





2020

# Modellert innlagringsdyp ved Kvithylla, Indre Fosen, 2020

## Vikingbase Smolt AS

AQUA KOMPETANSE AS

264-8-20I KVITHYLLA

Rapportens tittel: <b>Modellert innlagingsdyp ved Kvithylla, Indre Fosen, 2020</b>		
Visual Plumes versjonsdato: 14.08.2001	Rapportdato: 05.08.2020 Rapportnummer: 264-8-20I	Antall sider uten vedlegg: 17 Antall sider totalt: 30
Oppdragsgiver: Vikingbase Smolt AS	Kontaktperson: Frode Blålid	Prosjektleder: Linda Hagen
Lokalitet: Kvithylla	Kommune: Indre Fosen	Fylke: Trøndelag
<b>Sammendrag</b> Rapporten er en gjennomgang av modellert innlagingsdyp ved Kvithylla i Indre Fosen kommune. Modellen Visual Plumes beregner innlagingsdyp, spredning og fortykning av avløpsvann som slippes ut i en vannmasse, basert på utslippets fysiske egenskaper, samt karakteristisk vannstrøm (fra hele vannsøykla) og hydrografi (tetthetsprofiler fra ulike sesonger) ved lokaliteten. Modellert utslipp er fra et planlagt landbasert oppdrettsanlegg for både smolt og postsmolt, og modelleres som ett samlet utslipp. Foreslått utslippspunkt er på 75 meters dyp, vest for Kvithylla (63°34.134 N, 09°52.752 Ø).  Utslipet vil ifølge modellresultatene innlagres før det når vannsøylens overflatelag gjennom hele året, hvor øvre yttergrense på utslippsskyen er på 38 meters dyp, og spres mot sørvest. I en avstand på 30 meter fra utslippspunktet vil utslippsskyen være 60-100 ganger fortennet. Det anbefalte utslippspunktet ved Kvithylla har god vannutskiftning og utslippet vil dermed fortennes raskt. Utslipet vil ifølge modellresultatene ikke utgjøre noen risiko for eutrofiering og forurensning av vannmassene i resipienten.		
Emneord: Visual Plumes, innlagingsdyp, spredning, fortykning, avløpsvann, utslipp, vannstrøm, vannutskiftning, hydrografi, forurensning, eutrofiering		ID 466-11 Rapporten er tilgjengelig ved forespørsel
Rapportansvarlig:  Katrine Hiorth	Kvalitetssikrer:  Maria Christina Sandberg	

© 2020 Aqua Kompetanse AS. Kopiering av rapporten kan kun skje i sin helhet. Dersom deler av rapporten (konklusjoner, figurer, tabeller, bilder eller annen gjengivelse) er ønskelig, er dette kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Aqua Kompetanse AS.

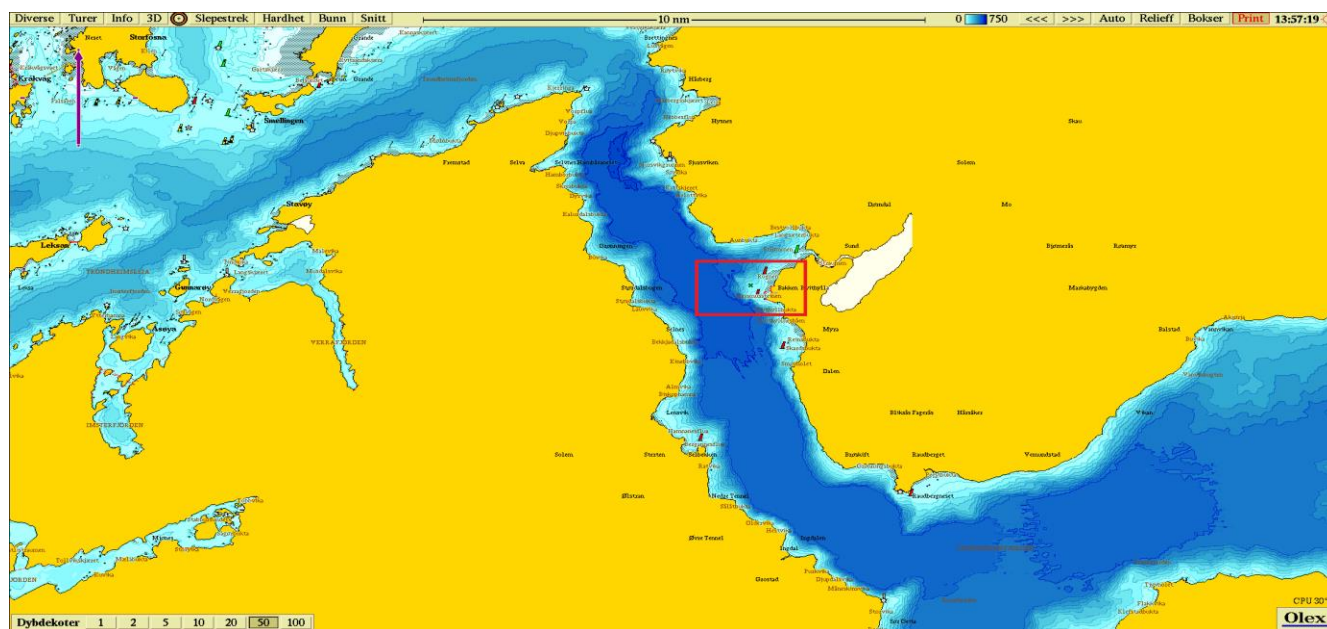
## Innhold

1. Innledning .....	3
2. Bakgrunnsstoff.....	4
2.1 Hydrografi.....	4
2.2 Innlagringsdyp .....	4
3. Data og metode .....	6
3.1 Område- og lokalitetsbeskrivelse .....	6
3.2 Visual Plumes.....	6
3.3 Utslippsdata .....	6
3.4 Vannstrømdata.....	7
3.5 Hydrografidata.....	9
4. Resultater .....	11
5. Diskusjon.....	14
5.1 Antagelser og usikkerheter.....	15
6. Oppsummering .....	16
7. Referanser .....	17
Vedlegg A – Supplerende hydrografifigurer .....	18
Vedlegg B – Supplerende modellfigurer, 12 - CTD profiler .....	20
Vedlegg C – Supplerende modellfigurer, ekstrem-scenarioer .....	27

## 1. Innledning

Aqua Kompetanse AS har på oppdrag fra Vikingbase Smolt AS modellert innlagringsdypet til utslippet fra et planlagt landbasert anlegg ved Kvithylla i Indre Fosen kommune (**Figur 1**). Analysen er gjennomført med den numeriske modellen Visual Plumes, som beregner utslippets innlagringsdyp, spredning og fortynning basert på kunnskap om utslippets egenskaper, samt karakteristisk vannstrøm og hydrografi ved lokaliteten. Modellresultatene gir en indikasjon på hvor i vannsøylen utslippet vil innlagres; om det vil synke til bunn, innlagres i vannsøylen eller om det vil stige til overflaten. For å unngå eutrofiering og forurensning av overflatevannet, er det ønskelig at utslippet ikke når overflaten.

Aqua Kompetanse AS har stått for måling av vannstrøm ved lokaliteten, modellering og vurdering av modellresultater, samt rapportering. Hydrografiprofilene som er brukt i modellen er utført av Multiconsult på vegne av Rissa kommune i 2013, samt at til sammen tre hydrografiprofiler er utført av Aqua Kompetanse i 2017 og 2020. Rapporten presenterer modellert innlagringsdyp basert på tilgjengelig data ved modelleringstidspunktet. Presisjonen i modelleringen avhenger av kvaliteten på nevnt data. Leseren oppfordres til å studere følgende presentert data og figurer nøye.



**Figur 1:** Oversiktskart over Trondheimsfjorden mellom sørlige deler av Indre Fosen kommune og nordlige deler av Orkland kommune. Innrammet kartutsnitt i rødt viser undersøkelsesområdet ved Kvithylla. Kartkilde: Olex.

## 2. Bakgrunnsstoff

### 2.1 Hydrografi

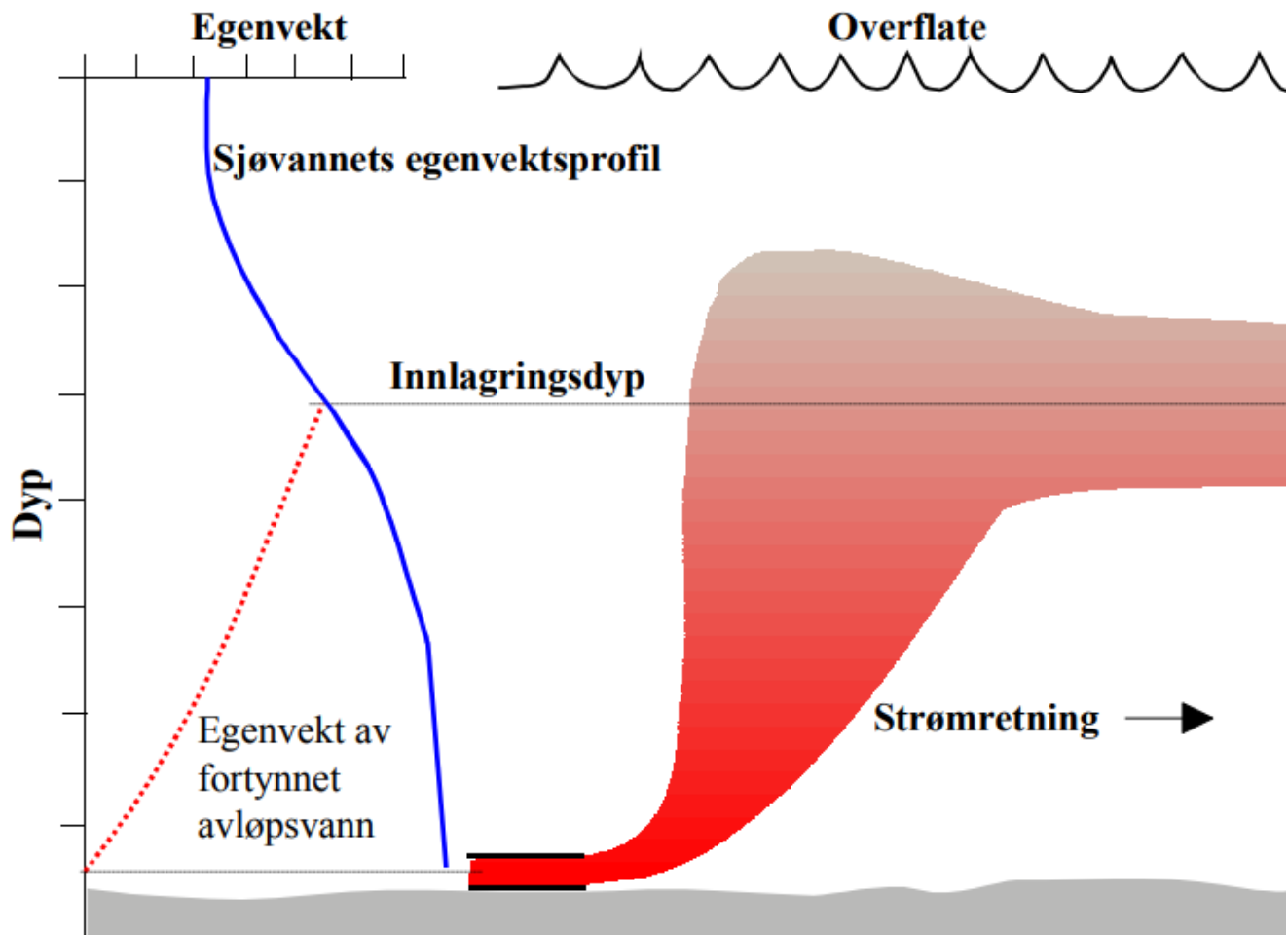
Vannets tetthet, masse per volumdel ( $\text{kg/m}^3$ ), er i hovedsak avhengig av temperatur og salinitet. Tettheten kontrollerer vannsøylens vertikale struktur, med tettere vannmasser dypere i vannsøylene. Ved å øke saliniteten og senke temperaturen øker tettheten, og ved å senke saliniteten og øke temperaturen avtar tettheten. Hvis en vannprofil viser at tettheten endres raskt med økende dybde har man en pyknoklin – et delingslag mellom to vannlag som har ulik tetthet, enten på grunn av forskjell i temperatur eller salinitet (hhv. termoklin og haloklin), eller en kombinasjon av de to. Om sommeren er det ofte en slik pyknoklin i nærheten av overflaten, da temperaturen i overflaten øker som ett resultat av varmere lufttemperaturer, samtidig som saliniteten synker på grunn av økt ferskvannstilførsel fra land. Overflatelaget vil da ha lavere tetthet enn vannmassene under, og man vil ha en stabil vertikal sjiktning i vannsøylene. Om vinteren forsvinner ofte dette overflatelaget, når temperaturforskjellene mellom luften og havoverflaten er mindre og det er økt miksing i vannsøylene forårsaket av kraftigere vær. En hydrografiprofil har derfor vanligvis mindre tetthetsforskjeller i vannsøylene om vinteren enn om sommeren.

### 2.2 Innlagingsdyp

Innlagingsdypet er der et utslipp, etter det har forlatt røråpningen, oppnår likevekt med de omkringliggende vannmassene (resipienten). Utslipet fra landanlegget vil enten stige eller synke når det forlater røret, avhengig av om tettheten på utslippet er lavere eller høyere enn resipienten. Utslipet vil blandes med omkringliggende vannmasser og utslippsskyen vokser. Denne blandingen vil enten senke eller øke tettheten i utslippsskyen og når tilstrekkelig fortykning av utslippsskyen har funnet sted vil resipienten og utslippet ha samme tetthet, utslippet slutter å stige eller synke, og innlagingsdypet er nådd. Når innlagingsdypet er nådd vil utslippet fortsette å spres horisontalt med vannstrømmen i området og fortyknes ytterligere (**Figur 2**).

Den vertikale sjiktningen i resipienten vil variere over tid, og innlagingsdypet vil dermed også variere mellom sesonger. Dersom utslippet har lavere tetthet enn resipienten vil det stige i det det forlater røråpningen. Om vinteren, når det er svakere vertikal sjiktning i vannsøylene, kan utslippsskyen forventes å stige og innlagres på grunnere dyp enn det vil om sommeren, når det er sterk vertikal sjiktning som vil forhindre videre stigning. At utslippet innlagres under overflaten er særlig kritisk om sommeren, når varmt overflatevann og god tilgang på sollys legger til rette for vekst av alger og planteplankton. Ved tydelig lagdeling og lite blanding i øvre del av vannsøylene vil overflatelaget være relativt stillestående. Hvis utslippet fra landanlegget tilfører næringsalter til overflatevannet, kan dette føre til økt primærproduksjon, uønsket algevekst og redusert vannkvalitet (bl.a. lave oksygenivå og redusert sikt) som videre kan føre til oksygenfattig dypvann som følge av nedbrytning av biomassen. Ved å sørge for at innlagringen skjer under overflatevannet vil man forhindre forurensning og eutrofiering av overflatelaget.

## Dyputslipp med innlagring av avløpsvannet

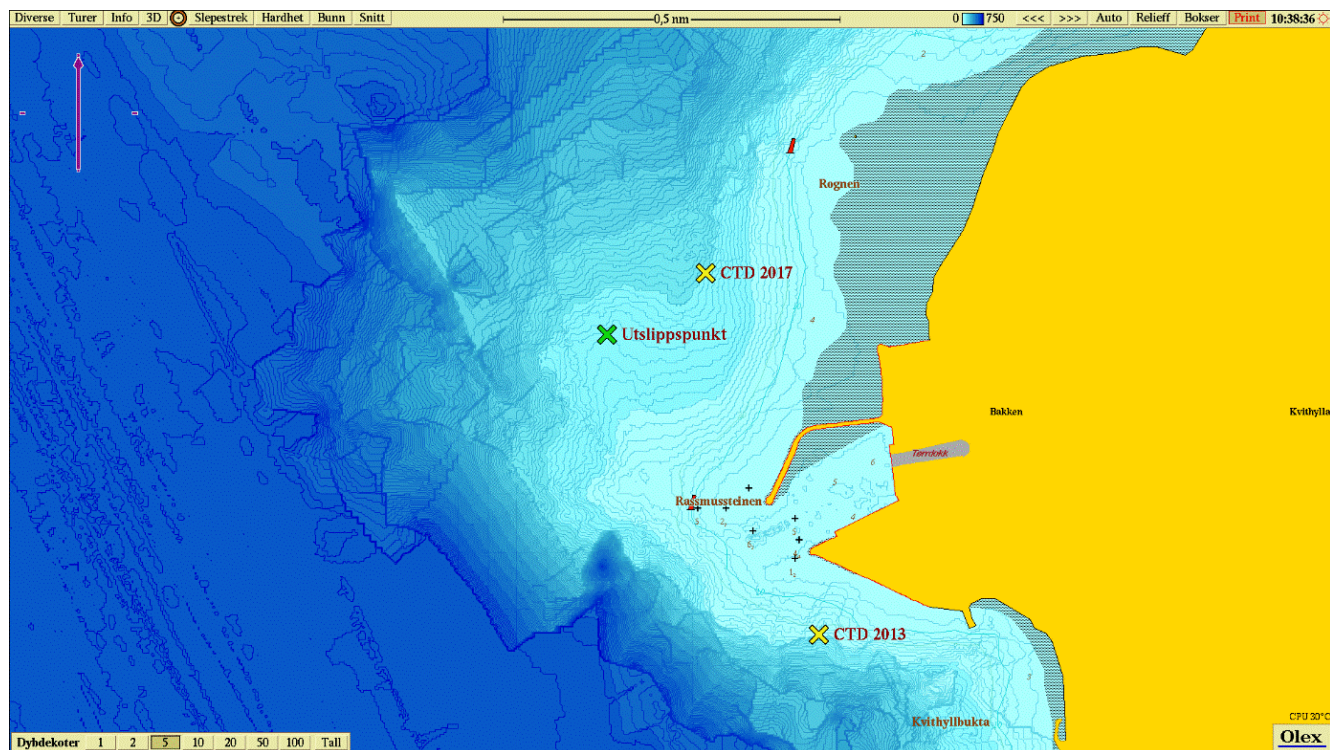


**Figur 2:** Skisse over hvordan ett utslipp, som originalt har lavere tetthet enn resipienten, oppfører seg i det utslippet forlater røråpningen og potensielt innlagres i vannmassene. *Figurkilde: Berge et al., 2018.*

### 3. Data og metode

#### 3.1 Område- og lokalitetsbeskrivelse

Kvithylla ligger i Indre Fosen ved Trondheimsfjorden, som har en nord-nordvest og sør-sørøstlig orientering (**Figur 1**). Aqua Kompetanse har anbefalt et utslippspunkt på 75 meters dyp vest for Kvithylla (63°34.134 N, 9°52.752 Ø, **Figur 3**). Utslippspunktet ligger 750 meter fra land og det går videre en bratt skråning fra punktet til midten av Trondheimsfjorden som er på 550 meters dyp.



**Figur 3:** Undersøkellesområdet ved Kvithylla. Plassering av foreslått utslippspunkt, strømrigg og CTD-stasjon for 2020 er markert samlet med ett grønt kryss. CTD-stasjoner fra tidligere år er markert med gule kryss. Kartkilde: Olex.

#### 3.2 Visual Plumes

Innlagringsdypet til utslippet, samt spredning og fortykning av utslippsskyen, beregnes med den numeriske modellen Visual Plumes utarbeidet av W.E Frick (Frick, 2001) og distribuert av United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Inngangsdata i modellen er utslippets egenskaper, vannstrøm og hydrografidata fra lokaliteten.

#### 3.3 Utslippsdata

Vikingbase Smolt AS har søkt om en årlig produksjon på 800 tonn smolt og 4800 tonn postsmolt fra et landbasert anlegg ved Kvithylla. Utslipet fra de to produksjonene modelleres samlet ettersom det i skrivende stund ikke er avklart om utslippene skal ledes ut i fjorden i ett eller to rør. ScaleAQ har gjort beregningene rundt egenskapene til avløpsvannet fra landanlegget (**Tabell 1**), blant annet vannmengde, fysiske egenskaper som salinitet og temperatur, samt konsentrasjon av næringsalter. Det er tatt høyde for en rensegrad av utslippsvannet på 70%. Utslipet modelleres fra ett dyp på 74 meter (1 meter over havbunnen), der rørråpningen er rettet mot vest og med en rørråpning på 0.5 m i diameter.

Den største delen av utslippet kommer fra postsmoltanlegget. Spillvannet fra postsmolt anlegget er 95.6 l/s og fra smoltanlegget 13.6 l/s, dette er maksimal vannmengde som slippes ut fra anlegget ved maksimal fôring. Temperaturen på utslippet er den samme for de to anleggene, men saliniteten i utslippet fra postsmoltanlegget er høyere. Utslippet fra postsmoltanlegget er omtrent 7 ganger utslippet fra smoltanlegget og vil være styrende for tettheten til totalutslippet. Saliniteten og tettheten på totalutslippet er derfor satt til hhv. 15 ppt og 1011 kg/m<sup>3</sup>. I modelleringen antas det at disse verdiene er konstante over tid og gjennom ulike sesonger.

**Tabell 1:** Utslippsinformasjon for smolt- og postsmoltanlegget ved Kvithylla oppgitt av ScaleAQ, samt modellverdier benyttet i Visual Plumes.

	Oppgitt av ScaleAQ		Modellverdi
	Smolt	Postsmolt	
<b>Produksjon (tonn)</b>	800	4800	-
<b>Temperatur (°C)</b>	12	12	<b>12</b>
<b>Salinitet (ppt)</b>	1-12	15-20	<b>15</b>
<b>Tetthet (kg/m<sup>3</sup>)</b>	-	-	<b>1011</b>
<b>Spillvann (l/s)</b>	13.6	95.6	<b>109.2</b>

### 3.4 Vannstrømdata

Vannstrømdata av god kvalitet er en forutsetning for å gi et realistisk estimat av utslippets spredning og fortykning. For at vannstrømmålingene skal være representative for påvirkningen på utslippsskyen bør målepunktet ligge så nært røråpningen som mulig, med vannstrømdata fra flere dyp.

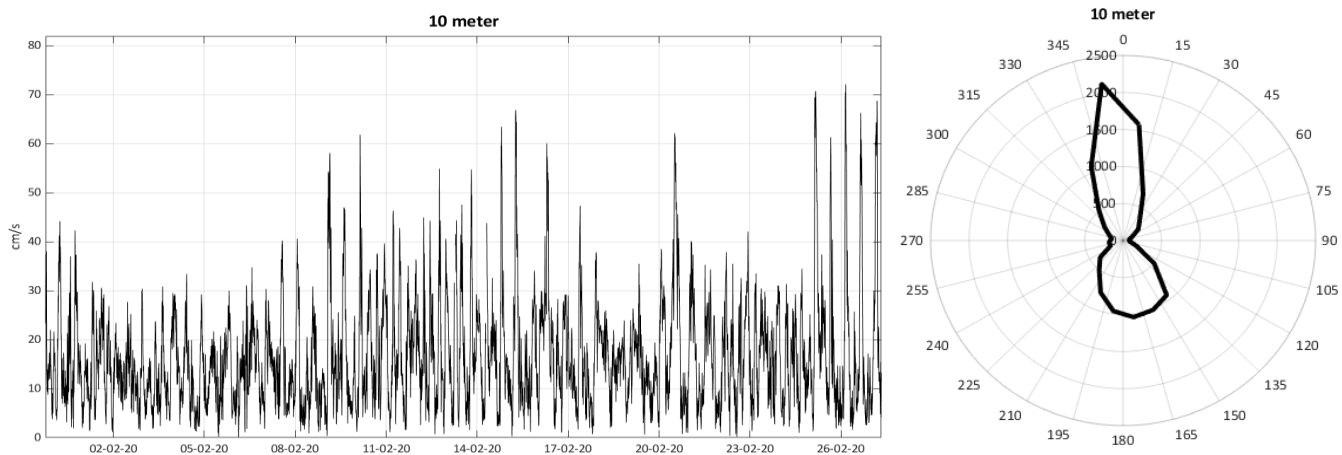
Aqua Kompetanse har stått for vannstrømmålingene brukt i modellen. Det er målt vannstrøm i hele vannsøylen i utslippspunktet for perioden 30.01.–27.02.2020 (Hiorth, 2020a), i henhold til NS 9425-2:2003. For å måle vannstrøm er det benyttet en 400 kHz akustisk strømmåler produsert av Nortek AS. Den akustiske måleren bruker dopplerskift for å beregne strømhastighet og -retning, og refereres ofte til som en dopplermåler. Instrumentet måler strøm hvert tiende minutt og strømdata for hele måleperioden benyttes i modellen. Strømriggens posisjon er 63°34.134 N, 9°52.752 Ø (**Figur 3**). Det er 75 meter dypt i målepunktet og strømhastighet og strømretning fra syv ulike måledyp jevnt fordelt i vannsøylen er brukt i modellen (**Tabell 2**). Vannstrømhastighet og vanntransport for tre av disse dypene, 10, 40 og 68 meters dyp, presenteres i **Figur 4, 5 og 6**.

Det er registrert sterk vannstrømhastighet i hele vannsøylen gjennom måleperioden, dette pga. sterk tidevannspåvirkning, smal fjord og bratt batymetri. Vannstrømmen ved Kvithylla er stort sett tidevannsstyrt, der vannstrømretningen varierer nedover vannsøylen pga. ulik batymetri i de forskjellige måledypene. I øvre del av vannsøylen følger strømmen fjordens orientering og ved overflaten er det registrert størst vanntransport mot nord, med en sekundærkomponent mot sør. Midt i vannsøylen er størst vanntransport registrert mot sør-sørvest, med en svak sekundærkomponent mot nord. Bunnstrømmen følger hovedsakelig batymetrien, med størst vanntransport mot vest og en svak sekundærstrøm mot nordøst. Det er registrert liten andel strømstille målinger i måleperioden på alle undersøkte dyp.

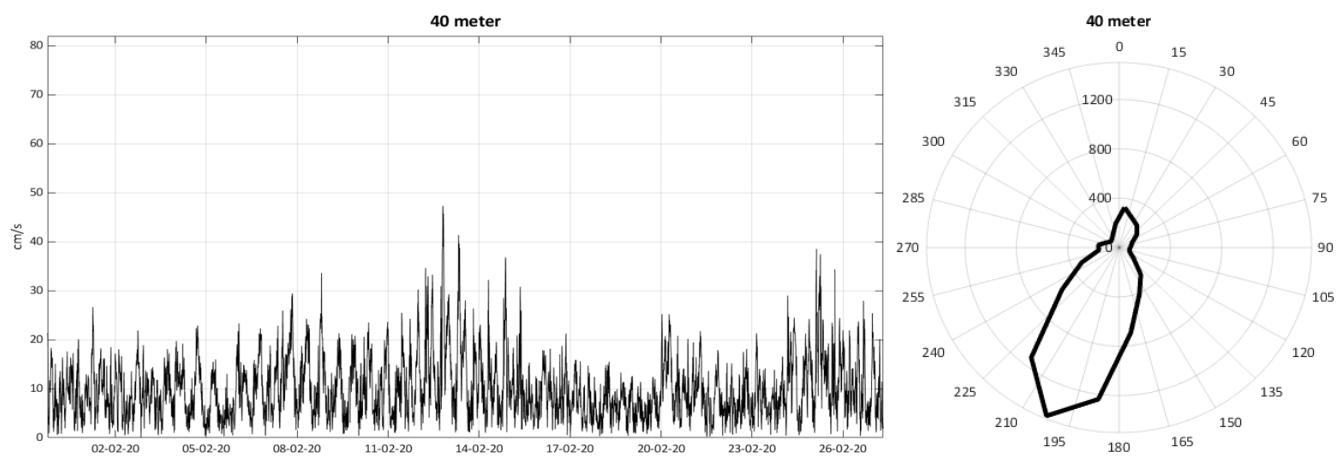


**Tabell 2:** Statistikk for vannstrømmålinger utført ved Kvithylla i de syv dybene benyttet i Visual Plumes (Hiorth, 2020a).

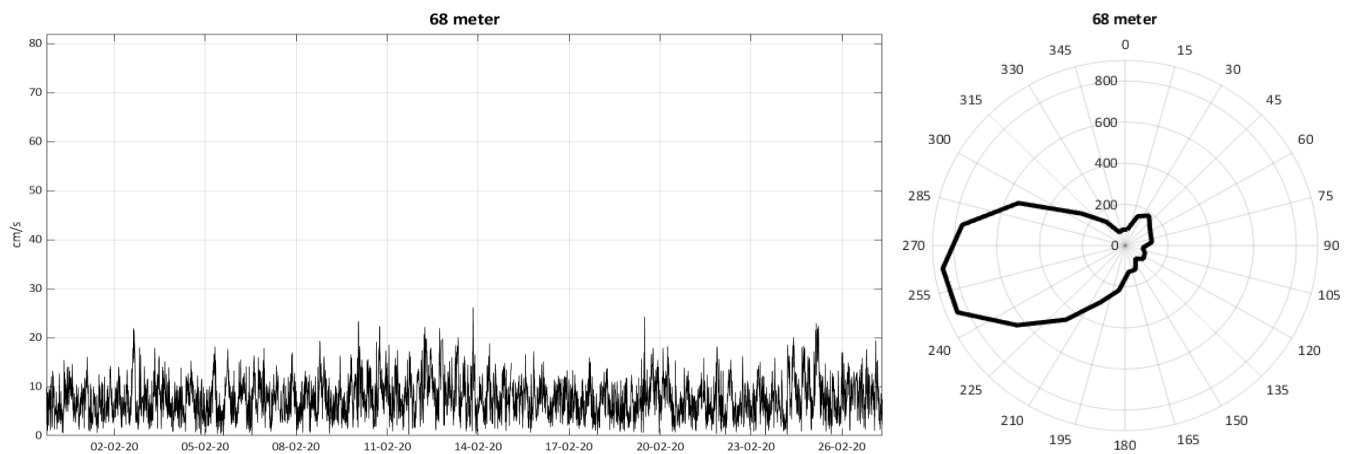
	Dybde (m)						
	10	20	30	40	50	60	68
Gjennomsnittshastighet (cm/s)	16.5	12.4	10.4	9.9	9.8	8.9	7.7
Maksimalhastighet (cm/s)	72.2	64.3	59.5	47.3	41.9	36.8	26.2
Andel nullstrøm (%)	0.4	0.9	1.1	1.3	1.0	1.3	1.3
Hovedstrømretning	nord	nord og sør	sør-sørvest	sør-sørvest	sørvest	sørvest	vest



**Figur 4:** Vannstrømhastighet (cm/s) og vanntransport ( $m^3/m^2/dag$ ) for hver 15° sektor på 10 meters dyp ved Kvithylla i perioden 30.01.–27.02.2020 (Hiorth, 2020a).



**Figur 5:** Vannstrømhastighet (cm/s) og vanntransport ( $m^3/m^2/dag$ ) for hver 15° sektor på 40 meters dyp ved Kvithylla i perioden 30.01.–27.02.2020 (Hiorth, 2020a).



**Figur 6:** Vannstrømhastighet (cm/s) og vanntransport ( $m^3/m^2/dag$ ) for hver 15° sektor på 68 meters dyp ved Kvithylla i perioden 30.01.–27.02.2020 (Hiorth, 2020a).

### 3.5 Hydrografidata

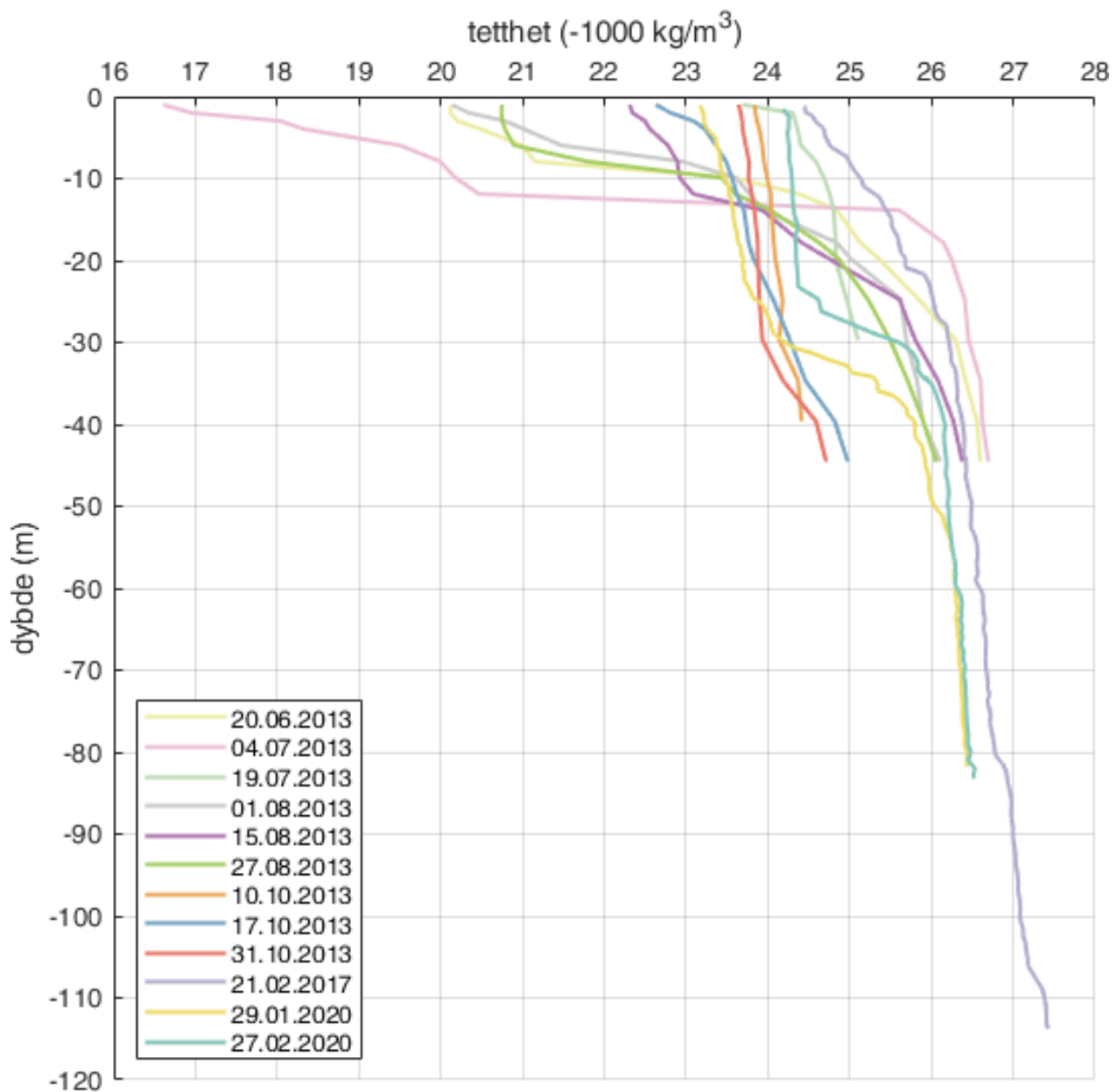
Det er gjennomført 12 CTD-profiler ved Kvithylla i ulike sesonger og i tre ulike posisjoner (**Figur 3** og **Tabell 3**). Multiconsult har innhentet 9 CTD-profiler i 2013 på vegne av Rissa kommune (Molvær og Urke, 2014), og Aqua Kompetanse har innhentet en CTD-profil i 2017 (Austad, 2017) og to i 2020 (i forbindelse med utsett og opptak av strømrigg). Målingene er i alle tilfeller utført med en CTD modell SD204, og er satt opp til å måle hvert andre sekund mens den senkes ned og hales opp gjennom vannsøylen. Data presentert i denne rapporten er målt på down-cast (målinger gjort fra overflaten og ned til bunnen).

Samlet representerer de 12 CTD-profilene ulike vertikale sjiktninger ved Kvithylla spredt over de ulike sesongene. Til tross for en viss avstand mellom CTD-profilene fra 2013 og selve utslippspunktet regnes hydrografidata herfra som representativ for hele området. Alle profilene er derimot ikke målt ned til dypeste punkt av vannsøylen, men under overflatelaget og nedover i dypet er det mindre variasjon i tetthet og en konstant tetthet under siste måling antas derfor i modellkjøringene.

**Tabell 3:** Oversikt over måletidspunkt, ansvarlig aktør, posisjon og dybde for hydrografiprofiler ved Kvithylla (Molvær og Urke, 2014; Austad, 2017; Hiorth, 2020b).

Måletidspunkt	Ansvarlig	Posisjon	Dyp (m)
2013	Multiconsult	63°33.688 N, 09°53.458 Ø (Approximasjon fra kart i original rapport)	30-45
21.02.2017	Aqua Kompetanse	63°34.225 N, 09°53.080 Ø	115
29.01.2020	Aqua Kompetanse	63°34.134 N, 09°52.752 Ø	82
27.02.2020	Aqua Kompetanse	63°34.134 N, 09°52.752 Ø	83

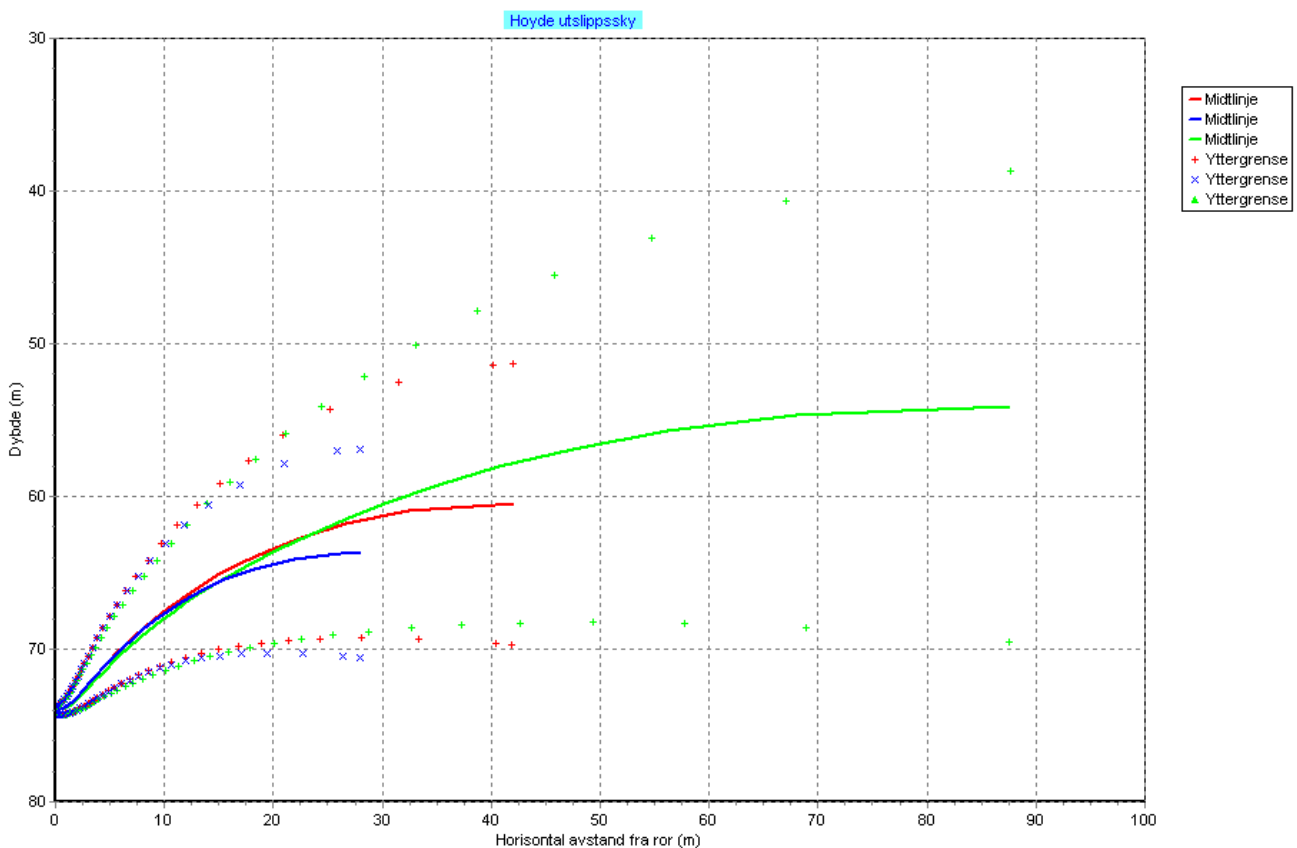
Tetthetsprofilen fra 12 CTD-profiler som er brukt i modellkjøringen er vist i **Figur 7** (se **Vedlegg A** for salinitet- og temperaturprofiler). Tetthetsprofilene fra sommersesongen viser en sterk vertikal sjiktning med et relativt tynt og ferskt overflatelag, mens profilen fra vintersesongen viser en svak vertikal sjiktning og dypere overflatelag.



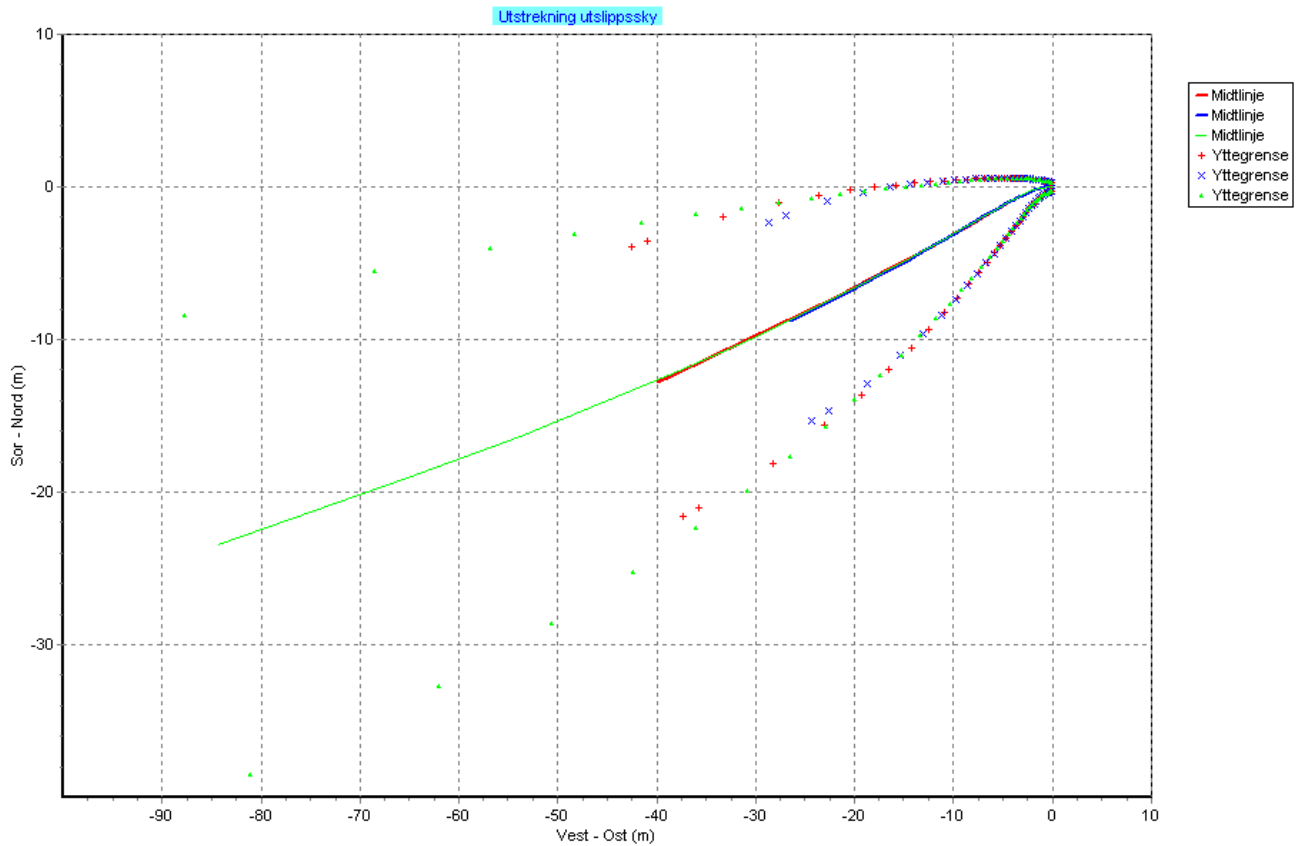
**Figur 7:** Tetthet ( $\text{kg/m}^3$ ) målt fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) for 12 ulike CTD-profiler gjennomført ved Kvithylla.

## 4. Resultater

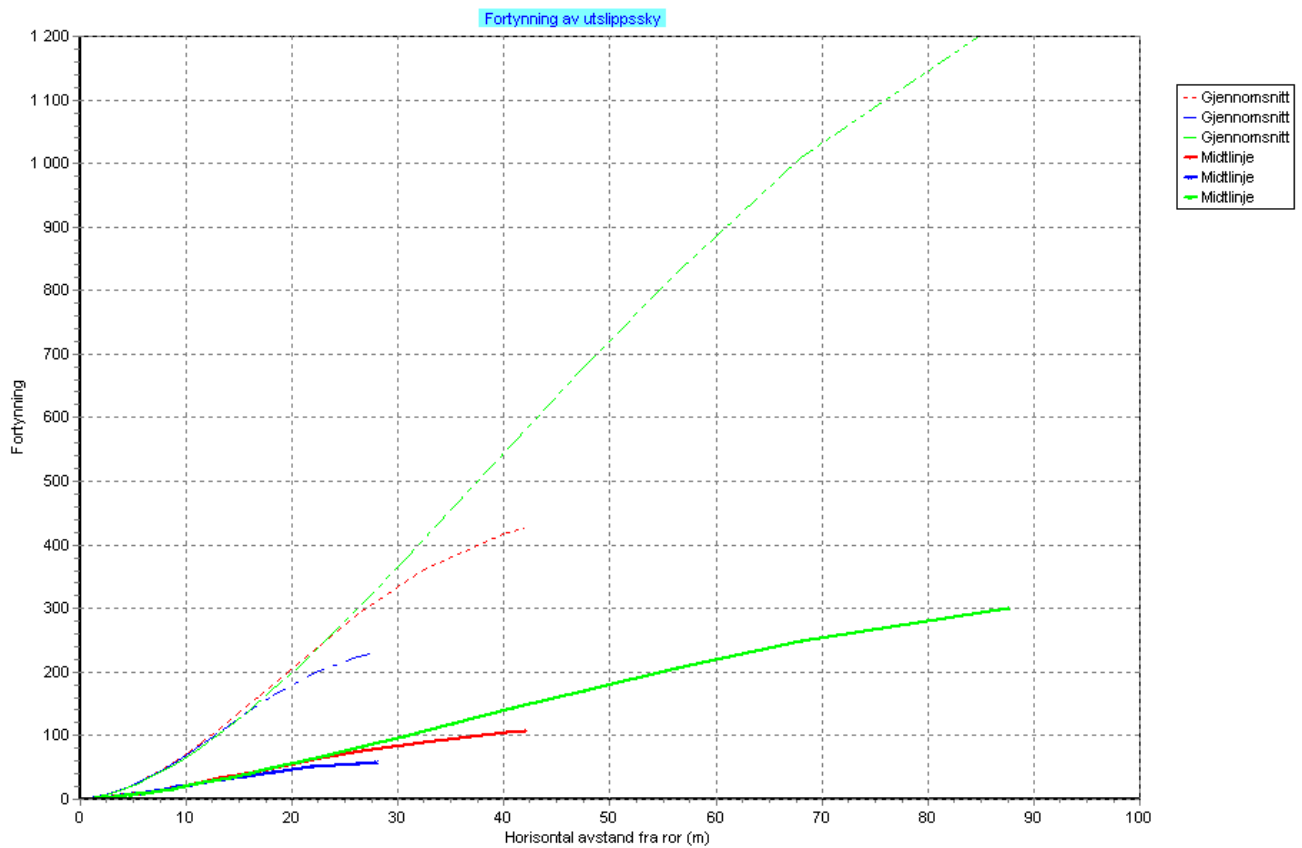
Modellen er kjørt for hver av de 12 CTD-profilene. Resultatene fra de forskjellige CTD-profilene er tilnærmet like, derfor er det kun modellresultater fra CTD-profilene tatt 20.06.2013 (sommerprofil), 10.10.2013 (høstprofil) og 21.02.2017 (vinterprofil) som diskuteres og vises her (**Figur 8, 9 og 10**). Resultater fra samtlige modellkjøringer kan ses i **Vedlegg B**. Modellresultatene viser at sentrum av utslippet innlagres på omtrent 54, 64 og 61 meters dyp for hhv. sommer-, høst- og vinterprofilen, med øvre yttergrenser som når hhv. 38, 57 og 51 meters dyp (**Figur 8**). Alle tre scenarioene viser at sentrum av utslippet vil dreie mot sørvest ut fra røråpningen (**Figur 9**), med en horisontal avstand på 41 og 28 meter fra røråpningen for hhv. sommer- og vinterprofilen, mens høstprofilen vil nesten nå 90 meter fra røråpningen. Modellen beregner at gjennomsnittet til utslippsskyen vil være omtrent 60, 100 og 80 ganger fortynnet i en horisontal avstand på omtrent 30 meter fra røråpningen, for hhv. sommer-, høst- og vinterprofilen (**Figur 10**).



**Figur 8:** Modellert vertikal bane for utslippsskyen. Utslippspunktet, og land, er til venstre i figuren, havoverflaten er opp og havbunnen er ned i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiptet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 20.06.2013 (blå kurve) og 10.10.2013 (grønn kurve).



**Figur 9:** Modellert horisontal bane for utslippsskyen sett ovenfra, nord er opp i figuren og vest er til venstre i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 20.06.2013 (blå kurve) og 10.10.2013 (grønn kurve).



**Figur 10:** Modellert fortynning (y-akse) av utslippsskyen sett i avstand (x-akse) fra utslippspunktet. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer gjennomsnittet for utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 20.06.2013 (blå kurve) og 10.10.2013 (grønn kurve).

## 5. Diskusjon

Modellert innlagringsdyp ved Kvithylla viser at utslippet fortynnes og innlagres før det når overflaten. Den relativt sterke vannstrømmen ved Kvithylla, i kombinasjon med utslippets egenskaper og de omkringliggende vannmassene, gjør at utslippet ved Kvithylla med stor sannsynlighet ikke vil nå overflaten hverken om vinteren eller om sommeren. Modellen er kjørt for 12 tetthetsprofiler fra forskjellige tider på året. For alle modellerte tilfeller innlagres utslippet under overflatelaget. På det grunneste vil utslippsskyens yttergrense kunne nå 38 meters dyp og grense mot overflatelaget, men utslippet vil da være betydelig fortynnet (>1200 ganger). Vannstrømmen ved lokaliteten er avgjørende for retningen på utslippets spredning og fortynningsgrad. Modellen estimerer at utslippsskyen vil dreie mot sørvest, dvs. vekk fra strandsonen. Vanntransporten forbi røråpningen fører til rask fortykning av utslippet, og i en avstand på 30 meter fra røråpningen viser modellresultatene at utslippsskyen er rundt 100 ganger fortynnet. God vannutskiftning og betydelig fortykning nært utslippspunktet er med på å redusere risikoen for eutrofiering og forurensing av resipienten.

Utslippets innlagringsdyp, spredning og fortykning varierer mellom de ulike sesongene som er modellert. Den vertikale banen for utslippet er svært lik frem til omtrent 15 meter fra røråpningen for de tre modellerte datoene. Deretter varierer innlagringsdypet med rundt 10 m for midtlinje og yttersonen for utslippsskyene. Forskjellen i modellresultatene mellom februar, juni og oktober kommer av at de har ulike tetthetsprofiler, som igjen har varierende sammenheng med tettheten på selve utslippet, som i modellen er satt til  $1011 \text{ kg/m}^3$ . I profilen fra oktober (10.10.2013) observeres en tilnærmet uniform vannmasse som samtidig har den laveste tettheten blant de tre utvalgte profilene ( $1024.4 \text{ kg/m}^3$  ved dyp >30 meter). Ved slike forhold vil resipienten ha en tetthet som er nærmere utslippets tetthet enn de høyere tetthetene som er registrert i profilene fra februar og juni hvor tettheten ligger på  $1026\text{--}1027 \text{ kg/m}^3$  for dyp >30 meter. I februar og juni modelleres ett dypere innlagringsdyp enn i oktober, hvor juni resulterer i den dypeste innlagringen.

Det ble utført modellforsøk med ekstreme forhold tilrettelagt for å oppnå innlagring i overflatevannet (se **Vedlegg C**). Det ble testet for doblet vannmengde (**Figur C.1-3**), redusert strøm ved lokaliteten (blå kurve, **Figur C.4-6**) og utslipp bestående utelukkende av ferskvann (grønn kurve, **Figur C.4-6**). Selv ved forhold konstruert for å oppnå innlagring i overflaten viste modellresultatene at utslippet ikke vil nå overflatelaget. Om utslippet mot formodning allikevel vil nå overflatelaget, vil utslippsskyen være betydelig fortynnet. Resultatene viser at allerede 30 meter fra utslippspunktet er utslippet fortynnet 60–100 ganger, og fortykningen vil fortsette jo lengre utslippet beveger seg i vannmassene.

Det er også tidligere modellert innlagringsdyp ved Kvithylla. I 2014 ble det modellert utslipp av kommunalt avløpsvann, utført av NIVA på vegne av daværende Rissa Kommune (Molvær og Urke, 2014). Utslippet ble modellert i samme posisjon som CTD-profilene fra 2013 (**Figur 3**), og viser at med et utslippspunkt på 40 meters dyp vil utslippet innlagres under overflaten. Konklusjonen fra modelleringene fra 2014 samsvarer med de presenterte modellresultatene, og støtter at utslippet ved Kvithylla vil innlagres under overflatelaget.

### 5.1 Antagelser og usikkerheter

Modelleringen gir ett øyeblikksbilde på forholdet mellom utslippet og resipienten. I modelleringen antas det at egenskapene til utslippet og vannmassene er konstante over tid, men i realiteten vil noen av disse egenskapene variere. Det antas at både total vannmengde og utslippsvannets tetthet er konstante gjennom året, men i virkeligheten vil disse parameterne variere i takt med blant annet fôringsgraden ved anleggene. For å være på den sikre siden er modellen kjørt for maksimal vannmengde som slippes ut ved maksimal fôring. Det er også gjort modellkjøringer for doblet vannmengde (**Figur C.1-3**). I disse tilfellene når utslippsskyene et par meter grunnere, men ingen av test-scenariene viser at utslippet vil nå overflatelaget. Tettheten på utslippet vil også variere noe i løpet av året avhengig av hvor anlegget er i produksjonsfasen av smolt og postsmolt. Utslippet fra smoltproduksjonen vil ha den største variasjonen i tetthet, men denne variasjonen trolig ikke være av betydning fordi smoltproduksjonen kun står for en åttendedel av det samlede utslippet og tettheten fra postsmoltproduksjonen dermed vil være styrende for spillvannets fysiske egenskaper. Verdien for salinitet benyttet i Visual Plumes ble satt til 15 ppt i samråd med Scale AQ, og er vurdert til å være en egnet representasjon av salinitet i utslippsvannet fra den samlede produksjonen. Ved Kvithylla vil variasjoner i utslippsvannets tetthet ikke føre til betydelige endringer i innlagringsdyp, da den forholdsvis sterke vannstrømmen målt ved utslippspunktet vil gjøre at også et ferskere utslipp fra anleggene vil kunne innlagres under overflaten (som bekreftet ved eksperimentelle modellforsøk, resultatene kan ses i **Vedlegg C**).

Vannstrømmålingene som ligger til grunn for modelleringen er målt i én måned. Det vil forekomme variasjoner i strømstyrke og -retning i vannmassene ved Kvithylla, men basert på at området er utsatt for sterke tidevannsstrømmer antas det at de målte strømforholdene er representative gjennom ulike sesonger og år. Vannstrømstyrke- og retning må likevel forventes å variere mellom ulike sesonger og år. Målte strømretninger er i stor grad ensrettet, derfor antas det at disse representerer strømretningene i en viss utstrekning fra målepunktet. Strømstyrke og -retning vil påvirke utslippsskyens bevegelser i både horisontal og vertikal retning. Siden samtlige modellresultater viser at utslippet ikke under noen omstendigheter ledes til vannmassenes overflatelag, anses det som usannsynlig at variasjon i strømforholdene vil ha stor betydning for utslippets vertikale bevegelse. Også ved ekstremisituasjoner i strømforhold i området, kan utslippet forventes å innlagres tilstrekkelig dypt og ledet vekk fra strandsonen (som bekreftet ved eksperimentelle modellforsøk, resultatene kan ses i **Vedlegg C**).

Modellberegningene i Visual Plumes tar ikke direkte hensyn til variasjoner i batymetri. Modellresultatene viser at utslippsskyen vil bevege seg oppover i vannsøylen, og horisontalt mot områder av Trondheimsfjorden hvor det er dypere. De målte vannstrømretningene som ligger til grunn for modellering styres blant annet av batymetrien i området, hvilket betyr at batymetrien indirekte er med på å styre retningen for utslippsskyens bevegelser. Det antas at batymetri-data i modelleringen ville hatt liten betydning for modellresultatene.

Modellen beregner kun primærfortynningen, altså spredningen av utslippsskyen i nærheten av røråpningen. Ettersom at modellresultatene viser en forholdsvis rask fortynning, med opptil 100 ganger fortynning 30 meter fra utslippspunktet, antas primærfortynningen å være en tilstrekkelig god beskrivelse av utslippets bevegelser, for dette formålet. Strømbildet vil muligens være noe annerledes 50 meter fra røråpningen, men vil trolig ikke variere på en måte som fører utslippet til overflaten.



## 6. Oppsummering

Innlagringsdyp, spredning og fortykning av utslipp fra et landbasert oppdrettsanlegg ved Kvithylla er modellert med Visual Plumes. Modellen er kjørt for 12 tetthetsprofiler fra forskjellige sesonger, samt for scenarier hvor innlagring i overflatevannet var forventet (ekstrem-scenarioer). Samtlige modellresultater viser at utslippet fortyknes og innlagres før det når overflaten. Ved Kvithylla er det god vannskiftning i hele vannsøylen, og i kombinasjon med utslippets egenskaper i forhold til egenskapene i de omkringliggende vannmassene vil et utslipp ved Kvithylla med stor sannsynlighet ikke nå overflaten, hverken om vinteren eller om sommeren. Utslippet vil føres i sørvestlig retning, vekk fra strandsonen. God vannskiftning fører også til rask fortykning, som reduserer risikoen for eutrofiering av resipienten. Basert på modelleringen med Visual Plumes, anbefaler Aqua Kompetanse AS at et framtidig utslippspunkt ved Kvithylla legges på 75 meters dyp i foreslått punkt, vest for Kvithylla.

## 7. Referanser

Austad, M. (2017) Måling av hydrografi ved inntakspunkt for VikingBase Havbruk i Rissa kommune, februar 2017. Rapportnummer 42-2-17S levert av Aqua Kompetanse AS.

Berge, J. A., Schaanning, M. T., Staalstrøm, A., 2018. Utslipp til sjø – kan enkle modeller gi tilstrekkelig grunnlag for vurdering av spredning, fortykning og surhetsgrad? *Vann*, 53 (1), 15-30. Vannforeningen.

Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J, Baumgartner, D.J. and George, K.P., 2001. *Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes)*. Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency.

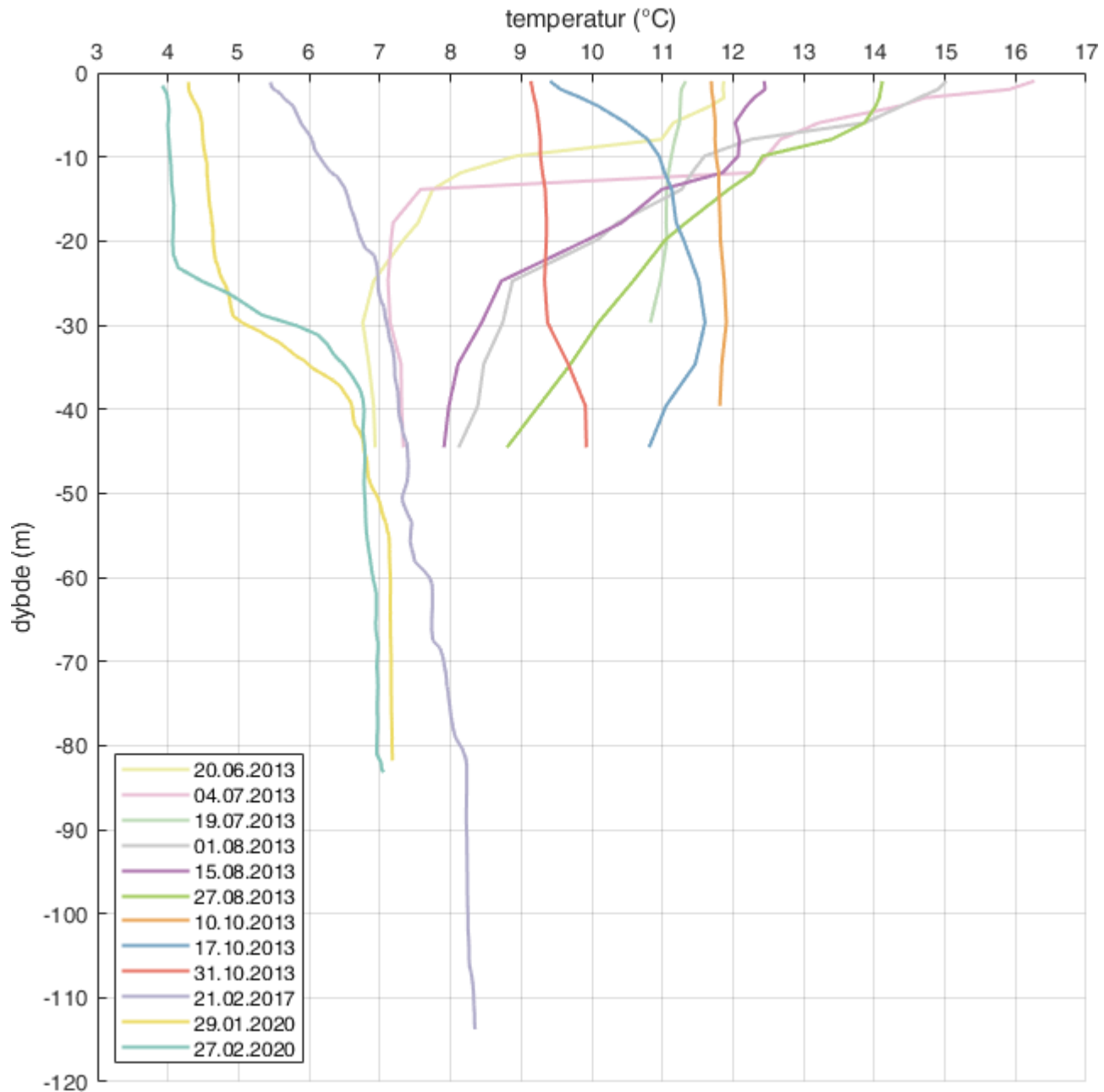
Hiorth, K. (2020a) Vannstrømmåling ved Kvithylla, Indre Fosen, januar-februar 2020. Rapportnummer 63-3-20S levert av Aqua Kompetanse AS.

Hiorth, K. (2020b) CTD-profil ved Kvithylla, februar 2020 utført av Aqua Kompetanse AS. Datasett tilgjengelig ved forespørsel.

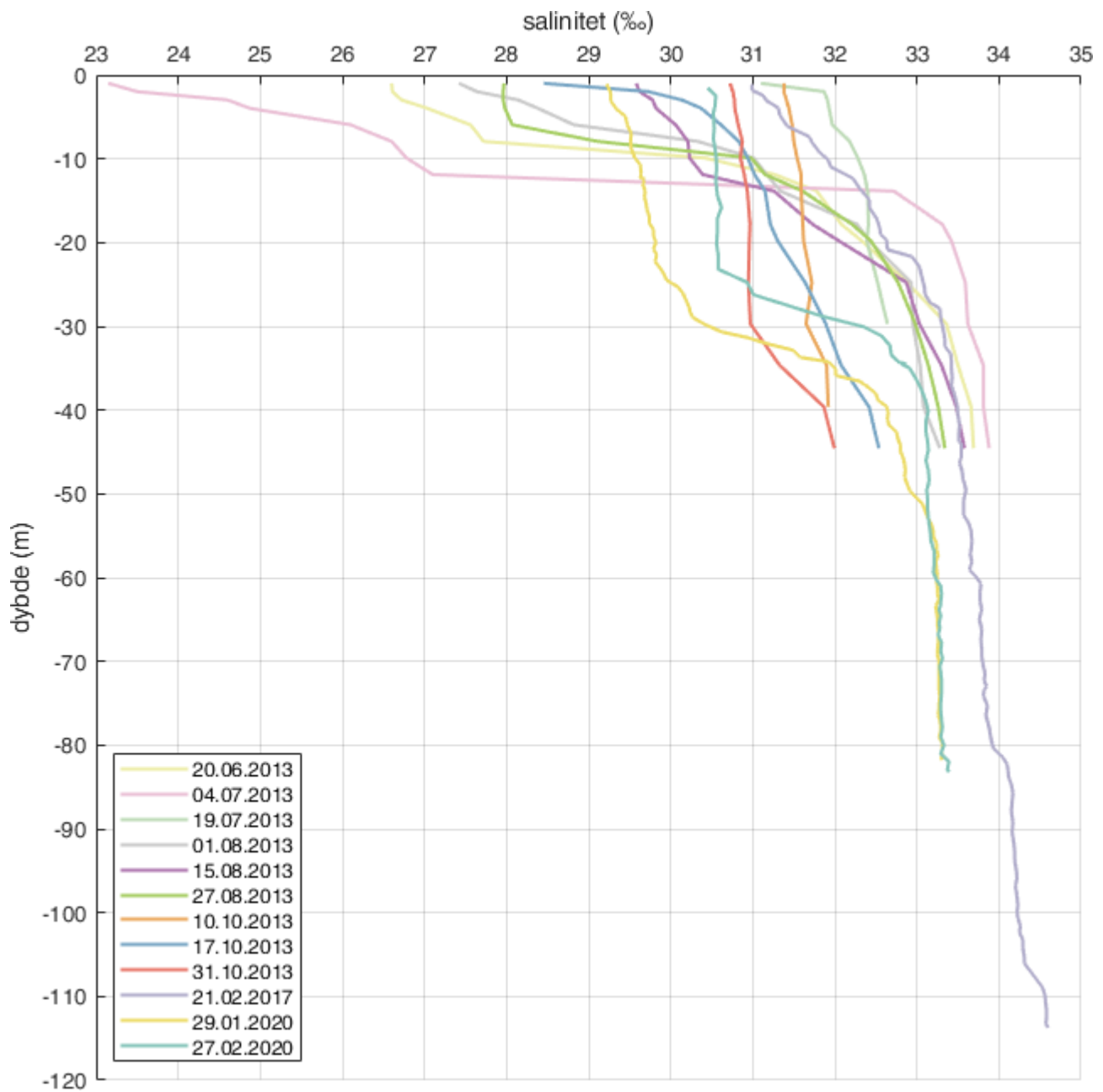
Molvær, J. og Urke H.A. (2014). Rissa kommune – Beregninger for utslipp av kommunalt avløpsvann ved Kvithyll. NIVA. Rapport L.NR. 6641-2014.

Norsk standard 9425 (2003) Oseanografi - Del 2: Strømmålinger ved hjelp av ADCP. Standard Norge. NS 9425-2:2003.

## Vedlegg A – Supplerende hydrografifigurer

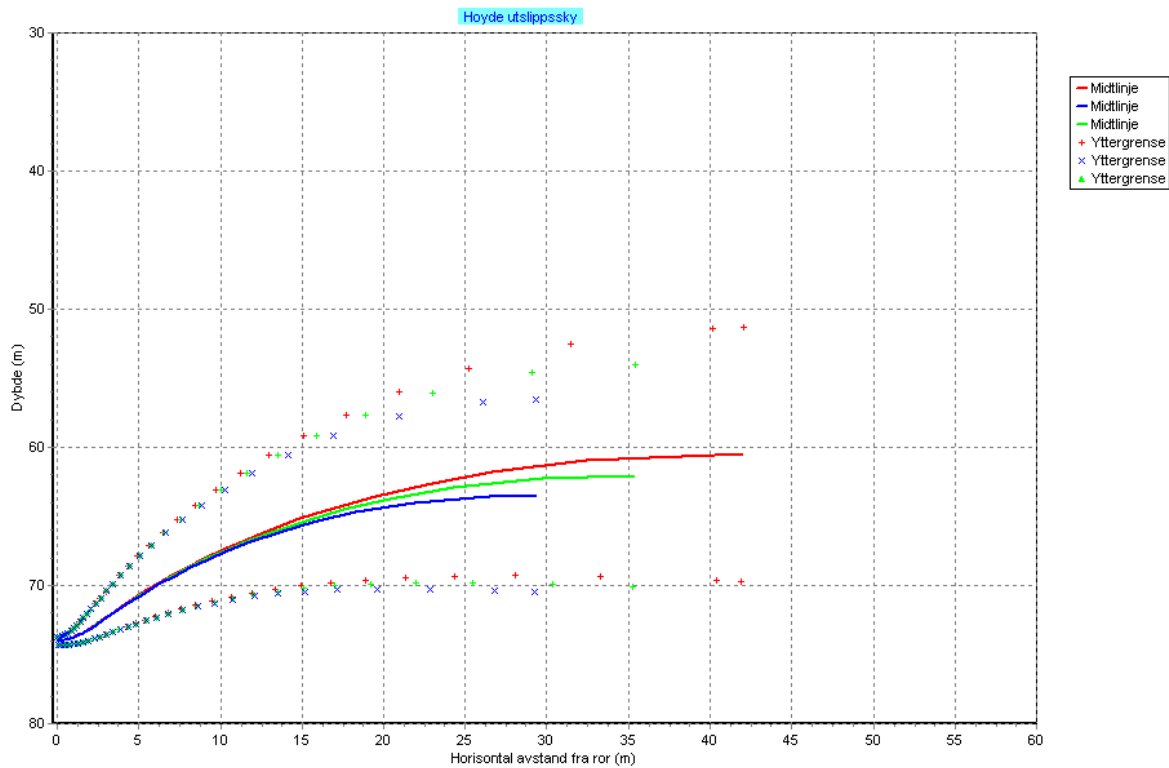


**Figur A.1:** Temperatur (°C) målt fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) for 12 ulike CTD-profiler tatt ved Kvithylla.

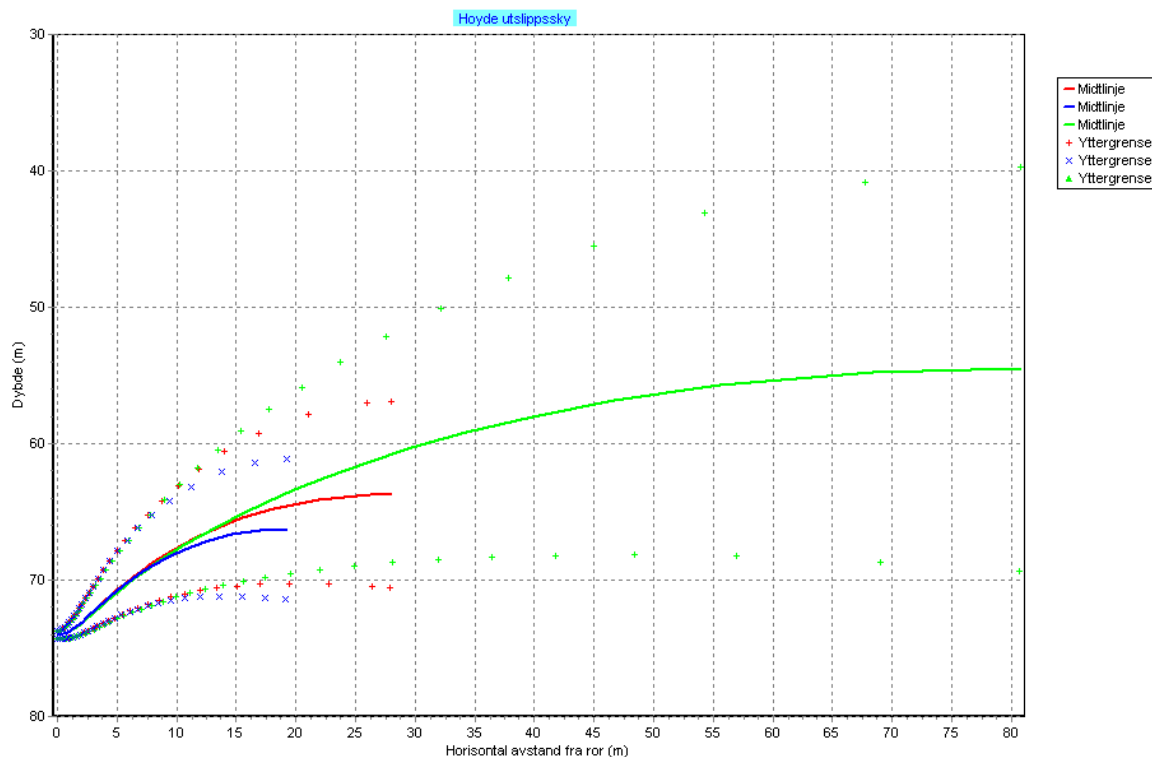


**Figur A.2:** Salinitet (‰) målt fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) for 12 ulike CTD-profiler tatt ved Kvithylla.

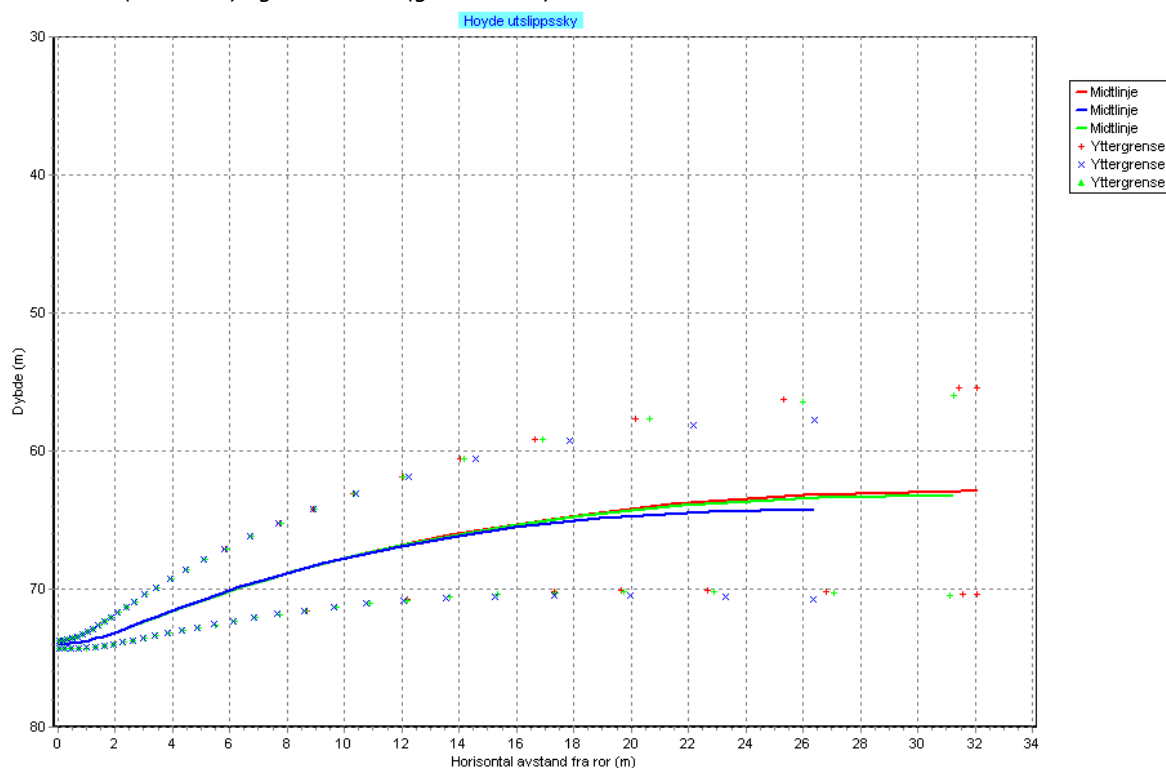
## Vedlegg B – Supplerende modellfigurer, 12 - CTD profiler



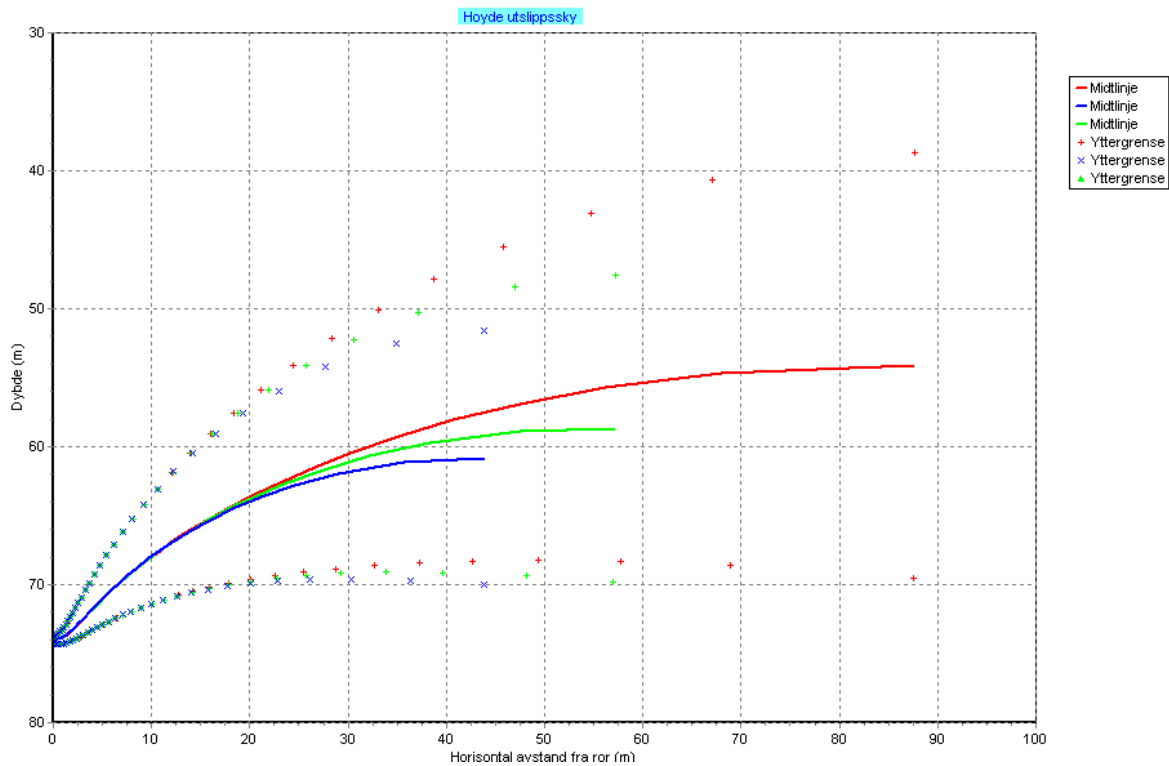
**Figur B.1:** Modellert vertikal bane for utslippsskyen. Utslippspunktet, og land, er til venstre i figuren, havoverflaten er opp og havbunnen er ned i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplede linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 29.01.2020 (blå kurve) og 27.02.2020 (grønn kurve).



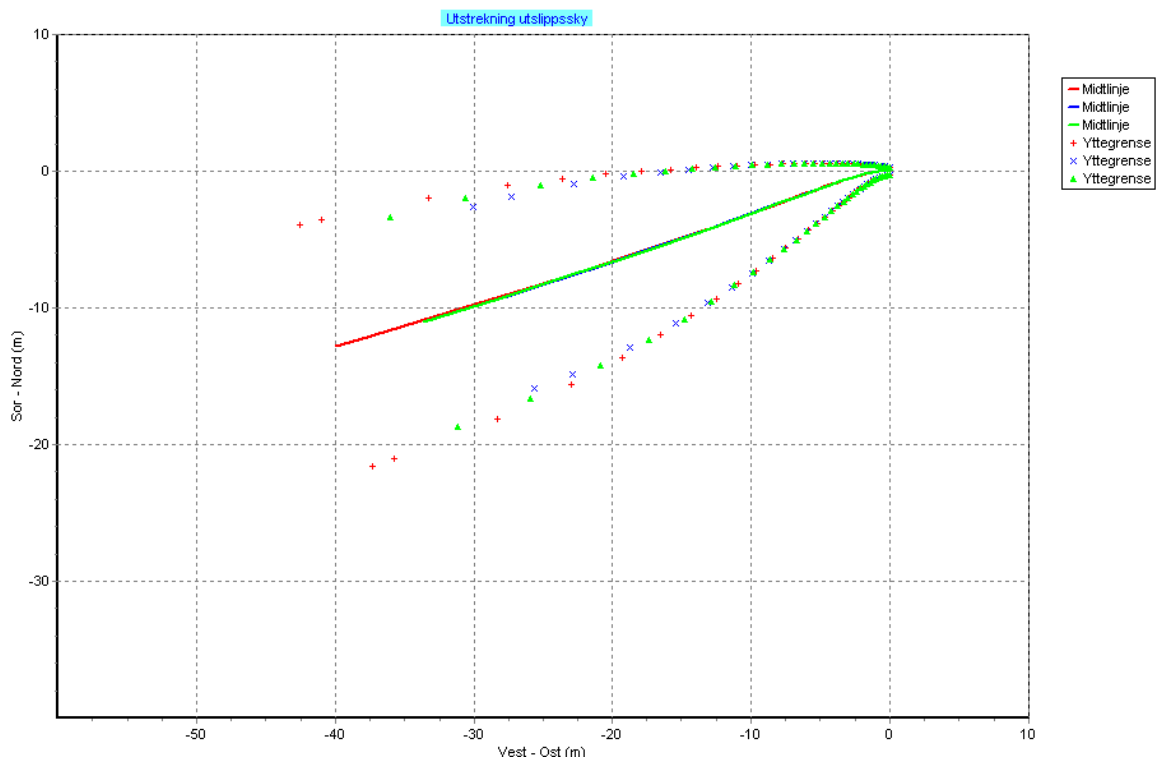
**Figur B.2:** Modellert vertikal bane for utslippsskyen. Utslippspunktet, og land, er til venstre i figuren, havoverflaten er opp og havbunnen er ned i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiptet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 20.06.2013 (rød kurve), 04.07.2013 (blå kurve) og 19.07.2013 (grønn kurve).



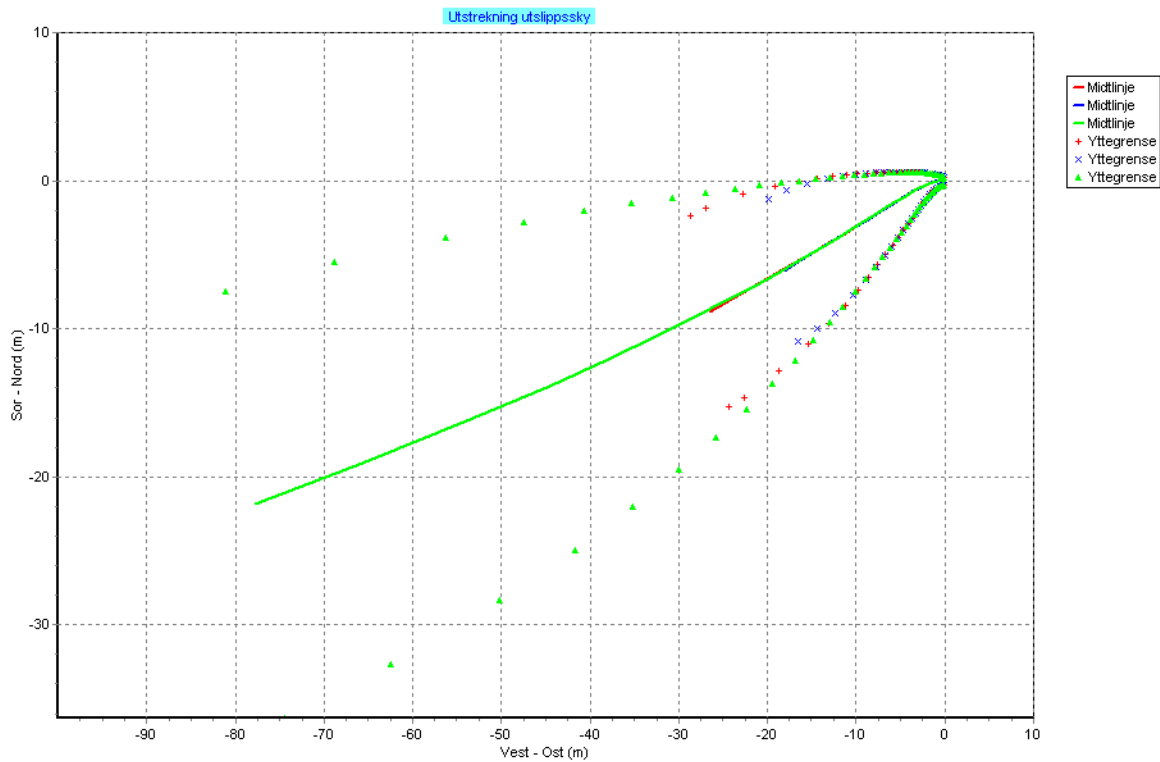
**Figur B.3:** Modellert vertikal bane for utslippsskyen. Utslippspunktet, og land, er til venstre i figuren, havoverflaten er opp og havbunnen er ned i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiptet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 01.08.2013 (rød kurve), 15.08.2013 (blå kurve) og 27.08.2013 (grønn kurve).



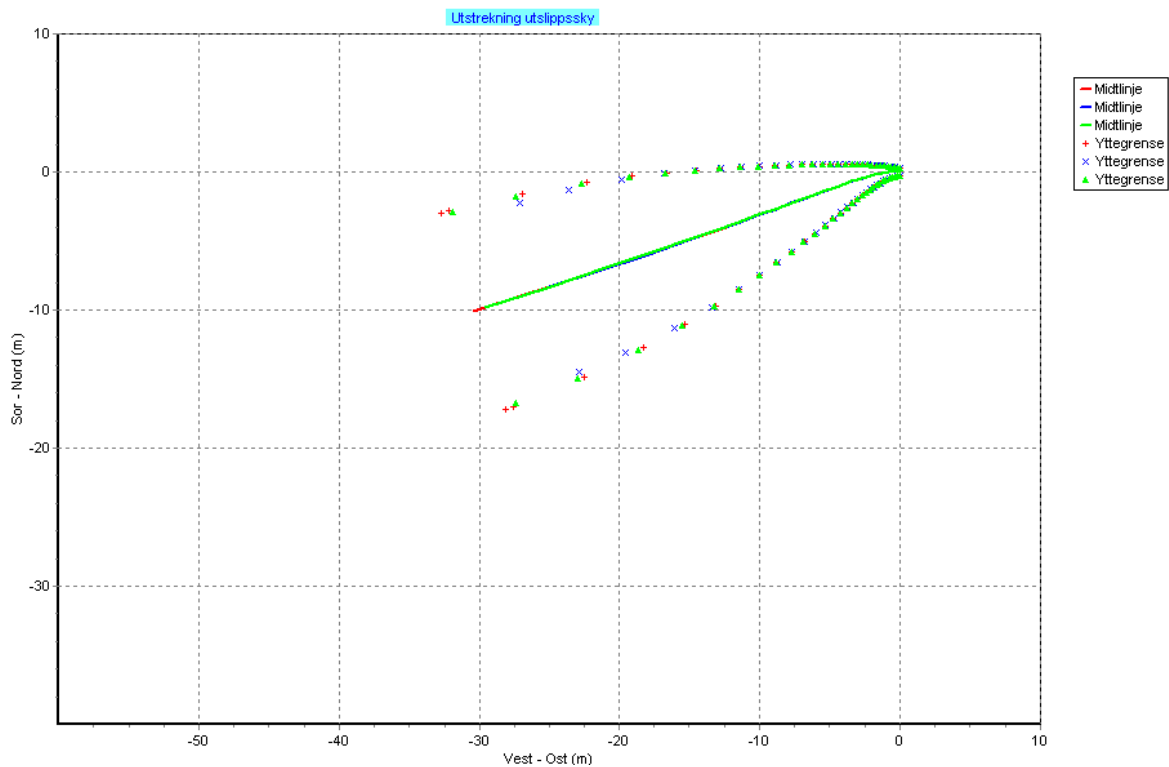
**Figur B.4:** Modellert vertikal bane for utslippsskyen. Utslippspunktet, og land, er til venstre i figuren, havoverflaten er opp og havbunnen er ned i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 10.10.2013 (rød kurve), 17.10.2013 (blå kurve) og 31.10.2013 (grønn kurve).



**Figur B.5:** Modellert horisontal bane for utslippsskyen sett ovenfra, nord er opp i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 29.01.2020 (blå kurve) og 27.02.2020 (grønn kurve).

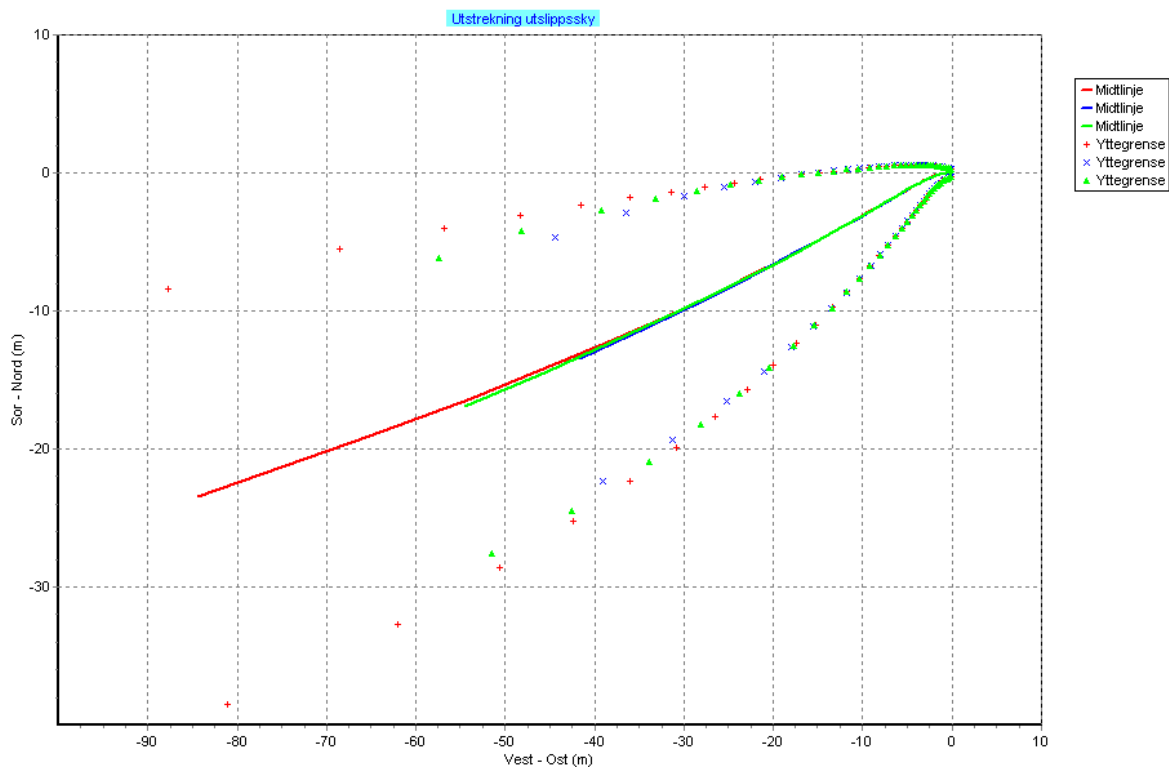


**Figur B.6:** Modellert horisontal bane for utslippsskyen sett ovenfra, nord er opp i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 20.06.2013 (rød kurve), 04.07.2013 (blå kurve) og 19.07.2013 (grønn kurve).

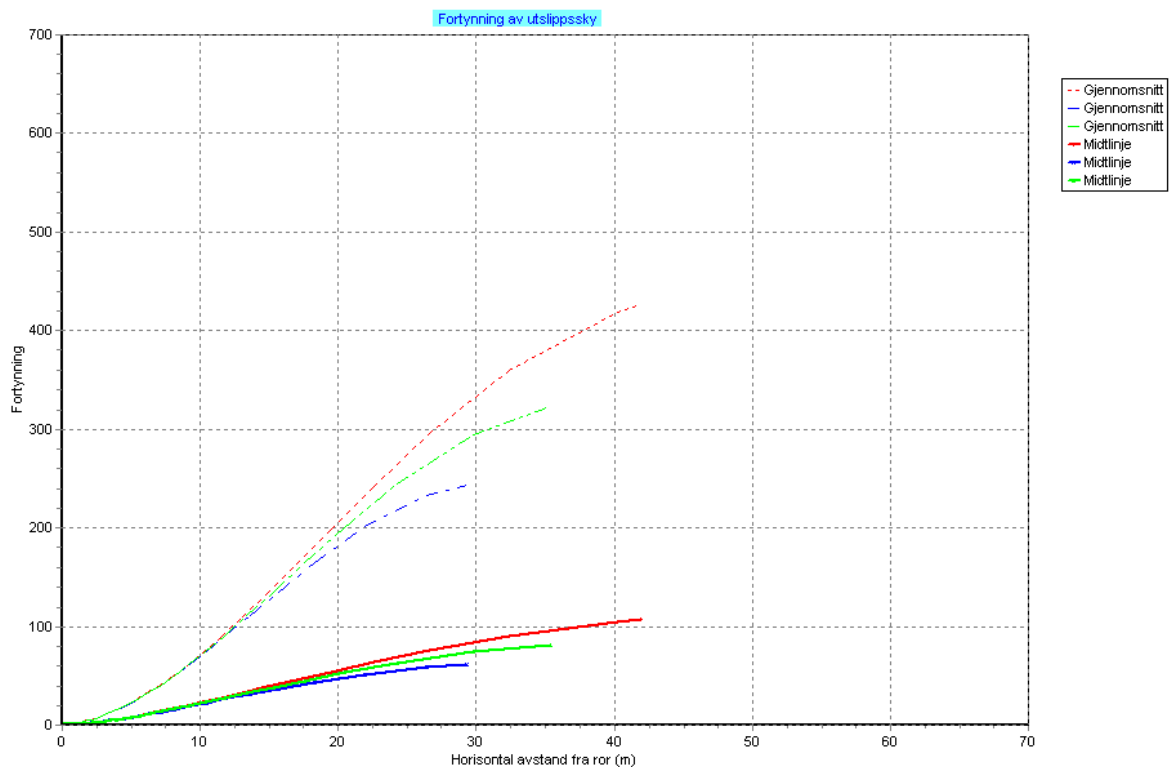


**Figur B.7:** Modellert horisontal bane for utslippsskyen sett ovenfra, nord er opp i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 01.08.2013 (rød kurve), 15.08.2013 (blå kurve) og 27.08.2013 (grønn kurve).

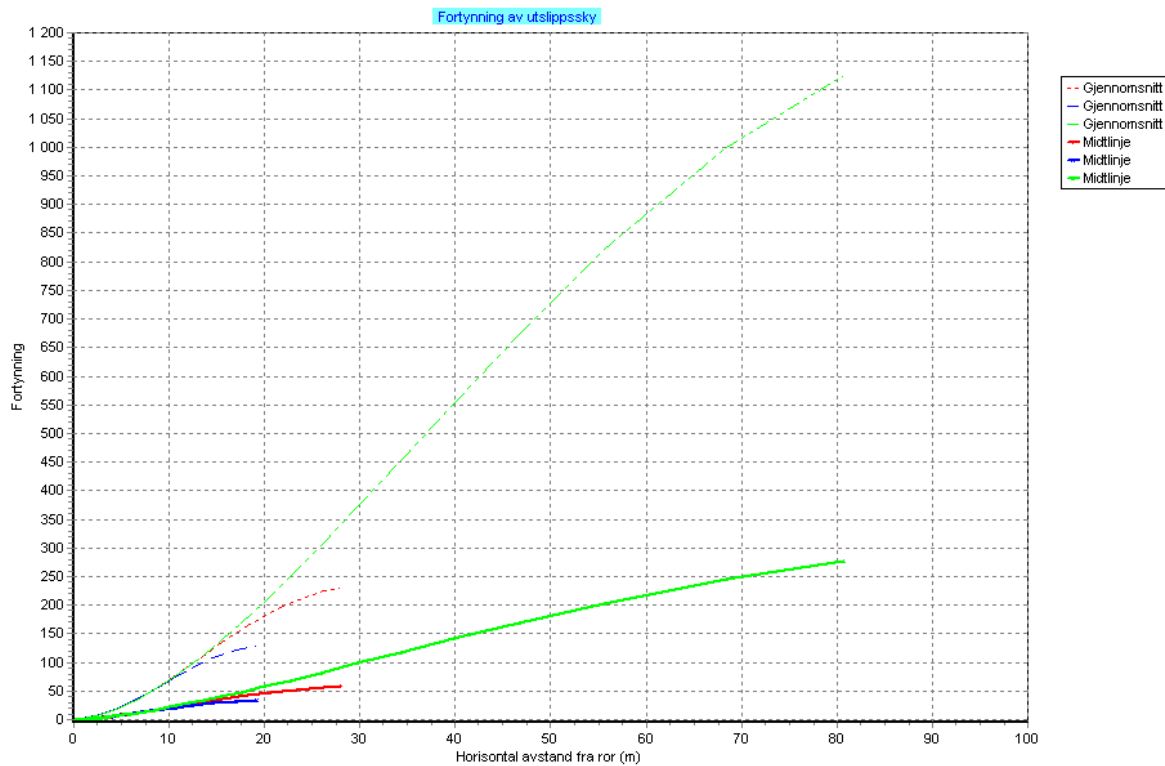




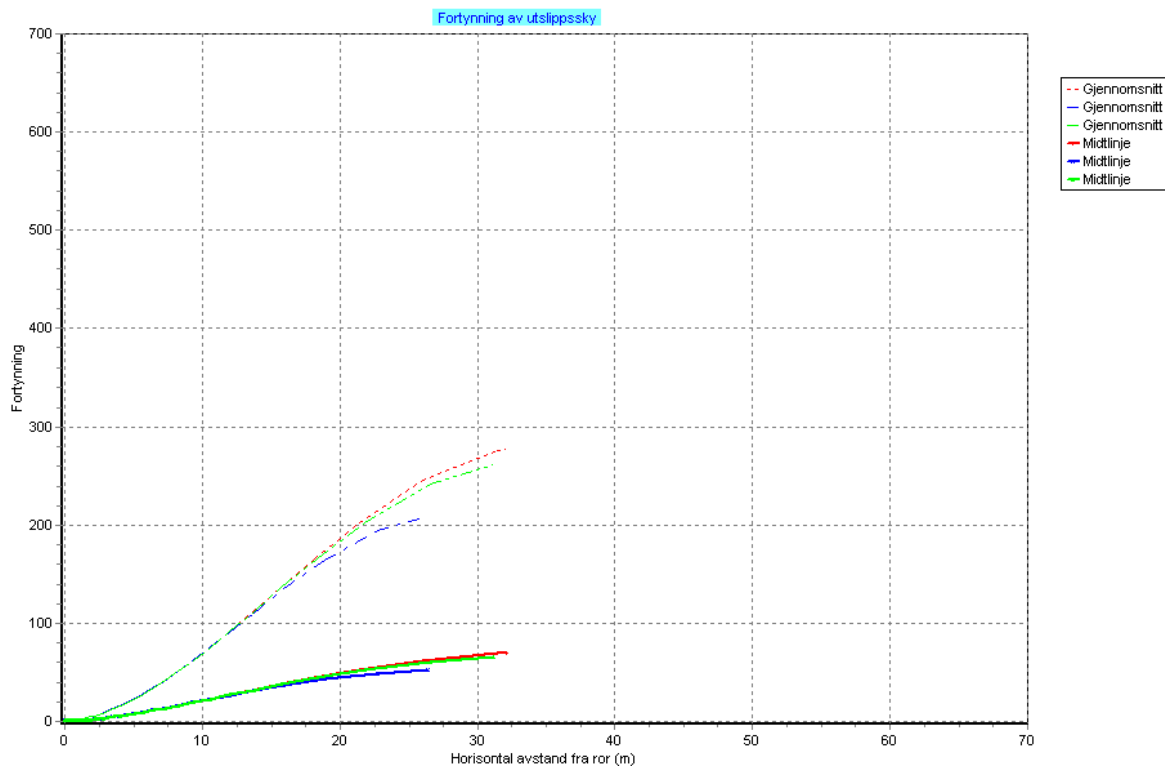
**Figur B.8:** Modellert horisontal bane for utslippsskyen sett ovenfra, nord er opp i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiptet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 10.10.2013 (rød kurve), 17.10.2013 (blå kurve) og 31.10.2013 (grønn kurve).



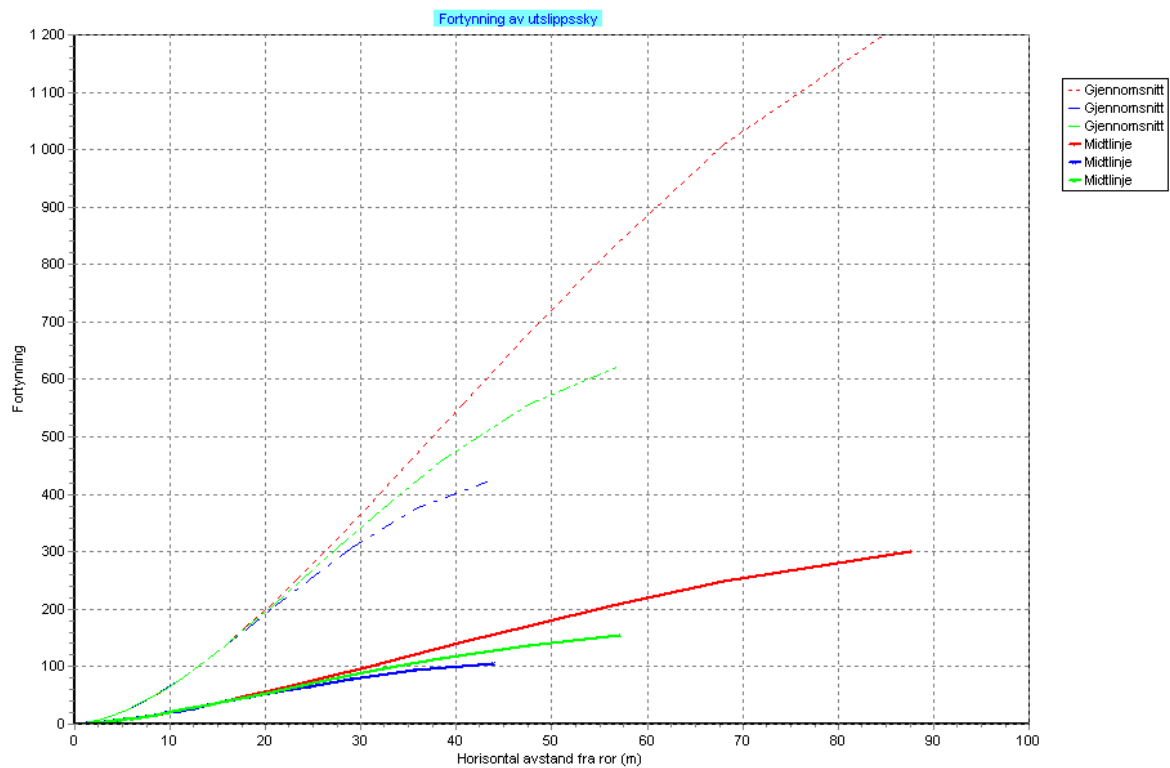
**Figur B.9:** Modellert fortynning (y-akse) av utslippsskyen sett i avstand (x-akse) fra utslippspunktet. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiptet linje representerer gjennomsnittet for utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 29.01.2020 (blå kurve) og 27.02.2020 (grønn kurve).



**Figur B.10:** Modellert fortynning (y-akse) av utslippsskyen sett i avstand (x-akse) fra utslippspunktet. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer gjennomsnittet for utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 20.06.2013 (rød kurve), 04.07.2013 (blå kurve) og 19.07.2013 (grønn kurve).

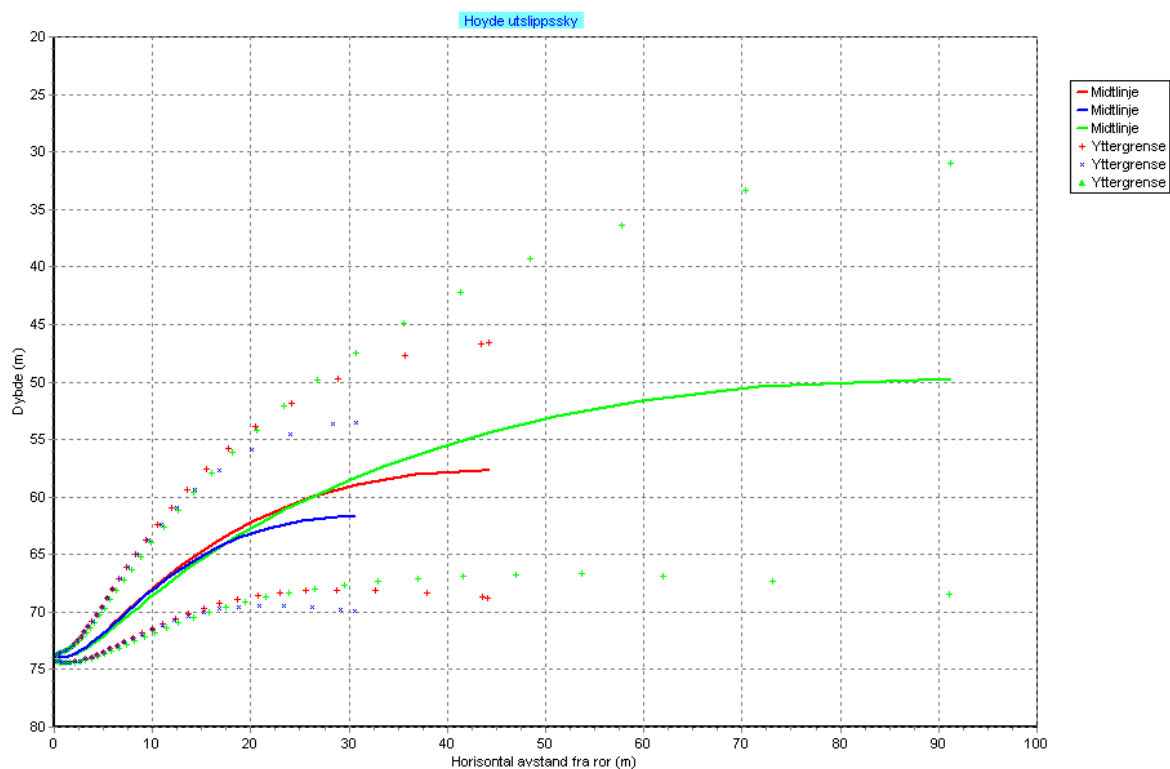


**Figur B.11:** Modellert fortynning (y-akse) av utslippsskyen sett i avstand (x-akse) fra utslippspunktet. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer gjennomsnittet for utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 01.08.2013 (rød kurve), 15.08.2013 (blå kurve) og 27.08.2013 (grønn kurve).

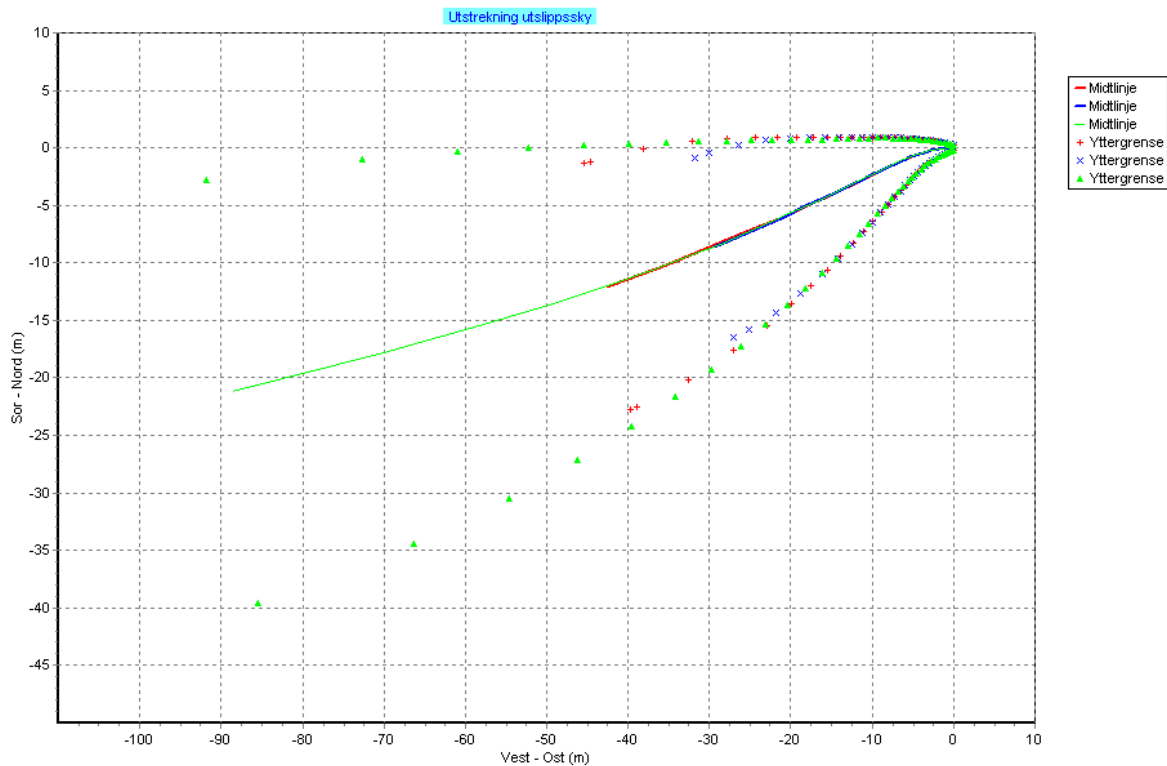


**Figur B.12:** Modellert fortyning (y-akse) av utslippsskyen sett i avstand (x-akse) fra utslippspunktet. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer gjennomsnittet for utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 10.10.2013 (rød kurve), 17.10.2013 (blå kurve) og 31.10.2013 (grønn kurve).

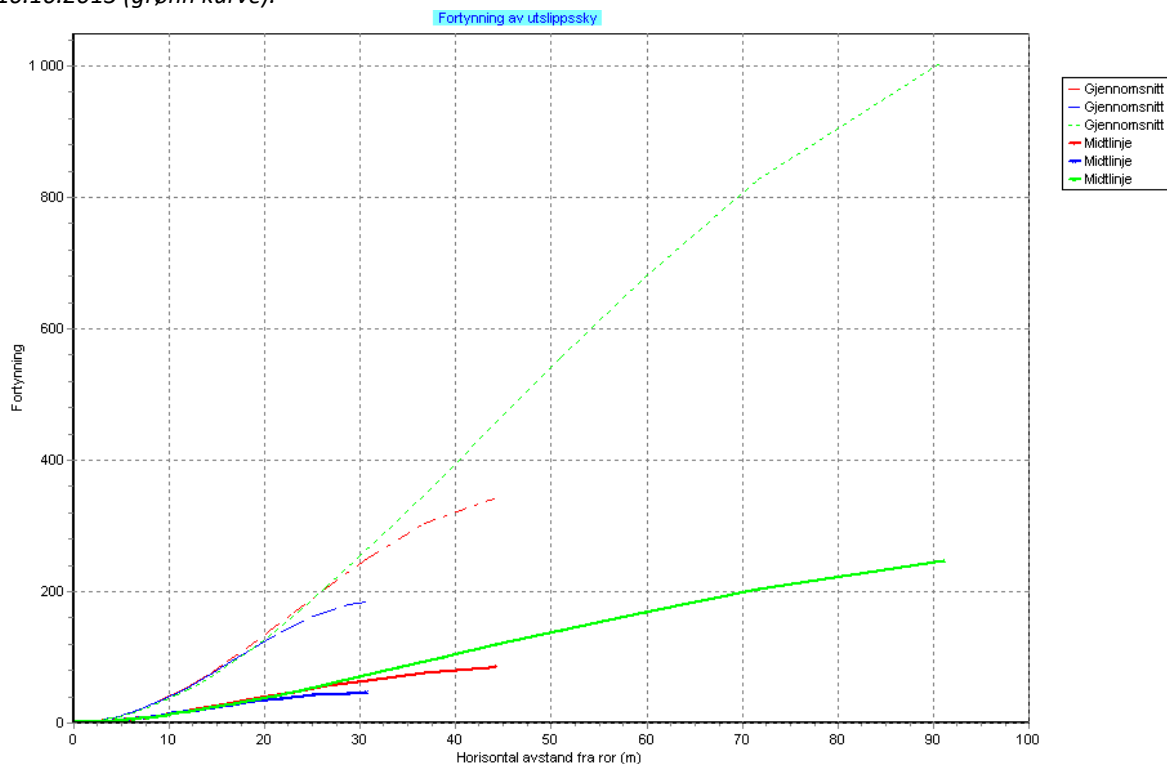
## Vedlegg C – Supplerende modellfigurer, ekstrem-scenarier



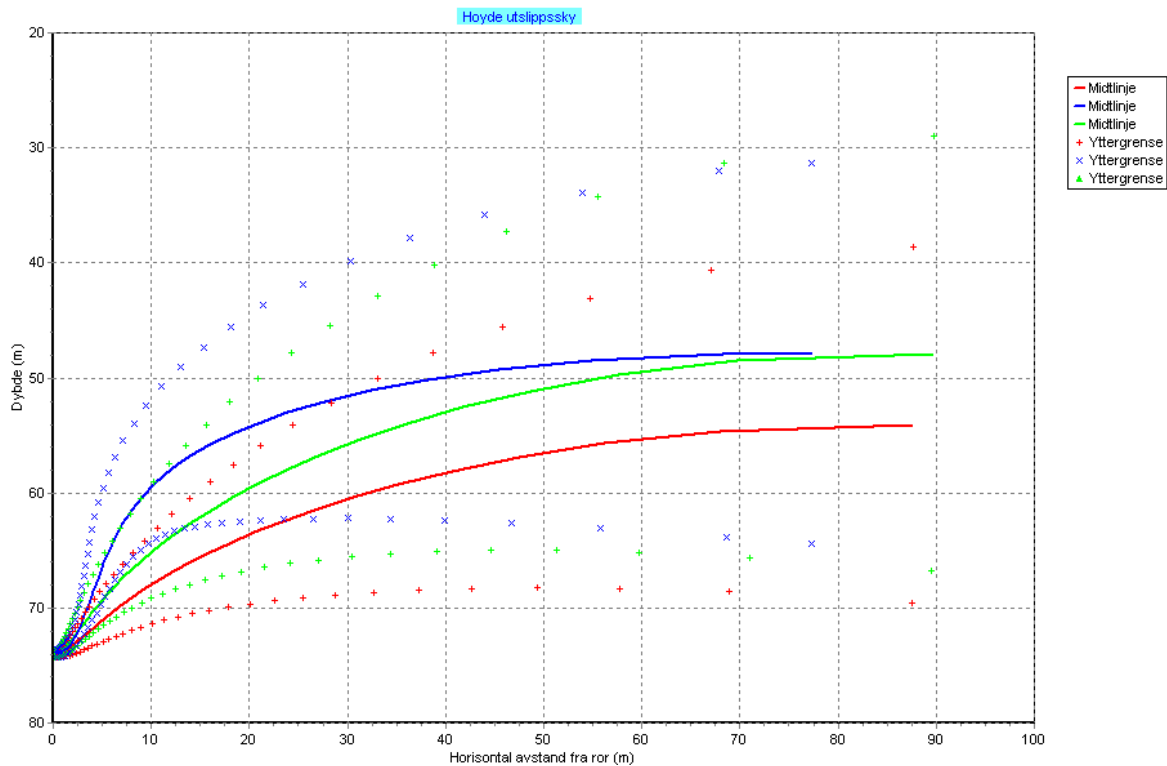
**Figur C.1:** Modellert vertikal bane for utslippsskyen med dobbelt vannmengde på 220 l/s. Utslippspunktet, og land, er til venstre i figuren, havoverflaten er opp og havbunnen er ned i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 20.06.2013 (blå kurve) og 10.10.2013 (grønn kurve).



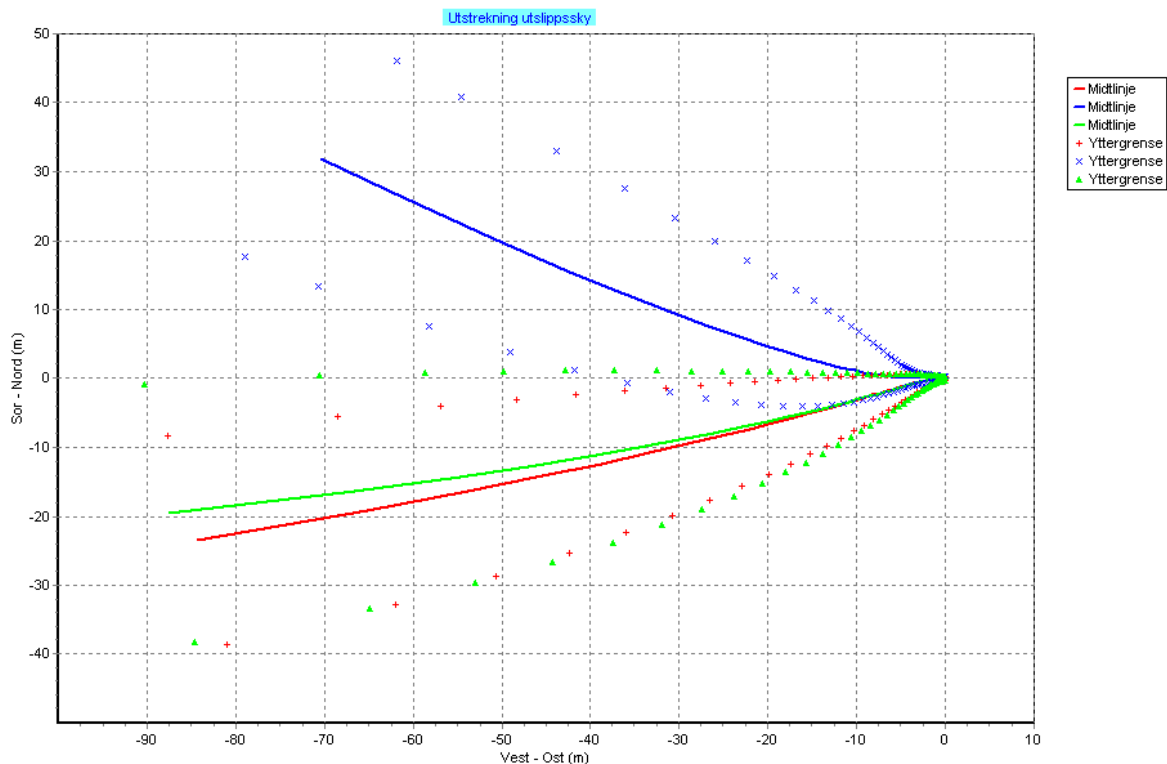
**Figur C.2:** Modellert horisontal bane for utslippsskyen med dobbelt vannmengde på 220 l/s, sett ovenfra og med nord opp i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 20.06.2013 (blå kurve) og 10.10.2013 (grønn kurve).



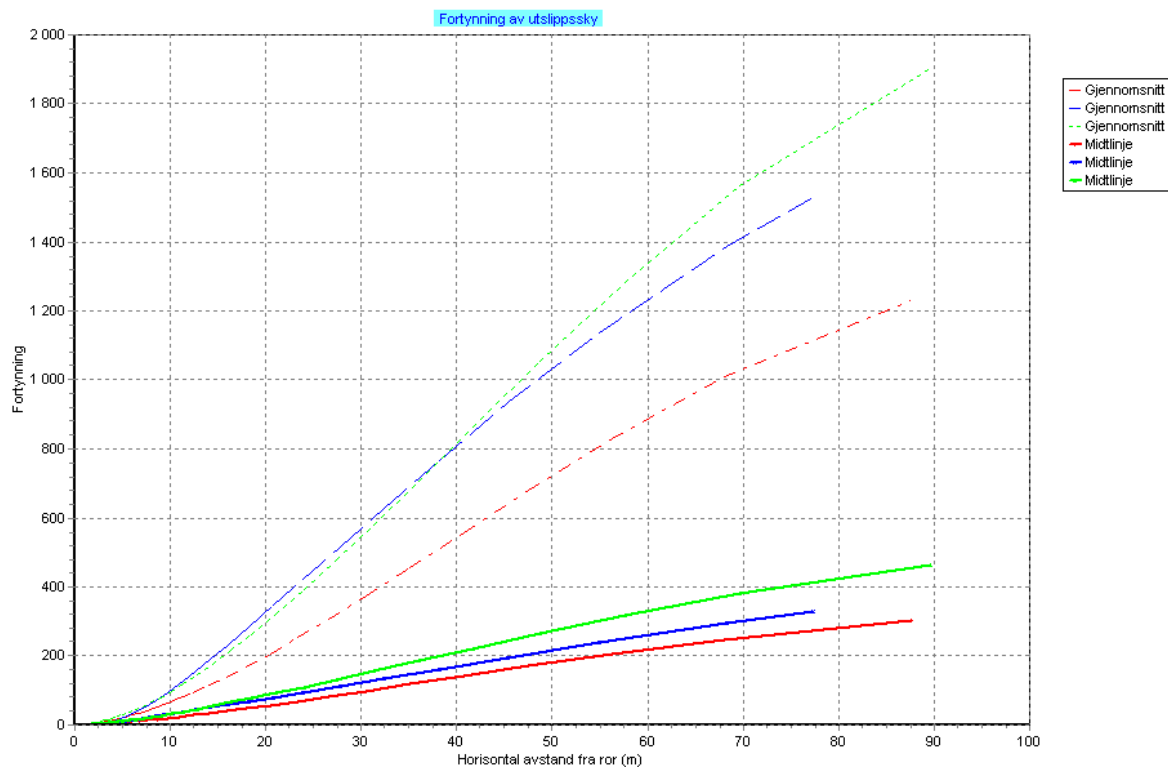
**Figur C.3:** Modellert fortynning (y-akse) av utslippsskyen med dobbelt vannmengde på 220 l/s sett i avstand (x-akse) fra utslippspunktet. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiplet linje representerer gjennomsnittet for utslippet. Modellen er kjørt for tre vertikale tetthetsprofiler fra ulike tidspunkt; 21.02.2017 (rød kurve), 20.06.2013 (blå kurve) og 10.10.2013 (grønn kurve).



**Figur C.4:** Modelleret vertikale bane for utslippsskyen. Utslippspunktet, og land, er til venstre i figuren, havoverflaten er opp og havbunnen er ned i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiptet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tetthetsprofilen fra 10.10.2013, med opprinnelig modelloppsett (rød kurve), 10%-strøm av strømmålingene i resipienten (blå kurve) og ett utslipp med salinitet lik null (grønn kurve).



**Figur C.5:** Modelleret horisontale bane for utslippsskyen sett ovenfra, nord er opp i figuren. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiptet linje representerer yttergrensen til utslippet. Modellen er kjørt for tetthetsprofilen fra 10.10.2013, med opprinnelig modelloppsett (rød kurve), 10%-strøm av strømmålingene i resipienten (blå kurve) og ett utslipp med salinitet lik null (grønn kurve).



**Figur C.6:** Modellert fortynning (y-akse) av utslippsskyen sett i avstand (x-akse) fra utslippspunktet. Heltrukken linje representerer senterlinjen i utslippet og stiptet linje representerer gjennomsnittet for utslippet. Modellen er kjørt for tetthetsprofilen fra 10.10.2013, med opprinnelig modelloppsett (rød kurve), 10%-strøm av strømmålingene i resipienten (blå kurve) og ett utslipp med salinitet lik null (grønn kurve).