand (10-15 m) fra utslippspunktene. Utslipp av ferskvann med (eller uten) partikler ved Arsvågen er beregnet til å kunne nå overflaten. Resterende utslipp vil innlagres fra 12 – 42 m dyp.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Innledning	6
1.2	Om utbygger	6
1.3	Varighet av anleggsperioden	8
1.4	Ytre miljø i prosjektet	8
1.5	Ordliste	8
2	Anleggsfase	9
2.1	Tunneldriving – innlekkasje- og produksjonsvann/tunnelvann	9
2.1.1	Vannmengder	9
2.1.2	Vannkvalitet	10
2.1.3	Vannhåndtering	11
2.2	Vann fra anlegg-/riggområdet	12
2.2.1	Vannmengder	12
2.2.2	Vannkvalitet	12
2.2.3	Vannhåndtering	13
3	Driftsfase	14
3.1	Vaskevann og innlekkasjevann fra tunnel	14
3.1.1	Vannmengder	14
3.1.2	Vannkvalitet	16
3.1.3	Vannhåndtering	17
3.2	Vegvann (dagsone)	17
4	Utslippspunkt	20
4.1	Resipienten	21
4.2	Brukerinteresser	22
5	Miljøriskovurdering av utslipp i anleggsfase	24
5.1	Modellering av utslipp	24
5.2	Mulige effekter	25
5.2.1	pH	25
5.2.2	Nitrogenforbindelser (NH ₄ ⁺ /NH ₃ og NO ₃ ⁻)	26
5.2.3	Suspendert stoff (SS)	27
5.2.4	Olje	28
5.2.5	Metaller	28
5.3	Konklusjon	28

6	Miljørisikovurdering av utslipp i driftsfase	30
7	Foreslåtte utslippskrav	32
7.1	Anleggsfase	32
7.2	Driftsfase	32
8	Overvåking og rapportering	33
8.1	Anleggsfase	33
8.2	Driftsfase	34
9	Beredskapsplan	35
10	Referanser	36
	Vedlegg	37
	Grafer fra modelleringen	44

1 Innledning

1.1 Innledning

Statens vegvesen Region vest (SVV) prosjekterer ny E39 i kommunene Randaberg, Kvitsøy og Bokn. E39 Rogfast inngår i fergefri forbindelse langs vestlandskysten og skal blant annet binde Nord- og Sør-Rogaland sammen. Hensikten med utbyggingen er å oppnå fergefri kryssing av Boknafjorden og å utvikle E 39 Kyststamvegen mellom Stavanger og Trondheim.

Rogfast (Rogaland fastlandsforbindelse) består av en 27 km toløps tunnel, Boknafjordtunnelen, fra Harestad i Randaberg kommune til Laupland i Bokn kommune, samt en ca. 4 km lang tunnelarm til Kvitsøy. Det skal være dagsoner på Kvitsøy, ved Laupland og på Harestad. Det er lagt opp til flere utfyllingsområder i sjø.

Entreprise E04 Boknafjordtunnel nord omfatter

- Driving av Boknafjordtunnelen nord mot Kvitsøy til entreprisegrensen E04/E02.
- Etablering av dagsone på
- Utfylling i sjø ved Arsvågen

Tunnelvann fra entreprise E04 skal hovedsakelig føres ut til sjø i utfyllingsområdet ved Arsvågen via sidetunnelen som ble etablert i entreprise E13. Tillatelse til utslipp av vann fra anleggssfase for etablering av sidetunnelen ved Arsvågen er omsøkt i egen utslippssøknad for Rogfast entreprise E13 (NO-067-YM Utslippssøknad anleggsvann Rogfast E13 tverrslag).

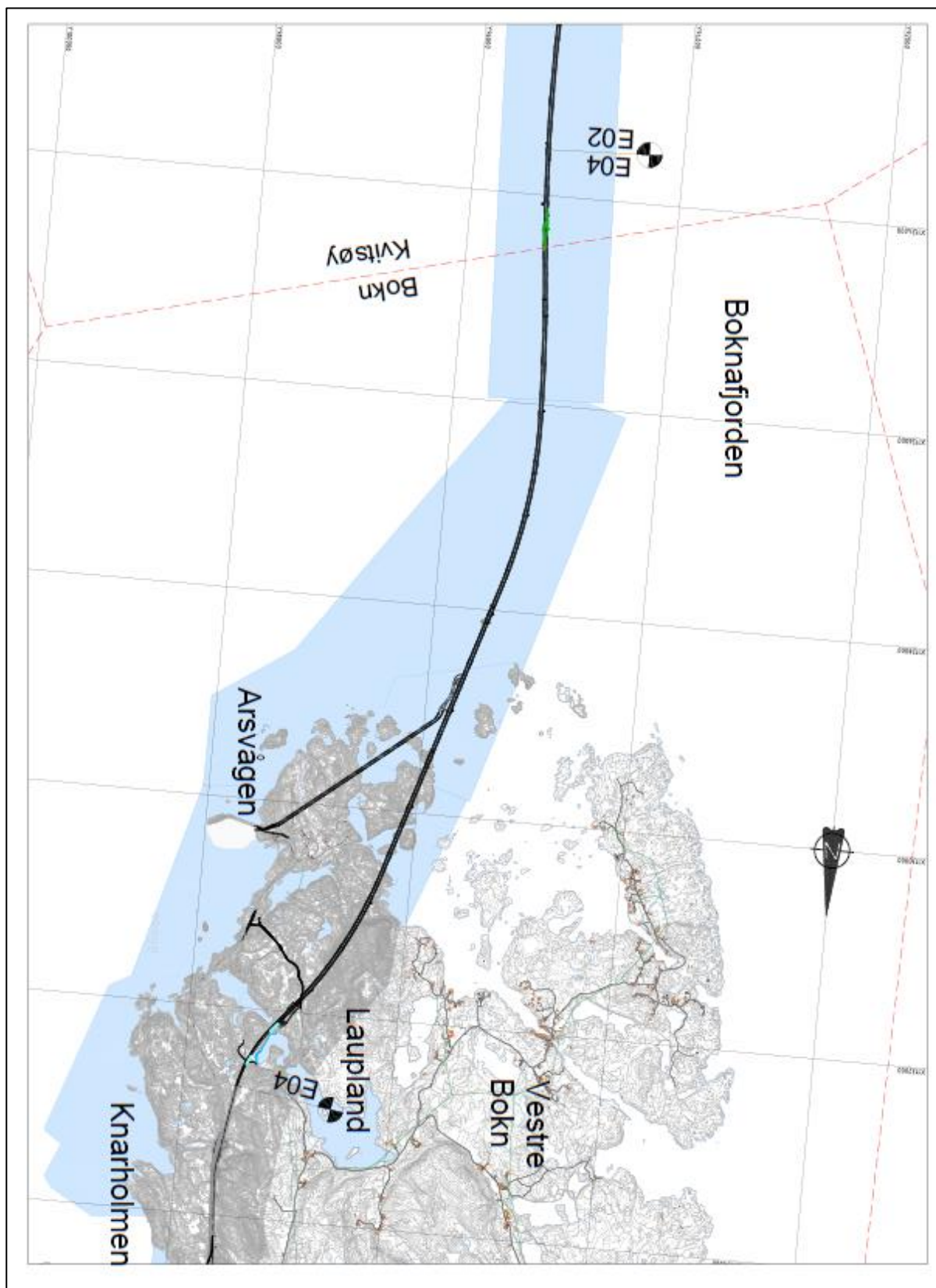
I henhold til kapittel 36 i Forurensningsforskriften, som stiller krav til behandling av tillatelser etter forurensningsloven, **søkes det om tillatelse til utslipp av rensset tunnelvann og annet anleggsvann til sjø fra etablering/driving av E39 Rogfast E04 Boknafjordtunnel Nord**. Foreslåtte utslippskrav er beskrevet i [kapittel 7](#). **Det søkes også om tillatelse til utslipp av innlekkasjevann og rensset vaskevann fra tunnel til sjø i driftsfase.**

Øvrige forhold som omhandler ytre miljø i prosjektet er ivarettatt i egen YM-plan og omtales ikke i denne søknaden.

1.2 Om utbygger

Utbygger er Statens vegvesen Region Vest. Kontaktinformasjonen til selskapet er vist nedenfor.

Organisasjon	Statens vegvesen Region vest
Organisasjonsnummer	971 032 081
Besøksadresse	Askedalen 4, 6863 Leikanger
Telefon	02030
Kontaktperson	Merete Landsgård og Mona Bue
E-post	firmapost-vest@vegvesen.no



Figur 1 Oversiktsplan Rogfast entreprise E04.

1.3 Varighet av anleggsperioden

Oppstart på entreprise E04 er planlagt til våren 2021, og entreprisens varighet er planlagt til ca. 6 år.

1.4 Ytre miljø i prosjektet

Det er utarbeidet en ytre miljø-plan (YM-plan) for hver entreprise i prosjektet som ivaretar andre forhold knyttet til ytre miljø. YM-planene er levende dokumenter som spisses mot de respektive entreprisene.

1.5 Ordliste

Produksjonsvann

Driftsvann på boremaskin til tunneldrivingen.

Påboret vann

Større, tilfeldige vanninntrenginger i tunnelen

Innlekkasjevann

Innlekking av vann fra omliggende berg når tunnelen drives

Tunnelvann

Anleggsvann fra etablering av tunnel. Samlebetegnelse for alt vann som genereres under driving av tunnelen i anleggsfase det vil si; produksjonsvann + påboret vann + innlekkasjevann.

Slurry

Fellesbetegnelse på sprengstoffer bestående av nitrater løst i vann tilsatt fortykningsmidler, oljer og eventuelt TNT.

Borkaks

Støvmateriale fra boring i fjell, materialet som avvirkes under en boreprosess.

Knusningssone og vannførende slepper

Svakhetssoner i fjellet der vann lett kan slippe gjennom. Områder med sprekke/gang i fjellet med løs masse. Dette er deler av fjellet der det ofte kan være fare for økt innlekkasje til tunnelen.

Salinitet

Mål for oppløst salt i en vannmengde uttrykt i promille. Saltinnholdet ferskvann er definert til mindre enn 0,5 ‰. Marint vann i havet er naturlig salt, med en salinitet på 30 - 35 ‰. Vann med salinitet i området mellom 0,5 og 29 ‰ defineres som brakkvann.

Tetthet

Vannets tetthet, eller egenvekt, bestemmes av vannets temperatur og salinitet. Ferskvann har lavere egenvekt/tetthet enn saltvann. Kaldt sjøvann har høyere egenvekt/tetthet enn varmt sjøvann med lik salinitet.

Innlagringsdyp

Dypet utslippsvannet lagres inn på i resipienten. Dette kan være grunnere eller dypere enn utslippspunktet alt etter forskjellen i tyngde/tetthet mellom utslippsvannet og resipienten.

2 Anleggsfase

2.1 Tunneldriving – innlekkasje- og produksjonsvann/tunnelvann

2.1.1 Vannmengder

Ved driving av tunnelen vil det bli dannet produksjons- og drensvann fra ulike kilder. Borerigg benytter vann til drift av riggen og det vil lekke inn vann fra omliggende bergarter til tunnelen etter hvert som den drives. Vannmengdene som må håndteres i forbindelse med tunneldrivingen avhenger først og fremst av:

- Innlekking av vann fra omliggende berg (innlekkasjevann) når tunnelen drives
- Avrenning fra anleggsområde/riggområde
- Driftsvann fra boremaskiner (produksjonsvann)

Mengde innlekkasje av vann til tunnelen vil avhenge av geologiske forhold i området. Omfang av knusingssoner og vannførende slepper kan være vanskelig å forutsi. For å sikre at innlekkasjene ikke blir for store, vil det bli gjennomført tettingsarbeid (injeksjon av sementbaserte tetningsmidler) under tunneldrivingen ved behov. Tettekravet er satt til 10 l/min per 100 m tunnel per løp.

For å drive tunnelarbeid må boreriggen tilføres driftsvann som kjøler utstyr og fjerner borkaks. Erfaringsmessig ligger vannmengden på en borerigg vanligvis på 200-350 l/min (NFF, 2009).

Entreprise E04 består av ca. 9,2 km toløps tunnel og hele tunnelen forventes å drives fra Arsvågen. Anslåtte mengder tunnelvann til resipient ved Arsvågen er angitt i tabell 1. Mengdene er omtrentlige basert på kulepunktene nedenfor, og vil kunne variere mye. Utslippet vil være midlertidig.

- ca. 24 km totalt bergrom skal sprenges
- Alt tunnelvann slippes ut ved Arsvågen
- To rigger i drift samtidig ved Arsvågen
- Innlekkasje på 10 l/min per 100 m tunnel per løp.
- 350 l/min driftsvann per borerigg

Tabell 1: Anslåtte vannmengder ved slutten av driving av Boknafjordtunnel nord fra tversslaget ved Arsvågen. Mengdene vil øke gradvis etter som tunnelen blir lengre.

Vannmengder tunneldriving	Utslippsmengde (avrundet)
Tunneldrift 2 rigger (maks 9 t/døgn)	7,6 l/s
Innlekkasje fra berg	40 l/s
Totalt, 2 rigger	48 l/s

Entreprenøren kan, mot formodning, også drive tunnelen fra påhugget ved Laupland. Anslåtte mengder tunnelvann til resipient ved Laupland er angitt i tabell 2. Mengdene er omtrentlige basert på kulepunktene nedenfor, og vil kunne variere mye. Utslippet vil være midlertidig.

- potensielt kan ca. 1,5 km toløps tunnel (totalt 3 km bergrom) sprenges fra Laupland
- tunnelvann slippes ut sør for Lauplandsholmene

- En rigg i drift ved Laupland
- Innlekkasje på 10 l/min per 100 m tunnel per løp.
- 350 l/min driftsvann per borerigg

Tabell 2: Anslåtte vannmengder ved driving av tunnel fra påhugget ved Laupland mot tverrslaget.

Vannmengder tunneldriving	Utslippsmengde (avrundet)
Tunneldrift 1 rigg (maks 9 t/døgn)	0,35 l/s
Innlekkasje fra berg	5 l/s
Totalt, 1 rigg	5,5 l/s

2.1.2 Vannkvalitet

Lekkasjevann fra berget er rent vann. Dette blandes imidlertid med produksjonsvann før utslipp. Mengde av lekkasjevann i tunnelvannet øker etter hvert som tunnelen drives, og kan være stor dersom man passerer svakhetssoner. Kvaliteten på tunnelvannet vil variere noe i anleggsperioden på grunn av varierende mengder av innlekkasjevann som fortynner produksjonsvannet.

I drivefasen av en tunnel anses følgende parametere å være mest sentrale når det gjelder utslipp av vann:

Tabell 3: Aktuelle forurensningsparametre i tunnelvann.

Parameter	Kilde
Nitrogen Tot-N (NH ₄ /NH ₃ og NO ₃)	Uomsatt sprengstoffsprengstoff
pH (høy)	Sementbaserte injeksjonsmasser og sprøytebetong
Tungmetaller	Tunnelstein/bergarter
Suspendert stoff (SS)	Tunnelmasser
Organiske forbindelser (THC/olje)	Uhellsutslipp/lekkasjer på maskiner (av drivstoff, hydraulikkolje, bremsevæske osv.)

Nitrogen

Forurensningen fra sprengningsarbeider er i stor grad knyttet til andelen uomsatt sprengstoff som blir igjen i massene etter detonerings. Her finnes nitrogenforbindelser som kan være uheldige for miljøet.

Andelen uomsatt sprengstoff avhenger av faktorer som lokale bergforhold, funksjonsfeil på tennere og søl med slurry under lading. Gode rutiner i anleggsfasen kan bidra til å redusere nitrogeninnholdet i vann som slippes ut fra tunneldrivingen.

Emulsjonssprengstoffene, som i hovedsak består av ammoniumnitrat, inneholder i overkant av 25 % nitrogenforbindelser. Uomsatt sprengstoff inneholder om lag like deler ammonium- og nitratforbindelser. Ammoniumnitrat er lett løselig i vann. Andel uomsatt sprengstoff varierer, men mengden ligger ofte mellom 10 og 15 %. Denne prosentandelen er målt ved sprengninger i normalt fjell og med erfaren operatør. Av uomsatt nitrogen etter sprengning vil ca. halvparten kunne vaskes ut av tunnelmassene og gå videre til resipienten. Erfaringer og teoretiske beregninger viser at 2-5 % av total-nitrogen i sprengstoffet følger tunnelvannet ut i resipient. Nitrogeninnholdet i tunnelvann kan dermed være svært høyt.

pH

Sementprodukter vil kunne føre til at avrenningsvannet får en høy pH-verdi, noe som gjør at større deler ammonium omdannes til ammoniakk. Det er ikke uvanlig at pH kommer opp i 10-12,5 rett etter bruk av sprøytebetong og injeksjonsmasse. Perioden man kan se forhøyet pH etter sprøyting med sprøytebetong vil gjenspeile hvor lenge sprøyting har pågått. Tid som brukes på sprøyting/injisering vil påvirke lengden på ev. forhøyet pH i utslippsvannet. Desto lenger inn i tunnelen drivingen er kommet, jo mer innlekkasjevann produseres og innblandes i tunnelvannet, som igjen vil påvirke pH i utslippsvannet. Lengden inn i tunnelen vil også påvirke tiden før vannet når utslippspunktet.

Suspendert stoff

Driving av tunnel vil kunne generere store mengder partikler og tunnelvannet vil i perioder ha høyt innhold av suspendert materiale i form av blant annet steinstøv fra boring og sprengning.

Steinstøv fra ulike bergarter kan ha ulike morfologi og medføre ulike påvirkning av resipienten/biologisk liv.

Olje

Erfaringsmessig kommer diesel- og oljesøl, samt eventuelle løsemidler fra anleggsmaskiner, hovedsakelig forårsaket av brudd på hydraulikkslanger på anleggsmaskiner inne i tunnelen. Forbrenningsmotorer slipper ut ulike miljøgifter som også kan spres videre via tunnelvannet. Entreprenør har plikt til å gjennomføre tiltak, f.eks. masseutskiftning ved uhell for å redusere olje- og kjemikalie søl i tunnel.

Tungmetaller

Berggrunnen i området vil kunne påvirke tungmetallinnholdet i vann fra drivefasen. Metallene er i stor grad partikkelbundet og i vann med høyt innhold av suspendert materiale vil konsentrasjonen av tungmetaller kunne være betydelig.

2.1.3 Vannhåndtering

Vann fra tunneldrivingen må renses før det slippes til sjø. Før tunneldriving starter, skal det etableres renseanlegg som skal benyttes for tunnelvann og vann fra rigg- og verkstedområder, påfyllingsplasser, avvanningsanlegg, vann fra vaskeplasser med underspylingsanlegg for transportutstyr, biler, maskiner og utstyr, avrenning fra områder for bearbeiding og lagring av masser og slam, etc.

Anleggene skal til enhver tid være dimensjonert for maksimal belastning fra tunnelene. Tradisjonelle renseanlegg består av oljeutskiller og sedimentasjonsanlegg (kontainerløsning eller liknende).

Erfaringsmessig har sedimenteringsbasseng god renseeffekt siden hoveddelen av de forurensede stoffene er knyttet til partiklene. Sedimentasjonsbassenget bør utformes slik at volumet kan økes, eller slik at det er mulig å gjøre tilpasninger, dersom det skulle bli vanskelig å oppnå krav stilt til partikulært utslipp.

Uavhengig av valgt løsning, skal anleggsvannet føres gjennom oljeutskiller og sedimentasjonsbasseng før utslipp i resipient.

Kontrollrutiner for drift av anlegget, samt måling av slamnivå og vannmengder skal innarbeides i entreprenørens kontrollplaner som fremlegges byggherre senest 6 uker før anleggsstart.

I henhold til kontraktskrav skal renseanlegg konstrueres etter følgende forutsetninger:

- Renseanleggene dimensjoneres med kapasitet for nedbør, drivevann, maksimal innlekkasje i tunnelen, samt for vann fra riggområdet med krav til rensing slik at vannet får minimum to timers oppholdstid i rensebassenget ved maksimalt påslipp.
- Anleggene sikres mot frost og bygges slik at slamtømming og vedlikehold kan utføres ved full drift.

- Målestasjoner og kummer for måleutstyr og prøvetaking utføres frostfritt og lett tilgjengelig mellom renseanlegg og utslippspunkt.
- Anleggene er i drift før tunneldrivingen starter og til nytt VA-anlegg blir satt i permanent drift.
- Måleutstyr som viser kritisk slamnivå før bassengene tømmes, skal monteres godt synlig i rensesassenget.

Drift av renseanlegg i anleggsperioden:

- Renseanlegget krever daglig drift og tilsyn.
- Renseanlegget skal være i drift så lenge rensing er påkrevet. Entreprenøren er ansvarlig for drift av renseanlegget i denne perioden. Entreprenøren er ansvarlig for oppsamling og avhending av alt slam fra rensesprosessen.
- Entreprenøren skal dokumentere daglige driftsrutiner før oppstart, herunder prøvetakingsregime og føre logg over alle tømminger av sedimentasjonsbasseng og slammengder levert til godkjent deponi.
- Entreprenøren skal løpende levere dokumentasjonen der det fremgår prøvetaking, samt entreprenørens avfallskaraktisering av levert slam. Metode for prøvetaking skal være iht. prosedyre og alt slam skal analyseres før det leveres til godkjent deponi. Lab-rapporter og veileder skal vedlegges.
- Dersom anlegget ikke tilfredsstillende renseskrav, er entreprenøren ansvarlig for eventuelle konsekvenser dette medfører (eks. pålegger stopp i drivingen, bot fra FM pga. brudd på tillatelsen).
- Drift, overvåking, prøvetaking og dokumentasjon skal utføres i samsvar med krav i utslippstillatelsen.

2.2 Vann fra anlegg-/riggområdet

2.2.1 Vannmengder

Riggområdet for tunneldrivingen genererer vann fra verkstedrigg/riggområder. Avløpsvann fra hvilebrakke etc. forutsettes ført til lukket tank ved riggen og omfattes ikke av denne søknaden.

Spylevann fra verksted/vaskeplass kan inneholde noe olje. Dimensjonerende vannmengde er satt til 1m³/t pr. punkt for inntil 2 spylepunkter. Dette vil være små vannmengder sammenlignet med vann fra selve tunneldrivingen. Spylevann etc. fra verkstedrigg skal via oljeutskiller til renseanlegg før utslipp til sjø.

Tabell 4: Anslått vannforbruk for verkstedrigg, kontorrigg og mannskapsrigg i anleggsfase (Norconsult, 2015a).

Anleggssted	Vannforbruk, m ³ /døgn	Kommentar
Verkstedrigg/riggområdet	10	Renset utslipp til sjø sammen med tunnelvannet Begge utslippspunkt
Kontorrigg	6	Forutsettes ført til tett tank eller kommunalt nett
Mannskapsrigg	40	Forutsettes ført til tett tank eller kommunalt nett

2.2.2 Vannkvalitet

I tillegg til vann fra selve tunneldrivingen genereres vann på riggområdet utenfor tunnelen ved nedbør eller kontakt med grunnvann. Anleggs-/riggområdet utenfor tunnel på Laupland er relativt stort, og det kan forventes at overflatevann vil kunne utgjøre en vesentlig del av det samlede utslippet. For å

begrense at rent overflatevann kommer inn på et forurenset anleggsområde, skal det før anleggsstart gjennomføres tiltak for å bortlede/avskjære rent overflatevann.

Vannkvalitet i anleggsvannet vil være avhengig av hvilke aktiviteter som foregår på området til enhver tid. Vannet inneholder mange av de samme forureningsstoffene som er beskrevet for tunnelvann, men vil ikke ha samme problematikk med nitrogen fra sprengstoff og høy pH.

Spylevann fra verksted/vaskeplass kan inneholde noe olje. Det er ikke ventet at det vil bli utslipp av store vannmengder fra riggområdet.

2.2.3 Vannhåndtering

Vann fra riggområdet, verkstedrigg, spylevann, etc. håndteres på samme måte som tunnelvannet. Spylevann etc. fra verkstedrigg skal via oljeutskiller og renseanlegg før utslipp til sjø ved Arsvågen eller Lauplandsholmene.

3 Driftsfase

3.1 Vaskevann og innlekkasjevann fra tunnel

3.1.1 Vannmengder

Tunnelvask er dimensjonert ut ifra et vannforbruk på 140 l/m tunnel og et vaskevannsavløp ut i sjø på 5 l/s (Norconsult, 2015a). Det er anslått at 75% av forbrukt vann kommer fram til renseanlegget og går til utslipp. Resten av vannet blir liggende bl.a. som fukt i tunnelen.

I løpet av et år gjennomføres det hel- og halvvasker, samt vask av teknisk anlegg. Hyppighet og fordeling på de ulike vaskene avgjøres ut ifra erfaring med de spesifikke tunneler. For Boknafjordtunnelen er det antatt 6 halvask per år.

Renset vaskevann skal føres ut til sjø på Randaberg, Kvitsøy og Bokn. Figur 2 viser hvilken retning vaskevannet føres ut fra tunnelen. Hvor stor andel av tunnelen vaskevannet føres til de ulike områdene er avhengig av hvor lavbrekkene i tunnelen ligger. Dette er ikke nødvendigvis sammenfallene med entreprisens lengde på tunnelen.

Tabell 4 viser antall km tunnelvask som rensebassengene og pumpekapasitet er dimensjonert for ved Mekjarvik, Kvitsøy og Laupland. Det er ikke tatt høyde for innlekkasje fra sjakter/tverrslag og ventilasjonstunneler.

Tabell 5: Oversikt over lengde tunnelvask rensebassengene og pumpekapasitet er beregnet for ved Mekjarvik, Kvitsøy og Laupland. Enhet: km.

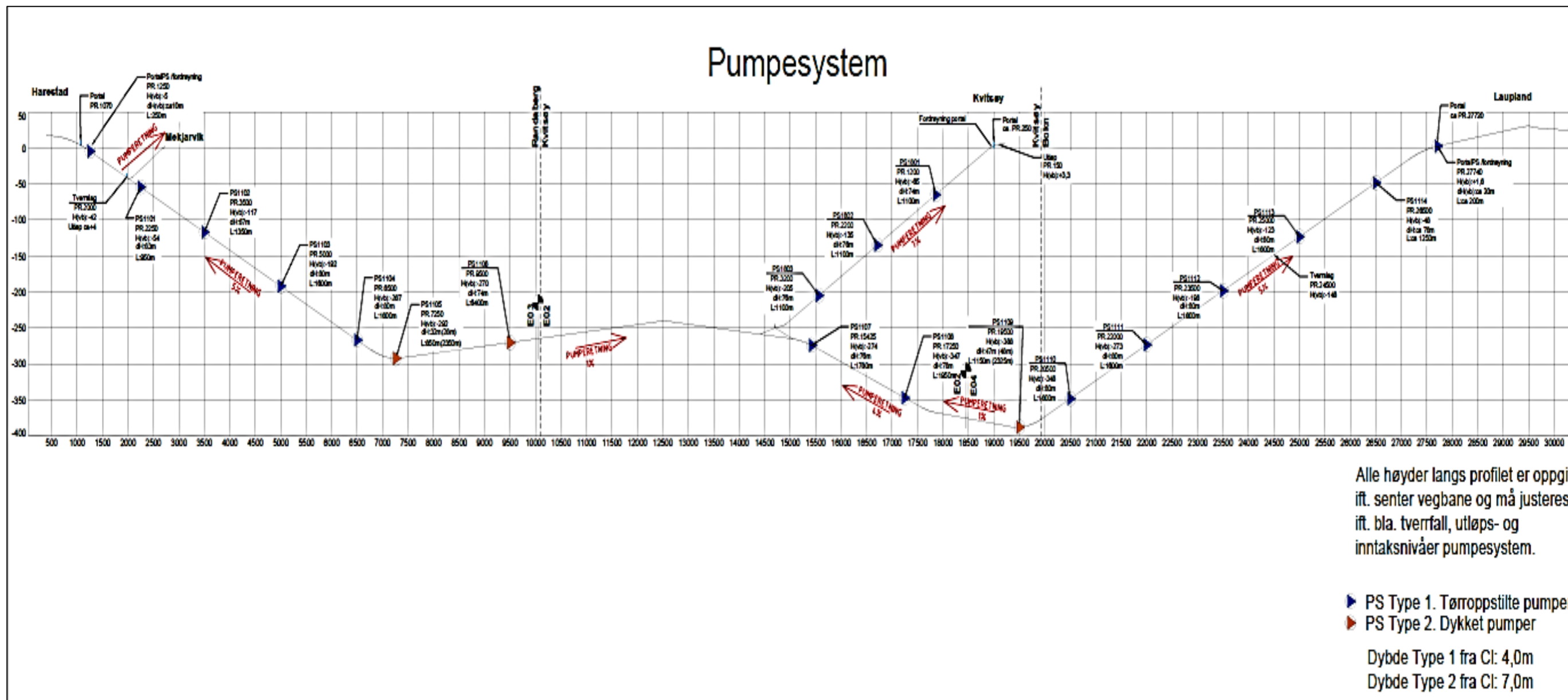
Rensebasseng og pumpekapasitet	Enhet	Boknafjordtunnelen sør (Mekjarvik)	Boknafjordtunnelen midt (Kvitsøy)	Kvitsøy-tunnelen	Boknafjordtunnelen nord (Laupland)
Ett løp	km	6,7	7,8	4	8,3
To løp	km	13,4	15,6		16,6

Total dimensjonert vannmengde (innlekkasjevann/drensvann fra tunnellop, alle tverrslag og ventilasjonshaller, samt vaskevann) som skal pumpes ut av hele Boknafjordtunnelen er estimert til 3 500 000 m³/år. Total andel vaskevann til avløp fra hele Boknafjordtunnelen er estimert til 37 000 m³/år.

Mengde rensed vaskevann fra Boknafjordtunnelen som slippes ut i sjø ved Lauplandsholmene (forutsatt 6 vask pr år med spesifikt avløp pr m tunnellop lik 105 l), estimeres da til ca. 13 200 m³/år. Dette vannet er innblandet i rent innlekkasjevann/drensvann før utslipp.

Pumpesystemene er redundante. Med ett utløp/en pumperetning ute av drift kan vannet pumpes i en annen retning. For kortere avvikssituasjoner/-perioder påvirker dette ikke utpumping av vaskevann da vask delvis kan tilpasses og vaskevannet kan lagres lenge i sedimenteringsbassengene. Mengder over året anses lite påvirket av avvikssituasjoner.

Pumpesystem



Figur 2: Oversikt over hvilken retning vaskevannet føres ut fra tunnelen og hvor lang andel av tunnelen vaskevann føres til de ulike områdene avhengig av hvor lavbrekkene i tunnelen ligger.

3.1.2 Vannkvalitet

I driftsfase må vaskevann fra tunnelen og innlekkasje til tunnelen håndteres. Vegtrafikk gir opphav til ulike forurensningsstoffer. Forurensningsstoffene fra tunnel i driftsfasen vil i hovedsak være knyttet til vask av tunnelen, da forurensningene fra vegtrafikken vil føres ut med vaskevannet.

Forurensninger fra veg i driftsfase vil kunne omfatte:

- Vegstøv fra slitasje på vegbanen
- Tungmetaller og organiske miljøgifter/PAH fra avgasser og slitasje på bildekk og asfaltdekke
- Uhellsutslipp/lekkasjer (av drivstoff, bremsevæske osv.)

Undersøkelser tyder på at organiske forbindelser brytes ned noe langsommere inne i tunneler sammenlignet med ute i sollyset. Forurensningsstoffene i vaskevannet vil tilsvare de i vegvann fra dagsoner, men konsentrasjonene vil kunne være vesentlig høyere siden forurensningsstoffene ikke vaskes ut jevnlig med nedbør. I tillegg vil støvpartikler forbli i tunnelen og ikke føres bort med vind som i dagsoner. Uttrekksvifter i tunnelen vil kunne redusere støvkonsentrasjonen og dermed utslipp av miljøskadelige stoffer til vann.

Svært små mengder av andre kjemikalier kan forekomme under drift og vedlikehold av tunnel, for eksempel ulike oljer og fettstoffer.

Bruk av såpe i tunnelvask kan ha akutt giftvirkning på levende organismer. Såpestoffene brytes imidlertid ned når vaskevannet står i sedimenteringsanlegget. Resultater fra nedbrytningsforsøk (laboratorieforsøk) med tunnelsåpe har vist at målt *giftighet* ble redusert med 90 % i løpet av 10 døgn og med 98 % i løpet av 23 døgn (Roseth og Amundsen, 2003). Risteforsøk gjennomført iht. Statens vegvesens rapport «Nedbryting av såper til tunnelvask», nr. UTB 2006/01, viser at enkelte såpestoffer kan binde seg til vegstøv og dermed fjernes ved hjelp av sedimentasjon av partiklene.

Turbiditet er et indirekte mål på mengde partikler. Store deler av forurensningene i vaskevannet er knyttet til partikler. Målinger utført i rensebasseng i Nøstvedt-tunnelen (Bioforsk, 2012) viser at turbiditeten i rensebassenget økte til 388 FTU etter vask av tunnelen. Ett døgn etter avsluttet vask lå turbiditeten på 115 FTU, og etter to uker lå den på 12 FTU, dvs. en «rensegrad» på hhv. ca. 70 og 97 %. Etter en ukes sedimentasjon var «rensegraden» på ca. 93 %. Dette viser at partikler hovedsakelig sedimenterer innen 7 dager i bassenget.

Såpe kan øke mobilisering av forurensning til løst fase og det bør etterstrebes å benytte lave såpedoser ved tunnelvask. Det finnes flere ulike såpeprodukter på markedet som er godkjent i henhold til produktforskriften. Dette innebærer at såpeproduktene kun skal inneholde miljøvennlige og fullstendig nedbrytbare såpestoffer. 60 % av de organiske forbindelsene i såpen skal brytes ned til CO₂ og vann innen 28 dager ved bruk av standard nedbrytningstester. Hvilke produkter som benyttes ved tunnelvask vil imidlertid variere avhengig av hvilken entreprenør som utfører vaskeprosessen.

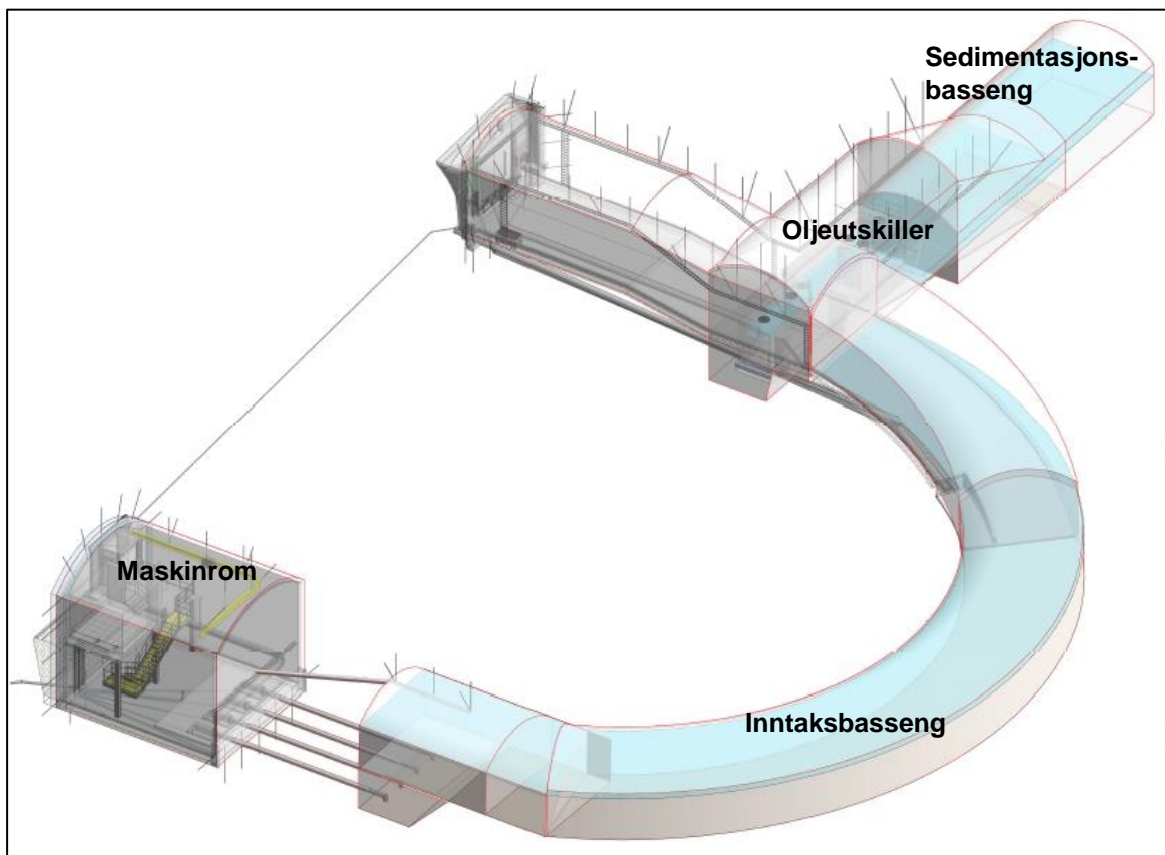
Vaskevann blandes med rent innlekkasjevann før utslipp til sjø. På årsbasis utgjør vaskevannet i størrelsesorden 0,1% av total utpumpet mengde. Ved tømning av sedimenteringsbassenget anslås det at vaskevann utgjør maksimalt 5-10 % av utpumpet mengde.

Tankbilvelt etc. i tunnel er svært sjelden, men vil kunne ha betydelige konsekvenser dersom det først skjer. Det skal etableres et system for oppsamling og rensing av vaskevann fra tunnel. Dette systemet benyttes til tilbakeholdelse ved uhellsutslipp. Olje eller kjemikalier hentes i sedimenteringsenheten med tankbil.

3.1.3 Vannhåndtering

Vaskevannet samles opp og renses i oljeutskiller og sedimenteringsbasseng (figur 3) før det blandes med innlekkasjevann fra tunnelen og ledes til sjø. Vaskevannet skal ha en oppholdstid i sedimenteringsbassenget på minimum 14 dager. Dette sikrer nedbryting av såpestoffer i vannet.

Sedimenteringsbassengene har volum som minimum ivaretar en vaskesyklus (i tillegg sikkerhetsvolum for uhell). Med 6-8 vask i året er teoretisk oppholdstid 1-2 måneder, som styres med kontrollert overføring til inntaksbassengene. Vaskevann fra de dypeste partiene i tunnelene vil etter at det overføres til inntaksbassenget også få oppholdstid i flere inntaksbasseng og pumpestrekninger før utslipp (trinnvis pumping der vann første inntaksbasseng pumpes videre til neste og neste inntaksbasseng før utslippspunkt, med full bassengstørrelse).



Figur 3 Oversiktstegning av type 1 renseanlegg for vaskevann – oljeutskiller og sedimentasjonsbasseng.

Renseanlegg for vaskevann driftes i henhold til Statens vegvesens rutiner. Slam skal fjernes regelmessig fra anlegget og håndteres som forurenset avfall.

3.2 Vegvann (dagsone)

På Vestre Bokn skal det anlegges ny veg i dagen i forlengelse av tunnelen. Vegen skal legges på bro over Lauplandsbekken mellom Lauplandsvågen og Vatnalandsvatnet. Nord for broa går veien gjennom en skjæring før den skal legges på en sprengsteinsfylling langs Vatnalandsvatnet. Videre nordover går veien igjen gjennom en ny skjæring.

Forventet ÅDT på vegen ved oppstart er ca. 6000, mens forventet ÅDT i år 2044 er 13 000. Ca. 640 m av vegen i dagsonen vil i driftsfasen ha avrenning mot nedre del av Vatnalandsvatnet, heretter referert til som Nedre Vatnalandsvatn, og ca. 160 m mot Lauplandsvågen.

Norconsult AS har utført en miljørisikovurdering av avrenning fra veg i dagsonen, vegvann, i driftsfase til Nedre Vatnalandsvatnet og Lauplandsvågen (NO-103-YM). Formålet var å vurdere:

- hvordan vegvannet kan påvirke vannforekomstene
- om utslippet vil være i strid med målsetninger i Vannforskriften og Naturmangfoldloven
- behov for rensing av vegvannet

I rapporten er det estimert konsentrasjoner i resipientene på bakgrunn av metode for å beregne forurensningsproduksjon gitt i Statens Vegvesen sin rapport nr. 295 *Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegutbygging*. På bakgrunn av dette er det beregnet konsentrasjoner i vegavrenning og resipienter ved en gjennomsnittlig årlig avrenning og ved et worst case-scenario der det har vært en lengre tørrværsperiode før et kraftig regnskyll, slik at akkumulert forurensning i vegbanen skylles ut i løpet av kort tid (first-flush).

Vannforekomstenes sårbarhet er vurdert ut ifra Statens Vegvesen sin rapport nr. 597 *Vannforekomsters sårbarhet for avrenning fra veg under anleggs- og driftsfasen*.

Nedre Vatnalandsvatn

Sårbarhetsvurderingen viser at Nedre Vatnalandsvatnet klassifiseres som å ha middels sårbarhet mht. Vannforskriften og lav sårbarhet mht. Naturmangfoldloven.

Beregninger av gjennomsnittlig avrenning og avrenning ved first-flush episoder viser at det ikke er risiko for overskridelser av grenseverdier for kroniske (AA-EQS) og akutte (MAC-EQS) effekter som følge av utslippet. Vegavrenningen er derfor ikke i strid med forutsetninger i Vannforskriften.

Det kan være risiko for saltsjiktning i innsjøer nær vei. Dette kan medføre mindre sirkulasjonsdyp og dårligere bunnforhold mht. oksygen og ha negativ påvirkning på bunnlevende organismer. På grunn av mildt klima vil saltingsbehovet være lavt, slik at det kan antas at salttilførsel fra veg ikke vil utgjøre en risiko.

Det anses ikke som behov for rensing av vannet som tilføres Nedre Vatnalandsvatn. Dette forutsetter at vegvannet slippes på terreng og ikke med rør direkte ut i Nedre Vatnalandsvatn. Tiltaket er innarbeidet i gjeldende prosjektering.

Lauplandsvågen

Sårbarhetsvurderingen viser at Lauplandsvågen klassifiseres til å ha lav - middels sårbarhet mht. Vannforskriften og lav sårbarhet mht. Naturmangfoldloven.

Beregninger av gjennomsnittlig avrenning viser at det ikke er risiko for overskridelser av grenseverdier for kroniske (AA-EQS) effekter som følge av utslippet. Beregningene forutsetter at overvann som samles opp på vestsiden av vegen (7 500 m²) ledes i rør under vegen og mot Lauplandsvågen og ikke til innløpet av Lauplandsbekken slik det tidligere var planlagt. Tiltaket er innarbeidet i gjeldende prosjektering.

Beregninger av konsentrasjoner i avrenningen til Lauplandsvågen viser at det ved first-flush episoder kan oppstå lokale overskridelser av grenseverdier for akutte (MAC-EQS) effekter mht. kobber og sink. Det er også risiko for avsetning av forurensede sedimenter fra vegvannet i strandsonen ved utløpet. Overskridelsene av MAC-EQS-verdier i vann vil være knyttet til et begrenset område innerst i Lauplandsvågen. Vanntilførsel fra Lauplandsbekken og en annen bekk innerst i Lauplandsvågen vil ellers medføre stor fortykning bare 20-30 m fra utslippspunktet av vegvannet. Fisk og ålegress i vågen antas derfor ikke å bli påvirket av utslippet.

Totalt sett anses det ikke å kunne oppstå vesentlige ulemper på grunn av konsentrasjoner av tungmetaller i avrenning ved first-flush episoder.

Det anses derfor heller ikke å være nødvendig med rensing av overvann som slippes til Lauplandsvågen. Dette forutsetter at vegvannet slippes til terreng og ikke med rør direkte ut i Lauplandsvågen.

Utslippspunktet for avrenningen fra vegarealet sør for broen er planlagt innenfor regulert vegareal i skråningsutslaget på vegen. Dette området har naturlig avrenning til et mindre bekkeløp med utløp i Lauplandsvågen. Bekkeløpet går gjennom en båndleggingssone mht. kulturminne id #180673. Det forventes at vannføringen i bekkeløpet vil dobles, men ikke medføre erodering av massene rundt kulturminnet slik at ev. funn kan skades. Med hensyn til landskapsbildet og naturmiljø anses det som fordelaktig om terrenginngrepene begrenses ved at eksisterende bekkeløp benyttes til overvannshåndtering fremfor å grave et nytt utløp. Kulturmyndighetene ved Rogaland Fylkeskommune har ikke kommet med negative innvendinger mot løsningen.

4 Utslippspunkt

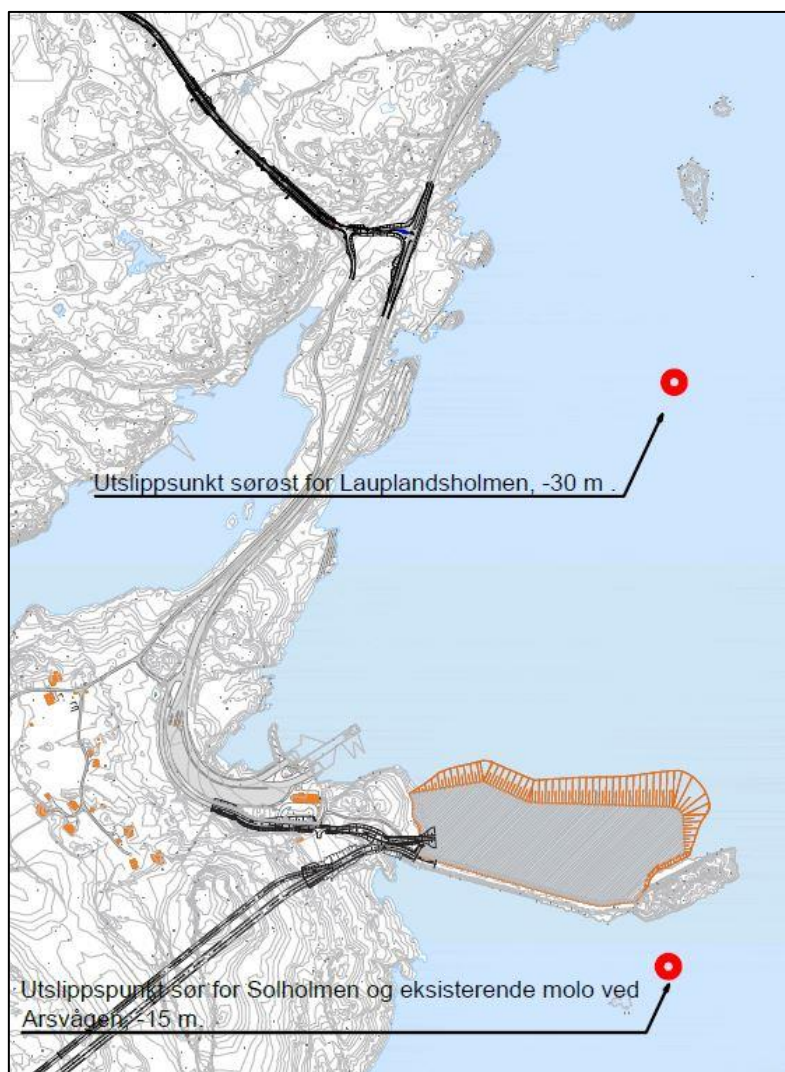
For entreprise E04 vil det være etablert to utslippspunkt for vann til sjø. Røret er lagt gjennom E39 i E13, røret ut i sjø ved Lauplandsholmene legges i E04. De ulike vannmassene skal slippes ut slik at man får best mulig innblanding i vannmassene i sjøen og ikke føre partikler til oppdrettsanlegget. Figur 2 viser plassering av utslippspunktene, samt utfyllingen av tunnelmasser ved Arsvågen. Se for øvrig vedlegg for tegninger.

Utslippspunkt sørøst for Lauplandsholmen, ca. -30 m vanddyb

- rensset anleggsvann for rigg-/verkstedsområde, etc. for anleggsfase/etablering av Boknafjordtunnelen nord og dagsone på Laupland
- mulig rensset anleggsvann fra driving av tunnel fra påhugget på Laupland (forventes ikke)
- rensset vaskevann fra driftsfase av Boknafjordtunnelen nord

Utslippspunkt sør for Solholmen og eksisterende molo ved Arsvågen, -15 m vanddyb

- rensset tunnelvann fra driving av Boknafjordtunnelen nord
- rensset anleggsvann for rigg-/verkstedsområde ved Arsvågen



Figur 4. Utsnitt viser områdene for utslipp av rensset vann i anleggsfase og driftsfase, samt utfyllingsområdet for tunnelstein i sjø.

4.1 Resipienten

Generelt

Utslippspunktene er en del av resipient Boknafjorden (vann-nett.no). Vannforekomsten er betegnet som moderat eksponert kyst, som er utsatt for bølgeeksponering. Vannforekomsten har god vannutskifting. Basert på biologiske kvalitetselementer (bløtbunnsfauna) er den økologiske tilstanden i vannforekomsten antatt å være svært god (vann-nett.no). Det drives oppdrett av fisk i nærheten av planområdet.

Vannforekomsten Boknafjorden er påvirket av utslipp fra avløpsanlegg, avrenning fra land og utslipp fra fiskeoppdrett, men påvirkningen er antatt å være liten (vann-nett.no). Det er først og fremst påvirkning fra stor skipstrafikk som anses å kunne endre tilstanden i vannforekomsten.

Området nord for moloen i Arsvågen, mot fergeleiet, planlegges utfyllt med overskuddsmasser. Utfyllingsområdet vil i hovedsak være i sjø.

Sediment

Norconsult gjennomførte undersøkelser av forurensningstilstand i sedimentene i tiltaksområdet ved Arsvågen i 2015. Undersøkelsen dekker reguleringsområdet ved Arsvågen. Utslippspunktet ved Lauplandsholmene var ikke en del av prosjektet da sedimentundersøkelsen ble utført, og er derfor ikke dekket av undersøkelsen. Ut ifra naturbases registreringer (figur 3) kan sedimentene antas å bestå av skjellsand som i utgangspunktet har tilsvarende tilstand som ves Arsvågen. Nærheten til oppdrettsanlegget kan ha påvirket forurensningstilstanden.

Massene besto i stor grad av sand og skjellsand. Det ble påvist en prøve med konsentrasjoner av enkeltforbindelser av PAH i tilstandsklasse III. Gjennomsnittskonsentrasjonen av disse forbindelsene i alle prøvene fra området var under grenseverdien for Trinn 1 og ingen av stoffene ble målt i konsentrasjoner over grensen mellom tilstandsklasse III og IV.

Området kan friskmeldes mht. forurensning etter kriteriene i risikoveiledningen. Tiltak i sedimentet vil derfor ikke kreve en miljørettet risikovurdering og eventuelt en påfølgende tiltaksplan for utfylling på forurenset sediment.

Informasjon om forurensede sedimenter er vist i egen rapport (NO-015-YM, Miljøundersøkelse sediment – Kvitsøy og Arsvågen Norconsult, 2015).

Naturverdier

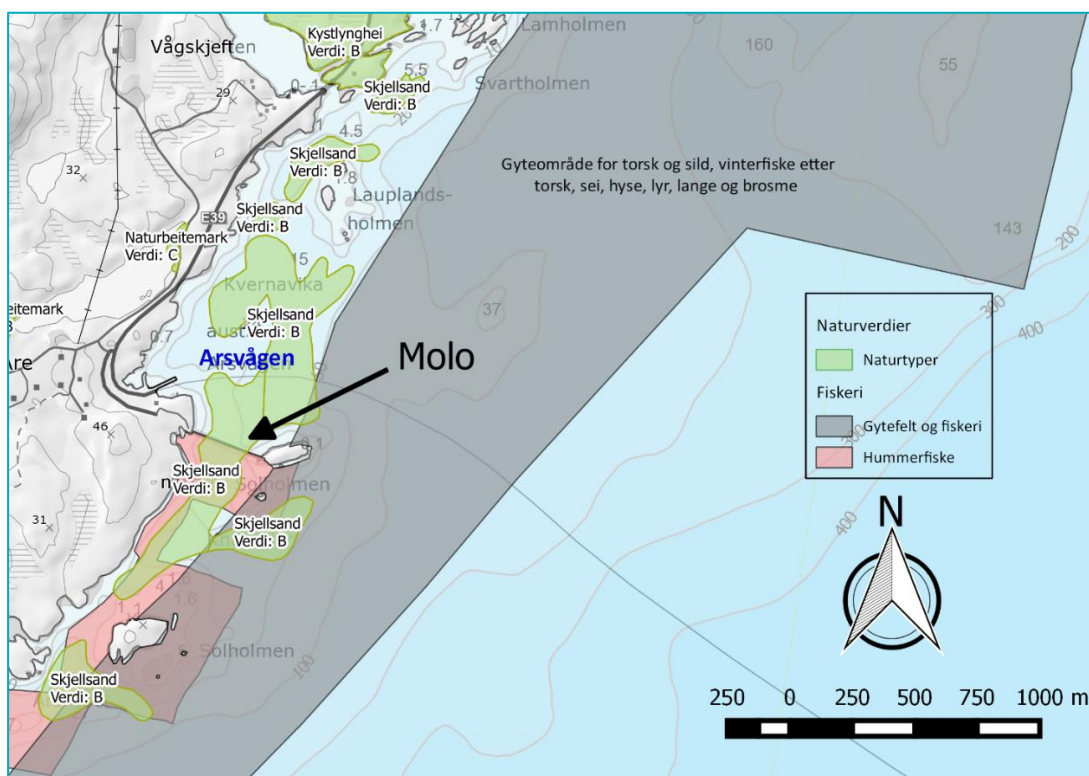
Norconsult har gjennomførte feltundersøkelser av marint naturmiljø i områder som vil bli berørt av planlagte tiltak (NO-032-YM Marint naturmiljø E39 Rogfast - Utfylling Arsvågen D05). Feltundersøkelsene hadde som overordnet mål å skaffe til veie en generell oversikt over marint naturmiljø.

Boknafjorden er registrert som gytefelt for torsk og sild. Naturområdet rundt Arsvågen utgjøres av artsrike biotoper som tareskog og skjellsandområder, og er vurdert å være av middels verdi for biologisk mangfold.

I utgangspunktet ble det vurderet som lite sannsynlig at fisken i oppdrettsanlegget eller ved låssettingsplassen ved Lauplandsholmen vil påvirkes av utslippet ved Arsvågen i anleggsfasen. I anleggsfase vil oppdrettsanlegget bli flyttet lengre nord i Boknafjorden og vil dermed heller ikke påvirkes av utslippet ved Lauplandsholmene i anleggsfase. Tiltaket vil heller ikke påvirke gytefelt eller fiskefelt.

For utslipp av vaskevann i driftsfase ved Lauplandsholmene, vil ev. påvirkning av fisken i oppdrettsanlegget avhenge av hvor nær fisken i oppdrettsanlegget etablerer seg. Dette vil bli kommentert i senere kapitler.

Område med skjellsand, hummerfiske og gytefelt er vist i figur 3.



Figur 3 Oversikt over marint naturmiljø registrert i Naturbase og Fiskeridirektoratets karttjeneste (Norconsult, 2015b)

4.2 Brukerinteresser

Rekreasjon og fiskeri

I området rundt Vestre Bokn drives det ifølge Fiskeridirektoratets karttjeneste (Yggdrasil.no) fiske etter torsk, sei, hyse, lyr, lange og brosme på vinteren.

I bukta Djupvika, mellom land og Lauplandsholmene, er det registrert en låssettingsplass¹ for sild og makrell (Idnr. 1145020011).

Området rett sør for moloen på Arsvågen oppgis som fiskeplass (Idnr. 1145030008) for hummer i perioden fra oktober til november. (Planbeskrivelse, Områderegulering for Arsvågen næringsområde 04.06.2015)

Deler av området nær sjø er regulert til friområde.

Næringsvirksomhet

I Arsvågen ligger fergeleiet med fergeforbindelse inn til Mortavika i Rennesøy. Denne fergeforbindelsen skal opprettholdes inntil ny E39 er åpnet. Da vil fergevirksomheten nedlegges.

¹ En låssettingsplass er et arealavgrenset område nær strandlinjen hvor fisk oppbevares i not/notinnhengning til den er klar for levering. En låssettingsplass er definert som en plass nær strandlinjen hvor topografiske og hydrografiske forhold er slik at et notsteng kan låssettes der, dvs fisken kan oppbevares i noten/ innhengningen til den er klar for omsetning. En låssettingsplass karakteriseres av at den er godt skjermet for vær og vind, ikke har for mye strøm og har tilstrekkelig dybde, oksygen og saltholdighet. Kilde: GeoNorge

Naboer

Gnr. 16 bnr. 9, som omfatter ferjeleiet, eies av Statens vegvesen.

Gnr. 16 bnr. 2, som dekker store arealer rundt ferjeleiet og langs sjøen, er i privat eie. Deler av denne eiendommen er kjøpt opp av Statens vegvesen.

Gnr. 16 bnr. 4, som bl.a. dekker området langs E39 fra ferjeleiet og til litt forbi krysset E39/Arsvegen. Omfatter området der utslippsledningen skal gå ut i sjø retning Lauplandsholmene.

5 Miljørisikovurdering av utslipp i anleggsfase

Sjøresipienter er generelt sett mer robuste og har bedre bufferkapasitet enn ferskvannsresipienter. Derfor er det ikke behov for å sette like strenge krav til kvaliteten på utslippsvannet sammenlignet med utslipp til ferskvannsresipienter.

Tunnelvann har lavere tetthet enn sjøvann fordi tilført produksjonsvann består av ferskvann. Når tunnelvann slippes ut i sjø vil det stige mot overflaten samtidig som det fortynnes med sjøvann. Utslippsvannet vil på et gitt dyp kunne oppnå samme egenvekt som sjøvannet. Utslippsvannet vil da vanligvis stige noe forbi dette dypet for så å synke noe og innlagres i vannmassene. En god innlagring av utslippsvannet vil kunne begrense uønsket transport av partikler og synlig blakking av overflatevannet.

5.1 Modellering av utslipp

Beregning av fortytning og innlagring av de fremtidige utslippene er utført med fortytningsmodellen Visual Plumes (U.S.EPA). Visual Plumes kan benytte fem ulike modeller i sine beregninger. I denne undersøkelsen er modellen UM3 benyttet. Beregningene er vist i vedlegg 1.

Modellen beregner hvordan et utslipp vil fordele seg i en resipient ut fra tetthet, strømhastighet og retning til utslippet og forhold i resipienten. Dersom det er stor forskjell i tetthet for utslippet og vannet i resipienten vil utslippet lettere stige mot overflaten eller synke mot bunnen. Sjiktninger i vannsøylen vil kunne føre til at utslippet innlagres i vannmassene en viss avstand fra overflaten.

Generelt vil lav strømhastighet i resipienten føre til at utslippsvannet stiger/synker raskere enn ved høyere strømhastigheter. Det vil si at utslippsvann som stiger mot overflaten ved lav strømhastighet i resipienten, kan innlagres i vannsøylen når strømhastigheten i resipienten øker.

Modellen tar ikke hensyn til partikler i utslippsvannet, men vi har valgt å behandle partikler som om de er i suspensjon. Det er lagt inn tre ulike saliniteter på utslippet (varierende tetthet). De tre verdiene representerer tre ulike kombinasjoner av salinitet og partikkelinnhold i utslippsvannet;

- ferskvann med mye partikler (20)
- saltvann med lite partikler /brakkvann med partikler (35)
- saltvann med mye partikler (55)

I modelleringene av utslipp av anleggsvann er det benyttet dimensjonerende vannmengde for maksimal utslippsmengde og en estimert gjennomsnittlig vannmengde som lav utslippsmengde. I modellering av utslipp av driftsvann er det kun benyttet dimensjonerende vannmengde.

Modelleringen har tatt utgangspunkt i en periode hvor det normalt er størst sjiktning i vannmassene (mai). Sent på høsten til tidlig vår vil sjiktingen være mindre enn det som er lagt til grunn i modellen, da vil utslipp av ferskvann ha større potensial for å stige til overflaten.

Resultater

Modelleringene viser generelt at utslipp hovedsakelig bestående av ferskvann vil stige mot overflaten. Utslipp hovedsakelig bestående av saltvann vil synke litt før det fortsetter på et dyp der tettheten tilsvarer tetthet i resipienten. Saltvannsutslipp med mye partikler vil synke mer enn et utslipp med lite partikler.

Horisontal transport av utslippet vil variere med strømrretning som er langs kystlinjen ut eller inn fjorden. Transportretning vil kunne variere gjennom døgnet og i perioder med ulik påvirkning fra vind.

Modellerte innlagringsdyp og fortytning på bakgrunn av ulike utslippsbetingelser er vist i tabell 6.

Tabell 6: Oppsummering fra modellering av utslipp sørøst for Lauplandsholmen (Lauplandsholmen) i drifts- og anleggsfase og utslipp sør for Solholmen og eksisterende molo ved Arsvågen (Arsvågen) i anleggsfase ved ulike utslippsbetingelser som gitt i vedlegg.

Utslippspunkt	Fase	Utslippetsbetingelser	Innlagringsdyp (m under overflate)	Gjennomsnittlig umiddelbar fortytning (antall ganger)	Gjennomsnittlig fortytning etter 100 m (antall ganger)
Arsvågen	Anlegg	Ferskvann med partikler	0,5-15	90-130	110-155
Arsvågen	Anlegg	Saltvann med partikler	18-40	170-210	200-250
Lauplandsholmen	Anlegg	Ferskvann med partikler	20-28	260-330	340-450
Lauplandsholmen	Drift	Ferskvann med partikler	12-26	80	100
Lauplandsholmen	Drift	Brakkvann med partikler	28-42	90	105

I hovedtrekk viser modelleringen følgende:

- Avstanden fra utslippspunktet til utslippet har blitt innlagret inntre innen 15 m fra utslippspunktet ved samtlige utslippsbetingelser. Det er i denne prosessen det oppnås rask umiddelbar fortytning
- Umiddelbar fortytning som følge av innlagring vil være 80-330 ganger for modellerte utslippsscenarioer
- 100 m fra utslippspunktet vil gjennomsnittlig fortytningsgrad av utslippet være 100 – 450 ganger for modellerte utslippsscenario.
- Fortyningen av utslippene er generelt størst ved lav utslippsmengde og mindre for høy utslippsmengde.
- Det er kun utslipp av ferskvann med (eller uten) partikler ved Arsvågen som vil kunne nå overflaten. Resterende utslippsscenario vil innlagres fra 12 – 42 m dyp.

5.2 Mulige effekter

5.2.1 pH

Høye og store variasjoner i pH vil i seg selv kunne påvirke plante- og dyreliv på en negativ måte. Ålegress har en kritisk øvre grense for pH på 10-10,5, hvor fotosyntesen blir påvirket (Norconsult, 2012). Tabell 5 nedenfor viser en oversikt over mulige effekter på fisk (Alabaster og Lloyd, 1982).

Sjøvann har god bufferkapasitet sammenlignet med elver og innsjøer. Utslippsvannet skal slippes ut slik at det har god innblanding i sjøresipienten. Det er forventet at utslippet kun vil ha påvirkning på pH i en radius på ca. 10 m fra utslippspunktet. Denne påvirkningen vil være liten sammenlignet med påvirkninger fra utfyllingsarbeidene.

Tabell 5: Effekter av variasjoner i pH på fisk.

pH	Effekt på fisk
5-9	Normalt ingen skadelige effekter.
9,0-9,5	Sannsynligvis skadelig for laksefisk og abbor over lengre tids eksponering.
9,5-10,0	Dødelig for laksefisk over lengre tids eksponering. Fisken er motstandsdyktig overfor slike pH-verdier i korte periode. Kan være skadelig ovenfor enkelte fiskearters utviklingsstadier.
10,0-10,5	Laksefisk og mort kan være motstandsdyktige mot slike pH-verdier i korte perioder, men fisken dør ved lengre tids eksponering.
10,5-11,0	Laksefisk dør i løpet av kort tid. Forlenget eksponering gjør at også karpe, gjedde, gullfisk og suter dør.
11,0-11,5	Alle fiskearter dør i løpet av kort tid.

5.2.2 Nitrogenforbindelser (NH₄⁺/NH₃ og NO₃⁻)

Vann fra områder med sprengningsarbeider vil erfaringsmessig inneholde nitrogen fra sprengstoff. Uomsatt sprengstoff inneholder ca. 50 % av nitrogen som ammoniumforbindelser og 50 % som nitratforbindelser. Toksisiteten av NH_x (NH₃/NH₄⁺) vil være avhengig av pH-verdien i vannet. Ved normal pH i sjø (ca. 8-8,5) vil det meste av NH_x foreligge som ammonium, NH₄⁺. Ved høyere pH-verdier derimot, vil en større andel av NH_x foreligge som ammoniakk, som er akutt giftig. Ved anvendelse av sprøytebetong i tunneldrift kan avrenningen bli svært basisk og føre til dannelse av ammoniakk (Hindlar og Roseth, 2003).

Nitratforbindelser kan føre til overgjødning av vannmassene. Dette kan gi økt algevekst og forstyrre likevekten mellom ulike organismer i vannet. I marine miljøer er nitrogen ofte vekstbegrensende og tilførsel av nitrat kan føre til eutrofiering (Bækken, 1998). Tabell 6 viser tilstandsklasser for nitrogen i overflatelag i kystvann.

Tabell 6: Tilstandsklasser for nitrogen i overflatelaget i kystvann fra veileder 02:2013 (Direktoratsgruppen, 2013)

Vanntype	Parameter	Årstid	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Kystvann saltholdighet over 18	Nitrat (NO ₃ ⁻) (µg N/l)	sommer (juni-august)	<12	12-23	23-65	65-250	>250
		vinter (desember-februar)	<97	97-125	125-225	225-350	>350
	Total nitrogen (µg N/l)	sommer (juni-august)	<250	250-330	330-500	500-800	>800
		vinter (desember-februar)	<291	291-380	380-560	560-800	>800

Det må påregnes at anleggsvannet i perioder kan ha et forhøyet innhold av nitrogen. Utslipet vil være tidsbegrenset. Da eutrofiering ikke oppstår umiddelbart, kan en forhøyet konsentrasjon nær utslippet aksepteres. Det må påregnes at anleggsvannet i perioder kan ha et forhøyet innhold av nitrogen.

Utslipet vil være tidsbegrenset. Da eutrofiering ikke oppstår umiddelbart, kan en forhøyet konsentrasjon nær utslippet aksepteres. Rensing av nitrogen er en utfordring og det er ikke vanlig å rense anleggsvann med hensyn på nitrogen, heller ikke fra tunnelanlegg. Et vanlig tunnelrenseanlegg vil ha begrenset effekt på nitrogen.

Ved pH 8,2 og temperatur 20 °C vil ca. 3,6 % av ammoniumnitrogen foreligge som ammoniakk. Det er vanskelig å forutsi konsentrasjonen av nitrogenforbindelser i utslippsvannet ettersom erfaringstall varierer i stor grad. Det forventes økninger av nitrogenforbindelser som kan gi noe økt algeblomstring i sommerhalvåret. Rett ved selve utslippet kan det forventes toksiske konsentrasjoner av ammoniakk for fisk. Et utslippsdyp på -25 og -15 meter vil raskt gi en god innblanding av utslippsvannet i resipienten og en tilsvarende rask reduksjon i konsentrasjonen av nitrogenforbindelser.

5.2.3 Suspendert stoff (SS)

Utslipp av tunnelvann med høyt innhold av suspendert stoff vil generelt kunne gi visuell forurensning med synlig blakking i og nedslamming av en resipient.

Partikler fra sprengningsarbeider av ulike bergarter kan ha ulik form og kan dermed ha ulikt skadepotensial for organismer. Partikler fra sprengning av bløte bergarter er ofte veldig små og skarpe, og dermed mer skadelig for fisk enn partikler fra hardere bergarter. Skarpe partikler fra sprengsteinstøv kan gi mekaniske skader på blant annet fiskegjeller.

Ved høye konsentrasjoner av partikler i vannmassene vil voksen fisk sannsynligvis prøve å unngå utslippsområdet, og komme seg raskt unna påvirkningen. I Miljødirektoratets behandling av sjødeponi i Repparfjorden i 2016 (Miljødirektoratet, 2016) ble det vist til vitenskapelige publikasjoner der et partikkelinnhold på 2-5 mg/l ble vist å kunne gi negativ påvirkning på fisk, egg og larver i gyteområder.

Tabell 6 nedenfor er hentet fra rapport fra Norsk forening for fjellsprengningsteknikk (NFF, 2009) og viser effekter av forhøyede konsentrasjoner av naturlig eroderte partikler på fisk gitt av den europeiske innlandsfiskekommisjonen EIFAC.

Det anbefales at konsentrasjonsøkningen av partikler i resipienten holdes under 80 mg/l for å unngå et redusert fiske i Boknafjorden utenfor Laupland, og for å beskytte sårbare marine fiskearter.

For entreprise E04 antas kravet til suspendert stoff i rensset tunnelvann å ligge på 400 mg/l. En slik konsentrasjon av suspendert stoff vil føre til en konsentrasjon på ca. 4 mg/l i resipienten ved en fortykning på 100 ved 10 meter etter utslippspunkt. Dette er under grenseverdi for effekter på sårbare marine fiskearter.

Tabell 7: Effekter av partikler fra naturlig erodert materiale på fisk (retningslinjer fra den europeiske innlandsfiskekommisjonen EIFAC, hentet fra NFF (2009))

Suspendert stoff (mg/l)	Effekt
< 25 mg/l	Ingen skadelig effekt.
25-80 mg/l	Godt til middels godt fiske. Noe redusert avkastning.
80-400 mg/l	Betydelig redusert fiske.
> 400 mg/l	Meget dårlig fiske, sterkt redusert avkastning.

5.2.4 Olje

Oljeforurensninger vil kunne gjøre stor skade på alle levende organismer i vannresipienter. Selv ved lave konsentrasjoner vil det kunne legge seg oljefilm på vannoverflaten og gi en visuell forurensning. Fjerning av partikler fra utslippsvannet vil føre til reduksjon av konsentrasjonen av organiske forurensninger som bindes til selve partiklene.

Oljeforbindelser i utslippet vil i all hovedsak være løst i vannmasser, og det er derfor fokusert på effekter på organismer i vannsøylen. Det vurderes at olje i utslipp fra anleggsarbeidene ikke vil ha potensial til å danne et oljefilmag tykkere enn 0,01 mm. Dette er grenseverdi for effekter for sjøfugl som befinner seg på sjøoverflaten (French-McCay 2004).

Fisk kan ta opp stoffer gjennom huden og over gjellene fra oljekomponenter i vannsøylen. De kan også få i seg olje gjennom mat eller bli påvirket indirekte av forandringer i økosystemet. Gyteperioden med egg og larver, samt ung fisk er mest sårbar. Fisk i tidlige stadier vil også ha mindre evne til å bevege seg vekk fra forurensede områder enn voksne individer.

Grenseverdi for toksiske effekter av alifatiske hydrokarboner >C10-C35, kalt PNEC (Predicted No Effect Concentrations), for akvatiske organismer er 1 mg/l (Aquateam, 2007).

I Rogfast sin entreprise E13 i Arsvågen (tverrslaget) satte Fylkesmannen krav til maksimalt innhold av olje (THC) på 20 mg/l ved utslipp av rensert tunnelvann til sjø. Et utslipp på 20 mg/l olje gir en beregnet konsentrasjon i resipienten på 0,2 mg/l ved 100-gangers fortykning 10 meter fra utslippspunktet. Dette er under grenseverdi for effekter på fisk (PNEC, 1 mg/l) og for effekter på plankton/vannlevende larver (PNEC, 90 µg/l).

5.2.5 Metaller

Berggrunnen i området vil kunne påvirke tungmetallinnholdet i anleggsvannet. Metallene er i stor grad partikkelbundet og tungmetallinnholdet reduseres således ved partikkelfjerning.

I området på Bokn består berggrunnen av autokton grunnfjellsgneis og granitt – granittisk til granodiorittisk gneis med kropper av gabbro, dekket med et tynt fyllittlag – Prekambrisk.

Iht. tidligere vurderinger av bergartene i Boknafjordtunnelen (rapport NO-110-YM Rogfast - geologi i tunneltraséen og metallinnhold, J02) så kan bergartene friskmeldes mht. disponering i sjø.

5.3 Konklusjon

Plasseringen av utslippspunktene er vurdert ut fra sjøbunntopografi, strømningsmønster, etc. for å unngå at utslippet blir liggende i en bakevje, men gi en god innblanding i de omliggende vannmassene, samt at det ikke skal ha negativ påvirkning på brukerinteressene.

Modelleringene og vurderingene ovenfor er basert på at utslippene er eneste forurensningskilde i tiltaksområdet. De viser at med et utslippspunkt dypere enn 15 meters vanddyb ved Arsvågen og ca. 30 m ved Lauplandsholmene vil utslippsvannet raskt innblandes i vannmassen i fjorden slik at det ikke utgjør vesentlig negativ miljøpåvirkning.

I anleggsfasen vil det foregå utfylling av inntil 1 mill m³ tunnelmasser i sjø like ved utslippspunktet ved Lauplandsholmene slik det er vist på figur 2 og vedlagt z-tegning. Disse massene vil inneholde tilsvarende forurensningskomponenter som anleggsvannet og utfyllingen av tunnelmasser i sjø vil være den dominerende utslippskilden. Dette vil være gjeldende situasjon i en anleggsfase.

Utslippspunktet på Arsvågen er etablert sør for moloen fra Lakseberget og ut til Solholmen. Dette utslippet vil derfor ikke være påvirket av utfyllingen.

Byggherre vil sette krav til entreprenør om å rense alt anleggsvann ved hjelp av rensebasseng og oljeutskiller slik at det ved vannet tilfredsstiller kravene i utslippstillatelsen.

6 Miljørisikovurdering av utslipp i driftsfase

I driftsfasen av en tunnel vil det bli utslipp av vaskevann til sjø. Mengden forurensningskomponenter som fjernes fra en vegtunnel ved vask vil fordele seg i

- vaskevann i oljeutskiller og i sedimenteringsbasseng
- masser sedimentert i sandfang
- masser som ikke er fjernet med suge- og feiebiler

For å ivareta ytre miljø i driftsfase må det, i tillegg til god håndtering av vaskevann, også fokuseres på tilfredsstillende håndtering av masser fra suge- og feiebiler, samt fra sandfang.

Mengde forurensing fra tunnelen er beregnet ut fra rapport «Estimering av forurensing i tunnel og tunnelvaskevann» (Statens vegvesen, 2013), der en lineær sammenheng mellom forurensingsproduksjon og ÅDT forutsettes. Konsentrasjoner i vaskevannet estimeres ut fra årlig forurensningsproduksjon. Andel forurensing av de ulike fraksjonene som fraktes ut med vaskevannet under tunnelvask er også hentet fra denne rapporten.

Ved tømning av sedimenteringsbassenget anslås det at vaskevann utgjør maksimalt 5-10 % av utpumpet mengde. Her er det benyttet en verdi på 10 %. Utslipet skjer kun minimum 14 dager etter tunnelvask. Beregnede konsentrasjoner etter fortykning i resipienten vil kun gjelde i umiddelbar nærhet til utslippspunktet. Utslipet vil raskt fortynnes videre i resipienten.

Tabell 8: Estimerte konsentrasjoner i vaskevann og i utslipp.

Parameter	Beregnet konsentrasjon i urensset vaskevann (µg/l)	Rensegrad %	Beregnet konsentrasjon i rensset vaskevann (µg/l)	Beregnet konsentrasjon etter 10x fortykning med drensvann (µg/l)	Beregnet konsentrasjon etter 10x fortykning i sjø (µg/l)
Fosfor	1411	61	550	55	5,5
Kobber	134	58	56	5,6	0,56
Sink	952	71	276	28	2,8
Bly	24	76	5,8	0,58	0,058
Kadmium	0,90	60	0,36	0,04	0,004
Nikkel	28	70	8,3	0,83	0,083
Krom	36	80	7,3	0,73	0,073
T-Nitrogen	1763	29	1252	125	12,5
Partikler	899307	85	134896	13490	1349
PAH	9,5	86	1,3	0,13	0,0133
Olje	14213	82	2558	256	26

Etter at rensset vaskevann er blandet med drensvann i tunnelen vil konsentrasjon av Tot-Nitrogen ligge i tilstandsklasse I «meget god», i henhold til veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen, 2018). Tilsvarende ligger konsentrasjonen av fosfor i tilstandsklasse II, men etter fortykning i sjø er også denne konsentrasjonen innenfor klasse I.

Etter innblanding med drensvann ligger konsentrasjoner av prioriterte stoffer i tilstandsklasse I for kystfarvann (SFT, 2009- delvis erstattet av ny veileder 02:2018). Sammenlignet med klassegrenser i veileder TA 2229/2007 (SFT, 2007) ligger metallkonsentrasjonene etter første fortykning i sjø hovedsakelig i tilstandsklasse I «god». Konsentrasjonene av kobber og sink ligger konsentrasjonene i tilstandsklasse III («moderat»), mens blykonsentrasjonen ligger i tilstandsklasse II.

Utslipet er basert på en vaskefrekvens på 6 ganger per år. Økt vaskehypighet i tunnelen vil kunne føre til at konsentrasjonene i vaskevannet går ned ettersom forurensingene vaskes ut oftere.

7 Foreslåtte utslippskrav

7.1 Anleggsfase

Tunnelvannet skal samles opp, renses i oljeutskiller og renseanlegg før utslipp til sjø. All tunneldriving skal i utgangspunktet skje fra tverrslaget ved Arsvågen. Dermed vil utslipp av rensset tunnelvann forekomme sør for Solholmen.

E04 er en totalentreprise og det kan derfor ikke utelukkes at deler av tunnelen drives fra Laupland, og at rensset tunnelvann vil bli sluppet ut ved Lauplandsholmene.

Vann fra anleggs/riggområdet/verkstedrigg skal renses i samme/tilsvarende renseanlegg før utslipp til sjø – hovedsakelig ved Lauplandsholmene.

Basert på vurderinger av resipientens sårbarhet er det foreslått følgende utslippskrav for rensset anleggsvann:

Olje: 20 mg THC/l, ukemiddel

- Suspendert stoff: 400 mg SS/l - målt i turbiditet: 400 FTU

Det skal benyttes turbiditetsmålinger før utslipp til sjø. Turbiditetsmålinger logges kontinuerlig og er enkle å avlese på stedet, samt online i sanntid.

Turbiditet er en indirekte metode for å måle mengden partikler i vann. Hvis typen partikler er kjent, kan man regne ut hva turbiditeten er ved en gitt mengde partikler i vannet. På den måten kan turbiditet være en god og enkel måte å overvåke partikkelinnholdet i vann.

For mineralske partikler er partikkel/suspendert stoff-forholdet tilnærmet lik 1. Dette stemmer med erfaringer av tilsvarende målinger i Ryfast-prosjektet.

- Utslippspunkt sørøst for Lauplandsholmen skal legges på ca. -30 m dyp
- Utslippspunkt sør for Solholmen og eksisterende molo ved Arsvågen skal legges på -15 m vanddyp

7.2 Driftsfase

Vaskevann fra tunnelen skal håndteres iht. beskrivelser i kap. 3 og 6.

- Utslippspunkt sørøst for Lauplandsholmen på ca. -30 m dyp

8 Overvåking og rapportering

8.1 Anleggsfase

Entreprenøren vil bli pålagt miljøovervåking og rapportering av egne anleggsaktiviteter og skal kunne framlegge dokumentasjon for dette på byggemøter.

Overvåkingresultatene skal vurderes opp mot og overholde de foreslåtte utslippstillatelse og kontraktskrav.

Overvåkning

Entreprenør skal

- Ta ut ukeblandprøver av rensset anleggsvann før utslipp til sjø, med vannmengdeproposjonal vannprøvetaker. Vannprøvetakeren settes opp med uttak av ca. 4-6 delprøver per døgn til en samledunk for ukeprøve. En ukeblandprøve per måned skal analyseres for suspendert stoff og olje. En ukeblandprøve per kvartal skal analyseres for metaller.
- Måle turbiditet, pH, temperatur og ledningsevne i rensset anleggsvann før utslipp til sjø ved hjelp av kontinuerlige loggere
- Måle vannmengder som føres til utslipp ved hjelp av automatisk vannmengdemålinger
- Utføre avbøtende tiltak dersom måleresultatene overskrider gjeldende utslippskrav
- Resultater skal foreligge senest 7 dager etter prøven er levert.
- Innsamlede registreringer skal logges online, kontinuerlig og være tilgjengelig for byggherre.

Prøvetakingsprogrammet revideres etter en periode med anleggsvirksomhet, slik at det kan gjøres justeringer av for eksempel hyppighet, dersom utslippskonsentrasjonene viser seg å være stabile/ustabile og akseptable/uakseptable. Dette gjøres i samarbeid med byggherre og forurensningsmyndighet.

Det bemerkes at overvåkning av pH og ledningsevne kun er for dokumentasjon av utslippets tilstand/sammensetning over tid. Sammen med turbiditet og vannmengder kan kunnskapen benyttes til å vurdere utslippsvannets faktiske tetthet og spredning i resipienten.

Entreprenøren skal føre RUH-rapporter ved avvik.

Det skal innarbeides kontrollrutiner i entreprenørens kontrollplaner for:

- Drift av renseanlegg, daglig kontroll av renseløsning for anleggsvann og visuelle vurderinger av utløpsvann mht. turbiditet og olje
- Måling av slamnivå (som sikrer at kritisk vannnivå opprettholdes)
- Dokumentasjon av vannmengder

Renseanlegg/Sedimentasjonsbasseng

Før anlegget settes i drift skal det foreligge en detaljert driftsinstruks samt navn og telefonnummer til de som er ansvarlige for drift, kontroll og vedlikehold av renseanlegget.

Renseanlegget skal være i drift så lenge rensing er påkrevet, dvs. så lenge det foregår aktiviteter som kan medføre utslipp av olje og/eller partikler. Entreprenøren er ansvarlig for renseanleggets drift i denne perioden. Entreprenøren er også ansvarlig for oppsamling og avhending av alt slam fra renseprosessen.

Renseløsninger skal tømmes for slam før kritisk nivå (som sikrer renseløsningens funksjon) overskrides. Inspeksjon og tømning skal logges online kontinuerlig og være tilgjengelig for byggherre. Før tømning skal det utføres en vurdering av slamkvaliteten for å bestemme disponering. Slam fra renseanlegget skal håndteres som forurenset avfall.

Ved utslipp som overstiger angitte rensekraav, eller mistanke om svikt i renseløsning skal tiltak iverksettes, herunder tømning av slam. Byggherre skal informeres og bistå. Dette er avvik som skal rapporteres som RUH.

Se for øvrig beskrivelse av vannhåndtering i kapittel 2.

8.2 Driftsfase

Vaskevann fra tunnelen skal håndteres iht. beskrivelser i kap. 3 og 6 og slippes ut på gitt dybde. Ytterligere overvåkning anses ikke nødvendig.

9 Beredskapsplan

Entreprenøren skal utarbeide egen beredskapsplan for ytre miljø (uhell, utslipp til vann, funn av ukjent grunnforurensning, osv.). Beredskapsplanen skal inkludere varslingsrutiner til forurensningsmyndighet og byggherre.

Beredskapsplan skal legges frem for byggherre før oppstart.

Entreprenøren er ansvarlig for å sikre nødvendig beredskap i driftsorganisasjonen med hensyn på teknisk svikt av utstyr, alle sentrale pumper, ventiler og andre sentrale komponenter må ha nødvendige reservedeler. Det skal være organisert beredskap med varslingsrutiner etc. i tilfelle uforutsette utslipp skulle skje. Beredskapen må beskrive avbøtende tiltak knyttet til de ulike hendelsene. Det skal legges opp til en beredskap som sikrer god vinterdrift.

Det blir stilt krav til entreprenør om at kjemikalier som blir benyttet på en slik måte at det kan medføre fare for forurensning skal være testet for nedbrytbarhet, toksisitet og akkumulerbarhet. Testing skal utføres av laboratorier som er godkjent i samsvar med Good Laboratory Practice (GLP) og/eller akkreditert iht. NS-EN/IEC 17025:1999. Virksomheten plikter å ha et system for substitusjon av kjemikalier (Substitusjonsplikten).

10 Referanser

- Alabaster og Lloyd, 1982. Water quality criteria for freshwater fish. 2nd ed. Butterworths, London.
- Aquateam, 2007. Rapport nr. 06-039. Oppdatering av bakgrunnsdata og forslag til nye normverdier for forurenset grunn.
- Bokn kommune (1999). Kommuneplan 10.01.1999
- Bækken, 1998, Avrenning av nitrogen fra tunnelmasse.
- Direktoratsgruppen, 2013. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- French-McCay, 2004. Oil spill impact modelling: Development and validation
- Hindlar og Roseth, 2003. E18 gjennom sulfidberggrunn I Vest-Agder. Rapport 4642-2003.
- Hjermann, 2007. Fish and oil in the Lofoten- Barents Sea system: synoptic review of the effect of oil spills on fish populations
- IRIS, 2012. Resipientundersøkelser Stavangerhalvøya, 2011-2012 (IRIS, 2012)
- Meland, S. 2012. Tunnelvann – En kilde til vannforurensning
- NIVA, 2010. Marinbiologiske undersøkelser i forbindelse med oljeutslipp fra M/S Full City. Undersøkelser av flora og fauna i littoral – og sublitteralsonen.
- Norconsult, 2015a. Områdeplan for Arsvågen næringsområde. Fagrapport ytre miljø.
- Norconsult, 2015b. Marint naturmiljø E39 Rogfast - Utfylling Arsvågen.
- Norconsult, 2015c. Miljøundersøkelse sediment – Kvitsøy og Arsvågen
- Norconsult, 2012. Rv. 13 Ryfast. Miljørisikovurdering av utslipp fra rv. 13 Ryfast. Entreprenørene E02 Solbakk og E03 Hundvåg Nord.
- Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk (NFF), 2009. Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg. Teknisk rapport 09, august 2009.
- Roseth, R. og Søvik, A, 2006. Nedbryting av såper til tunnelvask. UTB-rapport 2006 : 01. Statens vegvesen. Vegdirektoratet
- Roseth, R. og Amundsen, C. E., 2003. Vaskevann fra vegtunneler – forurensningsstoffer og behandling. Kommunalteknikk nr. 5 2003: s 16-19.
- SFT, 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA-2229/2007.
- Statens vegvesen, 2014, Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging.
- Statens vegvesen, 2013, Estimering av forurensning i tunnel og tunnelvaskevann. NORWAT.
- Vann-nett.no/saksbehandler. 5.oktober 2015.

Vedlegg

- Modellering av utslipp i sjø - Visual Plumes (U.S.EPA)
- 00-B001-002 Oversiktstegning som viser entreprisegrenser (00-B01-001)
- 04-GH01-710 Pumpesystem, drenering og VA-anlegg
- 04-Z01-701 Z-tegning for E04 utslippspunkt Arsvågen (Rigg- og marksikringsplan)
- 04-Z01-706 Z-tegning for E04 utslippspunkt Lauplandsholmene (Rigg- og marksikringsplan)
- NO-015-YM Rapport Miljøundersøkelse sediment Kvitsøy Arsvågen_J01 med vedlegg
- NO-032-YM Marint naturmiljø E39 Rogfast - Utfylling Arsvågen D05

Modellering av utslipp i sjø – Visual Plumes

Om Visual Plumes

Modellen beregner hvordan et utslipp vil fordele seg i en resipient ut fra tetthet, strømhastighet og retning til utslippet og forhold i resipienten.

Dersom det er stor forskjell i tetthet for utslippet og vannet i resipienten vil utslippet lettere stige mot overflaten eller synke mot bunnen.

Sjiktninger i vannsøylen vil kunne føre til at utslippet innlagres i vannmassene en viss avstand fra overflaten.

Generelt vil lav strømhastighet i resipienten føre til at utslippsvannet stiger/synker raskere enn ved høyere strømhastigheter. Det vil si at utslippsvann som stiger mot overflaten ved lav strømhastighet i resipienten, kan innlagres i vannsøylen når strømhastigheten i resipienten øker.

Modellen tar ikke hensyn til partikler i utslippsvannet men vi behandler partikler som om de er i suspensjon.

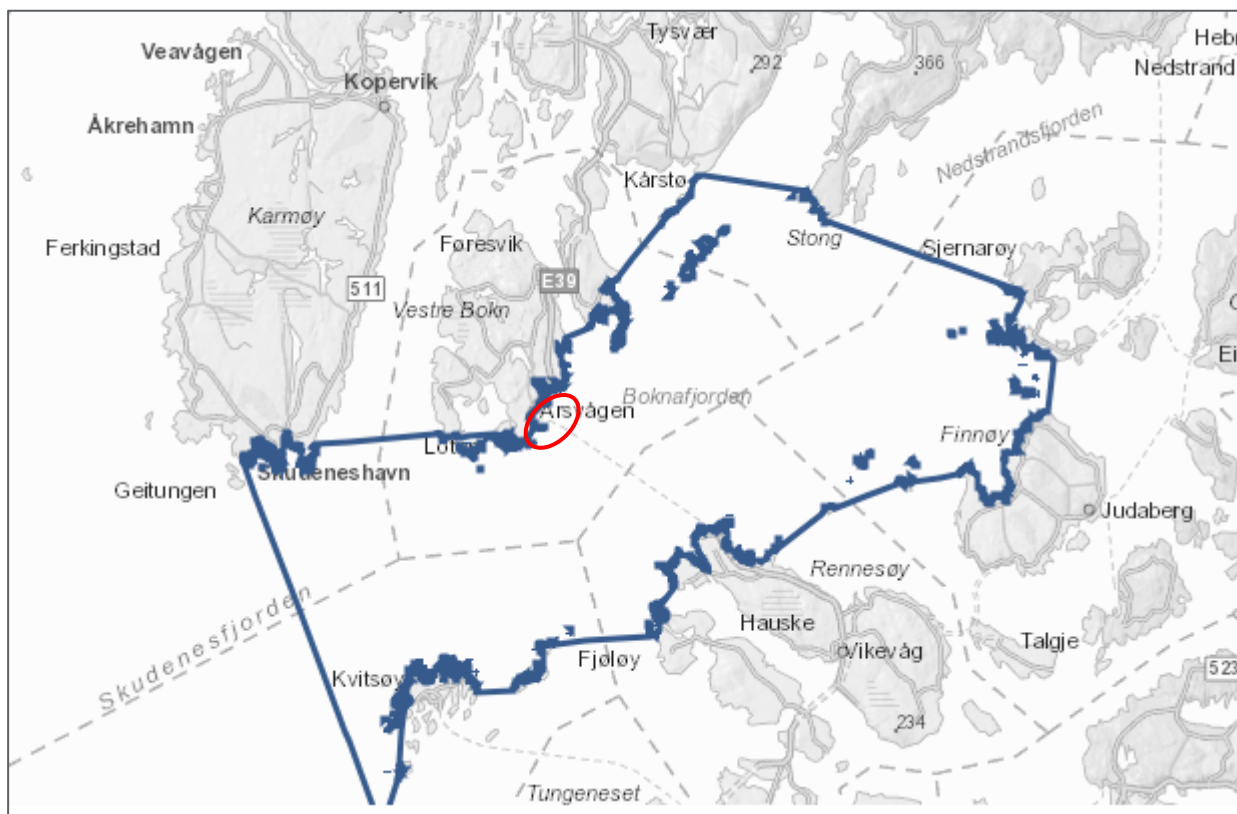
Visual Plumes kan benytte fem ulike modeller i sine beregninger. I denne undersøkelsen er modellen UM3 benyttet.

Datagrunnlag

Resipienten

Utslippspunktene er en del av resipient Boknafjorden (vann-nett.no). Vannforekomsten er betegnet som moderat eksponert kyst, som er utsatt for bølgeeksponering. Vannforekomsten har god vannutskifting, moderat strømhastighet (1 – 3 knop) og har en blandet vannsøyle med saltholdighet >30 psu. Basert på biologiske kvalitetselementer (bløtbunnsfauna) er den økologiske tilstanden i vannforekomsten antatt å være svært god (Vann-nett, 2019).

Området nord for moloen i Arsvågen, mot fergeleiet, planlegges utfyllt med overskuddsmasser. Utfyllingsområdet vil i hovedsak legges i sjø.



Figur 5: Oversikt over vannforekomsten Boknafjorden. Området hvor utslippene er planlagt er skissert inn med rødt Kilde: Vann-nett.no

I slutten av mai og juni er det vanligvis stor ferskvannsavrenning til Boknafjorden grunnet snøsmelting og nedbør. Det fører til et markert overflatebrakkvannslag, med lavere verdier for saltholdighet jo nærmere innerste del av fjorden/elven en kommer. Utover langs brakkvannslaget og den tilhørende strømmen øker saltholdigheten gradvis (Havforskningsinstituttet, 2018). Utslippspunktene ligger nesten ytterst i Boknafjorden, lang fra innerste del av fjorden og har et relativt tynt brakkvannslag.

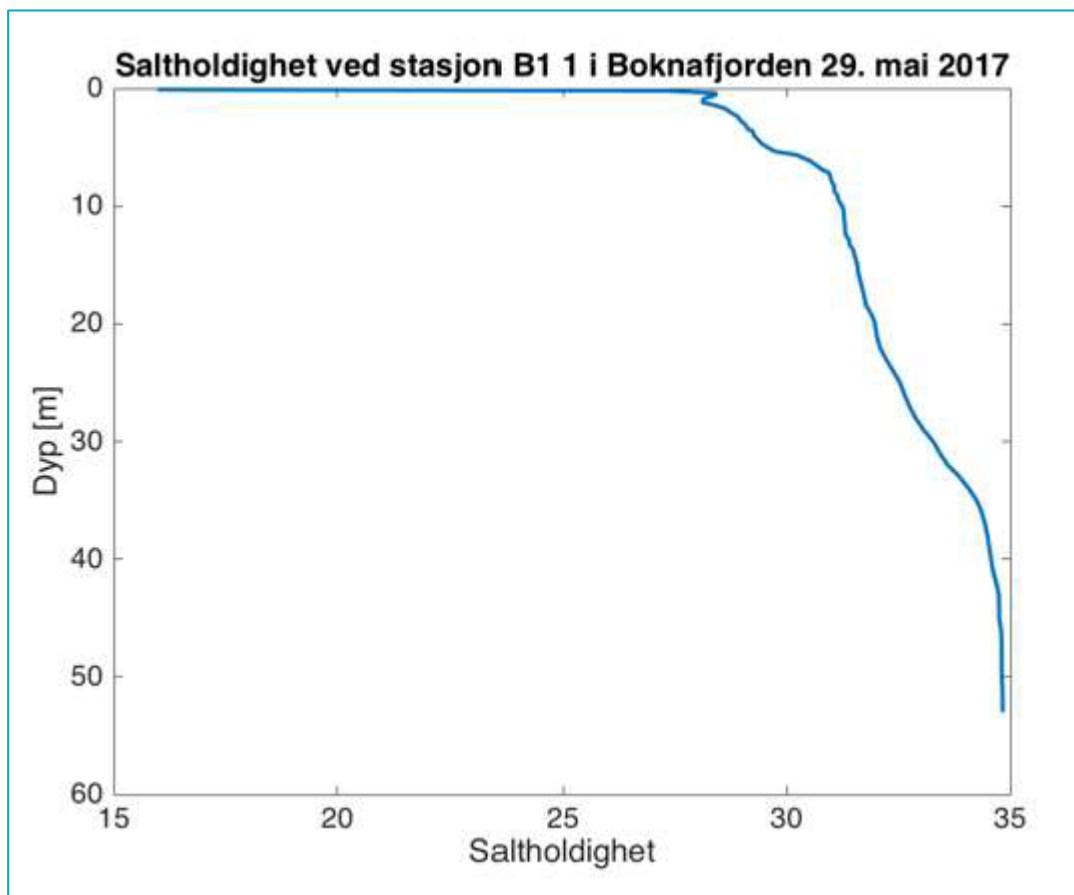
Hydrografiske forhold (salinitet og temperatur) er basert på målinger i relevant avstand fra prøvepunktene gjennomført av Sam-Marine i mai 2014 (SAM Marin, 2015). En saltholdighetsprofil utført av Havforskningsinstituttet i samme område i 2017 er vist i figur 6.

Det er i 2012 gjennomført strømmåling utenfor Lauplandsholmen i forbindelse med oppdrettsanlegget Grieg Seafood Rogaland AS (Uni Research, 2013). Disse målingene viser at strømmen ved 65 m dyp hovedsakelig går langs kystlinjen ut eller inn fjorden. I modelleringen videre er det valgt å benytte målt gjennomsnittlig strømhastighet for 5 og 15 m dyp fra anlegget til Grieg Seafood med retning tilsvarende hovedretning for relativ vannfluks ved 69 m (strømretning ble kun målt ved 69 og 100 m dyp).

Resipientegenskaper som er benyttet i modellen er vist i tabell 7 og plottet i figur 6.

Tabell 7: Parametere for resipienten benyttet i modellen.

Dyp (m)	Snitt strøm (cm/s)	Strømretning (°)	Salinitet (psu)	Temperatur (°C)
0			29,0	10,0
1			29,79	10,47
2			29,80	10,43
5	8,6		30,21	9,46
10			30,64	8,91
15	6,2		31,10	8,30
20			31,54	7,97
30			32,17	7,56
69	4,4	205		
100	1,2	340		



Figur 6: Salinitet og temperatur i resipienten mai 2017 (Havforskningsinstituttet, 2018).

Utslippet

Det skal søkes om utslipp fra både anleggs- og driftsfase i følgende punkt:

Utslippspunkt sørøst for Lauplandsholmen for på ca. -30 m dyp

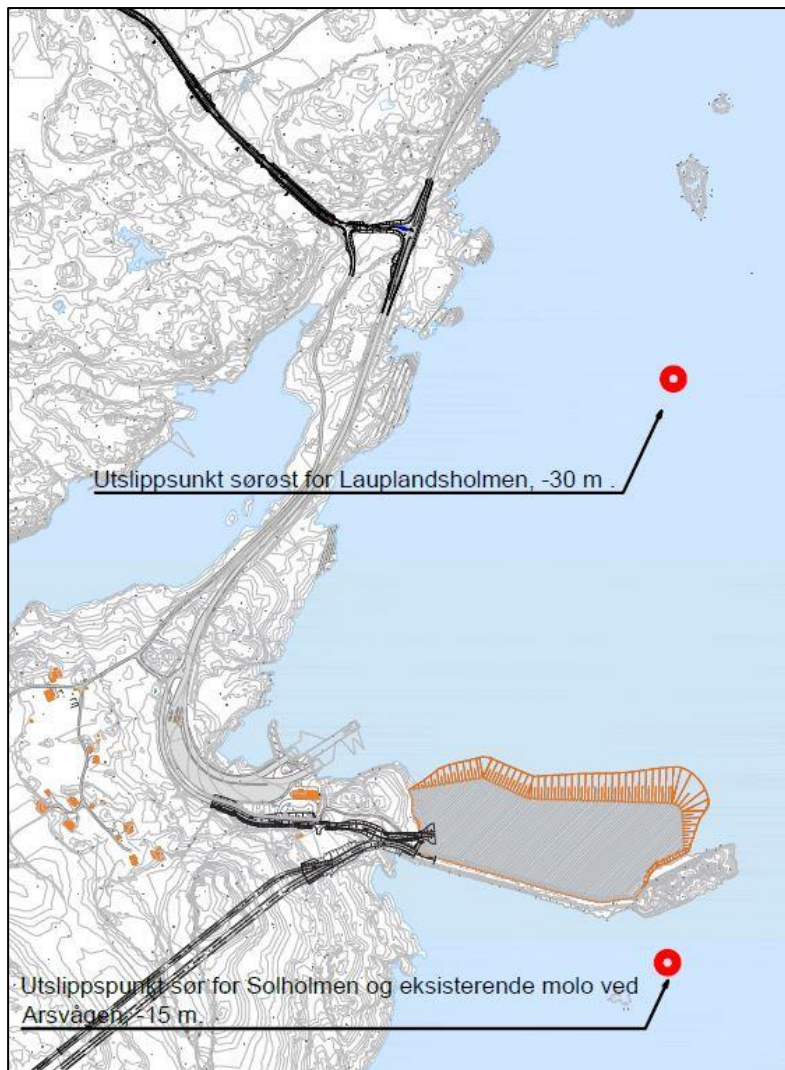
- rensset anleggsvann for rigg-/verkstedsområde, etc. for anleggsfase/etablering av Boknafjordtunnelen nord og dagsone på Laupland
- rensset anleggsvann fra driving av tunnel fra påhugget på Laupland
- rensset vaskevann fra driftsfase av Boknafjordtunnelen nord

Det søkes om utslipp fra anleggsfase i følgende punkt:

Utslippspunkt sør for Solholmen og eksisterende molo ved Arsvågen på -15 m vanddyp

- Utslippspunkt for rensset tunnelvann fra driving av Boknafjordtunnelen nord

Plassering av utslippspunktene er vist i figur 7.



Figur 7: Oversikt over utslippspunkter.

Det er lagt inn tre ulike saliniteter på utslippet (varierende tetthet). De tre verdiene representerer tre ulike kombinasjoner av salinitet og partikkelinnhold;

- ferskvann med mye partikler (20)

- saltvann med lite partikler /brakkvann med partikler (35)
- saltvann med mye partikler (55)

For utslipp av tunnel- og anleggsvann ved Lauplandsholmen er det kun aktuelt å modellere med ferskvann med partikler ettersom dette utslippet kun stammer fra anleggsområde i dagsone, samt driving av tunnel under land (ferskvann i innlekkasjevann) og man at vannet vil inneholde partikler.

For utslipp av driftsvann i samme punkt er det valgt å utelukke ytterpunktene for salinitet ettersom utslippet vil bestå av enten salt innlekkasjevann med lite partikler (35) eller en blanding av salt innlekkasjevann og ferskvann/tunnelvaskevann (brakkvann) med partikler (20).

For utslipp av anleggsvann ved Arsvågen er det valgt å kun modellere med ferskvann med partikler og saltvann med partikler ettersom innlekkasjevannet her både vil være salt og ferskt, men alltid inneholde partikler.

For å være konservativ er det benyttet dimensjonerende vannmengder for anleggsfase og driftsfase. For anleggsfase er det også benyttet en estimert gjennomsnittlig vannmengde. Parametere som er benyttet er vist i tabell 8.

Tabell 8: Inngangsdata for modellering av utslippet.

Inngangsdata	Utslippspunkt sørøst for Lauplandsholmen - anleggsfase	Utslippspunkt sørøst for Lauplandsholmen - driftsfase	Utslippspunkt sør for Solholmen og eksisterende molo ved Arsvågen - anleggsfase
Vanntemperatur (°C)	7,5	7,5	7,5
Saltholdighet (psu)	20	20, 35	20, 55
Utslippsdyp (m)	30	30	15
Indre diam. utslippsrør (mm)	654,6	654,6	645,6
Vannmengde lav (l/s)	5,6 ¹	-	48 ¹
Vannmengde høy (l/s)	10,6 ²	111	88 ²
Utslippsrørets horisontale retning (° der 0 er rett nord og øker med klokka)	90	90	45
Utslippsrørets vertikale retning (° der 0 horisontalt og 90 er rett opp)	-19 ³	-19 ³	0
Utslippsrørets avstand fra bunn (m)	0,5	0,5	2
Koeffisient for turbulent blanding (EPAs anbefaling)	0,0003	0,0003	0,0003

¹Estimert gjennomsnittlig vannmengde, inkludert vann fra anleggs- og driftsområde

²Dimensjonerende vannmengde, inkludert vann fra anleggs- og driftsområde

³Fall av siste del av ledningen er 212 promille

Resultater og vurdering

Grafer fra modelleringene som viser utslippenes innlagingsdyp og fortynningsgrad (antall ganger) som funksjon av avstand fra utslippspunktet er vist i vedlegg 1. Modellerte innlagingsdyp og fortynning på bakgrunn av ulike utslippsbetingelser er vist i tabell 6.

Tabell 9: Oppsummering fra modellering av utslipp sørøst for Lauplandsholmen (Lauplandsholmen) i drifts- og anleggsfase og utslipp sør for Solholmen og eksisterende molo ved Arsvågen (Arsvågen) i anleggsfase ved ulike utslippsbetingelser som gitt i vedlegg.

Utslippspunkt	Fase	Utslippsbetingelser	Innlagingsdyp (m under overflate)	Gjennomsnittlig umiddelbar fortynning (antall ganger)	Gjennomsnittlig fortynning etter 100 m (antall ganger)
Arsvågen	Anlegg	Ferskvann med partikler	0,5-15	90-130	110-155
Arsvågen	Anlegg	Saltvann med partikler	18-40	170-210	200-250
Lauplandsholmen	Anlegg	Ferskvann med partikler	20-28	260-330	340-450
Lauplandsholmen	Drift	Ferskvann med partikler	12-26	80	100
Lauplandsholmen	Drift	Brakkvann med partikler	28-42	90	105

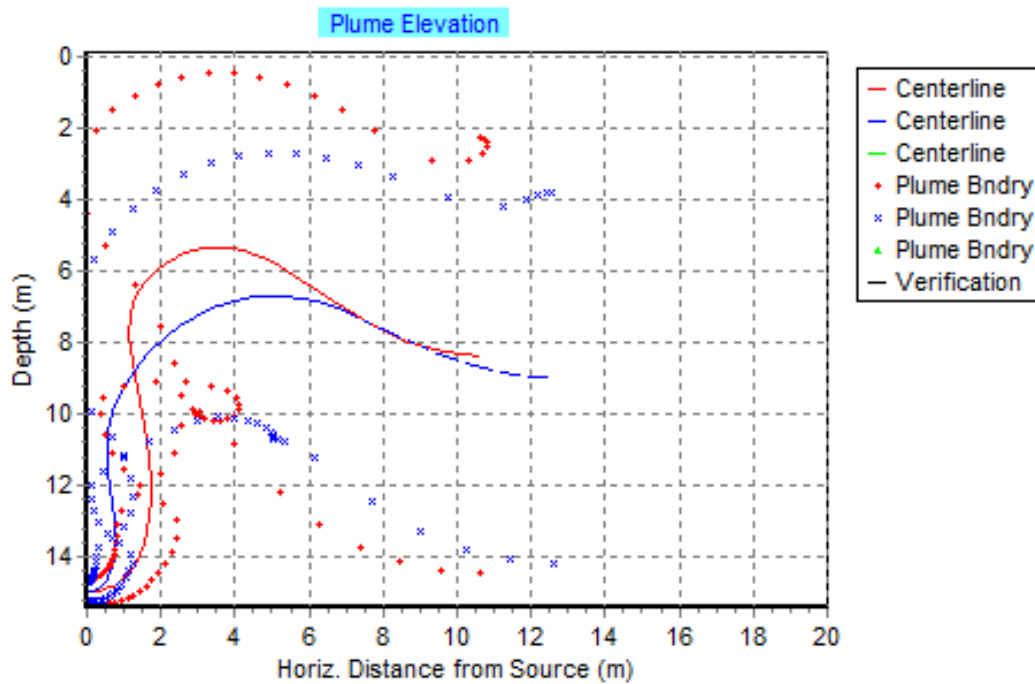
I hovedtrekk viser modelleringen følgende:

- Avstanden fra utslippspunktet til utslippet har blitt innlagret inntre innen 15 m fra utslippspunktet ved samtlige utslippsbetingelser. Det er i denne prosessen det oppnås rask umiddelbar fortynning
- Umiddelbar fortynning som følge av innlagring vil være 80-330 ganger for modellerte utslippsscenarioer
- 100 m fra utslippspunktet vil gjennomsnittlig fortynningsgrad av utslippet være 100 – 450 ganger for modellerte utslippsscenario.
- Fortynningen av utslippene er generelt størst ved lav utslippsmengde og mindre for høy utslippsmengde.
- Det er kun utslipp av ferskvann med (eller uten) partikler ved Arsvågen som vil kunne nå overflaten. Resterende utslippsscenario vil innlagres fra 12 – 42 m dyp.

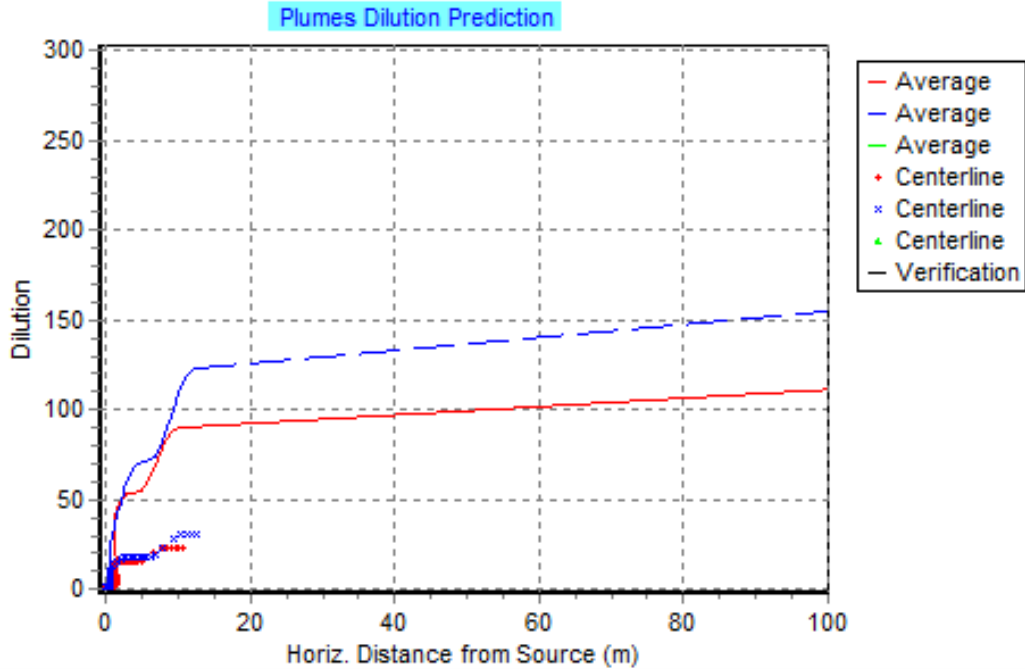
Horisontal transport av utslippet vil variere med strømreretning som er langs kystlinjen ut eller inn fjorden. Transportretning vil kunne variere gjennom døgnet og i perioder med ulik påvirkning fra vind.

Modelleringen har tatt utgangspunkt i en periode hvor det normalt er størst sjikting i vannmassene (mai). Sent på høsten til tidlig vår vil sjiktingen være mindre enn det som er lagt til grunn i modellen, da vil utslipp av ferskvann ha større potensial for å stige til overflaten.

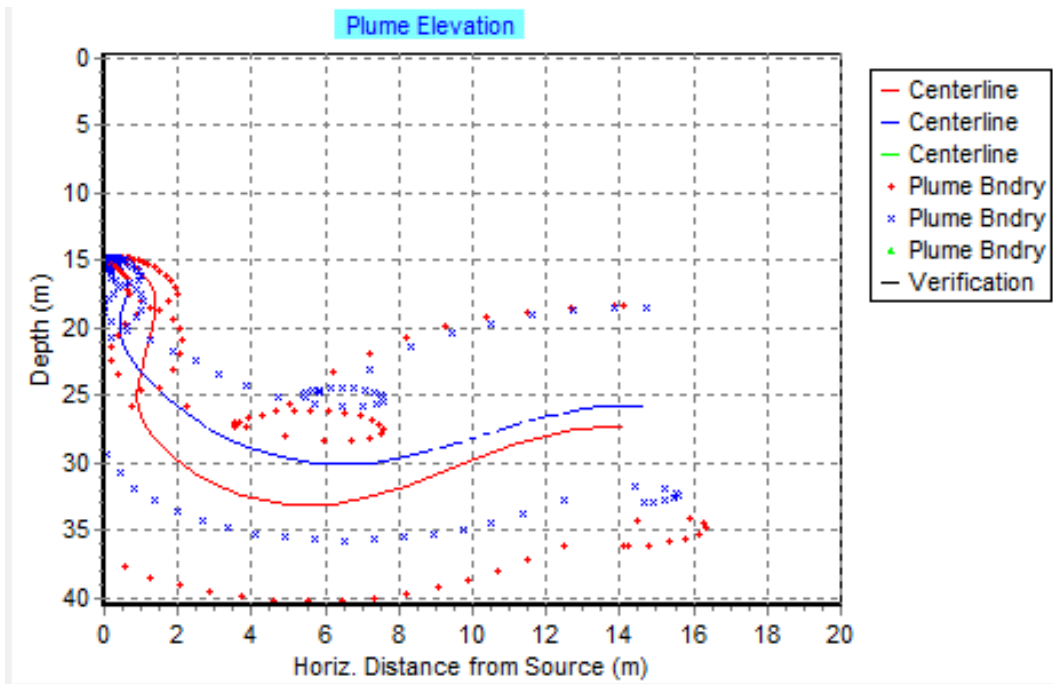
Grafer fra modelleringen



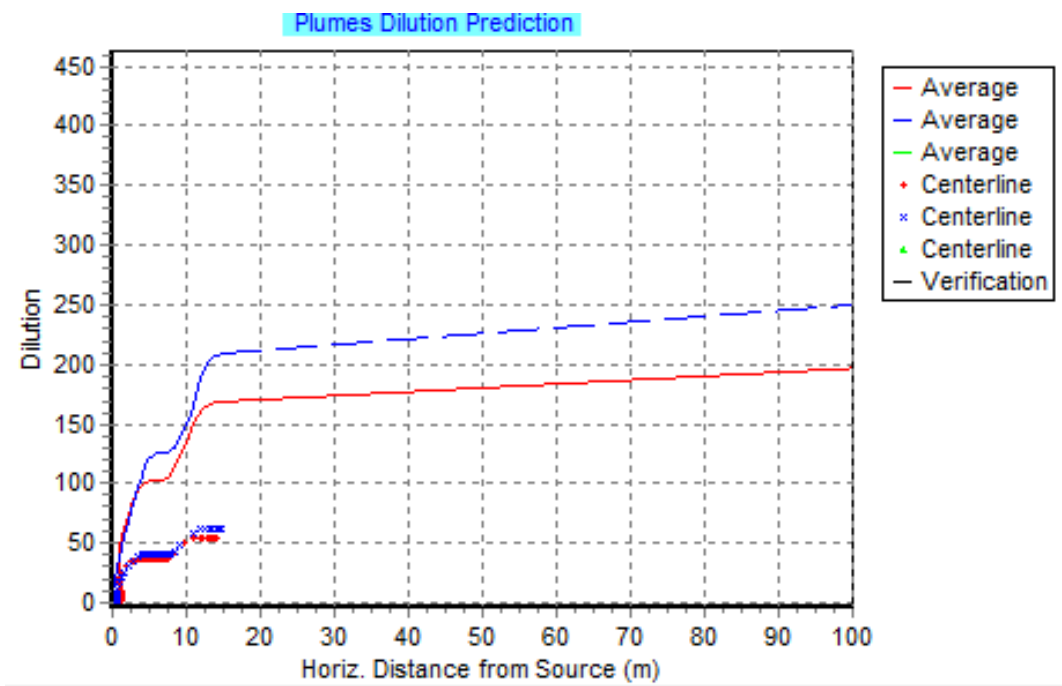
Figur 8: Utslippets vertikale bevegelse. Arsvågen, anleggfsfase. Ferskvann med partikler. Blå 48 l/s, rød 88 l/s. Linje viser senter av utslippet, prikker viser ytterkanten.



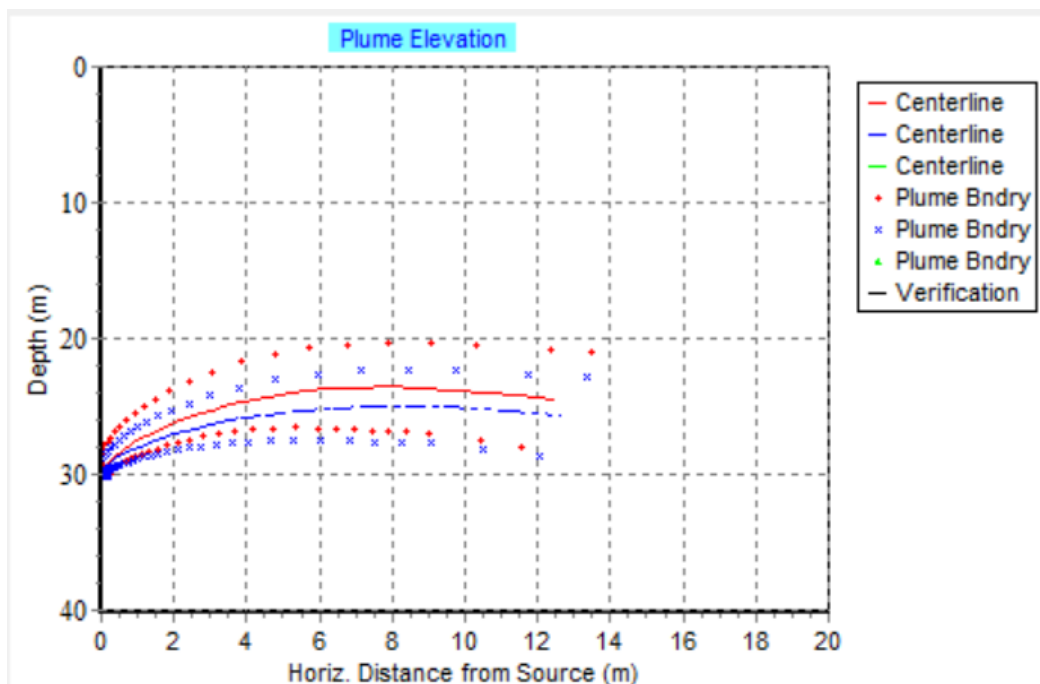
Figur 9: Utslippets fortykning i resipienten med rent sjøvann. Arsvågen, anleggfsfase. Ferskvann med partikler. Blå 48 l/s, rød 88 l/s. Linje viser gjennomsnittlig fortykning av utslippet, prikker viser utslippets fortykning i senterlinjen.



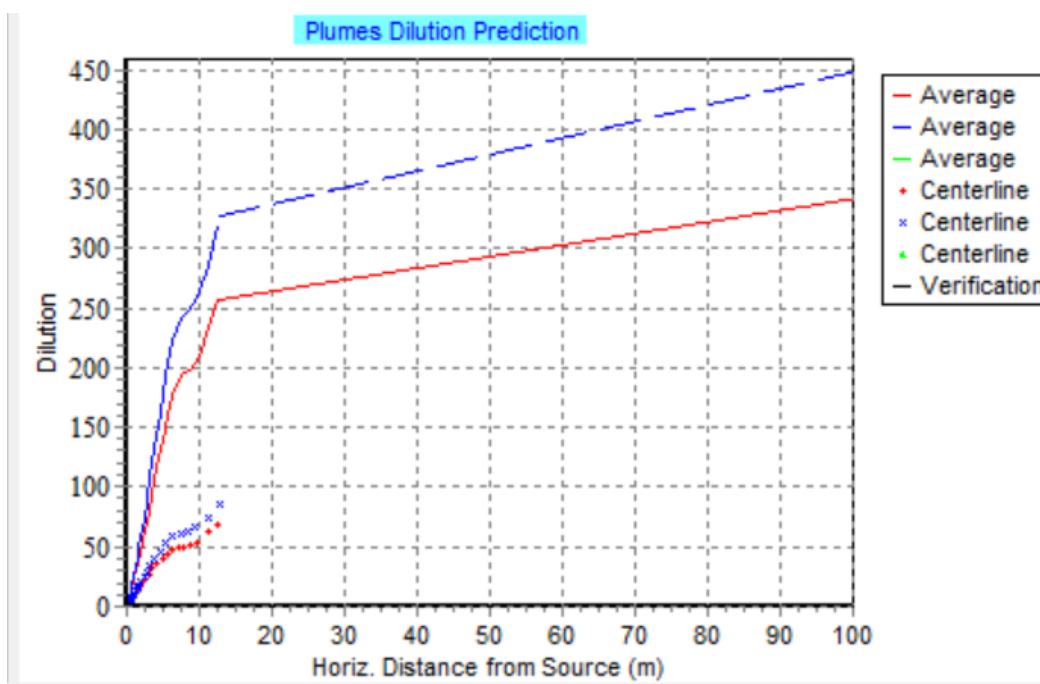
Figur 10: Utslippet vertikale bevegelse. Arsvågen, anleggsfase. Saltvann med partikler. Blå 48 l/s, rød 88 l/s. Linje viser senter av utslippet, prikker viser ytterkanten.



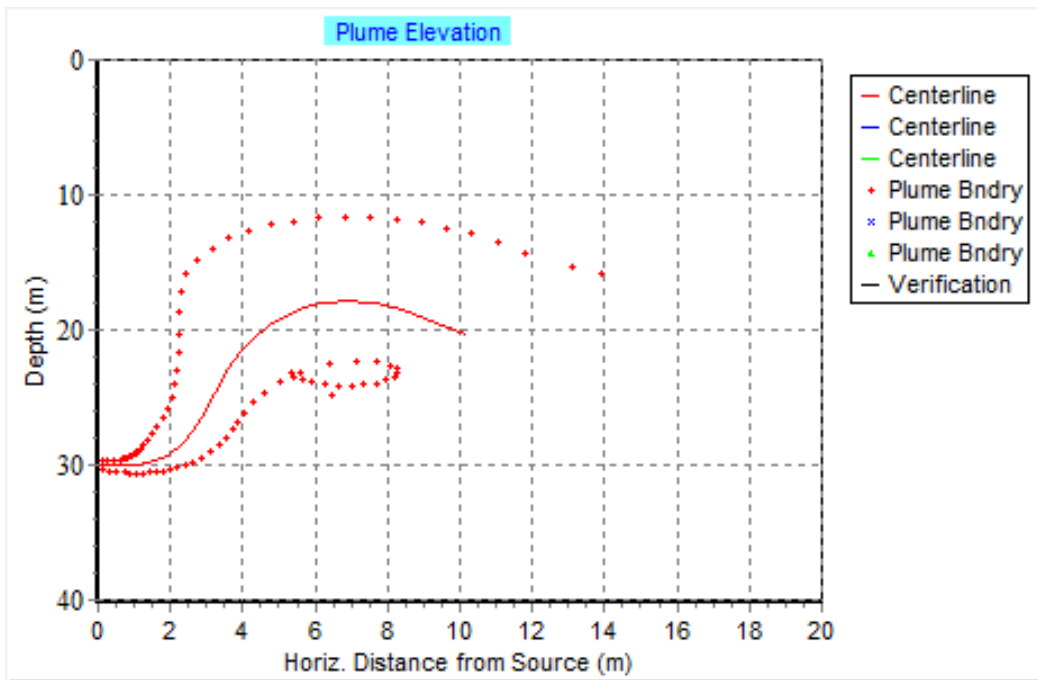
Figur 11: Utslippet fortyning i resipienten med rent sjøvann. Arsvågen, anleggsfase. Saltvann med partikler. Blå 48 l/s, rød 88 l/s. Linje viser gjennomsnittlig fortyning av utslippet, prikker viser utslippet fortyning i senterlinjen.



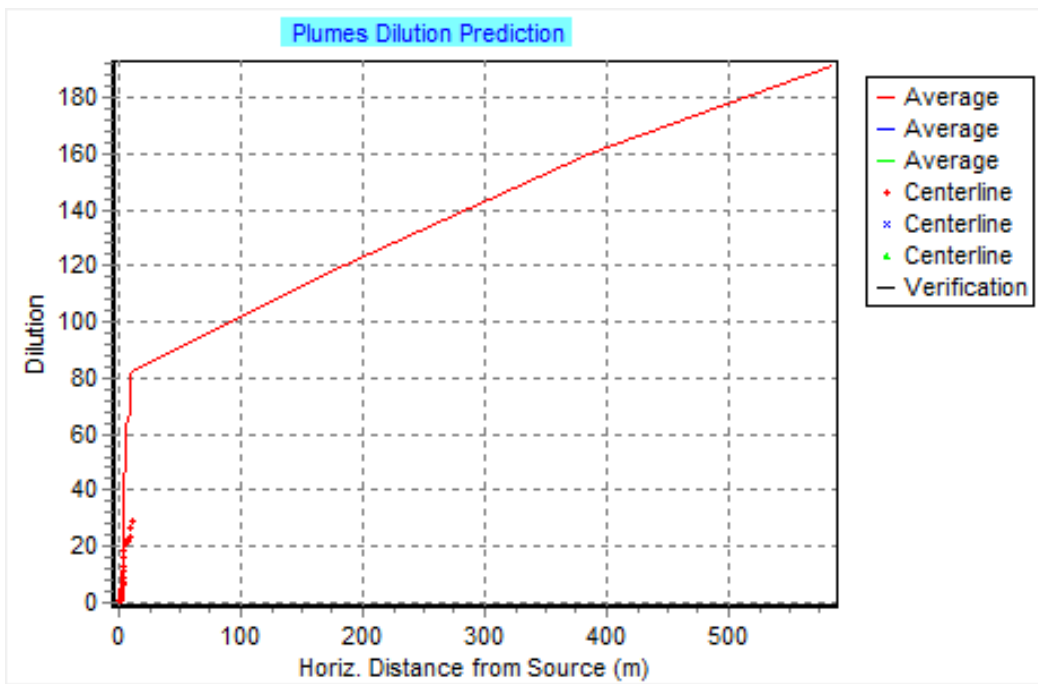
Figur 12: Utslippet vertikale bevegelse. Lauplandsholmen, anleggsfase. Ferskvann med partikler. Blå 5,6 l/s, rød 10,6 l/s. Linje viser senter av utslippet, prikker viser ytterkanten.



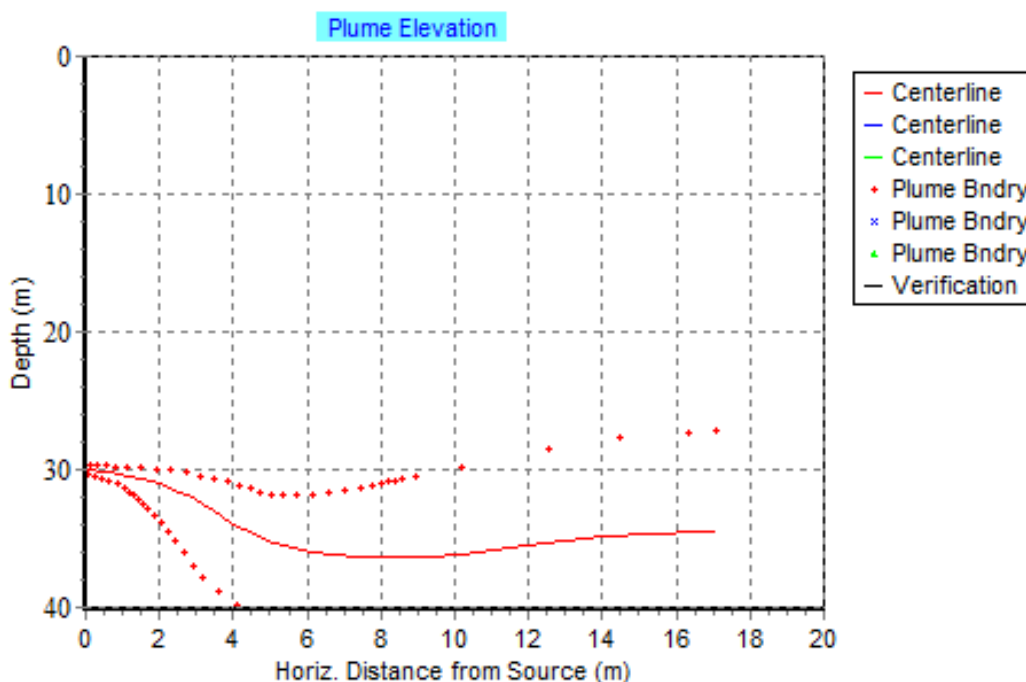
Figur 13: Utslippet fortyning i resipienten med rent sjøvann. Lauplandsholmen, anleggsfase. Ferskvann med partikler. Blå 5,6 l/s, rød 10,6 l/s. Linje viser gjennomsnittlig fortyning av utslippet, prikker viser utslippet fortyning i senterlinjen.



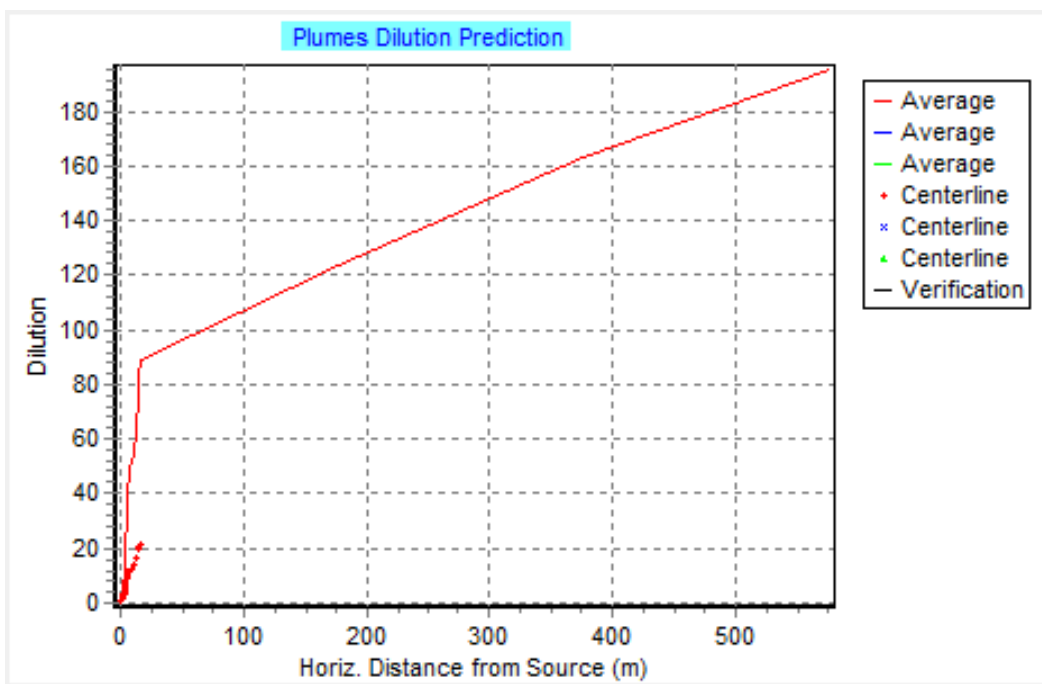
Figur 14: Utslippet vertikale bevegelse. Lauplandsholmen, driftsfase. Ferskvann med partikler, 111 l/s. Linje viser senter av utslippet, prikker viser ytterkanten.



Figur 15: Utslippet fortyning i resipienten med rent sjøvann. Lauplandsholmen, driftsfase. Ferskvann med partikler, 111 l/s. Linje viser gjennomsnittlig fortyning av utslippet, prikker viser utslippet fortyning i senterlinjen.



Figur 16: Utslippet vertikale bevegelse. Lauplandsholmen, driftsfase. Brakkvann med partikler/saltvann uten partikler, 111 l/s. Linje viser senter av utslippet, prikker viser ytterkanten.



Figur 17: Utslippet fortyning i resipienten med rent sjøvann. Lauplandsholmen, driftsfase. Brakkvann med partikler/saltvann uten partikler, 111 l/s. Linje viser gjennomsnittlig fortyning av utslippet, prikker viser utslippet fortyning i senterlinjen.

Referanser

Havforskningsinstituttet. (2018). *Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur - oppdatering august 2017. Rapport nr. 38-2017, datert 25. juni 2018.*

SAM Marin. (2015). *Marin overvåking Rogaland. Sluttrapport april 2015. SAM e-Rapport nr. 6-2015.*

Uni Research. (2013). *Strømmåling ved lokalitet Lauplandsholmen, Grieg Seafood Rogaland AS, Bokn kommune, desember 2012. Rapport nr. 3 2013.*

Vann-nett. (2019, 4 25). *Vann-nett.* Hentet fra Boknafjorden: <https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/0242031500-C>