

E6 KVÆNANGSFJELLET BEREGNINGER AV TUNNELDRIVEVANNETS INNLAGRING OG SPREDNING I OKSFJORDVATNET

Oppdragsnavn **E6 Kvænangsfjellet – oppfølging av utslippssøknader**
 Prosjekt nr. **1350046687**
 Mottaker **Nye Veier AS v/Anne-Lise Bratsberg**
 Dokument type **Notat**
 Versjon **01**
 Dato **08.10.2021**
 Utført av **HAVD, VEKR**
 Kontrollert av **HAVD, VEKR, HDR**
 Godkjent av **VEKR**
 Beskrivelse **Utslipp av tunneldrivevann, beregninger av utslippets innlagring og spredning i resipienten Oksfjordvatnet. Grenseverdier for suspendert stoff**

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	Bakgrunn og mål for dette notatet	2
2.	Suspendert stoff og fisk	2
3.	Inngangsdata til modell	2
3.1	Valg av hydrografiske profiler	3
3.2	Valg av scenario	4
4.	Innlagringsdyp	5
5.	Fortynning	5
6.	Fortynning ved ulike grenseverdier for suspendert stoff	6
7.	Referanser	7
	Vedlegg 1: Innlagring (vannmengder 3,5 l/s)	8
	Vedlegg 2: Innlagring (vannmengder 14,5 l/s)	10
	Vedlegg 3: Fortynning (vannmengder 3,5 l/s)	12
	Vedlegg 4: Fortynning (vannmengder 14,5 l/s)	14
	Vedlegg 5: Konsentrasjon suspendert stoff i resipient ved vannmengder på 3,5 l/s og utslippskonsentrasjon 100 mg/l	16
	Vedlegg 7: Konsentrasjon suspendert stoff i resipient ved vannmengder på 3,5 l/s og utslippskonsentrasjon 200 mg/l	18
	Vedlegg 8: Konsentrasjon suspendert stoff i resipient ved vannmengder på 14,5 l/s og utslippskonsentrasjon 100 mg/l	20
	Vedlegg 9: Konsentrasjon suspendert stoff i resipient ved vannmengder på 14,5 l/s og utslippskonsentrasjon 200 mg/l	22

1. Bakgrunn og mål for dette notatet

Nye Veier AS har overtatt ansvaret for utbygging av ny E6 mellom Oksfjordhamn i vest og Karvika i øst. Totalt består prosjektet av to tunneler (Mettevolltunnelen og Kvæangs fjell tunnelen), vegutbygging på til sammen ca. 8 km og ei bru på 15 m over Suselva.

I forbindelse med driving av Mettevolltunnelen er det planlagt utslipp av rensset tunneldrivevann til Oksfjordvatnet (vannforekomst ID 208-1818-L). Vannforekomsten er en del av et verna vassdrag (Oksfjordvassdraget), dette på grunn av graden av urørthet og områdets betydning for bestander av anadrom laksefisk som sjørøye, sjørørret og laks, samt stasjonær røye og ørret. Det er gjennomført egne undersøkelser av (sjø-)røye i vassdraget [3], samt kartlegging av dybdeforhold og bunnsubstrat [4].

Utslipp for tunneldrivevann fra Mettevolltunnelen er planlagt til Oksfjordvatnet. Utslippspunktet må plasseres slik at god innblanding i resipienten oppnås og at skader på miljøet unngås. I dette tilfellet er det i hovedsak suspendert stoff som kan påføre skader i vassdraget. Målsetningen med dette notatet er å vurdere hvor effektivt utslippet innblandes i resipienten og hvilke konsekvenser utslippet kan få. Beregning av spredning og fortynning av utslippsskyen fra tunneldrivevannet er utført med den numeriske modellen Visual Plumes utviklet av U.S. EPA, (1), som er anbefalt i veileder M-46:2013, (2). Modellen og inngangsdata er beskrevet i kap. 3.

2. Suspendert stoff og fisk

I tunneldrivevannet vil det i hovedsak være innholdet av suspendert stoff som kan påvirke fisk og bunnlevende, filtrerende organismer. Høyt partikkelinnhold kan føre til negative konsekvenser, som økt dødelighet, negativt påvirke vekst, utvikling, konkurranseevne og immunforsvar. I tillegg kan det føre til endret adferd og redusere næringstilbudet. Dette vil igjen påvirke fisket i området. Sammenhengen mellom konsentrasjon av suspendert stoff og effekter på fiske er vist i Tabell 1. Utover dette, vil tunneldrivevannet inneholde nitrogen, rester fra oljeprodukter og rensemidler og evt. tungmetaller. I tillegg kan pH-verdien være noe høyere enn i selve innsjøen.

Tabell 1 Sammenheng mellom konsentrasjon av suspendert stoff basert på løsmasser og effekt på fisk. Fra den Europeiske Innlandsfiskekommisjonen (EIFAC).

Suspendert stoff (konsentrasjon)	Effekt på fiske
<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.

3. Inngangsdata til modell

Beregningene av innlagring og fortynning krever at man tar hensyn til den tekniske utforminga av utslippsledningen, karakteren til utslippet og hydrografiske forhold i resipienten. Inngangsdata til modellen er vist i Tabell 2 og er basert på informasjon fra entreprenør, felldata og informasjon hentet fra litteraturen.

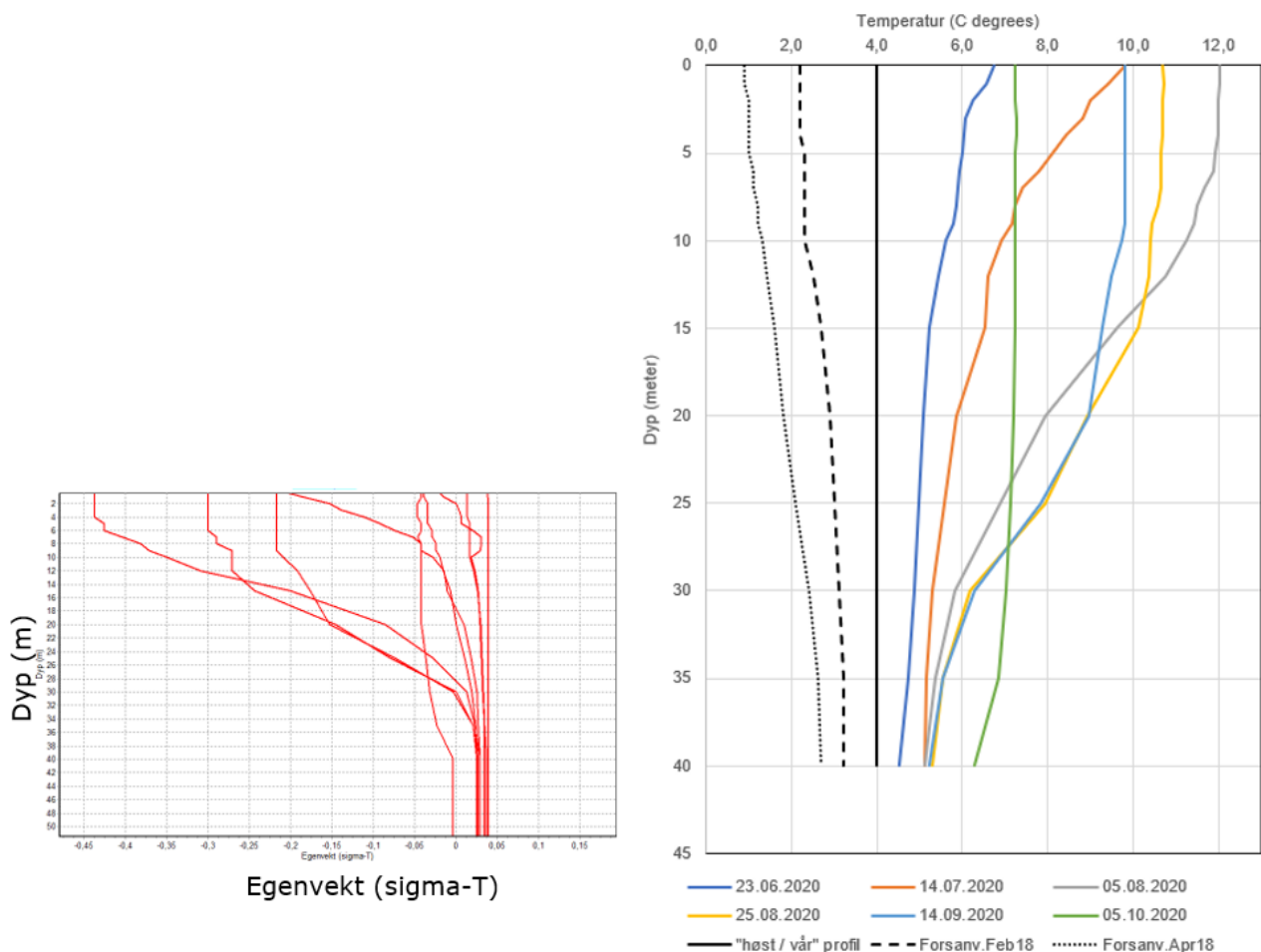
Tabell 2 Inngangsdata til modellen.

Parameter	Verdier brukt i modellen	Kommentar	Kilde
Utslippsledning			
Indre diameter	158 mm		LNS
Plassering av utslippsledning	1 m over innsjøbunnen	Det antas at ledningen plasseres 1 m over innsjøbunnen og at utslippet har samme retning som strømmen (konservativ tilnærming).	LNS
Utslippsdyp	30, 40 og 50 m	Valgte utslippsdyp basert på resultater fra dronekartlegging og prøvefiske.	
Utslippsvannet			
Utslippsmengder	3,5 og 14,5 l/s	Nøyaktige vannmengder er ikke beregnet, det er tatt høyde for antatt laveste og antatt høyeste verdier. Ifølge entreprenør, vil det være mest sannsynlig med utslippsmengder mellom 2 og 5 l/s.	LNS
Salinitet og temperatur	0 psu og 8 °C		Litteratur
Resipienten			
Strømhastighet	0,5 cm/s 2 cm/s 5 cm/s	Valgte strømhastigheter basert på kornfordelingsanalyser og dronekartlegging.	
Vertikal sjiktning	9 hydrografiske profiler	Temperatur-drivende faktor for sjiktning. Se også kap. 4.1.	Feltdata og litteratur
Koeffisient for turbulent blanding	0,0003 m ^{2/3} /s ²		(1)

3.1 Valg av hydrografiske profiler

Tettheten σ_T av innsjøvann styres i stor grad av temperatur, og generelt gjelder at tettheten er høyest ved 4 °C og synkende ved høyere temperaturer. I innsjøer i Norge dannes det en vertikal sirkulasjon i vannmassene to ganger i året, da vannet har størst tetthet ved 4 °C. Om sommeren vil vannet bli varmt og lettere nær overflaten i forhold til dypere lag. Sprangsjiktet skaper stabile vertikale forhold som bidrar til at stoff som tilføres overflatelaget blir værende der. Utover høsten/vinteren avkjøles overflatelaget og synker ned til et nivå med tilsvarende temperatur. Dette vil gi en gradvis dyp vertikal sirkulasjon, og stoff som tilføres innsjøen blir dermed godt blandet. Dette fortsetter inntil overflatevannet blir avkjølt til under 4 °C, det blir da lettere, legger seg på toppen og fryser vanligvis etter hvert til is. Igjen vil det oppstå et nytt vertikalt stabilt forhold, og stoff som tilføres vannmassene vil bli værende der fram til neste sirkulasjonsperiode.

For å fange opp sesongrelaterte variasjoner i sjiktning i modellen er det nødvendig å inkludere hydrografiske målinger fra ulike årstider, helst fra undersøkt område eller områder med lik hydrografi. I forbindelse med før-undersøkelsene gjort i Oksfjordvatnet, ble det registrert 6 temperaturprofiler (sommer og høst 2020). det ble inkludert temperaturprofiler om vinteren og våren fra en stasjon i Forsanvatnet. Forsanvatnet ble valgt da den har tilsvarende temperaturfordeling i vannsøylen om sommeren og høsten som Oksfjordvatnet. Figur 1 viser vannets tetthet og temperaturprofiler brukt i modellen.



Figur 1 Vertikale profiler av egenvekt (sigma-T) benyttet i beregninger for innlagring og fortynning i Visual Plumes (til venstre) og CTD-profiler fra de ulike årstidene (til høyre). Totalt 9 profiler ble benyttet, fordelt på alle årstider.

3.2 Valg av scenario

Med grunnlag i inngangsdata som vist i Tabell 2, er det gjort beregninger av utslippvannets innlagring og fortynning i resipienten. Det er beregnet for vannmengdene 3,5 l/s og 14,5 l/s ved tre utslippsdyp og tre ulike strømhastigheter, til sammen 18 ulike scenario. For vannmengde 3,5 l/s er det beregnet følgende scenario, tilsvarende er gjort for vannmengder på 14,5 l/s:

Utslippsdyp 30 m

1. Lav strømhastighet (0,5 cm/s)
2. Middels strømhastighet (2 cm/s)
3. Høy strømhastighet (5 cm/s)

Utslippsdyp 40 m

1. Lav strømhastighet (0,5 cm/s)
2. Middels strømhastighet (2 cm/s)
3. Høy strømhastighet (5 cm/s)

Utslippsdyp 50 m

1. Lav strømhastighet (0,5 cm/s)
2. Middels strømhastighet (2 cm/s)
3. Høy strømhastighet (5 cm/s)

For hvert scenario er det gjort beregninger for de ulike 9 hydrografiske profilene valgt i modellen. Slik blir alle situasjoner i løpet av et år som kan oppstå for utslippets spredning i vannsøylen representert.

4. Innlagingsdyp

Vedlegg 2 viser beregninger for innlagingsdyp for en gitt vannmengde på 3,5 l/s. Vedlegg 3 viser tilsvarende beregninger for en gitt vannmengde på 14,5 l/s. Tabell 3 oppsummerer resultater for begge vannmengder, alle utslippsdyp og strømhastigheter. Tykkelsen på utslippsskyen er maksimalt ca. 6 m ved 50 m avstand fra utslippspunktet.

Tabell 3 Gjennomslag til overflata og innlagingsdyp.

	Vannmengder 3,5 l/s og 14,5 l/s
Gjennomslag til overflata	Nei. Dette gjelder for alle vurderte utslippsdyp og strømhastigheter, samt alle hydrografiske profiler brukt i modellen.
Innlaging	Kun ved lave strømhastigheter (0,5 cm/s) og ved noen hydrografiske situasjoner. Ved høyere strømhastigheter (eller lav strømhastighet og noen hydrografiske situasjoner) vil utslippsskyen spres i horisontal og vertikal retning, mens skyen fortynnes kontinuerlig. <i>Innlaging vil opptre ved flere hydrografiske situasjoner ved utslipp på 50 m sammenlignet med utslipp på 30 og 40 m dyp.</i> I noen hydrografiske tilfeller vil utslippsskyen synke i stedet for å stige til overflata (i tilfeller der utslippsvannet har høyere egenvekt enn resipientvannet).

5. Fortynning

Tabell 4 oppsummerer resultater for 50 ganger fortynning ved de ulike vannmengdene og utslippsdyp. Figurer er vist i vedlegg 4 og 5.

Tabell 4 Fortynning (50x) oppnås i følgende avstand fra utslippspunktet for vannmengder på 3,5 l/s og 14,5 l/s. Figurer er vist i vedlegg 4 og 5. Merk at den totale mengden er høyere ved 14,5 l/s.

Utslippsdyp	3,5 l/s	14,5 l/s
30 m	9-50 m	18-20 m
40 m	10-50 m	16-20 m
50 m	10-30 m	15-20 m

6. Fortynning ved ulike grenseverdier for suspendert stoff

I modellen er det beregnet fortynning av suspendert stoff ved utslippsmengder på 100 mg/l og 200 mg/l og en bakgrunnsverdi på 1 mg/l i resipienten. Tabell 5 oppsummerer konsentrasjonen av suspendert stoff i resipienten – etter beregnet fortynning – ved 10, 30 og 60 m horisontal avstand fra utslippspunktet ved vannmengder på 3,5 l/s. Tilsvarende konsentrasjoner ved vannmengder på 14,5 l/s er vist nederst i tabellen. Modellen tar ikke hensyn til sedimentasjon av partikler, men antar at finstoff transporteres videre med utslippsskyen. Dermed er resultatene noe konservative.

Tabell 5 Konsentrasjon av suspendert stoff i resipienten i 10 m, 30 m og 60 m horisontal avstand fra utslippspunktet. Konsentrasjon er beregnet for vannmengdene 3,5 l/s og 14,5 l/s og inngangsverdier på 100 og 200 mg/l suspendert stoff i utslippsvannet.

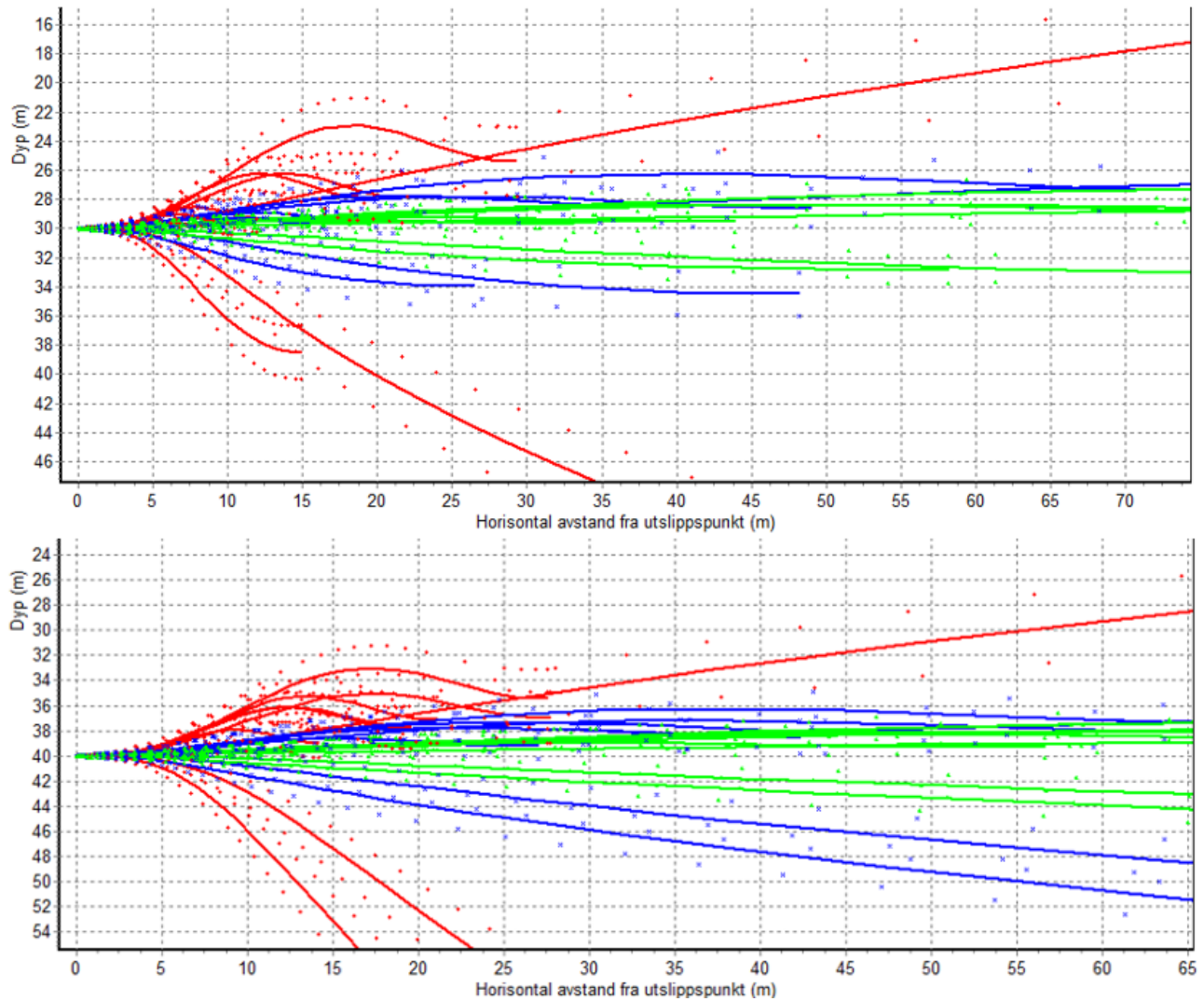
3,5 l/s vannmengder		Konsentrasjon av suspendert stoff i resipient (mg/l)		
Konsentrasjon i utslippsvann	Utslippsdyp (m)	10 m horisontal avstand fra utslippspunkt	30 m horisontal avstand fra utslippspunkt	60 m horisontal avstand fra utslippspunkt
100 mg suspendert stoff per liter utslippsvann	30	2,5-6	1,5-4	1,1-3,5
	40	2,8-6	1,2-3	1-2,7
	50	2,5-6	1,2-3	1-2
200 mg suspendert stoff per liter utslippsvann	30	5-12	1,5-7	1,2-6,2
	40	5,5-12	1,3-4,7	1-4,3
	50	4,5-11	1,3-5	1-3,1

14,5 l/s vannmengder		Konsentrasjon av suspendert stoff i resipient (mg/l)		
Konsentrasjon i utslippsvann	Utslippsdyp (m)	10 m horisontal avstand fra utslippspunkt	30 m horisontal avstand fra utslippspunkt	60 m horisontal avstand fra utslippspunkt
100 mg suspendert stoff per liter utslippsvann	30	4,5-4,8	1,9-2,8	1,5-2,5
	40	4,5-4,8	1,9-2,4	1,2-2,2
	50	4,5-4,8	1,9-2,4	1,2-1,8
200 mg suspendert stoff per liter utslippsvann	30	8-9,8	2,5-4,5	2-4
	40	9	3,8-4,8	1,3-3,2
	50	8	2,7-3,9	1,3-2,7

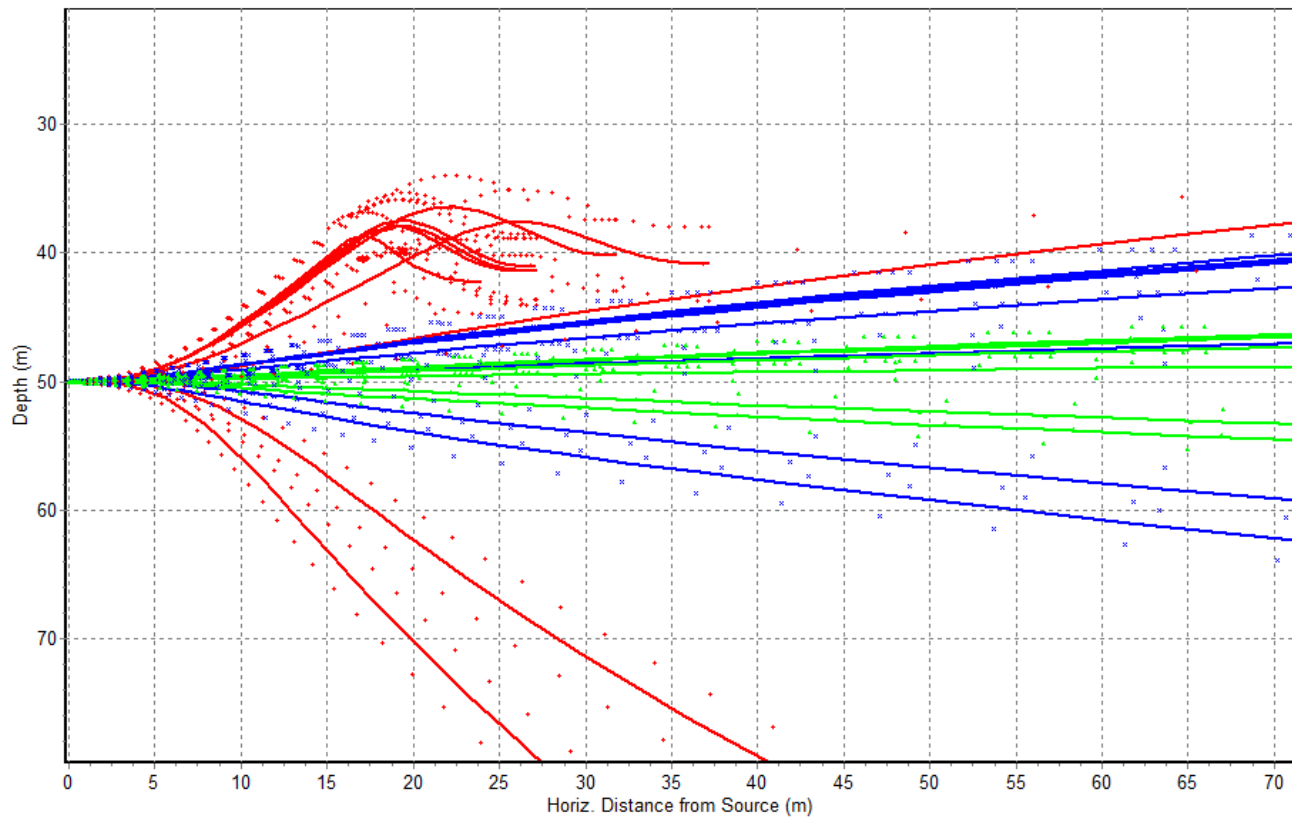
7. Referanser

1. **Frick, et al.** *Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition Visual Plumes*. s.l. : Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA., 2003.
2. **Miljødirektoratet.** *Veileder for fastsetting av innblandingssoner. Veileder M-46/2013. Oppdatert i 2020.* 2013/2020.

Vedlegg 1: Innlagring (vannmengder 3,5 l/s)

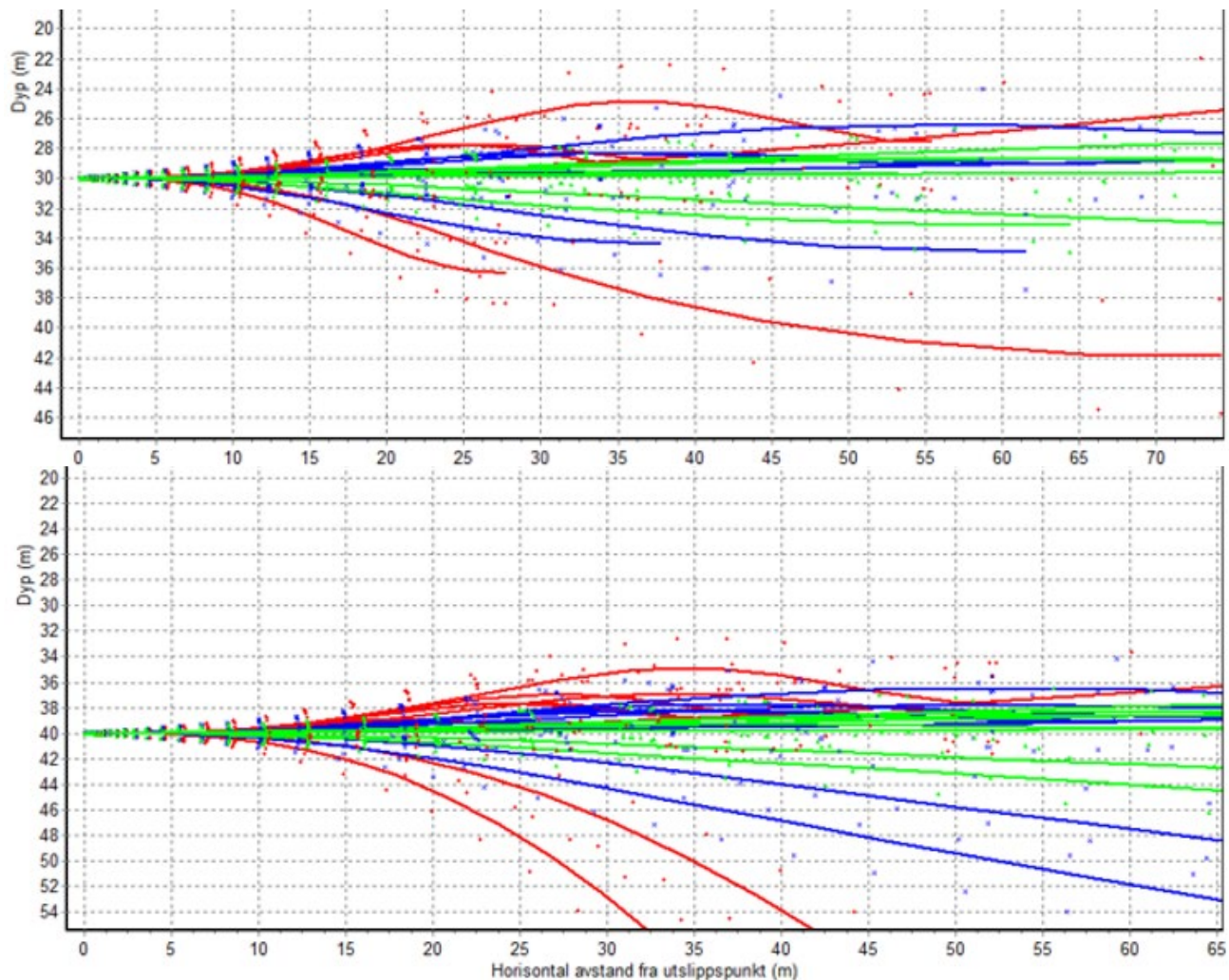


Figur 2 Beregnede strålebaner for utslipp med vannmengde på 3,5 l/s ved utslippsdyp 30 m (øverst) og 40 m (nederst). Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 m/s, blått 2 cm/s og grønt 5 cm/s. Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser til skyene.

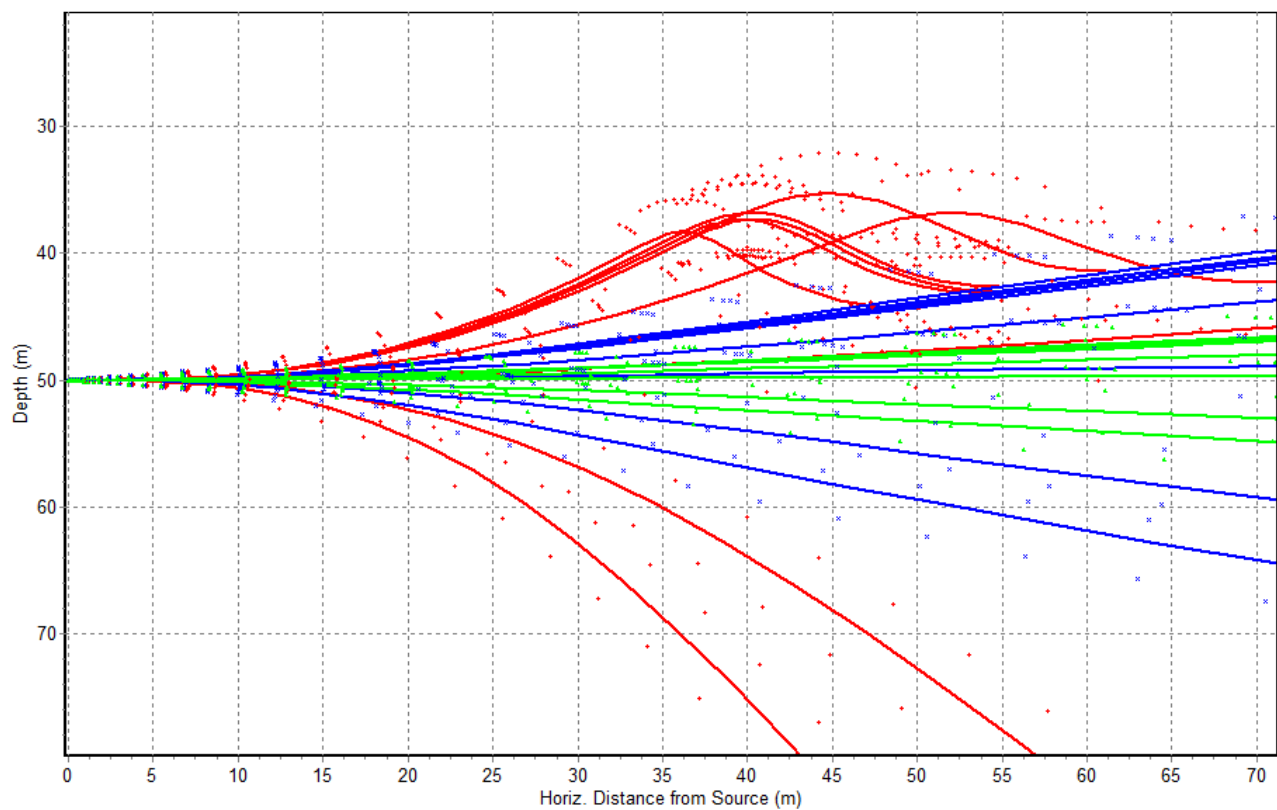


Figur 3 Beregnede strålebaner for utslipp med vannmengde på 3,5 l/s ved utslippsdyp på 50 m. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 m/s, blått 2 cm/s og grønt 5 cm/s. Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser til skyene.

Vedlegg 2: Innlagring (vannmengder 14,5 l/s)

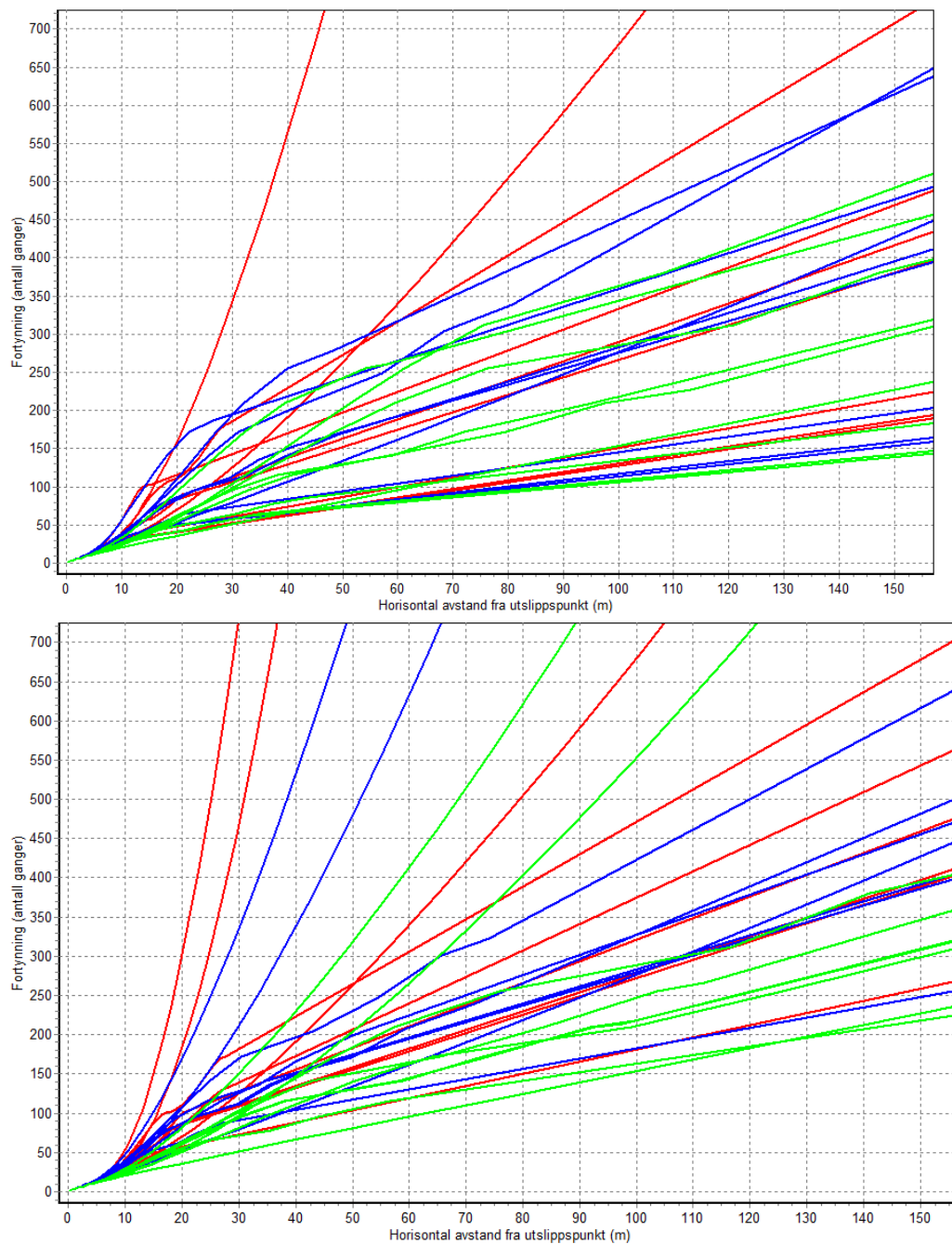


Figur 4 Beregnede strålebaner for utslipp med vannmengde på 14,5 l/s ved utslippsdyp 30 m (øverst) og 40 m (nederst). Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 m/s, blått 2 cm/s og grønt 5 cm/s. Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser til skyene.

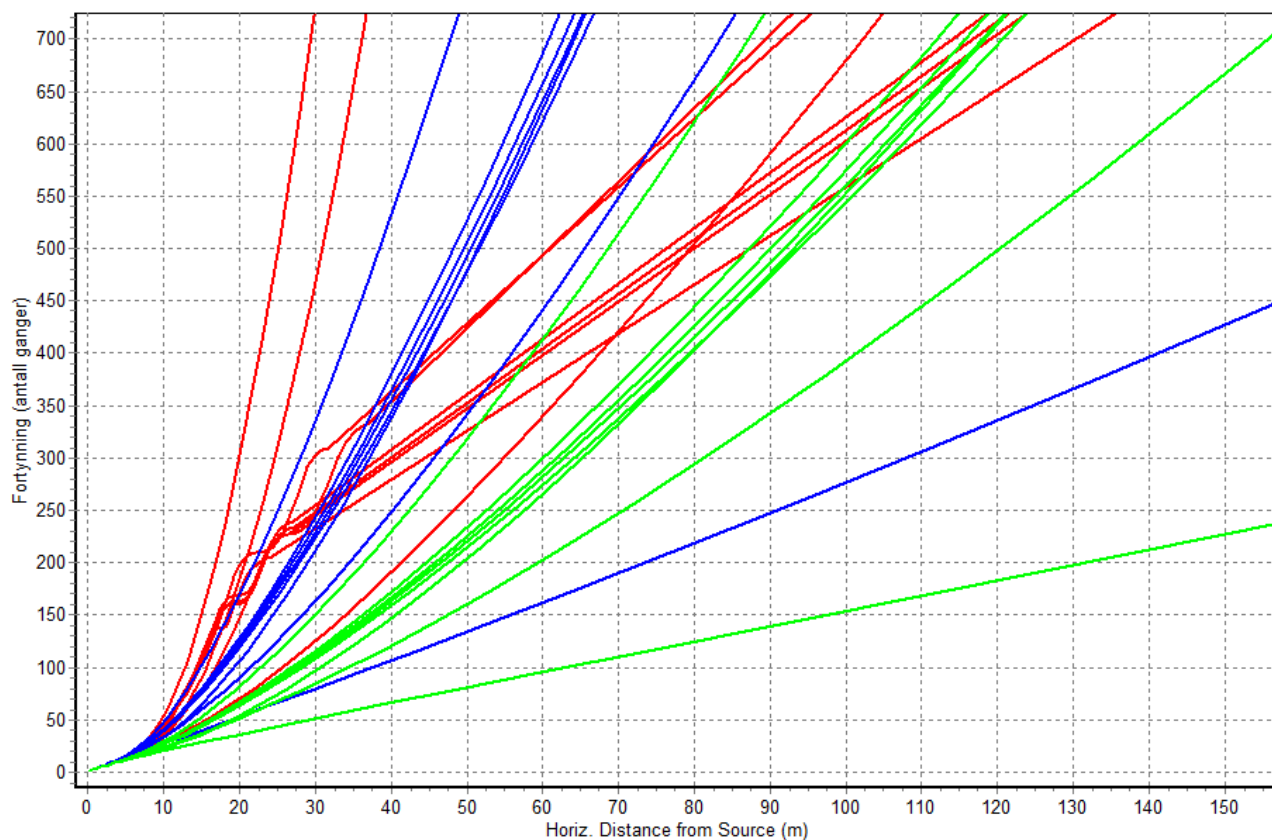


Figur 5 Beregnede strålebaner for utslipp med vannmengde på 14,5 l/s ved utslippsdyp 50 m. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 m/s, blått 2 cm/s og grønt 5 cm/s. Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser til skyene.

Vedlegg 3: Fortynning (vannmengder 3,5 l/s)

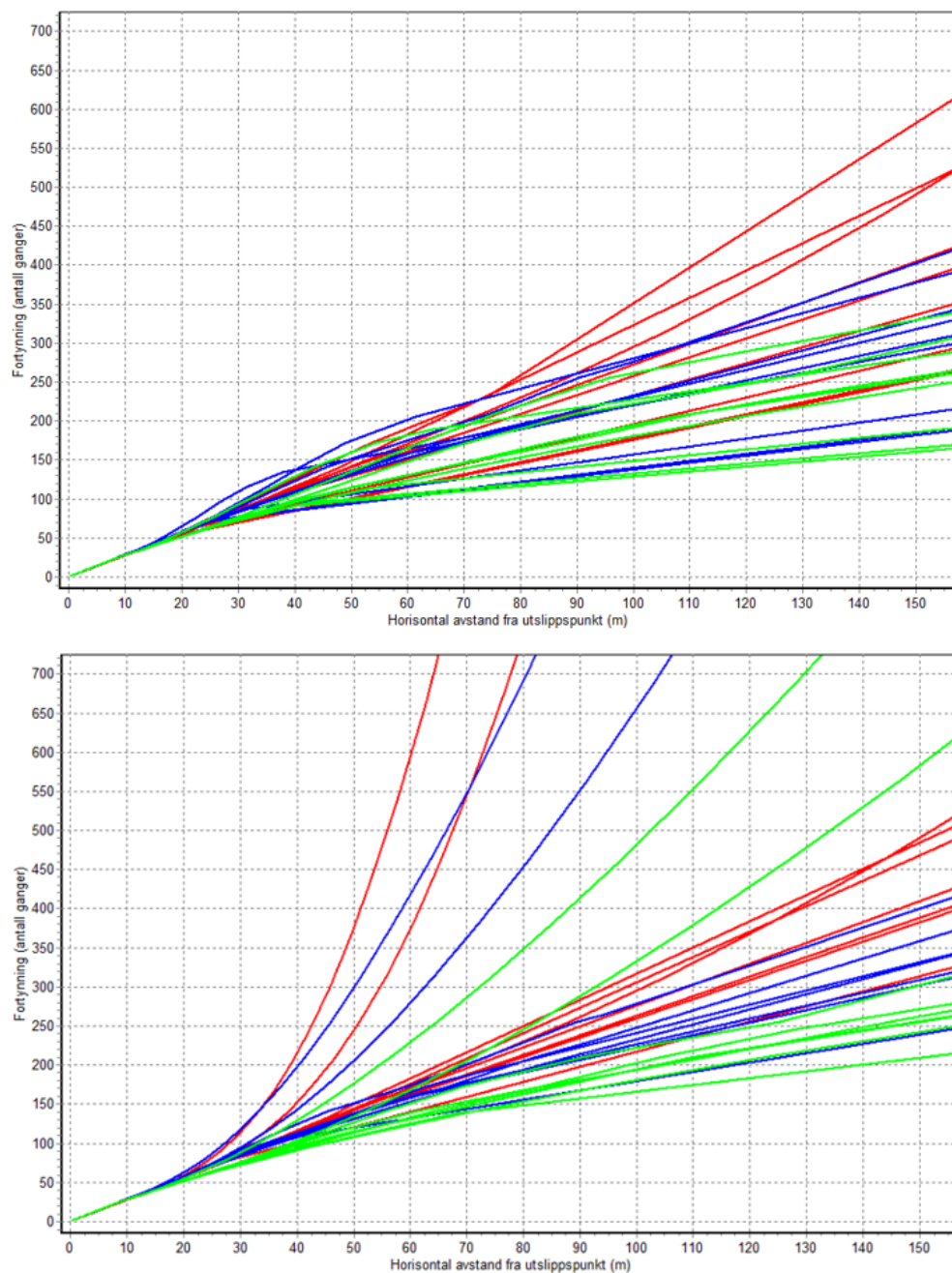


Figur 6 Antall ganger fortynning av utslippsvannet i horisontal avstand fra utslippet beregnet for en vannmengde på 3,5 l/s ved 30 m (øverst) og 40 m (nederst) utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

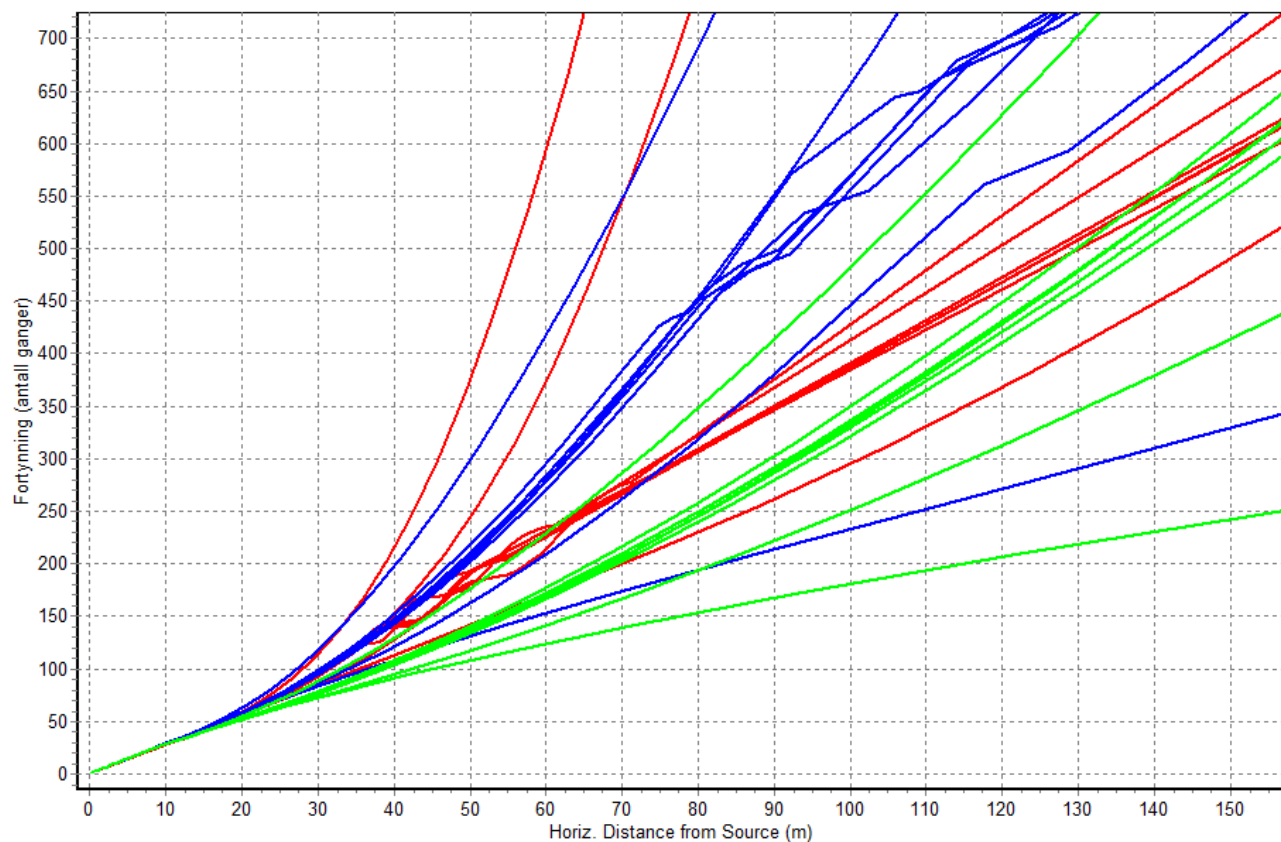


Figur 7 Antall ganger fortynning av utslippsvannet i horisontal avstand fra utslippet beregnet for en vannmengde på 3,5 l/s ved 50 m utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

Vedlegg 4: Fortynning (vannmengde 14,5 l/s)

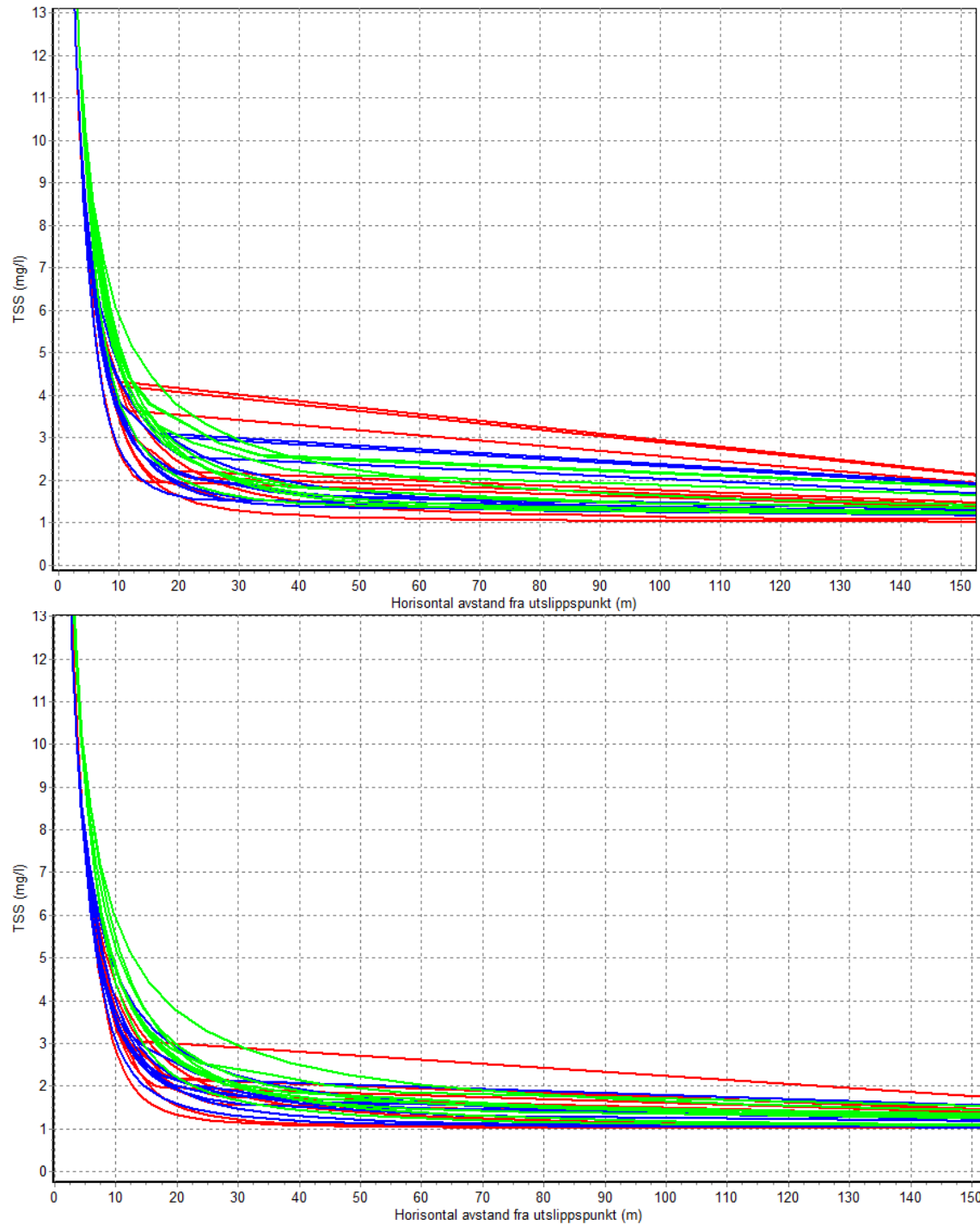


Figur 8 Antall ganger fortynning av utslippsvannet i horisontal avstand fra utslippet beregnet for en vannmengde på 14,5 l/s ved 30 m (øverst) og 40 m (nederst) utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

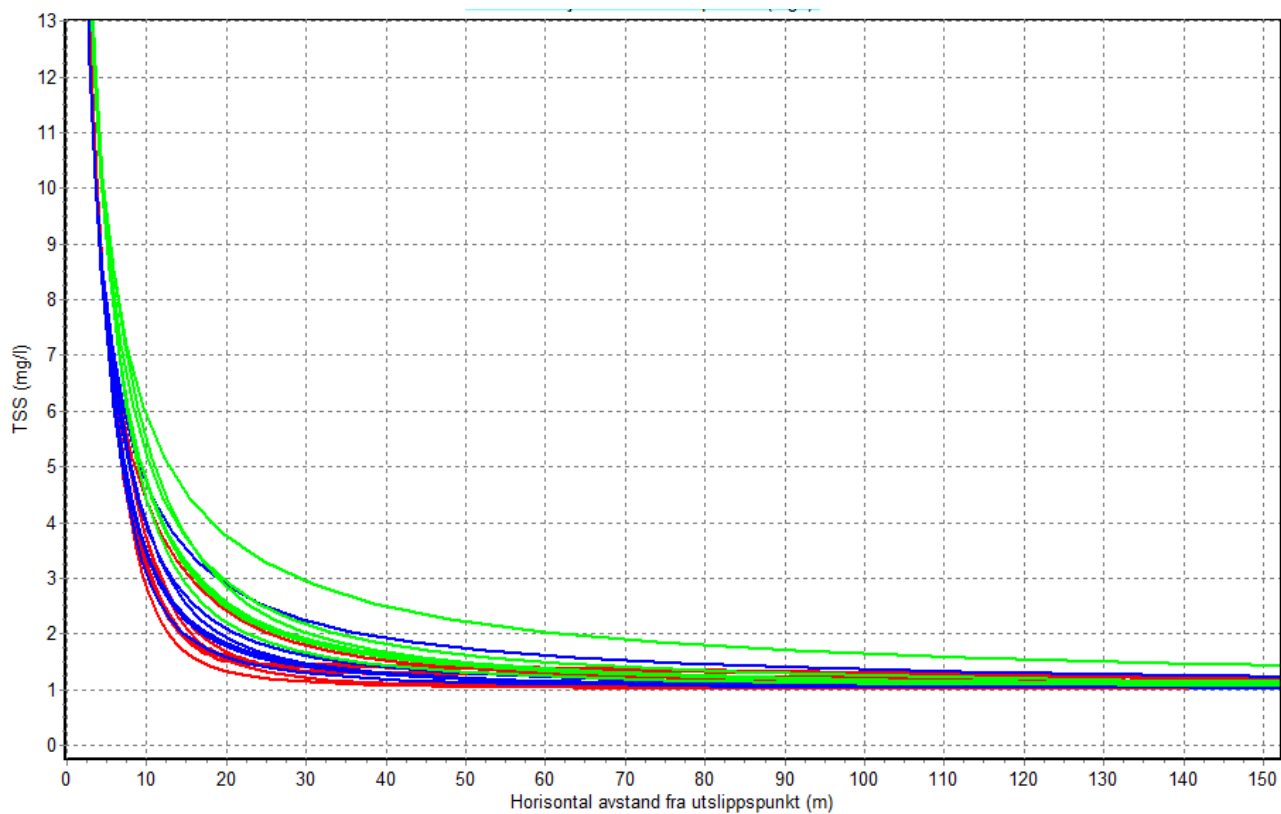


Figur 9 Figur 10 Antall ganger fortynning av utslippsvannet i horisontal avstand fra utslippet beregnet for en vannmengde på 14,5 l/s ved 50 m utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

Vedlegg 5: Konsentrasjon suspendert stoff i resipient ved vannmengder på 3,5 l/s og utslippskonsentrasjon 100 mg/l

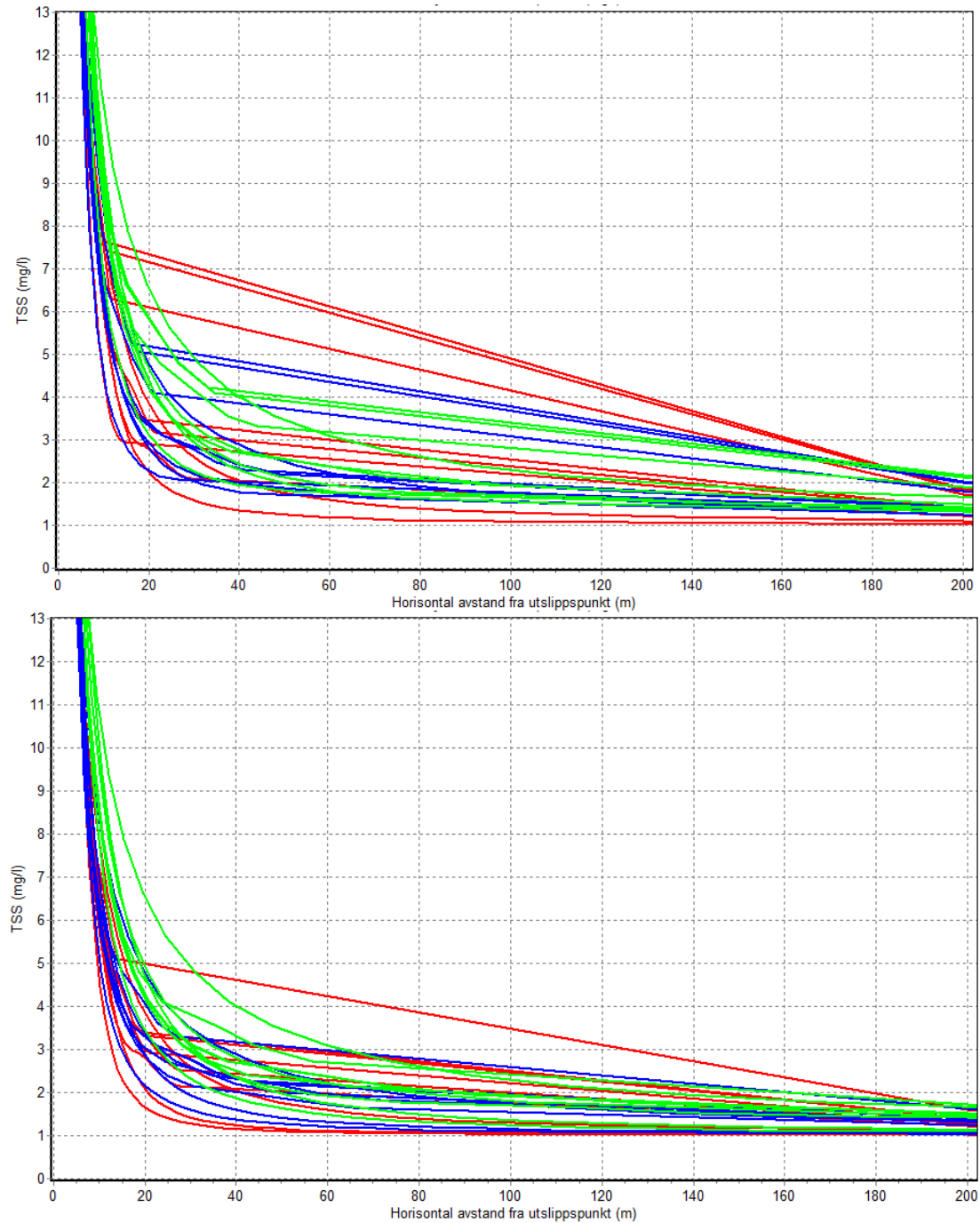


Figur 11 Konsentrasjon suspendert stoff ved 3,5 l/s vannmengder og utslippskonsentrasjon 100 mg/l ved 30 m (øverst) og 40 m (nederst) utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

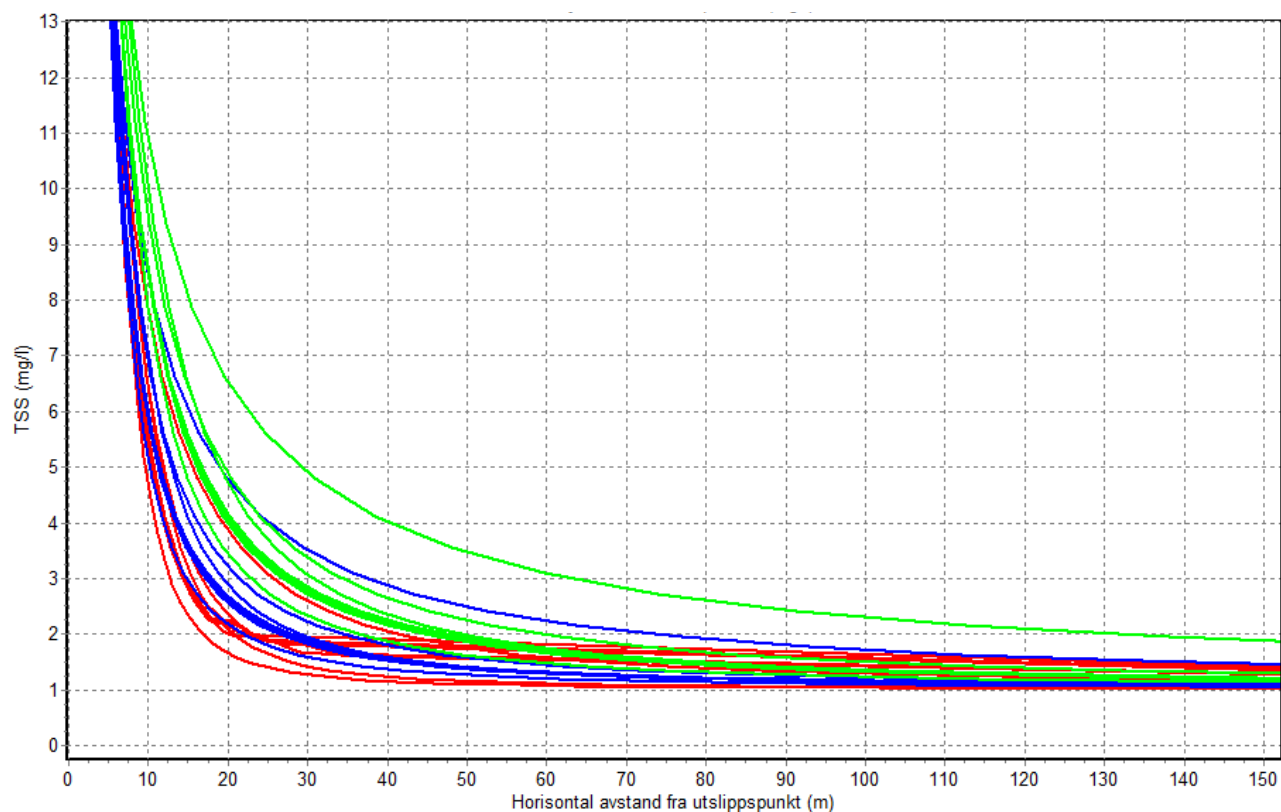


Figur 12 Konsentrasjon suspendert stoff ved 3,5 l/s vannmengder og utslippskonsentrasjon 100 mg/l ved 50 m utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

Vedlegg 7: Konsentrasjon suspendert stoff i resipient ved vannmengder på 3,5 l/s og utslippskonsentrasjon 200 mg/l

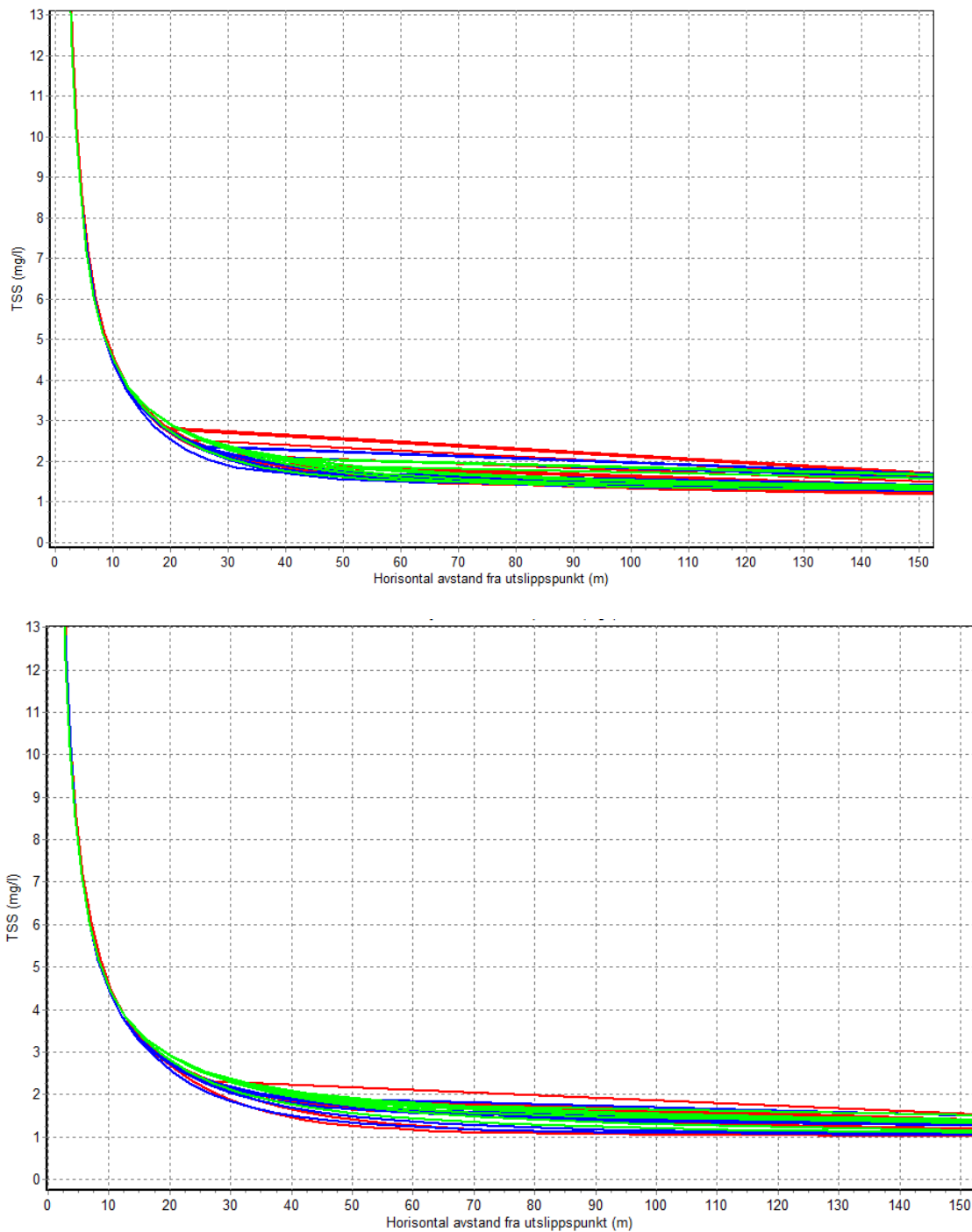


Figur 13 Konsentrasjon suspendert stoff ved 3,5 l/s vannmengder og utslippskonsentrasjon 200 mg/l ved 30 m (øverst) og 40 m (nederst) utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

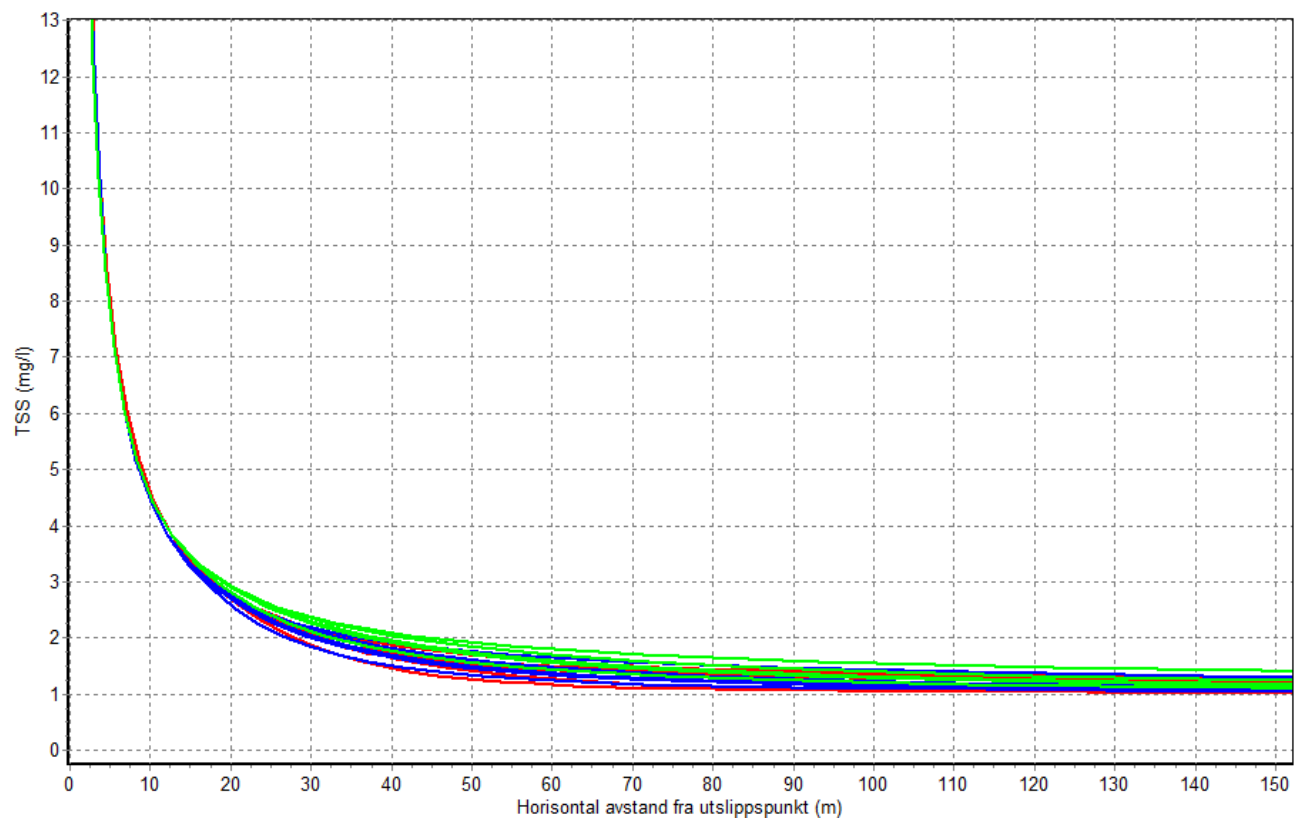


Figur 14 Konsentrasjon suspendert stoff ved 3,5 l/s vannmengder og utslippskonsentrasjon 200 mg/l ved 50 m utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

Vedlegg 8: Konsentrasjon suspendert stoff i resipient ved vannmengder på 14,5 l/s og utslippskonsentrasjon 100 mg/l

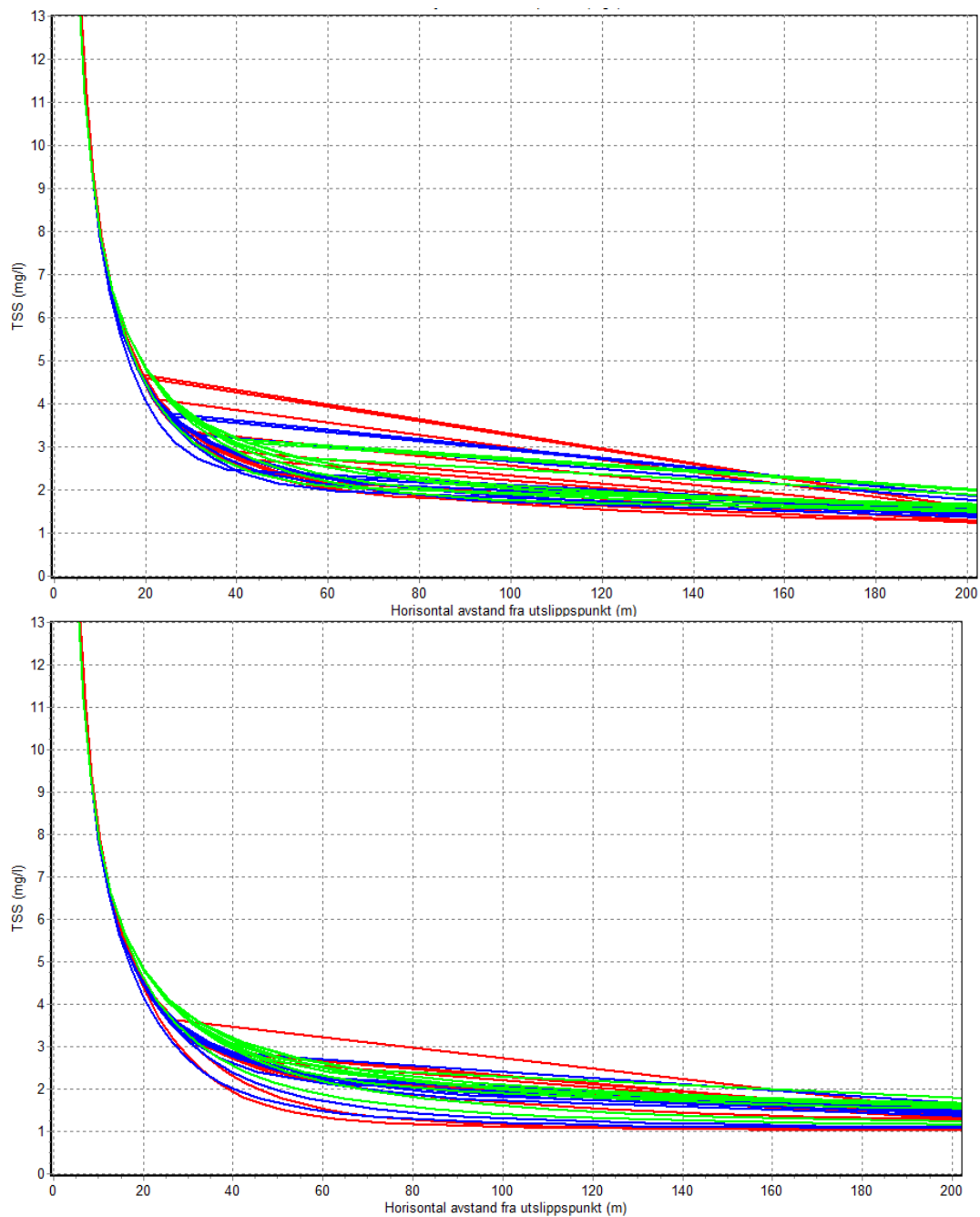


Figur 15 Konsentrasjon suspendert stoff ved 14,5 l/s vannmengder og utslippskonsentrasjon 100 mg/l ved 30 m (øverst) og 40 m (nederst) utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

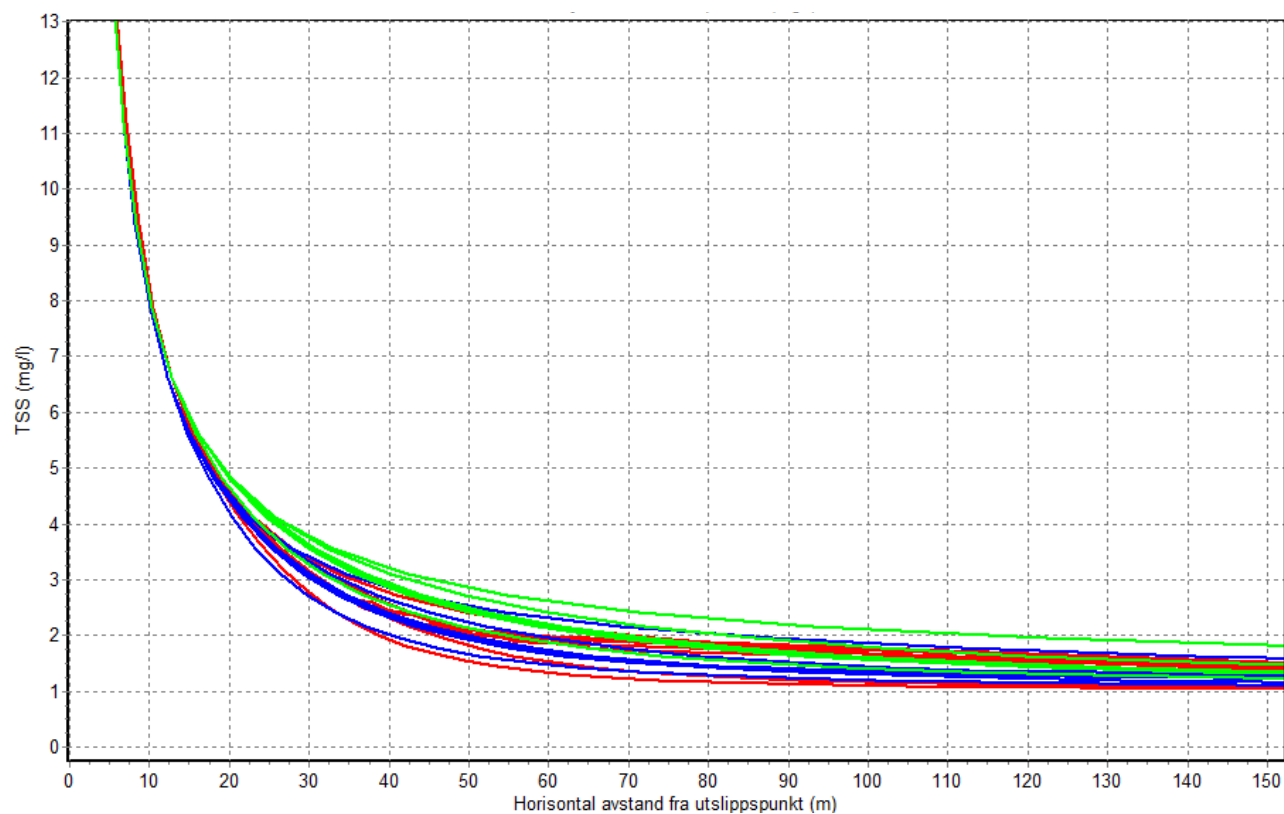


Figur 16 Konsentrasjon suspendert stoff ved 14,5 l/s vannmengder og utslippskonsentrasjon 100 mg/l ved 50 m utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.

Vedlegg 9: Konsentrasjon suspendert stoff i resipient ved vannmengder på 14,5 l/s og utslippskonsentrasjon 200 mg/l



Figur 17 Konsentrasjon suspendert stoff ved 14,5 l/s vannmengder og utslippskonsentrasjon 200 mg/l ved 30 m (øverst) og 40 m (nederst) utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.



Figur 18 Konsentrasjon suspendert stoff ved 14,5 l/s vannmengder og utslippskonsentrasjon 200 mg/l ved 50 m utslippsdyp. Rødt indikerer strømhastighet på 0,5 cm/s, blått 2,0 cm/s og grønt 5 cm/s.