

Utslipp av syrer og baser til sjø - kan enkle modeller gi tilstrekkelig grunnlag for vurdering av spredning, fortynning og surhetsgrad?

Av

John Arthur Berge
Morten Thorne Schaanning og André
Staalstrøm

Tema

- Litt om utslipp i Norge
- Miljøgifter i organismer og trender for Norge
- Modellen Visual PLUMES og innlagring
- Beregning av pH i en resipient med utslipp av syre eller base
- Litt om utslippsfilosofi - elementer som er viktig for å oppnå akseptable utslipp?
- 3 utslippseksempler
 - Case 1. Utslipp av ammoniakk (pH 10/10,5) i Sunndalsfjorden
 - Case 2. Utslipp av sulfitt (pH=ca. 3) fra sjøvannsvasker
 - Case 3. Spredning og fortynning av utslipp fra NOAH-Langøya
- Konklusjoner

Utslipp i Norge

I følge opptegetninger på Norske utslipp (innhentet 24.08.2017) foreligger det ca. **3500** virksomheter som har utslippstillatelse og innrapporterer utslippstallene. Av disse gjelder i overkant av halvparten utslipp til kystvann

Renseanlegg:	1888
Landbasert industri:	1361
Deponier:	149
Petroleumsvirksomhet:	83

Tendenser fra overvåking langs kysten i 2015 (Green et al., 2016)

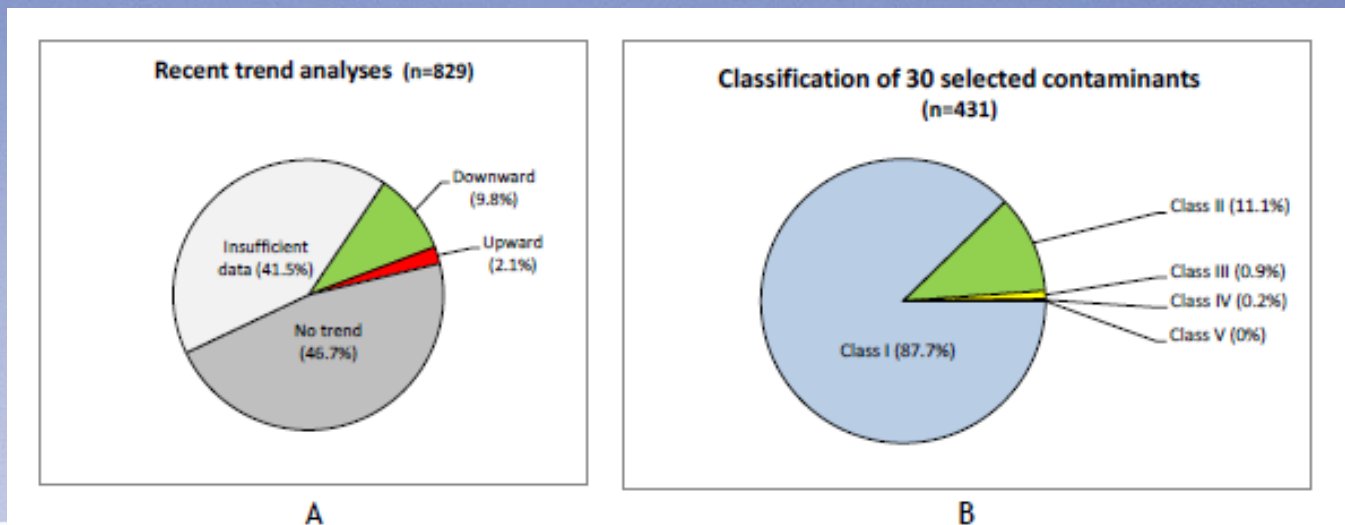
Av 829 tidsserier viste 98 statistisk signifikante trender for perioden 2006 til 2015.

Av disse viste 81 en nedadgående trend og 17 en oppadgående.

Konklusjon: Nivåene er i hovedsak på vei ned

Korttidstrend (2006-2015) for forekomst av miljøgifter i organismer er i hovedsak for nedadgående.

Konsentrasjoner nær eller i bakgrunnsnivå dominerer



Konsentrasjonsnivåene er i hovedsak for nedadgående

- Dominansen av nedadgående trender indikerer avtagende utslipp
- Antall utslippstillatelser (3500) antyder nok at 0-utslipp er urealistisk innen overskuelig fremtid
-

Elementer som er viktig for å oppnå akseptable utslipp?

- Forutsi hvor utslippsvannet havner
- Hva befinner seg av organismer og andre sårbare elementer i den delen av resipienten der vannet havner
- Hvilke konsentrasjoner som ventes å opptre i vannet og hvor er det risiko for at grenseverdier overskrides.
- Velge utslippsarrangement som gir minst mulig skadelige effekter i resipienten.

Enkle modeller

Det eksisterer i dag en del enkle og relativt gode verktøy til å kunne forutsi hvordan et utslipp vil oppføre seg i en resipient.

Modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001) kan benyttes til beregningene av innlagringsdyp og fortykning nær utslippet

Dette er en modell som gir viktig nøkkelinformasjon for å kunne optimalisere et utslippsarrangement med tanke på å minimalisere miljøeffekter.

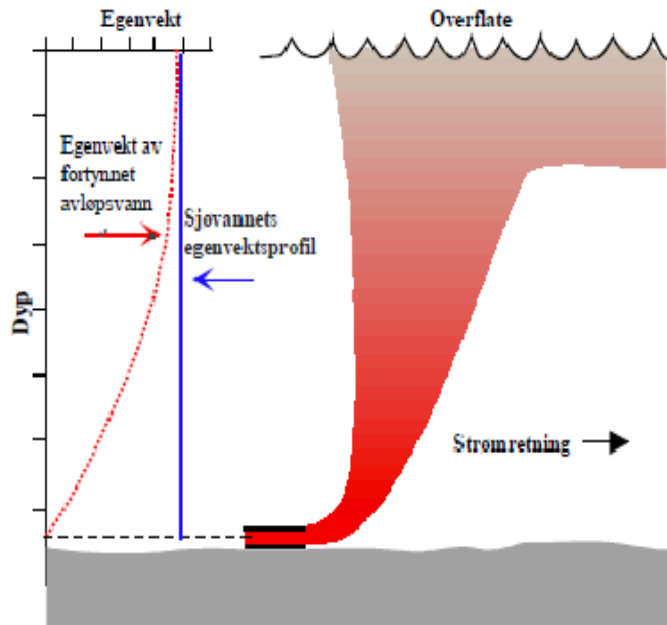
pH beregnes fra alkalinitet og CO_2 ; når to er kjent kan den tredje beregnes. Vi benytter et formelverk basert på Zeebe og Dieter (2001) lagt inn i vårt eget excelark sammen med likevektskonstanter og deres avhengighet av temperatur og saltholdighet.

Spredning
og fortykning

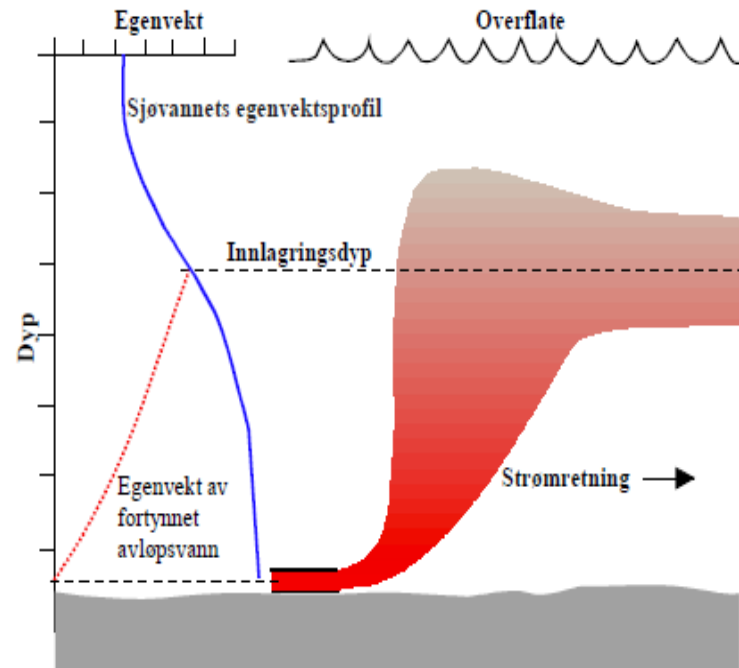
pH

Illustrasjon av dyputslipp til sjøvann.

Dyputslipp uten innlagring av avløpsvannet



Dyputslipp med innlagring av avløpsvannet

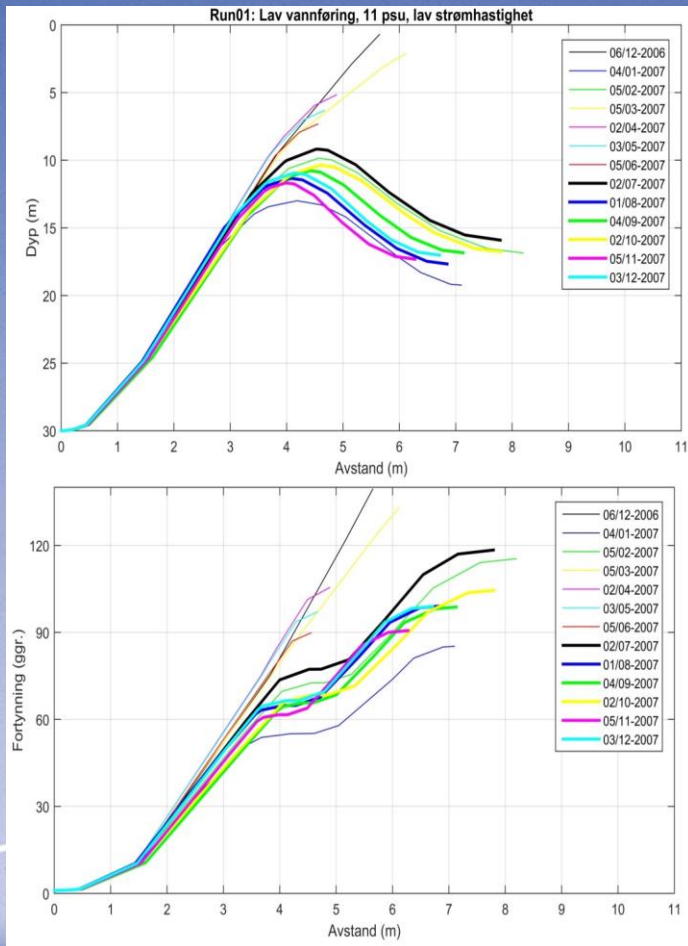


Case 1. Utslipp av ammoniakk (pH 10/10,5) i Sunndalsfjorden

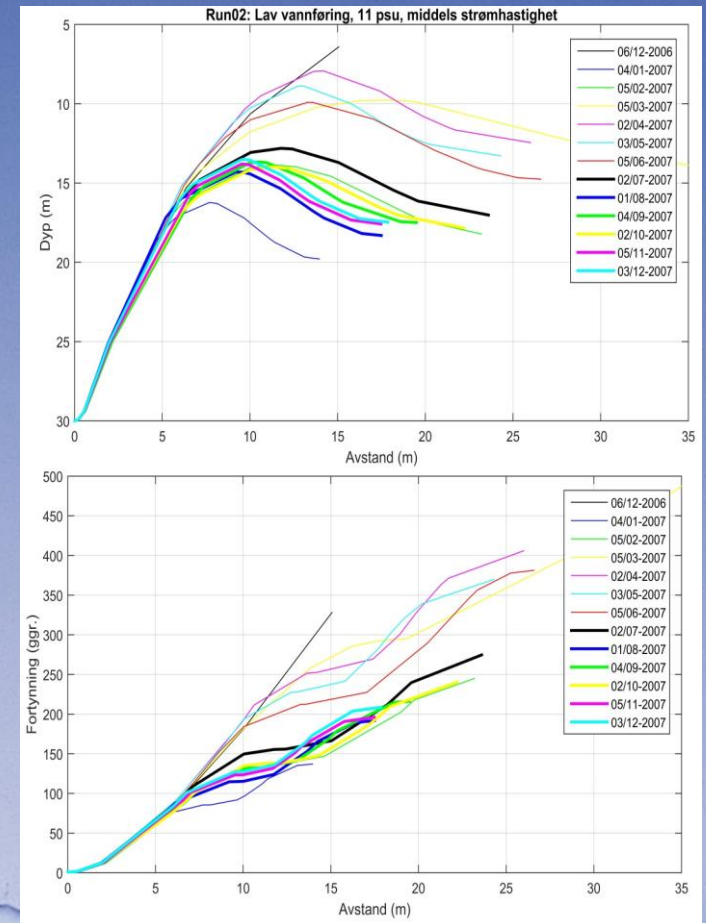
Parameter	Scenario 1	Scenario 2
Utslippsdyp i resipienten (m)	30	30
Diameter på utslippsrør (mm)	600	600
Volumstrøm (m ³ /døgn)	45000	5000
pH	10	10.5
Temperatur (°C)	7-10	7-10
Saltholdighet på utslippet (psu)	11	11
Empirisk innhold av ammoniakk (basert på analyser av utslippet) (g/L)	2,08	3,73

Modellering ved bruk av Visual PLUMES: Innlagringsdyp og primær fortynning for 13 tetthetsprofiler gjennom sesongen ved utslipp på 30 m dyp i en vestlandsfjord

4 cm/s



9,5 cm/s



Sjøvannets evne til å nøytralisere syrer og baser

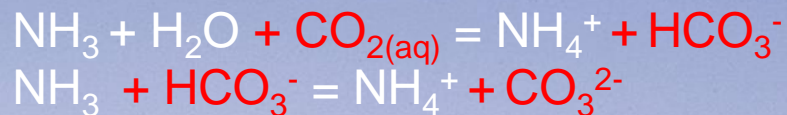
Skyldes alkaliniteten (A_t) som er summen av bidragene fra alle syrer og baser, men er dominert av bidraget fra karbondioksyd (CO_2). Totalt innhold av karbondioksyd (C_t) er gitt ved:

$$C_t = [\text{CO}_{2(\text{aq})}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

Ammoniakk (NH_3) er en svak base som i vandig løsning vil forekomme i likevekt med ammonium (NH_4^+)

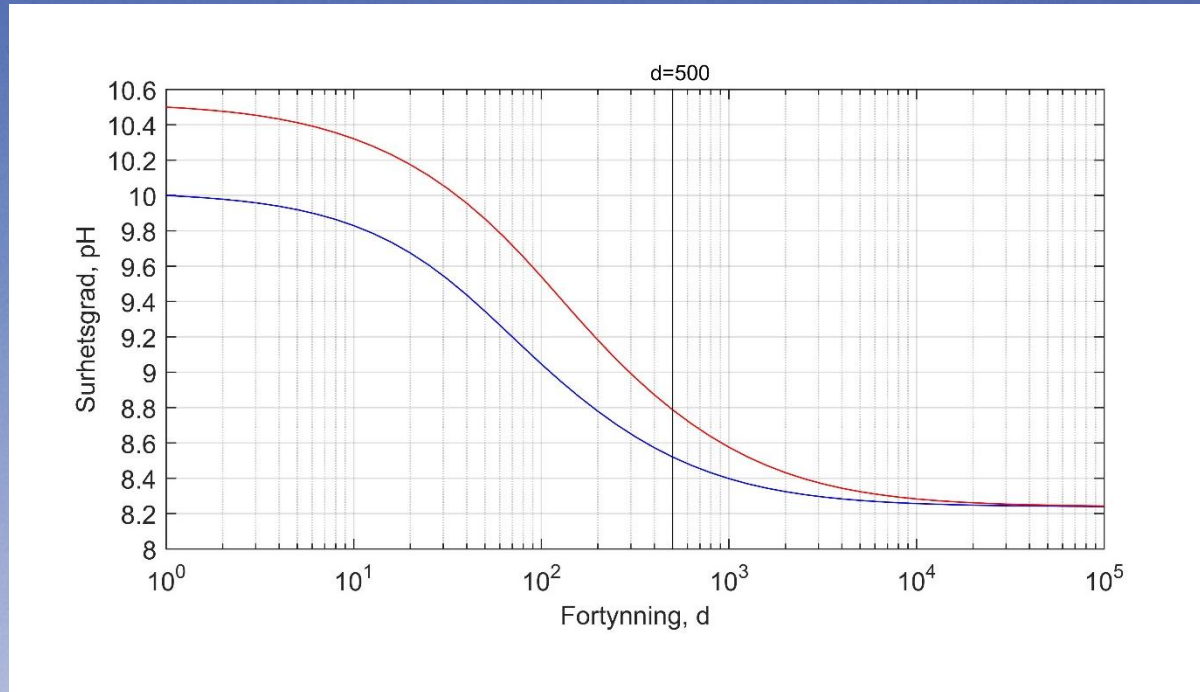


Utslipet av ammoniakk vil derfor i hovedsak nøytraliseres ved de to likevektene:



Brukes i tillegg ligningen for alkalinitet (A_t) og sammenhengen mellom A_t og saltholdighet har en et sett av ligninger som gjør det mulig å beregne pH ved ulike fortyninger av ammoniakk-utslippet i sjøvann.

pH ved ulike fortynninger av ammoniakk utslippet (pH10 og 10,5) i sjøvann med pH 8,2



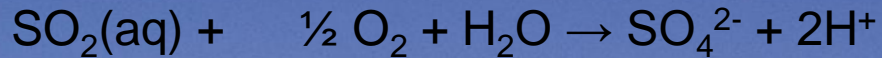
pH ved ulike fortynninger av ammoniakk utslippet

Aksept kriterier	pH=10	pH=10,5
$\Delta\text{pH}\leq 0,5$	250x	800x
$\Delta\text{pH}\leq 0,2$	1000x	3000x

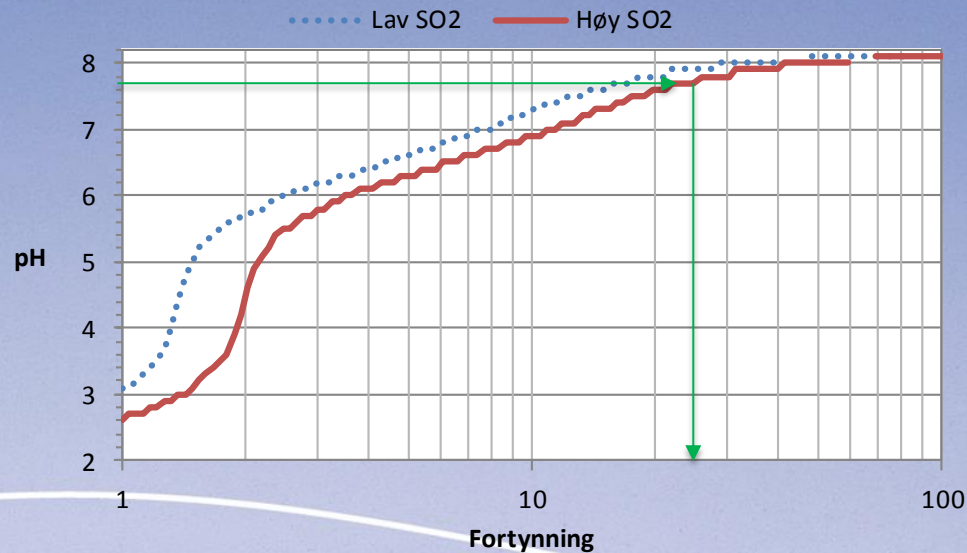
Beregningene av fortynning og innlagring viste at primærfortynning frem til innlagring eller gjennombrudd til overflaten var mindre enn 500x ved alle gjennomførte innlagringsberegninger.

Case 2. Utslipp av sulfitt (pH=ca. 3) fra sjøvannsvasker

Oppsummert kan prosessen beskrives som:



Det antas at sulfitten oksyderes raskt i anlegget før videre fortynning i resipienten og at pH da er nær 3. Risiko for skadelige effekter på miljøet ansees derfor knyttet til pH-endringen og ikke til rester av sulfitt.



Dersom $\Delta\text{pH} \leq 0,5$
kreves et
fortynningsbehov på
ca. 25x

Case 3. Spredning og fortykning av utslipp fra NOAH-Langøya

Modellen Visual PLUMES ble validert ved tilsetning av det fluoriserende stoffet Fluorescein til NOAH sitt utslipp i 28 m dyp på Langøya i Ytre Oslofjord.

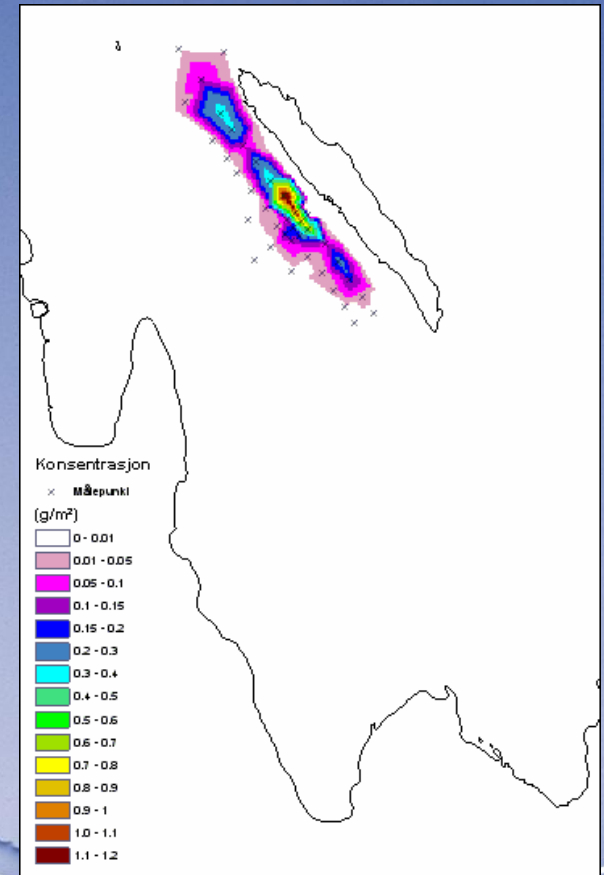
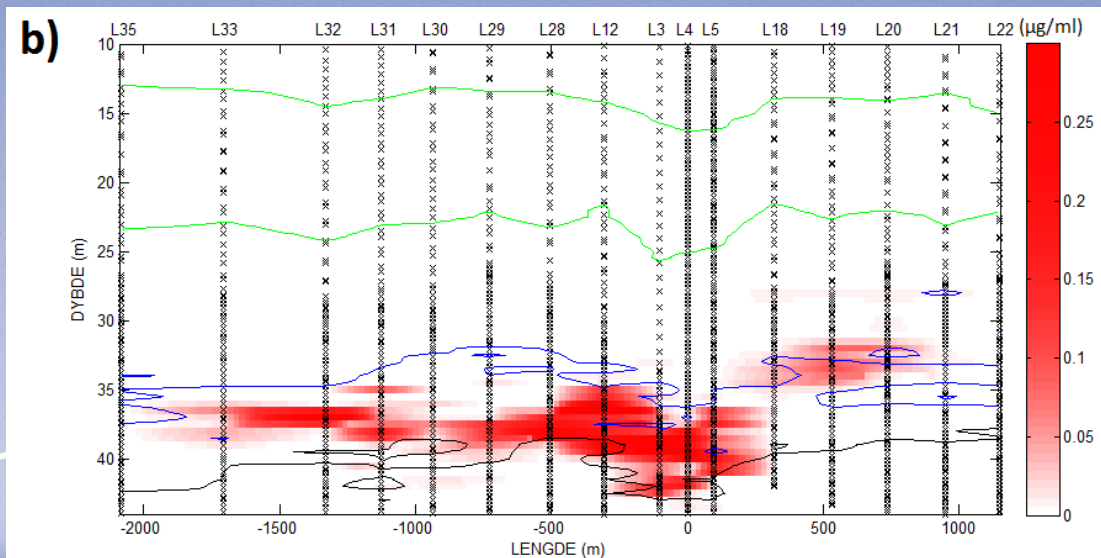
Fluorescein kan detekteres i sjøvannet med en profilerende sonde som måler ned til en konsentrasjon på 0,001 $\mu\text{g/ml}$.

Stoffet har ikke noen skadelige effekter på miljøet

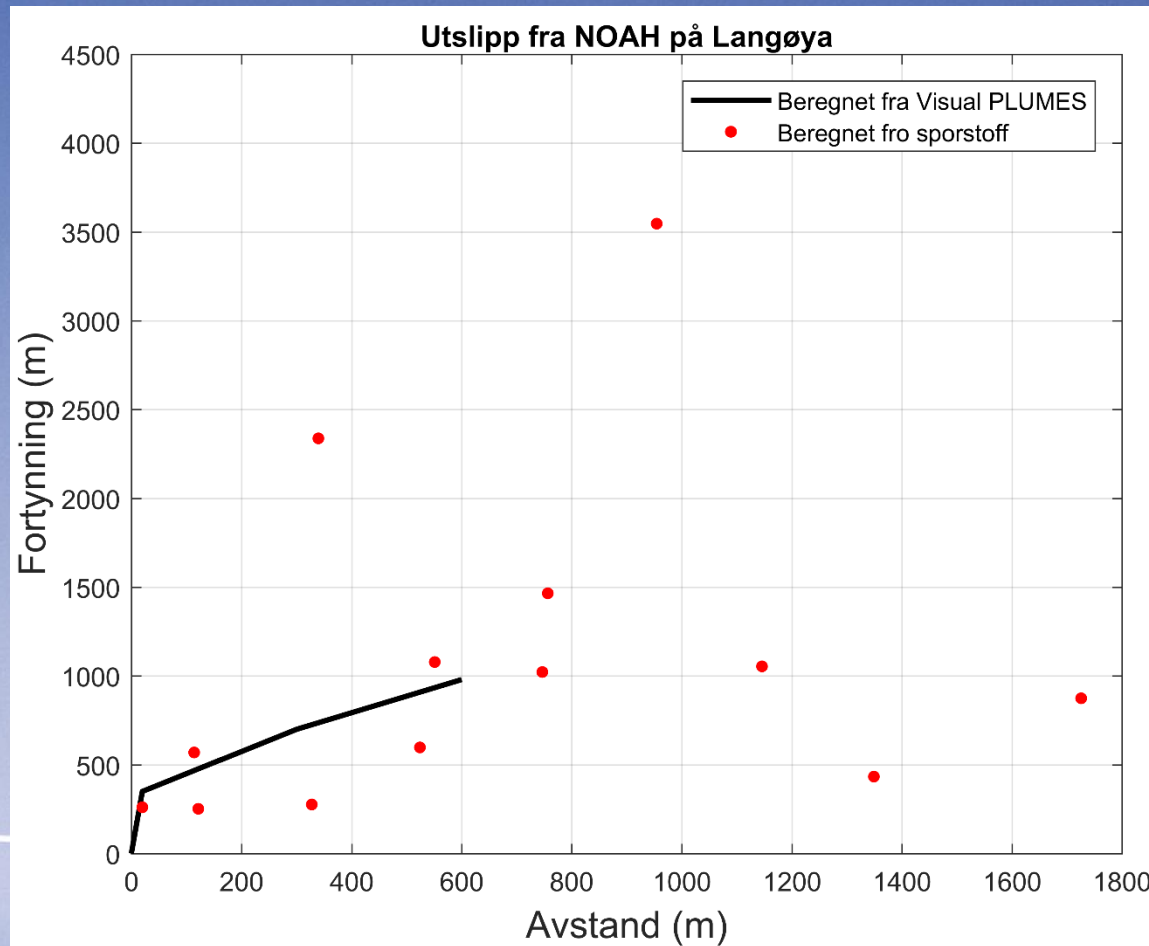
Resultater fra sporstoff forsøk etter 1 døgn

Dybdeintegreert konsentrasjon

Konsentrasjon av sporstoff i ulike dyp



Fortynningen for alle profiler ved Langøya plottet opp som funksjon av avstand fra utslippet. I samme figur er fortynningen beregnet med Visual PLUMES tegnet inn.



Resultater - Spredning og fortykning av utslipp fra NOAH-Langøya

Undersøkelsene viser at utslippet fra NOAH innlagres på 32-40 meters dyp og at primær influensområde er begrenset til østsiden av Langøya.

Visual PLUMES gir en primærfortynning på 350 etter at avløpsvannet har nådd sitt innlagringsdyp etter 22 m.

Visual PLUMES beregner sekundærfortynningen ut til en avstand på 600 m fra utslippet og figuren viser at den virkelige fortynningen ligger i samme størrelsesorden innenfor dette området.

Det som Visual PLUMES ikke fanger opp er at utslippsskyen sprer seg langs Langøya i et ganske smalt bånd og at det er liten videre fortykning av utslippet etter 600 m.

Konklusjoner (I)

- En må forvente at en også i fremtiden må leve med mange og samlet sett betydelige utslipp til sjø
- Vi benytter relativt enkle verktøy for å modellere hvor et utslipp vil havne. Blant annet Visual PLUMES for bestemmelse av innlagringsdyp/primærfortynning og ROMS/FjordOs-modellen for bestemmelse av sekundærfortynningen.
- Vi kombinerer beregnet spredning og fortynning med beregnet pH i fortynnet sjøvann ved den temperatur og saltholdigheten som typisk finnes ved utslippspunktet
- Det finnes også mer kompliserte modellverktøy (3D) som kan brukes til modellering av partikkelspredning og sedimentering, men disse er svært arbeidskrevende å tilpasse lokale forhold og ikke så lette å benytte utforskende med mange scenarier.

Konklusjoner (II)

- Bruken av sporstoff er en direkte og vel kjent metode som ikke må glemmes i fokuset rundt modellering.
- Bruken av sporstoff har sine begrensninger. Mest avgjørende er nok at det er vanskelig å bruke metoden i forbindelse med planlegging av nye utslipp.
- Modellering av primærfortynning og sekundærfortynning nær utslippet av den typen som kan gjøres med Visual PLUMES er godt egnet for planlegging av et utslipp.
- Sekundærfortynningen lenger unna er imidlertid mer problematisk å modellere, blant annet fordi strømningsmønstrer da kommer sterkere inn og dette kan variere betydelig over tid.
- Modellering av sekundærfortynning er derfor avhengig av input fra en strømmodell der en kan ekstrahere de statistisk sett mest fremtredende strømmønstrene.

Kan enkle modeller gi tilstrekkelig grunnlag for vurdering av spredning, fortynning og surhetsgrad?

Svaret vårt er vel JA, men det spørs jo hva en legger i «tilstrekkelig»



Takk for oppmerksomheten

