

# Kystvandråd – Vadehavet – 2025

Modellering af vandudveksling og betydning for den økologiske tilstand

Rapport  
11832765

15. januar 2026

Udarbejdet for Varde Kommune

Kystvandråd – Vadehavet – 2025

Modellering af vandudveksling og betydning for den økologiske tilstand

Rapport  
11832765

Udarbejdet for: Varde Kommune  
Repræsenteret ved: Flemming Sørensen

Kontaktperson: Trine Cecilie Larsen, [trcl@dhigroup.com](mailto:trcl@dhigroup.com)  
Projektleder: Trine Cecilie Larsen  
Kvalitetsansvarlig: Trine Cecilie Larsen  
Udarbejdet af: Anders Chr. Erichsen, [aer@dhigroup.com](mailto:aer@dhigroup.com)  
Projektnr.: 11832765  
Godkendt af: Anders Chr. Erichsen  
Godkendelsesdato: 15. januar 2026  
Revision: Final 1.0  
Klassifikation: **Åben:** Dette dokument kan frit deles med personer inden- og udenfor DHI-koncernen.  
Filnavn: Kystvandråd\_Vadehavet\_2025

## Indholdsfortegnelse

|          |                                                                  |           |
|----------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduktion.....</b>                                         | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Opdateret modelgrundlag.....</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>3</b> | <b>Strømningsdynamik i Vadehavet.....</b>                        | <b>10</b> |
| 3.1      | Metode.....                                                      | 10        |
| 3.2      | Resultater .....                                                 | 10        |
| <b>4</b> | <b>Evaluering af den økologiske tilstand i de fire dyb .....</b> | <b>16</b> |
| 4.1      | Metode.....                                                      | 16        |
| 4.1.1    | Dosis-respons.....                                               | 16        |
| 4.1.2    | Ækvivalenter (vekselkurser).....                                 | 17        |
| 4.2      | Resultater .....                                                 | 17        |
| <b>5</b> | <b>Referencer .....</b>                                          | <b>21</b> |

## Bilag

### Bilag A Strømningsdynamik

## Figurer

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figur 1-1 | Oversigtskort over de fire dyb med tilhørende oplande og målestationer.....                                                                                                                                                                                                                  | 6  |
| Figur 2-1 | Illustration af de anvendte kilder (røde cirkler) til næringsstoffer i Nordsø-modellen.....                                                                                                                                                                                                  | 7  |
| Figur 2-2 | Placering af de målestationer, der er analyseret som del af arbejdet i Kystvandrådet..                                                                                                                                                                                                       | 8  |
| Figur 2-3 | Placering af tyske vandløb i den opdaterede model.....                                                                                                                                                                                                                                       | 9  |
| Figur 3-1 | Andelen af vand fra danske vandløb med udløb til henholdsvis Grådyb (øverst, tv), Knudedyb (øverst, th), Juvre Dyb (nederst, tv) og Lister Dyb (nederst, th). Figuren viser andelen for januar 2014 efter der er opnået ligevægt i modellen.....                                             | 11 |
| Figur 3-2 | Andelen af vand fra danske vandløb med udløb til henholdsvis Grådyb (øverst, tv), Knudedyb (øverst, th), Juvre Dyb (nederst, tv) og Lister Dyb (nederst, th). Figuren viser andelen juli 2014, efter at der er opnået ligevægt i modellen.....                                               | 12 |
| Figur 3-3 | Figuren viser udskiftningen af Nordsøvand med vand fra Nordatlanten over modelrandene efter ét års modelkørsel .....                                                                                                                                                                         | 13 |
| Figur 3-4 | Fordeling af vandmasser i Knudedyb fra de fire dyb, generelle danske og udenlandske kilder og vand, som oprinder fra Nordatlanten (randværdier). Y-aksen udgør fordelingen, hvor 1,0 svarer til 100%. .....                                                                                  | 13 |
| Figur 3-5 | Fordeling af vandmasser i Knudedyb (øverst) og Grådyb (nederst) fra de fire dyb, generelle danske og udenlandske kilder og vand som oprinder fra Nordatlanten (randværdier). Y-aksen udgør fordelingen, hvor 1,0 svarer til 100%. Bemærk, at y-aksen starter ved 0,6 svarende til 60%. ..... | 14 |
| Figur 3-6 | Fordeling af vandmasser i Grådyb (øverst, tv), Knudedyb (øverst, th), Juvre Dyb (nederst, tv) og Lister Dyb (nederst, th), beskrevet ved ferskvandskilder alene. ....                                                                                                                        | 15 |
| Figur 4-1 | Skematisk illustration af beregning af dosis-respons .....                                                                                                                                                                                                                                   | 17 |
| Figur 4-2 | TN- henholdsvis TP-ækvivalenter for Grådyb.....                                                                                                                                                                                                                                              | 18 |
| Figur 4-3 | TN- henholdsvis TP-ækvivalenter for Knudedyb .....                                                                                                                                                                                                                                           | 18 |
| Figur 4-4 | TN- henholdsvis TP-ækvivalenter for Juvre Dyb .....                                                                                                                                                                                                                                          | 19 |
| Figur 4-5 | TN- henholdsvis TP-ækvivalenter for Lister Dyb .....                                                                                                                                                                                                                                         | 19 |

Figur A- 1      Fordeling af vandmasser i Juvre Dyb (øverst) og Lister Dyb (nederst) fra de fire dyb, generelle danske og udenlandske kilder og vand som oprinder fra Nordatlanten (randværdier). Y-aksen udgør fordelingen hvor 1,0 svarer til 100%. Bemærk at y-aksen starter ved 0,6 svarende til 60%. ..... 0

# 1 Introduktion

Som en del af arbejdet i Kystvandrådet for Vadehavet er der opstået et ønske om at undersøge vandudvekslingen mellem de forskellige dyb i Vadehavet i større detaljer og kvantificere effekter af næringsstofreduktioner i oplandene til de enkelte dyb, inklusive 'nabo-effekter' fra reduktioner i tilstødende dyb.

Under kystvandrådsarbejdet i 2023 var ét fokus at modellere effekter i Vadehavet fra reduktioner i næringsstoffer – og med særligt fokus på fosfor-reduktioner – med det formål at kvantificere næringsstofreducerende tiltag (virkemidler) i oplandet til Vadehavet og de tilhørende effekter med henblik på at opnå God Økologisk Tilstand (GØT) i alle fire dyb.

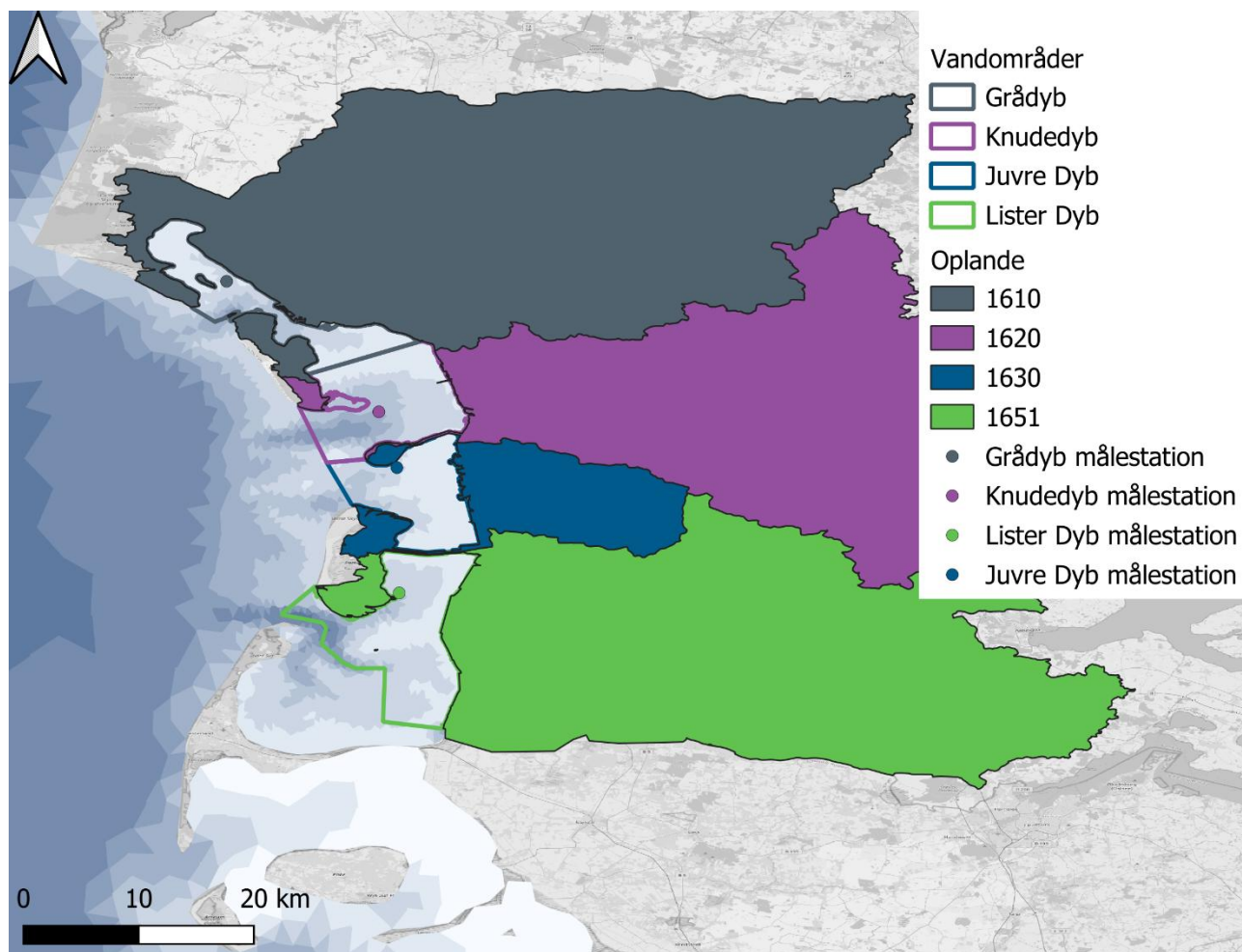
Især målopfyldelsen i Knudedyb er problemfyldt, mens reduktionsbehovene i de andre dyb er mere begrænsede. Derfor har Kystvandrådet for Vadehavet bedt DHI om en mere detaljeret beskrivelse og kvantificering af strømnings- og næringsstofdynamikken i Vadehavet og tilhørende afhængigheder mellem de fire dyb, med henblik på at undersøge, om reduktioner i nabodyb kan hjælpe med at sikre målopfyldelse i alle fire dyb samlet set.

Analysen bygger på den modeludvikling, der ligger til grund for vandområdeplanerne 2021-2027 (genbesøg), og som tidligere har været benyttet i kystvandrådsarbejdet i 2023, dog med en opdatering af næringsstofflørslerne fra Tyskland, hvor bidragene fra de tyske floder/vandløb umiddelbart syd for grænsen har været relativt groft opløst.

Dette projekt har derfor til formål at modellere forskellige scenarier med henblik på at:

- Opdatere den økologiske (biogeokemiske) model med mere detaljerede data for ferskvands- og næringsstofflørslere fra de tyske vandløb i Vadehavet.
- Bestemme strømningsdynamikken i Vadehavet igennem 'mærkning' af ferskvandstilførslerne til de enkelte dyb, og kvantificering af vandstrømme imellem dybene og den ydre rand mod Nordsøen.
- Effektvurdering på GØT af næringsstofreduktioner til de enkelte dyb med henblik på at analysere, om reduktioner i nabodyb kan afhjælpe indsatsbehov til fx Knudedyb.

I projektet er der fokus på de fire dyb: Grådyb, Knudedyb, Juvre Dyb og Lister Dyb (se Figur 1-1). Udover afgrænsningerne mellem de fire dyb viser figuren også de tilhørende oplande samt de målestationer, der benyttes til den officielle evaluering af miljøtilstanden i hvert vandområde.

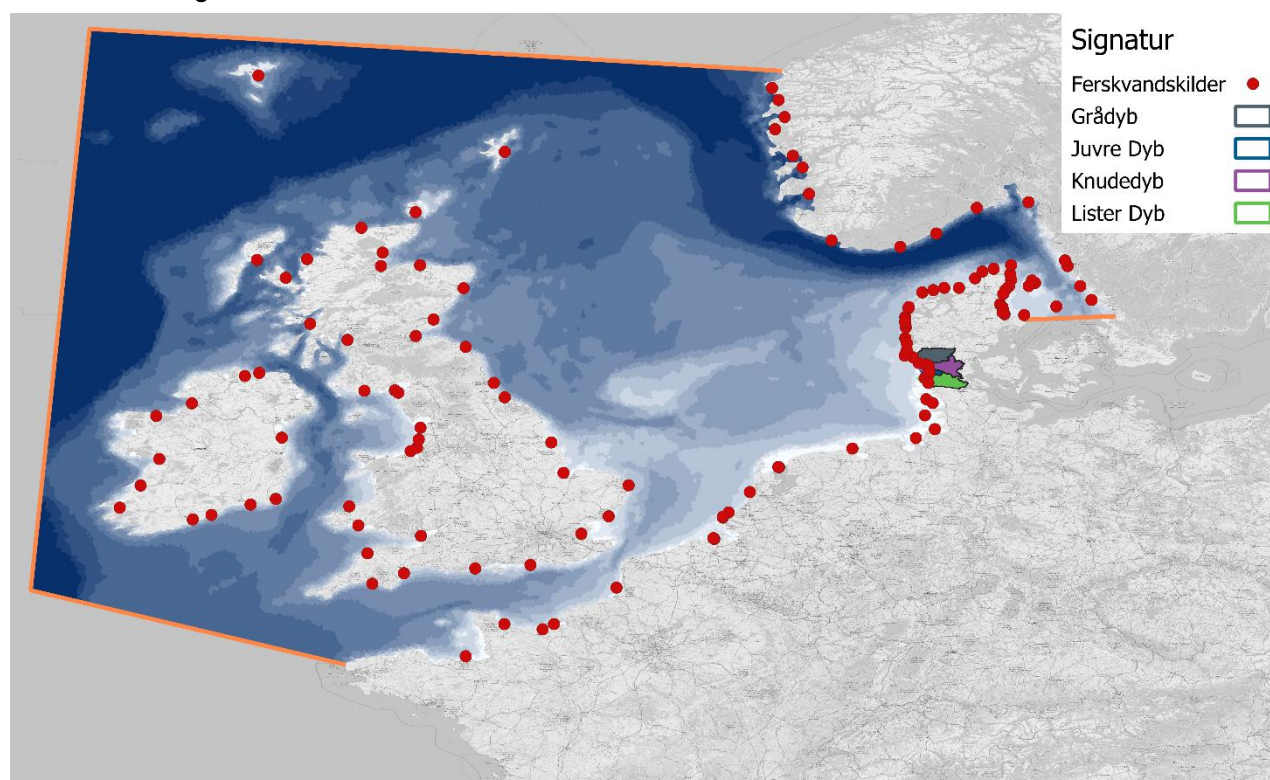


**Figur 1-1** Oversigtskort over de fire dyb med tilhørende oplande og målestationer

## 2 Opdateret modelgrundlag

Den eksisterende model for Nordsøen og Vadehavet indeholder en række ferskvands- og næringsstofftilførsler fra både danske og tyske oplande foruden andre lande, der udleder til Nordsøen. Opløsningen i tilførslerne er imidlertid væsentligt mere detaljeret for danske vandområder, mens de tyske kilder udelukkende består af de større tyske floder, dog med en samlet tilførsel, der repræsenterer alle tyske oplande (Figur 2-1).

Derfor er det besluttet som del af arbejdet i Kystvandrådet i 2025/2026 at opdatere den anvendte model med tyske afstrømningsdata i det omfang, de kan findes og er af en kvalitet, der tillader brugen af data, og dermed sikre en endnu bedre repræsentation af næringsstofferne og afledte effekter i Vadehavet fra både danske og udenlandske kilder.



**Figur 2-1 Illustration af de anvendte kilder (røde cirkler) til næringsstoffer i Nordsø-modellen**

Som det fremgår af figuren, er opløsningen væsentlig større i Danmark sammenlignet med fx Tyskland.

For at opdatere kilderne til den tyske del af Vadehavet har vi analyseret data fra to primære tyske databaser:

- **Themenportale SH:** Fra denne database er det især to datasæt, som begge er tilgængelige under "Monitoringergebnisse Nährstoffe" → "Fließgewässer". Data dækker over
  - Månedligt måledatasæt indeholdende månedlige koncentrationer (mg/L) af ammonium, nitrat, fosfat, opløst ilt, total kvælstof og total fosfor indsamlet for perioden 2002-2016. Disse data er blevet interpoleret lineært for at skabe en tidsserie med daglige data. I de tilfælde, hvor målinger for bestemte stationer manglede, blev data fra samme periode, men registreret i et andet år, brugt til at udfylde hullerne.
  - Årligt måledatasæt indeholdende årlige værdier af ammonium, nitrat, fosfat, opløst ilt, total kvælstof og total fosfor (alle udtrykt i tons/år) samt vandføring (i millioner m<sup>3</sup>/år). Tilsvarende årlige datasæt er blevet udtrukket af den anvendte model ud fra de data, der var tilgængelige i ovenstående datasæt, og sammenlignet med de årlige værdier som en validering af metode og data.



- Hochwasser-Sturmflut-Information Schleswig-Holstein:

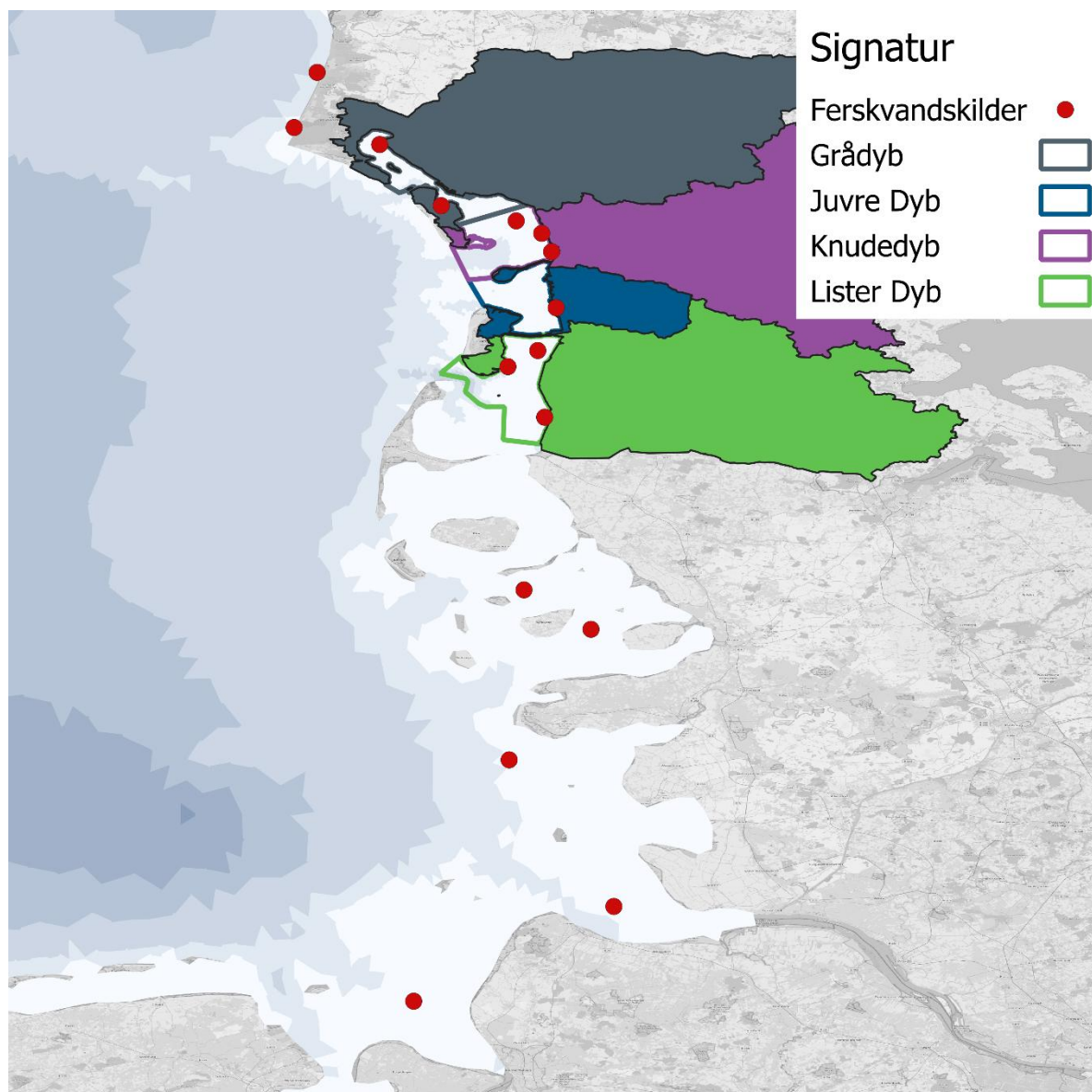
- Data fra denne database indeholder daglige vandføringsdata (m<sup>3</sup>/s) for de respektive oplande. Disse data er omregnet til månedlige gennemsnitlige værdier og implementeret i den anvendte model.
- Ud af de 11 identificerede målestationer var der tilgængelige data i begge databaser på syv stationer (angivet med grønne bokse i Figur 2-2).



**Figur 2-2 Placering af de målestationer, der er analyseret som del af arbejdet i Kystvandrådet**  
De røde bokse angiver de stationer, hvor der ikke kunne identificeres daglige vandføringsdata. Disse stationer indgår dermed ikke i modelopdateringen, mens de grønne bokse viser de målestationer, hvor data var tilgængelige.

Baseret på tilgængeligheden af de tyske data er modellen for Nordsøen – og dermed også Vadehavet – blevet udvidet med 4 kilder umiddelbart syd for grænsen til Tyskland (se Figur 2-3).





**Figur 2-3 Placering af tyske vandløb i den opdaterede model**

På grund af tidevandet er vandløbene modelteknisk placeret et stykke fra land for at sikre, at de rette mængder vand og næringsstoffer inkluderes i modellen.

### 3 Strømningsdynamik i Vadehavet

I forbindelse med Vandområdeplanerne 2021-27 (genbesøg) og tidligere vandplaner har der været fokus på især Knudedyb, hvor der er et stort indsatsbehov for at sikre GØT. Især har der været fokus på, hvorvidt næringsstofreduktioner til nabo-dybene har – og i hvor stor grad – betydning for GØT i Knudedyb. I udgangspunktet har kommunen derfor efterspurgt modellering med henblik på at dokumentere strømningsdynamikken i Vadehavet og den indbyrdes blanding imellem de enkelte dyb.

Denne problemstilling kan imidlertid adresseres på forskellig vis, hvor en metode er at 'mærke' ferskvandet fra de enkelte vandløb i de enkelte dyb, med henblik på at kunne bestemme de direkte tilførsler og transporter imellem dybene.

Derfor har der været gennemført en række modelberegninger med konservative stoffer (dvs. ingen omsætning). Denne type modelberegninger kan benyttes til at illustrere strømningsdynamikken og dermed også vandtransporter mellem de enkelte dyb og Nordsøen. Denne type modellering kan imidlertid ikke benyttes til at vurdere de direkte effekter på den økologisk tilstand (dvs. ændringer i fx klorofyl-a koncentrationer), men kan indgå som en kvalitativ analyse, hvor transporterne og blanding i Vadehavet illustreres.

#### 3.1 Metode

For hver af de danske kilder præsenteret i Figur 2-3 angives en koncentration på 1 mg/l. På tilsvarende vis angives en koncentration på 1 mg/l for de udenlandske kilder samt det Atlanterhavsvand, som kommer ind i modellen på randen af modellen.

Modellen er kørt cyklisk (hvilket betyder, at modellen er kørt for året 2014, men gentaget, indtil der er opstået en ligevægt med især Atlanterhavsvandet). Ved at modellere koncentrationerne fra de enkelte dyb, udenlandske kilder og Atlanterhavsvandet individuelt er det efterfølgende muligt at følge blanding og transport fra fx de enkelte dyb kvantitativt, og dermed få et indblik i strømningsdynamikken i Vadehavet og Nordsøen som sådan.

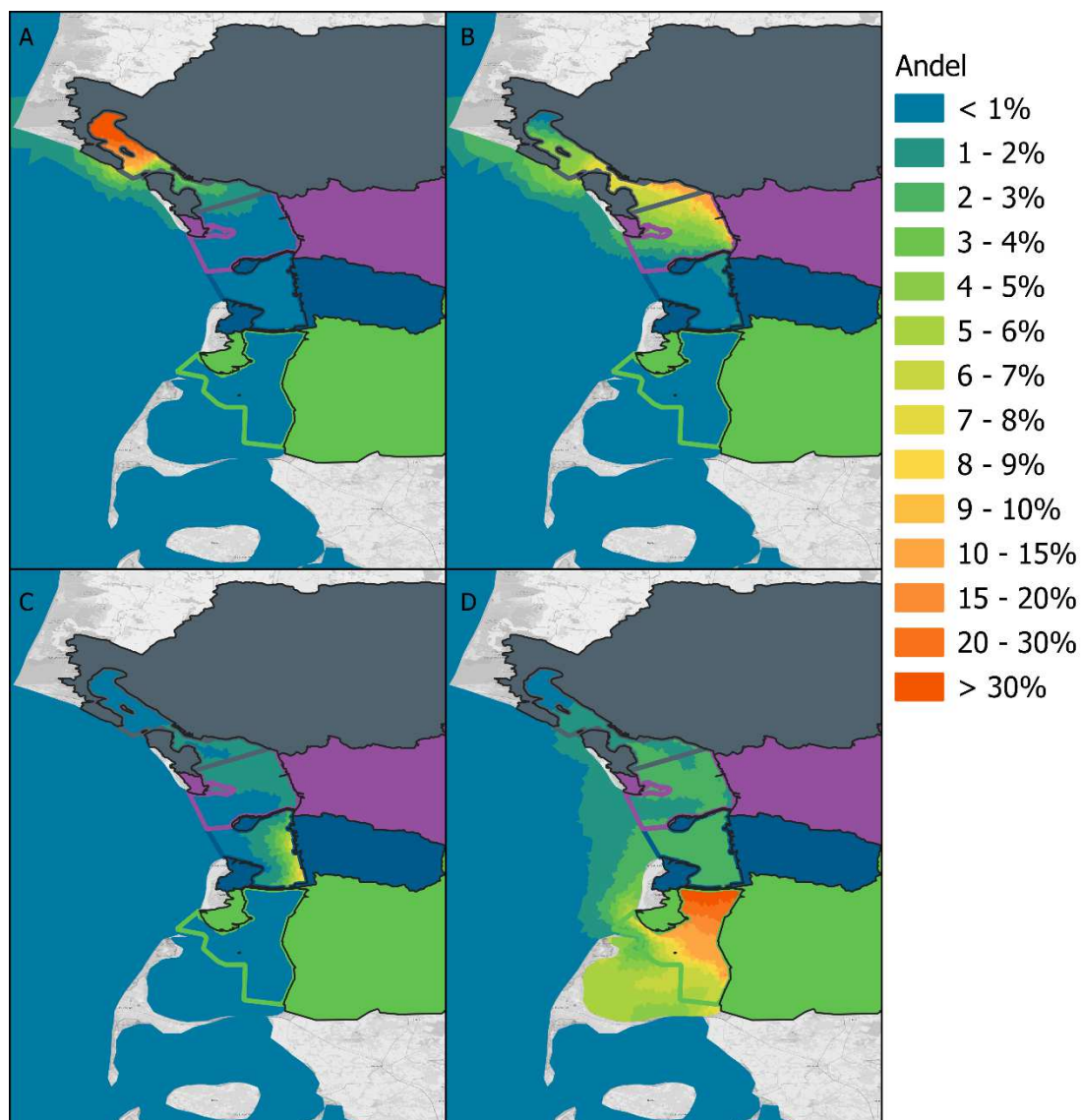
#### 3.2 Resultater

Resultaterne fra denne analyse kan præsenteres på forskellig vis, og her har vi valgt at vise to eksempler som gennemsnit fra januar (Figur 3-1) og juli (Figur 3-2) 2014 efter modellen har opnået ligevægt.

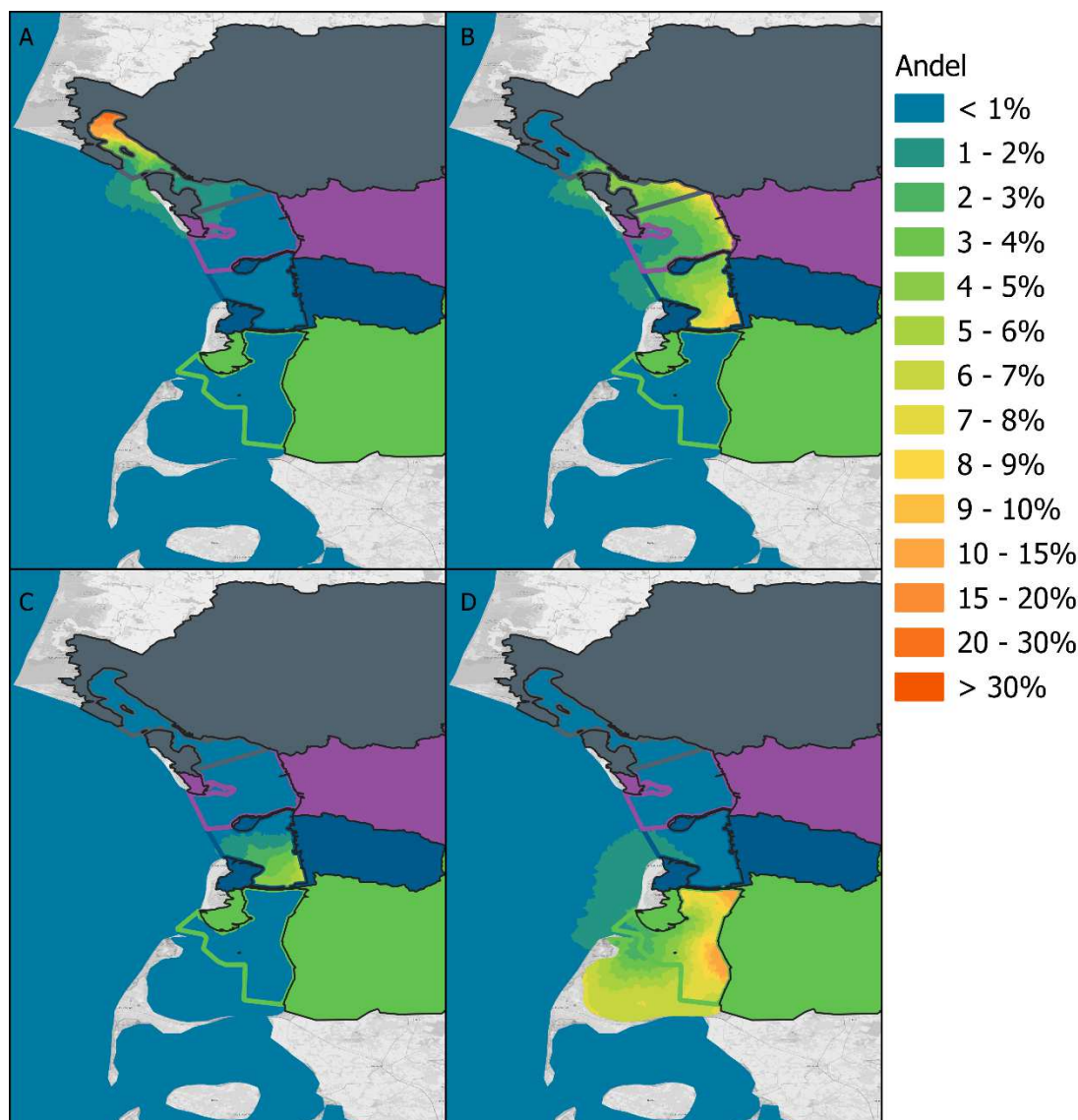
På figuren er koncentrationerne omregnet til en andel i %, og opsummeres koncentrationerne fra danske kilder, udenlandske kilder og Atlanterhavsvandet, er den samlede andel omkring 100%.

Som det fremgår af de to figurer, er der overordnet set en relativt lille udveksling af ferskvand mellem de forskellige dyb, hvilket skyldes den dominerende øst-vest-gående tidevandsstrøm.

Især Lister Dyb, men også Grådyb, er relativt isolerede sammenholdt med de andre to dyb, mens ferskvandet fra Knudedyb i stor udstrækning påvirker Grådyb (eksempel fra januar) og Juvre Dyb (eksempel fra juli).



**Figur 3-1** Andelen af vand fra danske vandløb med udløb til henholdsvis Grådyb (øverst, tv), Knudedyb (øverst, th), Juvre Dyb (nederst, tv) og Lister Dyb (nederst, th). Figuren viser andelen for januar 2014 efter der er opnået ligevægt i modellen.

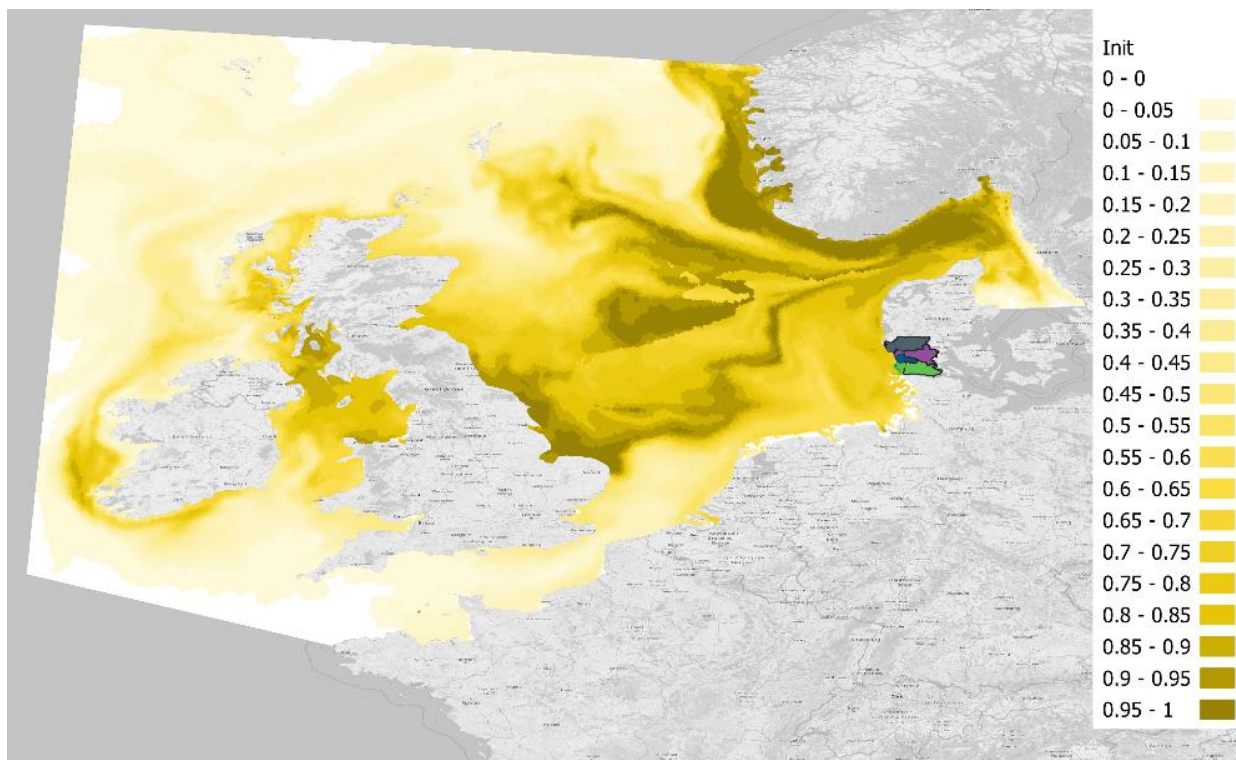


**Figur 3-2** Andelen af vand fra danske vandløb med udløb til henholdsvis Grådyb (øverst, tv), Knudedyb (øverst, th), Juvre Dyb (nederst, tv) og Lister Dyb (nederst, th). Figuren viser andelen juli 2014, efter at der er opnået ligevægt i modellen.

Som det fremgår af ovenstående metodebeskrivelse, er modellen kørt cyklisk, til der er opnået ligevægt. Det er især Atlanterhavsvandet, som over en periode på godt tre år udskifter vandet i Nordsøen med 'frisk' vand. Figur 3-3 viser, hvordan vandet i Nordsøen er udskiftet med især vand fra model-randene (overvejende fra Nordatlanten, men også over Kattegat-randen) efter ét års model-kørsel. Som det fremgår af figuren, er det især i den centrale del af Nordsøen og langs den norske kyst, at udskiftningen har været lille, mens vandet i Vadehavet er fortyndet af dels vand fra den engelske kanal og dels fra nordeuropæiske floder.

Det betyder imidlertid også, at det vand, som fordeler sig i Nordsøen og dermed også Vadehavet, er mindst ét år gammelt, når det blandes med vandet fra de nordeuropæiske og danske ferskvandskilder, hvorfor biotilgængeligheden af de næringsstoffer, der kommer fra Nordatlanten, er væsentligt mindre end de næringsstoffer, der udledes direkte til Vadehavet. Det er netop derfor, at denne modelanalyse alene kan benyttes til at vurdere strømningsdynamikken og ikke de tilhørende økologiske effekter, jf. klorofyl-a koncentrationer.

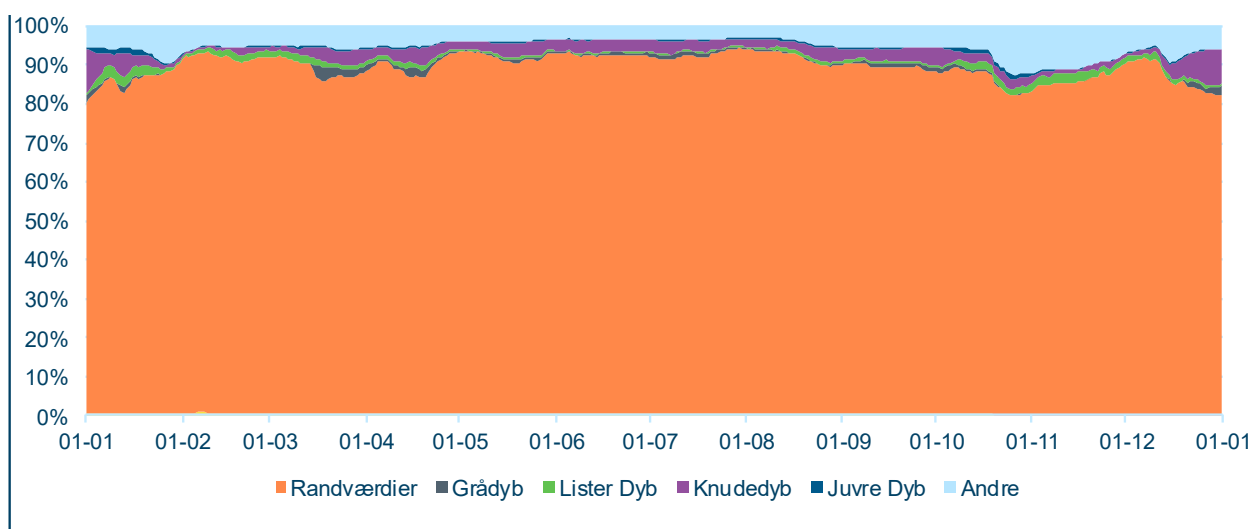




**Figur 3-3** Figuren viser udskiftningen af Nordsøvand med vand fra Nordatlanten over modelrandene efter ét års modelkørsel

Med en koncentration tæt på 1 mg/l er vandet efter ét års modellering stort set uforyndet, mens koncentrationer tæt på 0 mg/l indikerer stor udskiftning med vand fra randene (inklusive Kattegat-randen).

Figur 3-4 viser fordeling mellem de forskellige vandmasser i Knudedyb. Som det fremgår af figuren, udgør vand fra især Nordatlanten (randværdier) hovedparten af vandet i fx Knudedyb (omkring 80% over sommeren). Som det imidlertid er beskrevet ovenfor, er de næringsstoffer, som kommer med vand fra Nordatlanten, ikke biotilgængelige på samme måde som vand, der kommer med de ferskvandskilder, der udleder direkte til de fire dyb.

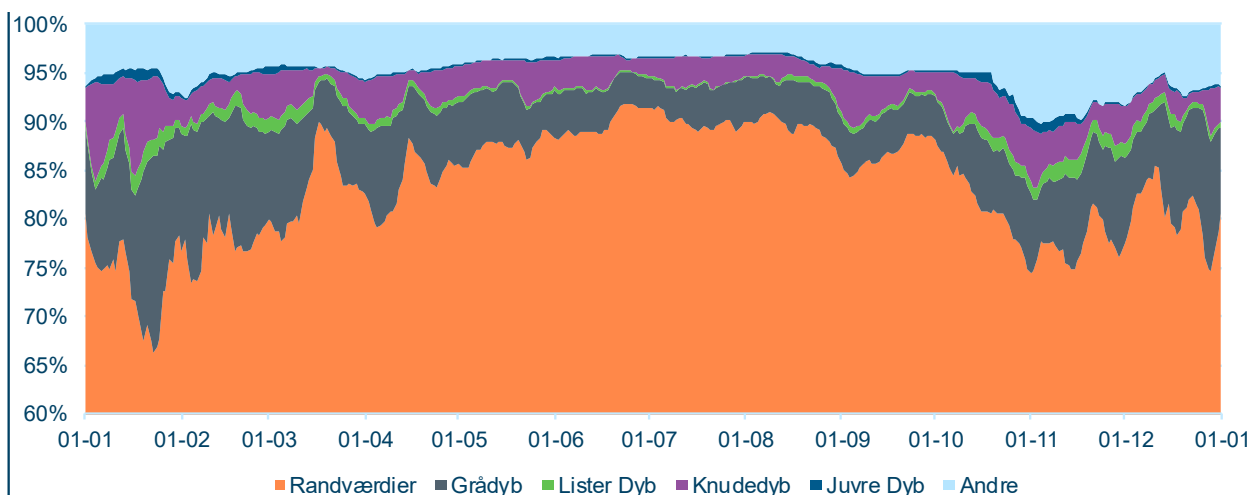
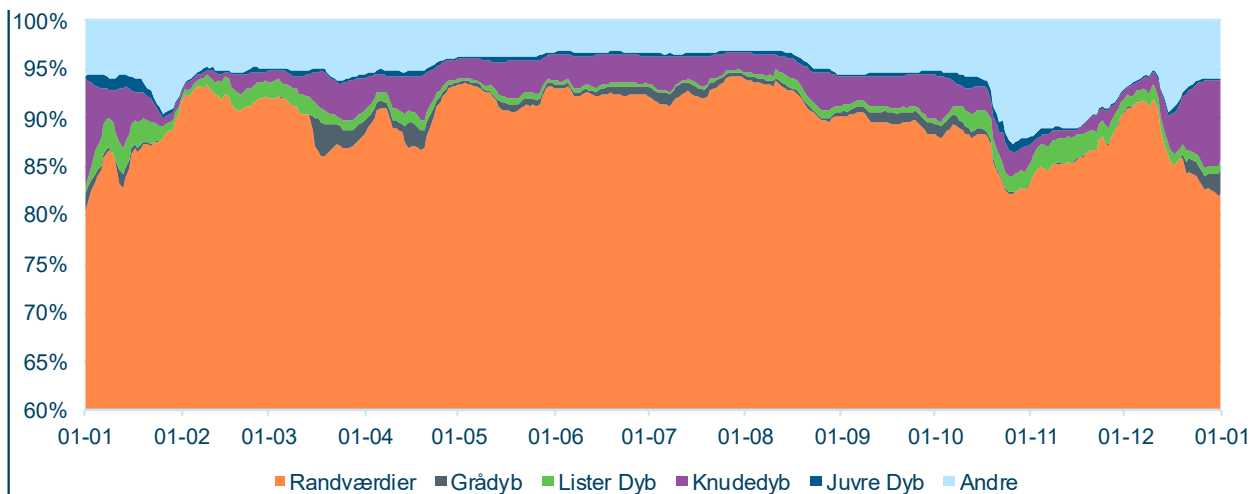


**Figur 3-4** Fordeling af vandmasser i Knudedyb fra de fire dyb, generelle danske og udenlandske kilder og vand, som oprinder fra Nordatlanten (randværdier).



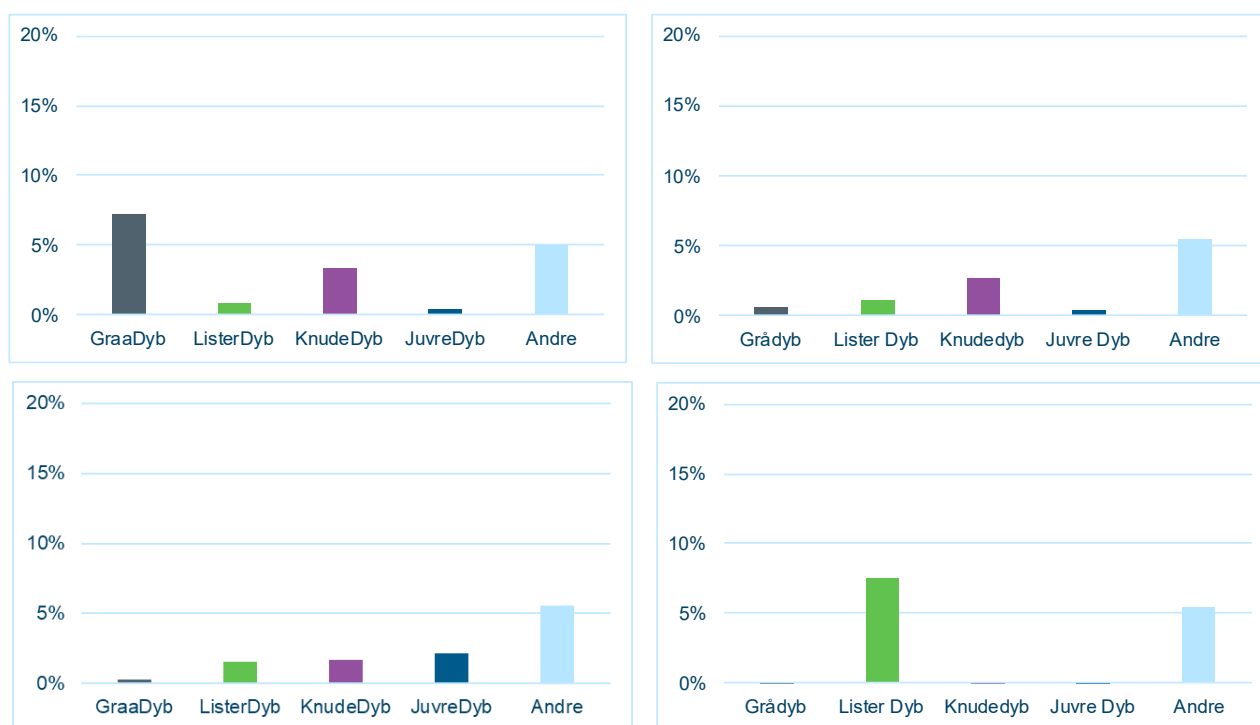
I Figur 3-5 er vist de tilsvarende data, men nu med en y-akse, som er afkortet ved 0,6 (svarende til 60%). Dermed bliver det mere tydeligt at se, hvilke dyb der påvirker hinanden. På figuren indgår data fra henholdsvis Knudedyb og Grådyb, mens tilsvarende data fra Juvre Dyb og Lister Dyb indgår i Bilag A. Af figuren fremgår det, at det især er det ferskvand, som ledes direkte til Knudedyb, som fylder mest ud over det som kommer fra Nordsøen. Derudover udgøres vandmasserne af en mindre del fra Lister Dyb, mens de fra Grådyb fylder meget lidt.

På tilsvarende måde er data fra Grådyb vist, og her er det især vand fra ferskvandskilder udledt direkte til Grådyb, der fylder, blandet med vand fra Knudedyb, mens vand fra både Juvre Dyb og Lister Dyb udgør en lille andel.



**Figur 3-5 Fordeling af vandmasser i Knudedyb (øverst) og Grådyb (nederst) fra de fire dyb, generelle danske og udenlandske kilder og vand som oprinder fra Nordatlanten (randværdier).**

Opgøres beregningerne alene baseret på ferskvandskilderne i Nordsøen som gennemsnit over hele perioden og som gennemsnit over hele vandområdet opnås data, som de er præsenteret i Figur 3-6. Denne figur er dermed en opsummering af f.eks. Figur 3-5 men uden de daglige variationer.



**Figur 3-6** Fordeling af vandmasser i Grådyb (øverst, tv), Knudedyb (øverst, th), Juvre Dyb (nederst, tv) og Lister Dyb (nederst, th), beskrevet ved ferskvandskilder alene.

## 4 Evaluering af den økologiske tilstand i de fire dyb

Skal effekterne af næringsstofftilførsler til de enkelte dyb og effekter af reduktioner i nabodyb kvantificeres, kræver det modelberegninger med den økologiske (biogeokemiske) model på lignende måde, som modelberegningerne under Kystvandrådets arbejde tilbage i 2023.

Derfor er der i nærværende projekt blevet gennemført modelberegninger netop med reduktioner i de enkelte dyb separat (både kvælstof- og fosforreduktioner) med henblik på at kvantificere effekterne af reduktioner i de enkelte dyb og imellem dybene. Dette dækker dermed over otte modelscenarier (fire kvælstof- og fire fosforscenarier)

I dette afsnit evalueres miljøtilstanden i de fire dyb ud fra disse modelscenarier og en vurdering af den relative effekt af tiltag i de enkelte oplande. Effekten af næringsstofreduktioner i oplandene til de enkelte dyb kvantificeres, inklusive effekter i nabodyb. Den eksisterende økologiske model fra Vandområdeplaner 2021-2027 (og Kystvandrådets arbejde i 2023) benyttes til denne analyse, men dog med opdatering af modelopløsning og ferskvandsafstrømning, som beskrevet i afsnit 2.

### 4.1 Metode

Som en del af modeludviklingen under arbejdet med fastlæggelse af målbelastninger som fundament for vandområdeplanerne 2021-27 blev der opstillet mekanistiske hydrodynamiske og biogeokemiske modeller. Disse modeller blev benyttet til at beregne dosis-respons kurver, som viser, hvor meget en miljøindikator, som fx klorofyl-a, ændrer sig i %, når TN- eller TP-tilførslerne til de specifikke vandområder ændres med 1%.

Dette arbejde resulterede i individuelle dosis-respons sammenhænge for blandt andet Vadehavet, for både ændringer i danske- og udenlandske landbaserede TN- og TP-tilførsler, samt ændringer i den samlede atmosfæriske TN-deposition.

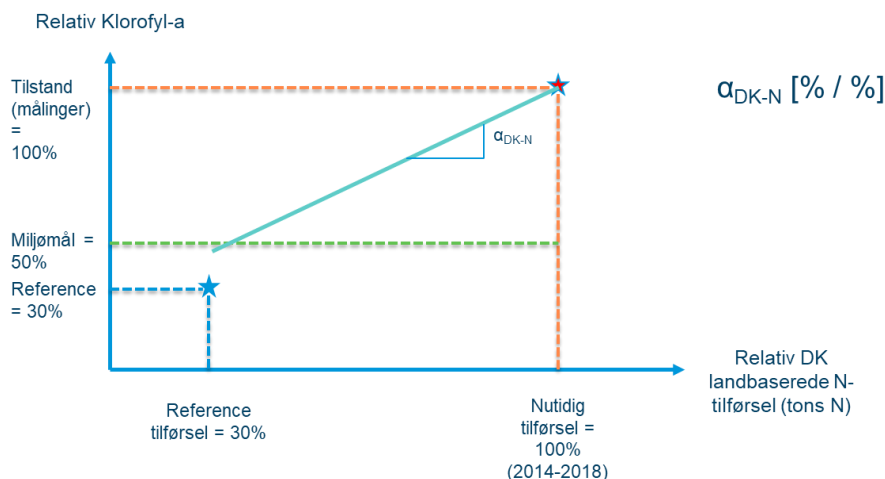
#### 4.1.1 Dosis-respons

Til vurdering af effekterne i de fire dyb benyttes i udgangspunktet samme metode, som blev benyttet under arbejdet med Vandområdeplanerne 2021-2027 og arbejdet i Kystvandrådet i 2023, hvor de relative ændringer i næringsstofftilførsler og efterfølgende effekter på indikatorerne kvantificeres.

I første omgang omsættes modelresultater til en klorofyl-a koncentration fra et statusscenarie, svarende til aktuelle TN- og TP-tilførsler. Koncentrationen af klorofyl-a fra dette scenarie definerer tilstanden i de enkelte dyb, og værdien sættes til 100% (Figur 4-1).

Efterfølgende laves en tilsvarende beregning, men baseret på modelresultater fra et reduktions-scenarie, fx 30% reduktion i TN-tilførslen. Har reduktionen i TN-tilførslen medført en reduceret klorofyl-a koncentration i det aktuelle dyb, beregnes den relative ændring. Det samme gøres for en reduktion på 30% i TP-tilførslen.

Ud over at se på effekten i de enkelte dyb beregnes også ændringen i indikatoren baseret på reduktioner i "nabodyb".



**Figur 4-1 Skematisk illustration af beregning af dosis-respons**

Bemærk, at figuren alene beskriver relative forskelle, så nutidig tilførsel og indikatorstilstand udgør 100%, mens reduktioner beregnes som relative i forhold til dagens tilførsler og tilstand. Derfor har dosis-respons enheden %-ændring i sommer-klorofyl-a koncentration per %-ændring i TN-tilførsel i figureksemplet (Erichsen et. al 2021).

#### 4.1.2 Ækvivalenter (vekselkurser)

Ændringen i klorofyl-a kan dermed udtrykkes som en dosis-respons (Figur 4-1), hvor der tages udgangspunkt i nutidstilførsel (2014-2018) udtrykt som 100%. Som beskrevet ovenfor foretages beregninger af reduktioner i TN- og TP-tilførslerne for de enkelte dyb samlet set og som reduktioner til de individuelle dyb.

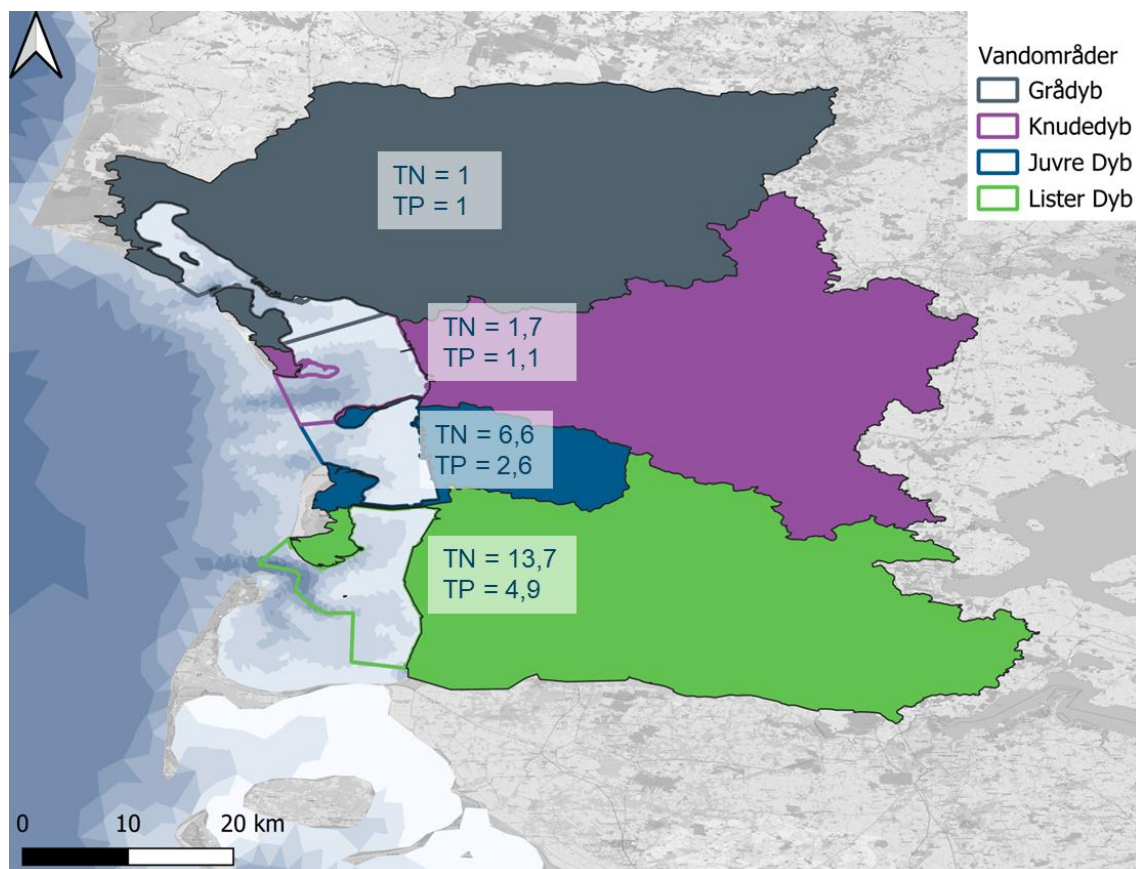
Reduktionerne i næringstilførslerne til de enkelte dyb vil have forskellig betydning for klorofyl-a i de omkringliggende dyb. Dermed opnås nye dosis-respons afhængigt af reduktion i TN- eller TP-tilførslerne fra reduktioner i de enkelte dyb og den direkte effekt på indikatorerne.

Ved at sammenholde de relative ændringer i klorofyl-a koncentrationer fra reduktioner for alle fire dyb med tilsvarende relative ændringer i klorofyl-a koncentrationer med reduktioner i de individuelle dyb kan de forskellige individuelle reduktioner omsættes til en effekt, der modsvarer en reduktion i den direkte tilførsel. Denne forskel kalder vi her for en ækvivalent eller en vekselskurs mellem reduktioner i de direkte tilførsler sammenholdt med reduktioner i 'nabodyb'.

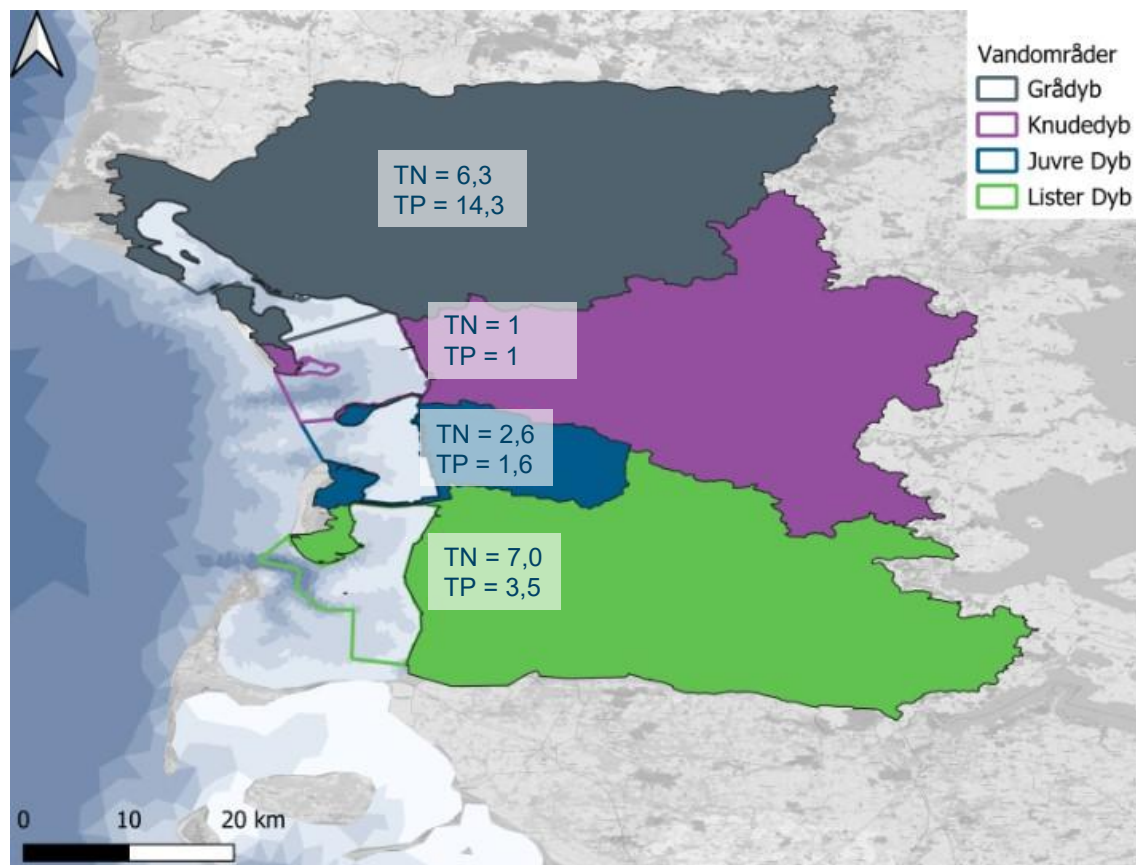
En ækvivalent skal altså forstås som den ekstra reduktion i TN-tilførslen, der fx skal foretages i Juvre Dyb for at hjælpe Knudedyb med en reduktion svarende til 1 ton TN vurderet ud fra effekten på klorofyl-a koncentrationen og dermed indikatoren.

## 4.2 Resultater

Baseret på ovenstående metode er der udarbejdet ækvivalenter mellem reduktioner til alle fire Vadehavsdyb (Figur 4-2 til Figur 4-5). Figurerne viser, hvor mange ekstra tons henholdsvis TN og TP der skal reduceres med yderligere i de enkelte dyb for at opnå samme miljøeffekt ved at reducere i et 'nabodyb'. F.eks. viser Figur 4-2, at for at opnå samme effekt som at reducere med 1 ton i henholdsvis TN og TP til Grådyb skal der reduceres med henholdsvis 1,7 tons TN og 1,1 tons TP fra Knudedyb, eller med henholdsvis 6,6 tons TN og 2,6 tons TP fra Juvre Dyb, og så fremdeles.

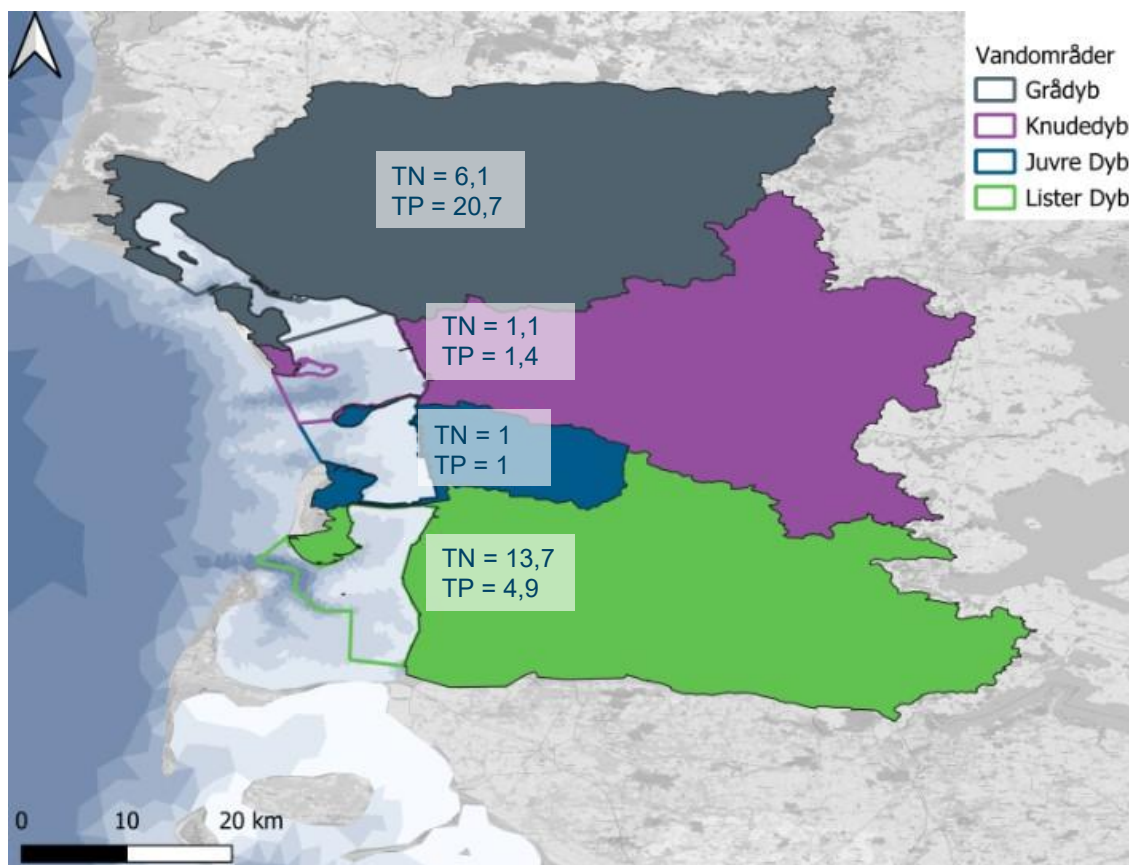


Figur 4-2 TN- henholdsvis TP-ækvivalenter for Grådyb

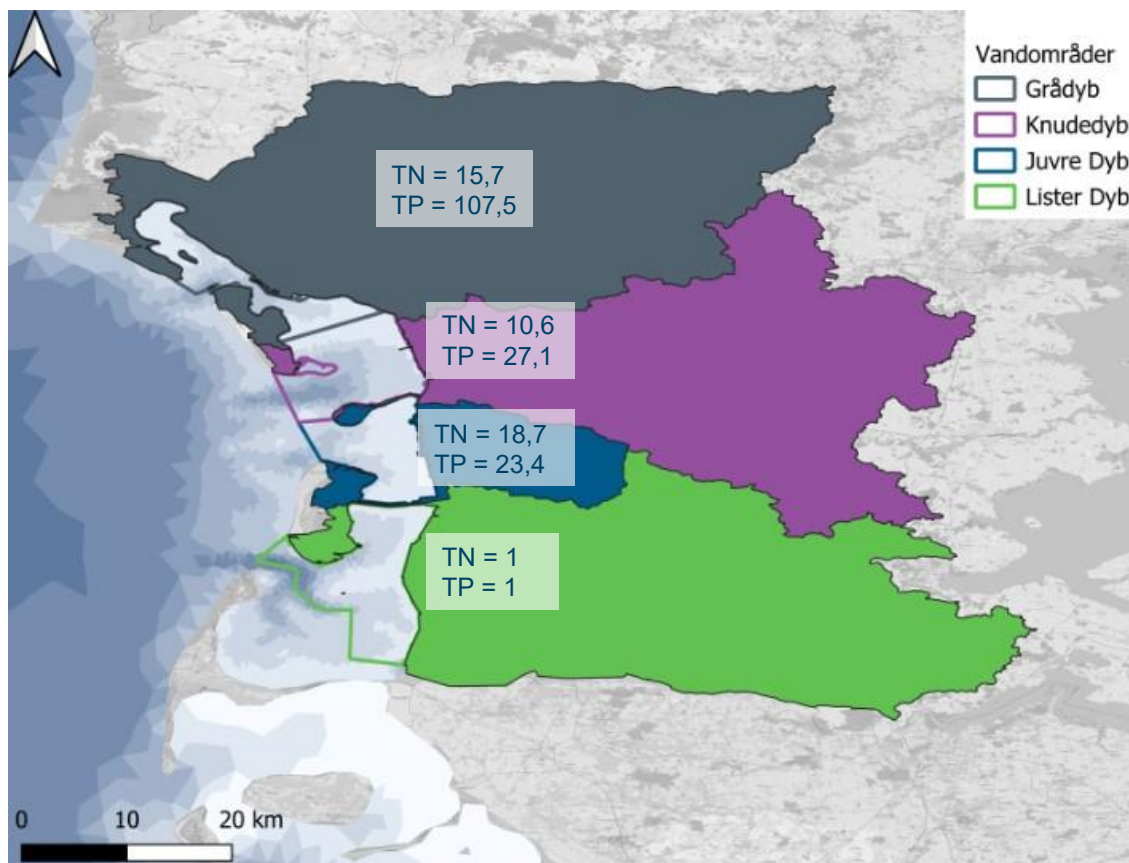


Figur 4-3 TN- henholdsvis TP-ækvivalenter for Knudedyb





Figur 4-4 TN- henholdsvis TP-ækvivalenter for Juvre Dyb



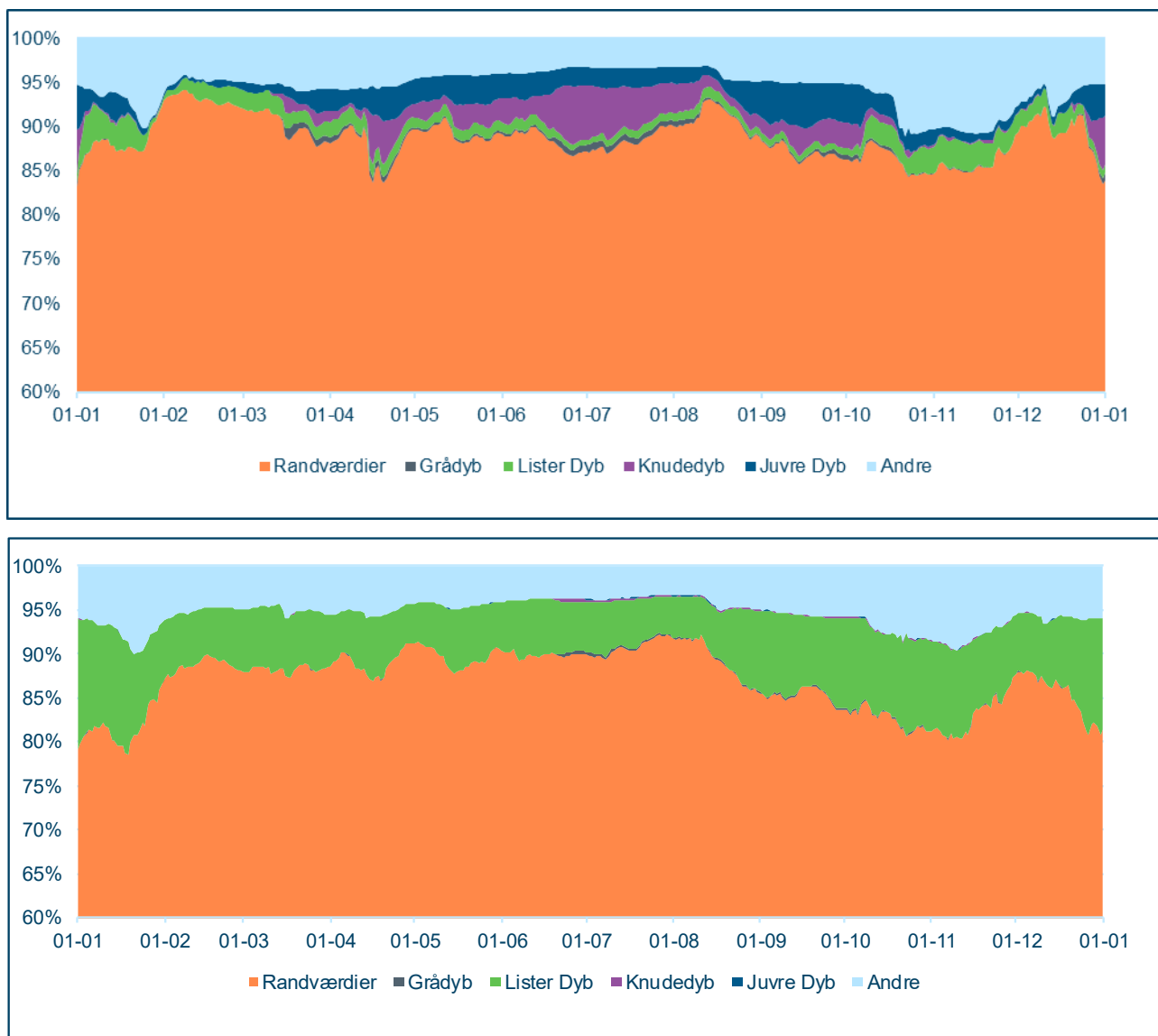
Figur 4-5 TN- henholdsvis TP-ækvivalenter for Lister Dyb

Som det fremgår af ovenstående figurer, påvirker næringsstofftilførsler først og fremmest miljøtilstanden i det dyb, hvor næringsstofferne tilføres. Derudover viser figurerne også, at tilførsler til de individuelle dyb påvirker miljøtilstanden i 'nabodyb' i varierende grad, og at der fx kan opnås en vis miljøeffekt af at foretage en yderligere næringsstofindsats i fx Grådyb eller Juvre Dyb.

## 5 Referencer

- /1/ Erichsen AV, Timmermann K, Larsen TC, Markager S & Christensen J (2021). Application of the Danish EPA's Marine Model Complex and Development of a Method Applicable for the River Basin Management Plans 2021-2027. Conceptual Method for Estimating Maximum Allowable Inputs.

## Bilag A Strømningsdynamik



**Figur A- 1** Fordeling af vandmasser i Juvre Dyb (øverst) og Lister Dyb (nederst) fra de fire dyb, generelle danske og udenlandske kilder og vand, som oprinder fra Nordatlanten (randværdier).