

# Tilpasning DK-model med VP3 målsatte vandløb og søer

Maria Ondracek, Lars Troldborg, Mark F.T. Hansen,  
David Terpager Christiansen, Martin Molis,  
Raphael J.M. Schneider, Jacob Kidmose & Bertel Nilsson

# Tilpasning DK-model med VP3 målsatte vandløb og søer

Maria Ondracek, Lars Troldborg, Mark F.T. Hansen,  
David Terpager Christiansen, Martin Molis,  
Raphael J.M. Schneider, Jacob Kidmose & Bertel Nilsson

# Indhold

<b>Ordliste</b>	<b>6</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>1. Baggrund og formål</b>	<b>9</b>
1.1 Formål .....	10
1.2 Leverancer.....	10
<b>2. DK-modellen</b>	<b>12</b>
<b>3. Opdatering af DK-model med målsatte vandløb</b>	<b>14</b>
3.1 Baggrund .....	14
3.2 Datagrundlag.....	14
3.3 Statistik.....	15
3.4 Tilvalg og fravalg .....	15
3.5 Eksempler.....	19
3.6 Spildevandsudledninger (Punktkilder).....	23
<b>4. Opdatering af DK-model med VP3 målsatte sører</b>	<b>26</b>
4.1 Baggrund .....	26
4.2 Statistik.....	27
<b>5. Performancetest</b>	<b>30</b>
5.1 Nøjagtigheds kriterier og resultater.....	32
5.2 Trykniveauer .....	33
5.2.1 Rumlig fordeling af forskellen i simuleret trykniveau.....	35
5.3 Vandløbsafstrømning.....	36
5.3.1 Rumlig fordeling af forskellen i simuleret afstrømning .....	39
5.4 Vandbalancer .....	41
5.5 Konklusion af performancetest.....	43
<b>6. Opsummering</b>	<b>45</b>

<b>7.</b>	<b>Referencer</b>	<b>46</b>
<b>8.</b>	<b>Bilag</b>	<b>47</b>
	Bilag A: DK-modellen .....	47
	Bilag A.1: Anvendelse af den Nationale Vandressource model (DK-model) .....	47
	Bilag A.2: Et Hydrologisk Informations- og Prognosesystem (HIP).....	49
	Bilag B: Teknisk beskrivelse af arbejdsprocessen i at lægge de nye VP3 målsatte vandløb ind i DK-modellen .....	51
	Bilag B1: Metode beskrivelse .....	51
	Bilag B2: Trin-for-trin metode beskrivelse af GIS forbehandling af VP3 vandløbstema .....	54
	Bilag B3: Beskrivelse af Python script, vandløb ”merge” funktion:.....	56
	Bilag C: Søer .....	59
	Bilag C1: Beskrivelse af tværsnit og ’Flood code’ .....	59
	Bilag C2: Tilvalg og fravalg .....	60
	Bilag C3: Udfordringer .....	62
	Bilag D: Statistik for vandføringsmodelle .....	64

# Ordliste

DCE	Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet
DK-model	Den Nationale Hydrologiske Model
DK-model2019	Seneste officielle release af DK-modellen i 500m opløsning (identisk med version brugt til seneste afgrænsning af grundvandsforekomster, seneste kvantitative tilstandsvurdering og seneste samlede grundvandsressource opgørelse)
DK-model2023	Den tilpassede version af DK-modellen benævnes i dele af rapporten som " <b>DK-model2023</b> " (arbejdstitel)
GATØ	Grundvandsafhængige Terrestriske Økosystem
DK-model HIP	Videreudvikling af DKmodel2019 til simuleringer af det terrænære hydrologiske system i 100m opløsning. Special udvikling til det Hydrologisk Informations- og prognosesystem.
GEUS	Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
GVF	Grundvandsforekomst
KGE	Kling-Gupta efficiency
Loops	Løkker eller sløjfer på vandløbsstrækninger
ME	Middelfejl
ME90%	Middelfejl for de observationer som ikke tilhører de 5% med mest negativ afvigelse og 5% med mest positiv afvigelse (de helt store positive og negative afigelser skyldes typisk andre forhold end kalibreringsparametre)
MHydro	DHI software Mike Hydro – 1D model for vandløbsafstrømning og sører
MIKE SHE	DHI software Mike SHE – en fysisk baseret grundvand-overfladevand model. Bruges integreret med Mike Hydro som beregningsmotor i DK-modellen.
MST	Miljøstyrelsen
Målsat sø	VP3 sø målsat i tredje vandplanperiode 2021-2027
Målsat vandløb	VP3 vandløb målsat i tredje vandplanperiode 2021-2027
NSE	Nash-Sutcliffe model efficiency
RMS el. RMSE	Root Mean Square Error (kvadratrod af gennemsnitlig kvadratafvigelse)
RMSE90%	RMSE, men kun for observationerne brugt til udregning af ME90%
VP3 vandløbstema	Vandløb målsat i tredje vandplanperiode 2021-2027
VP3 søtema	Søer målsat i tredje vandplanperiode 2021-2027
Fbal, WBE og WBEs	Gennemsnitlig relativ vandbalancefejl

## Sammendrag

Nærværende rapportering er en sammenfatning af arbejdet med at tilpasse DK-modellen således at man bliver bedre i stand til at foretage en fyldestgørende vurdering af grundvandets påvirkning af målsatte vandløb, søer, kystvande og grundvandsafhængige terrestriske økosystemer. Med udgangspunkt i metodeudviklingen fra DK-model HIP (Hydrologisk Informations- og Prognose system) (Henriksen et al 2021) er der foretaget en opdatering af vandløbsnetværket i DK-modellen til at inkludere samtlige af de VP3 målsatte vandløbstrækninger der kan inddarbejdes i et 100 m grid, samtidig med at modellens horisontale diskretisering nedskaleres fra 500 x 500 m til 100 x 100 m. Desuden er der udviklet og performance testet en ny konceptualisering af kontakten mellem grundvand, vandløb og søer i DK-modellen.

En performancetest af den tilpassede DK-model er både i en 500m og 100m modelopsætning er blevet sammenholdt med DK-model2019 modelopsætningen. Da der ikke tidligere er opstillet et generelt kriterie for grundvand-overfladevand interaktion, holdes resultaterne i stedet op mod dels de generelle modelperformance-kriterier opstillet i Geo-vejledningen (Henriksen et al. 2017), og dels resultatet af DK-model2019 performance (Stisen et al 2019). Den gennemførte performancetest af den tilpassede DK-model fortæller noget om modellens evne til at simulere vandbalancer, vandføring og grundvandspotialer.

I forhold til vandbalancerne ses betydelig ændring i delkomponenter af vandbalancen for nogen af modelområderne, som har med grundvand-overfladevand udveksling at gøre. Samlet set indikerer vandbalancerne at der formodentligt er noget galt med det anvendte parametersæt og/eller konceptændringerne. En rekalibrering af modellen vurderes nødvendig for at kunne afklare om det er begge eller én af de to foretagne modelændringer af vandløbsnetværket og nedskalering til 100m.

Modelperformance på vandløbsafstrømning viser at enkelte modelområder kan overholde kravet fra Geo-vejledningen på screeningsniveau, men at det samlede resultat for hele landet ikke performer på niveau med DK-model2019 og samlet set ikke overholder kriterierne på screeningsniveau, hverken for vandløbsdynamik eller for vandbalance.

Modelperformance for trykniveauer viser en rumlige fordeling af middelfejl på trykpotialer med samme eller større middelfejl end for DK-model2019. Alle delområderne overholder dog middelfejl kriteriet på screeningsniveau. Geo-vejledningens kriterie for RMSE overholdes for halvdelen af modelområderne og ligesom med middelfejl er der generelt en ringere performance på RMSE end for DK-model2019.

I nærværende tilpasningsprojekt af DK-modellen er der sket en væsentlig udvidelse af vandløbsnetværket ift. DK-model2019. Herudover er der inddarbejdet en lang række modelændringer baseret på erfaringerne fra DK-model HIP og Nret24 modellen. De omfattende modelændringer har betydet at det ikke er muligt at opnå tilfredsstillende modelperformance med den tilpassede model ved simpel adaption af parametersæt fra en igangværende Nret24 kalibrering. Det anbefales således på denne baggrund at performance testen gentages på en re-kalibreret modelopsætning af Nret24 modellen der indeholder det ny VP3 vandløbsnetværk og søer.

Beregning af kontakt, gradient og fluxberegninger mellem grundvand og overfladevand vil være afhængig af en god beskrivelse af grundvandsstanden tæt ved vandløbene og god simulering af vandstand (afstrømning) i vandløb og til/fra søer. Uden en god overordnet performance der lever op til generelle performance-kriterier vil det ikke være muligt at komme med en konkret vurdering af usikkerheden på bestemmelse af de enkelte efterspurgte delelementer. Med de indarbejdede løsninger, hvor særligt vandstanden i søerne og bathymetri er et nyt element, så forventes det at en model, som overholder kriteriet på screeningsniveau eller bedre, vil være egnet til gradient-bestemmelser for vandløb og søer, og egnet til flux beregninger på større vandløbsdelstrækninger.

For alle overfladevandstyper vil det være muligt at lave en simpel afstands-kontakt beregning uanset hvor god performance er for DK-model2023, om end bestemmelsen af kontaktforholde vil være alt andet mere troværdig des bedre performance. Gradient og fluxberegninger til og fra søer og grundvandsafhængige terrestriske økosystemer (GATØ) må forventes at være usikker specielt for mindre sø og små GATØ-arealer uanset den generelle model performance. Antallet af VP3 målsatte vandløb, søer og GATØ, som der kan laves beregninger for, forventes at blive udvidet væsentligt med dette tilpasningsprojekt.

# 1. Baggrund og formål

I forbindelse med Miljøstyrelsens beskrivelse og vurdering af grundvandets påvirkning af overfladevandområder<sup>1</sup> (vandløb, søer og kystvande) og grundvandsafhængige terrestiske økosystemer (GATØ) til vandområdeplanerne for tredje planperiode 2021-2017 (VP3) har der vist sig udfordringer med direkte modellering af alle målsatte overfladevandområder i Den Nationale Vandressource Model (DK-model).

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) har i samarbejde med Aarhus Universitet (Bioscience) arbejdet med at udvikle en metode til at vurdere grundvandets kemiske påvirkning af vandløb, kystvande, søer og GATØ, samt en metode til at vurdere den kvantitative påvirkning af søer og GATØ (Nilsson, et al., 2019a; Nilsson, et al., 2019b; Nilsson, et al., 2019c). Projekterne konkluderede, at der var et større modelleringsbehov for at udvikle metoder til at komme tættere på en fyldestgørende vurdering af grundvandets påvirkning af målsatte overfladevandområder og GATØ.

Der har tidligere været flere udfordringer med at kvantificere kontakten mellem grundvandsforekomster (GVF) og vandløb. Dette tages der bedre højde for i den opdaterede DK-model (dette projekt).

Vandløbsnetværket i DK-model2019 dækkede ikke samtlige af de ca. 18.500 km VP3 målsatte vandløbsstrækninger, der er målsat i vandområdeplanerne 2021-2027. Den rumlige opløsning af DK-model2019 giver udfordringer, for vandløbsstrækninger der er mindre end 500 m, eller hvor der er mindre end 500 m mellem vandløbene. En anden udfordring er, at der i kobling mellem grundvand og overfladevand vil mangle udvekslingspunkter, hvor vandløbstrækninger er mindre end størrelsen af det numeriske grid, ligesom nogle udvekslingspunkter kan være geografisk forskudt, hvor der er mindre end 500 m mellem to vandløbsstrækninger. I mange tilfælde har Miljøstyrelsen opstillet målsætninger for vandløbstrækninger på en skala mindre end 500m. Erfaringerne fra arbejdet med opbygning af det Hydrologiske Informations- og Prognosesystem (Anon., 2023) viser (Henriksen, et al., 2021), at der med en forfinet horizontal opløsning af modellen kan inddarbejdes en betydelig bedre opløsning af vandløbsnetværket.

I forhold til at vurdere kontakten mellem grundvand, søer og GATØ er det især DK-modellens diskretisering i den horizontale opløsning på 500m der giver udfordringer, da mange af de målsatte søer og GATØ er meget mindre end den rumlige opløsning på 500m. DK-model2019 (500m opløsning) vurderes at være egnet til at bestemme kontakten mellem grundvand og målsatte søer større end 100 ha, svarende til 89 af de 985 målsatte søer. Den rumlige opløsning i DK-model2019 vurderes for grov til at beregne kontakten mellem grundvand og søer mindre end 100 ha. Det skal bemærkes at mere end 50% af de målsatte søer er mindre end 10 ha i søareal. Hvis sørens bathymetri inddarbejdes i modellen og modellen opstilles i en finere

---

<sup>1</sup> I vandrammedirektivet defineres »Overfladevandområde« som en afgrænset og betydelig mængde overfladevand, såsom en sø, et reservoir, et mindre eller større vandløb eller en kanal, en del af et mindre eller større vandløb eller en kanal, et overgangsvand eller en kystvandsstrækning (EU, 2020).

diskretisering (100 x 100m beregningsceller), er det sandsynligt, at de hydrauliske gradientforhold kan beregnes med mindre usikkerhed med DK-modellen. Dermed opnås en væsentlig større sikkerhed på bestemmelse af kontakten mellem grundvand og søer.

På denne baggrund har Miljøstyrelsen igangsat dette projekt der understøtter flere grundvand-overfladevandsprojekter der udføres af GEUS, DTU og AU i perioden 2022-2023

- Identifikation af målsatte overfladevandområder
- Påvirkning af målsatte overfladevandområder – MFS
- Påvirkning af målsatte overfladevandområder - diffuse kilder
- Kemisk og kvantitativ påvirkning af GATØ

## 1.1 Formål

Formålet med projektet er at sikre, at man med DK-modellen er i stand til at foretage en fyldestgørende vurdering af grundvandets påvirkning af overfladevandområder og grundvandsafhængige terrestriske økosystemer (GATØ). Med udgangspunkt i metodeudviklingen fra DK-model HIP (Hydrologisk Informations- og Prognose system) (Henriksen et al., 2021) søges dette løst ved, at der foretages en opdatering af vandløbsnetværket i DK-modellen til at inkludere samtlige af de målsatte vandløbstrækninger der kan inddarbejdes i et 100 m grid, samtidig med at modellens horizontale diskretisering nedskaleres fra 500 x 500 m til 100 x 100 m. Desuden udvikles en ny konceptualisering af kontakten mellem grundvand og søer i DK-modellen.

## 1.2 Leverancer

### Aktivitet 1: Opdatering af vandløbsnetværket til samtlige målsatte vandløb i DK-model

DK-modellen udbygges til også at omfatte den delmængde af målsatte vandløb (ca. 3.300 km) som ikke var indbygget i modellens vandløbsnetværk. Efter opdatering vil DK-modellen omfatte ca. 23.600 km vandløbsstrækninger inklusiv godt 3.300 km af de målsatte vandløb som ikke var i modellen før, sådan at den samlede længde VP3 målsatte vandløb i DK-modellen kommer op på ca. 18.300 km. Herudover adapteres en række af modelændringer ift. DK-model2019 opsætningen, der dels er implementeret i forbindelse med HIP projektet og dels i forbindelse med Miljøstyrelsen finansierede projekt 'Forbedret kvælstof retensionskortlægning' (Nret24). Modelændringerne omfatter primært ændringer i drænopsætningen, parametreringen af jordartskortet i modellen og implementering af rodzoneudvikling styret af måneds-klimatologi baseret på processering af satellitdata.

#### Delopgaver

- 1.1 Udvælgelse af målsatte vandløbsstrækninger der ikke er repræsenteret i DK-modellen.
- 1.2 Udvidelse af DK-model (100 m opløsning) med nye målsatte VP3 vandløb som yderligere kan repræsenteres i 100 m grid, samt tilføjelse af type tværsnit og randbetingelser (yderligere ca. 4200 del strækninger / 3300 km).

- 1.3 Udvælgelse af MHYDRO vandløb i DK-modellen (100m opsætning) som kan repræsenteres i 500 m grid, samt tilføjelse af type tværsnit og randbettinger (ca. 4200 delstrækninger / 3.300 km).
- 1.4 Indbygning af modelforbedringer fra DK-model HIP og Nret24 i DK-model2019.
- 1.5 Genberegning af kalibrerings- og valideringsmål fra DK-model2019 rapporteringen for en tilpasset DK-model (500m opsætning) med nye vandløb (performance test).

**Aktivitet 2: Forbedring af DK-modellens horizontale opløsning fra 500 x 500 m til 100 x 100 m**

I denne aktivitet sker der en opdatering af modellens diskretisering, samt eventuelt rekalibrering af modellen til at beregne hydrauliske gradienter i alle grundvandsforekomster.

Delopgaver

- 2.1 Opsætning af en tilpasset DK-model2019 med nye vandløb og 100 m diskretisering.
- 2.2 Genberegning af kalibrerings- og valideringsmål fra DK-model2019 rapporteringen (performancetest) med 100 m version
- 2.3 Model genkalibrering (option)
- 2.4 Udvikling af 100 m grid med forventede vandstande for søer
- 2.5 Test af 100 m vandstandsgrid mod målte vandstand fra søer
- 2.6 Beregning af gradienter mellem magasinlag og 100 m vandstandsgrid
- 2.7 Test af beregnede gradienter mod ”målte” gradienter for søer
- 2.8 Indarbejdelse af ø-bathymetri for (søer med opmålt bathymetri) i DK-modellen
- 2.9 Beregning af potentiel kontakt ud fra afstand og hydraulisk gradient

Det skal bemærkes at målet med dette tilpasningsprojekt er at gøre modellen klar til at kunne bruges til delopgaverne 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 og 2.9. Formålet med performancetesten (delopgave 2.2) vil afklare om der vil være brug for en genkalibrering af modellen før det giver mening af gennemføre pkt. 2.4 – 2.9. I forbindelse med Nret24 projektet gennemføres en større kalibrering af DK-modellen (og N-model komplekset), dog med udgangspunkt i en nyere hydrogeologisk model end anvendt til afgrænsning af grundvandsforekomsterne (DK-model2019), men med udgangspunkt i samme modelopdatering og med de udvidelser af vandløbsnetværket som bliver gennemført i dette projekt. NRet24 projektet forventes at have afsluttet kalibringen efteråret 2023. NRet24 projektet afrapporteres i efteråret 2024.

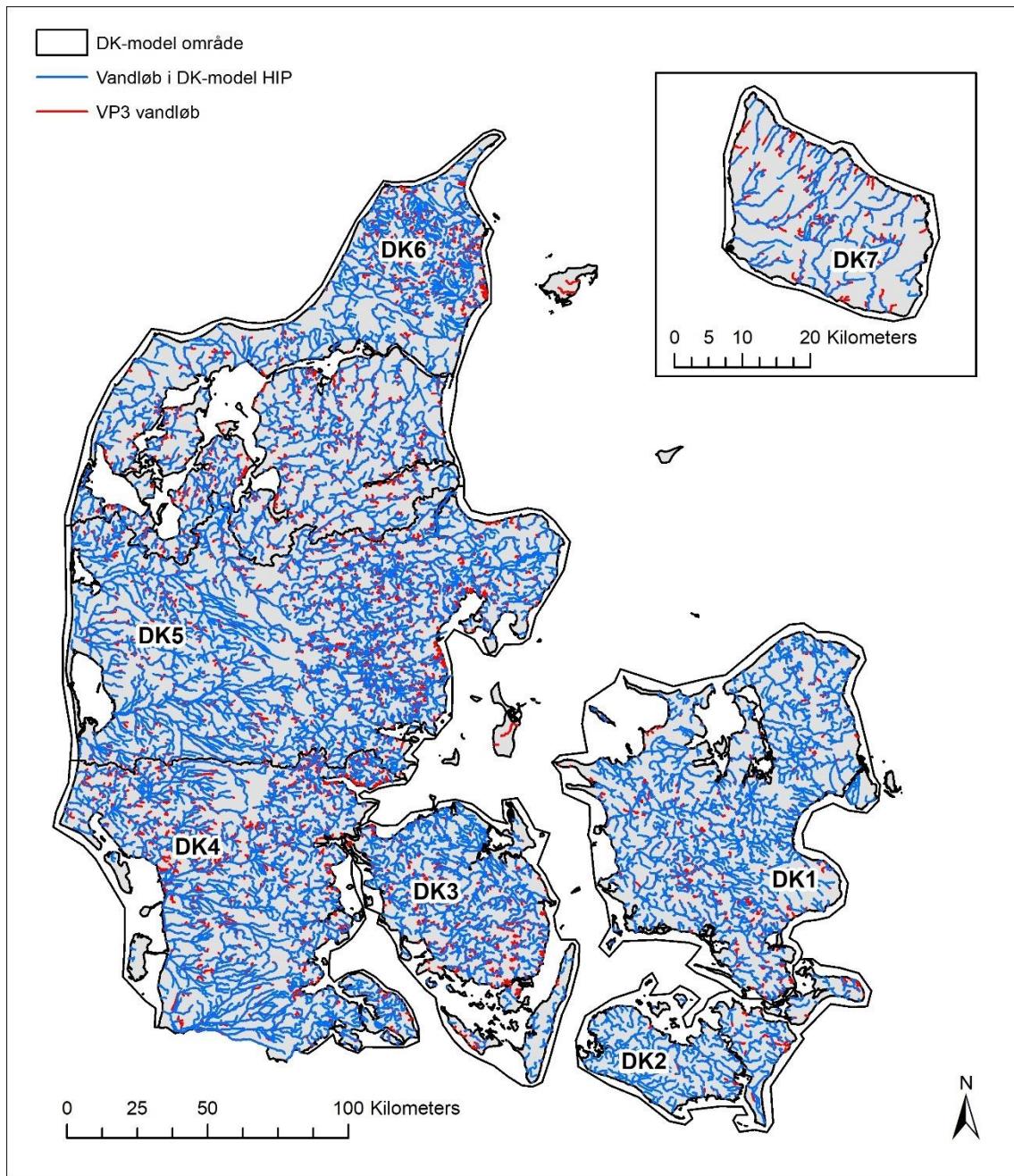
## 2. DK-modellen

I et tværoffentligt samarbejde mellem kommunernes landsforening (KL), Danske Regioner, Miljøstyrelsen og Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur (SDFI) er der i løbet af 2016-2020 gennemført en række projekter med hensyn til opdatering af datagrundlaget for terrænforhold, klima- og vanddata, for at sikre datagrundlaget til at håndtere investeringer i klimatilpasning og vandforvaltning i et fremtidigt klima. Med begrænsningen i MIKE SHE med kun ét vandløb pr. gridcelle, vil det mange steder ikke være muligt at forfine vandløbsnetværket yderligere ved anvendelse af 500 m gridceller. I den forbindelse viste der sig også et behov for at kunne foretage modelberegninger med en horisontal diskretisering på 100 x 100 m. I den forbindelse er DK-model2019 (bilag A.1) videreført til at kunne leve landsdækkende modelberegninger af terrænnære hydrologiske forhold i 100m grid til det Hydrologisk Informations- og Prognosesystem (HIP) (Bilag A.2). Der henvises til en nærmere beskrivelse af de to versioner af DK-modellen der anvendes i nærværende projekt: DK-model2019 (Stisen, et al., 2019) og DK-model HIP (Henriksen, et al., 2021).

HIP udstiller frie offentlige hydrologiske data, modelberegninger og prognoser for fremtiden, der understøtter arbejdet med klimatilpasning, vandforvaltning og planlægning. HIP er en åben webbaseret brugergrænseflade, der udstiller data og modelberegninger om terrænnære hydrologiske forhold. Data hentes online fra forskellige offentlige datakilder og vises samt tilgængeliggøres gennem HIP for at give let adgang til et samlet datagrundlag, der understøtter arbejdet med klimatilpasning og vandforvaltning (<https://hip.dataforsyningen.dk>).

DK-modellen (HIP version) dækkede ca. 20.300 km vandløb, heraf godt 15.000 km VP3 målsatte vandløb i vandområdeplanerne for 2021-2027 (Figur 2.1). De resterende godt 3.300 km VP3 målsatte vandløb som indarbejdes i DK-modellen er fordelt på godt 4200 ikke sammenhængende delstrækninger typisk af længder på mindre end 1 km.

En opdatering af DK-modellens vandløbsnetværk til samtlige målsatte vandløb kræver at såvel DK-model i 500 m som i 100 m versionen udvides med nye vandløbsstrækninger. Detaljeret teknisk beskrivelse af proces ifm. indarbejdelse af ekstra VP3 målsatte vandløbsstrækninger og -søer er beskrevet i to bilag: vandløb (Bilag B) og søer (Bilag C).



*Figur 2.1. Modeltilpasning med ekstra VP3 målsatte vandløbsstrækninger (røde strækninger) og placering af eksisterende DK-model vandløbsstrækninger (blå strækninger). For en teknisk beskrivelse af udfordringer med identifikation og indarbejdelse af ekstra strækninger henvises til Bilag A*

### **3. Opdatering af DK-model med målsatte vandløb**

#### **3.1 Baggrund**

Projektet består dels af en forfining af DK-modellens horizontale diskretisering fra 500 x 500 m og til 100 x 100 m samtidig med, at den vertikale diskretisering og opdeling i lag fra DK-model2019 bibeholdes, dels af der sker en tilpasning af vandløbsnetværket i modellen, så modellen efterfølgende indeholder flest mulige VP3 målsatte vandløb og dels at der sker en indbygning af de modeltekniske forbedringer der har været siden DK-model2019 release. Den forbedrede DK-model vil således fortsat indeholde beregningslag med de grundvandsforekomster der er afgrænset til VP3, men med en diskretisering på 100 x 100 m, og et tilpasset vandløbsnetværk som omfatter flest mulige VP3 vandløb. Med en finere diskretisering af DK-modellen i 100 m opløsning vil det også være muligt at indbygge flere af de helt korte opstrøms vandløbsstrækninger der er VP3 målsatte, men ikke tidligere har kunne været del af vandløbsnetværket alene pga. diskretisering på 500m. Det er målet at den tilpassede DK-model vil kunne anvendes til identificering af potentiel kontakt mellem grundvandsforekomster og samtlige VP3-vandløb, samt vandflux fra grundvandet til overfladevandsforekomster samt at den hydrauliske gradient mellem specifikke grundvandsforekomster og overfladevandområder vil kunne bestemmes.

#### **3.2 Datagrundlag**

Vandløbsnetværket er opsat i programmet MIKE HYDRO River ([mikepoweredbydhi.com](http://mikepoweredbydhi.com)) som kan beskrive hydrologiske processer i vandløb og søer. Datagrundlaget er et vandløbstema leveret af Miljøstyrelsen, som beskriver den geometriske placering og afgrænsning af VP3 målsatte vandløb som polylinjer i en shape fil. Da vandløbstemaet ikke beskriver vandløbets strømningsretning, er der lavet en arbejdsproses for at definere en strømningsretning. En detaljeret metodebeskrivelse er givet i Bilagene B1, B2 og B3.

DK-modellen indeholdt allerede nogle af de målsatte vandløb (ca. 15.000 km af 18.500 km), der er beskrevet i VP3 vandløbstemaet. De målsatte vandløb der allerede eksisterede i DK-modellen er bevaret, men deres slyngninger og geografisk placering er som udgangspunkt opdateret med informationer fra VP3 vandløbstemaer. VP3 målsatte vandløbsstrækninger som ikke eksisterede i DK-modellen er forsøgt indarbejdet som nye vandløbsstrækninger. Som beskrevet i Bilag B er det ikke alle strækninger i VP3 temaet som kan indarbejdes som modelvandløb, for eksempel kan der være udfordringer med ringstrukturer (et vandløb kan ikke blive til to vandløb i den numeriske model) og der kan være del strækninger som er mindre end en celle-længde (100m) i VP3 temaet. Endeligt kan der være udfordringer med stærkt fraktionerede vandløbsstrækning i VP3 temaet, hvor vandløb skal være forbundet til et andet vandløb/sø/randbetningelse i den numeriske model. For disse tilfælde vil der skulle indarbejdes ekstra del strækninger som ikke optræder i VP3 temaet for at binde VP3 strækningerne sammen.

### 3.3 Statistik

I den tilpassede DK-model 2019 er der tilføjet VP3 målsatte vandløbstrækninger længere end 100 m, som ikke tidligere var inkluderet. Disse udgør totalt 4.225 nye vandløbsstrækninger, så det samlede vandløbsnetværk består af ca. 8.900 vandløbsstrækninger. I alt er tilføjet ca. 3.300 km nye VP3 vandløb, så den samlede vandløbslængde i den opdaterede DK-model udgør ca. 23.600 km.

Tabel 3.1 viser en opgørelse for hele Danmark af antal nye VP3 vandløbsstrækninger og samlet længde af disse fordelt på DK-modellens syv model områder, DK1 til DK7. I Midtjylland (modelområde DK5) er der tilføjet flest vandløb, svarende til yderligere lidt over 1.000 km vandløb. I Figur B1.1 (Bilag B1) præsenteres en oversigt med placeringen eksisterende model vandløb samt de VP3 vandløb der er blevet tilføjet. Det skal bemærkes at antallet af sører med en 'branch' (vandløbsstrækning) er inkluderet i Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Antal vandløb og vandløbslængder inkluderet i DK-modellen efter opdateringen.

Modelområde	Modelvandløb og sører (alle)	Forøgelse af antal VP3 vandløb i modellen	Total vandløbslængde i modellen [km]	Forøgelse af længde af VP3 vandløbslængde i modellen [km]
DK1	1202	343	3496	272
DK2	261	42	921	45
DK3	943	515	2099	351
DK4	1644	803	4716	764
DK5	2871	1507	7093	1009
DK6	1762	904	4890	800
DK7	193	111	416	71
<b>Totalt</b>	<b>8876</b>	<b>4225</b>	<b>23631</b>	<b>3312</b>

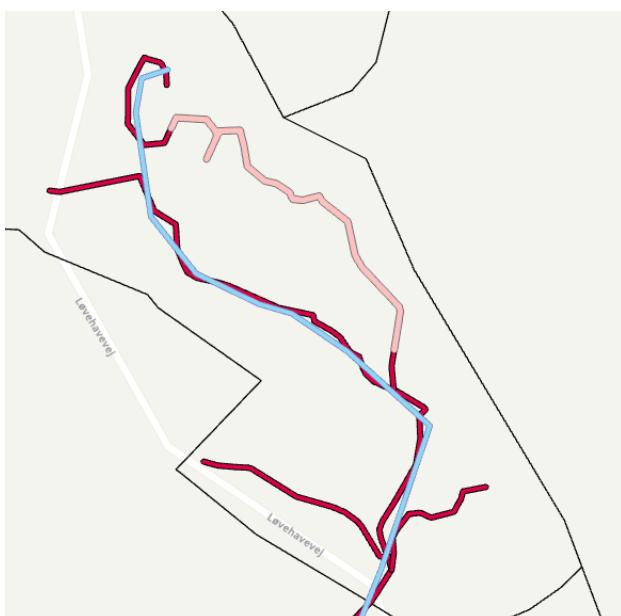
### 3.4 Tilvalg og fravalg

#### Loops (løkker/sløjfer)

DK-modellens vandløbsopsætning bruger routing-indstillingen fremfor en hydrodynamisk indstilling, hvilket betyder, at vand kun kan ledes i én retning med et enkelt slutpunkt, fra opstrøms til nedstrøms dele af en vandløbsstrækning. Dette er beregningsmæssigt mest hensigtsmæssigt, hvilket gør det mere velegnet til modeller med høj rumlig opløsning på en national skala som i DK-modellen, men det sætter også nogle begrænsninger til kompleksiteten af vandløbsnetværket. For eksempel kan et vandløb naturligt forgrene sig i flere vandløb (bifurkation), hvor et hovedvandløb deler sig i to mindre vandløb nedstrøms, som begge modtager vand fra hovedvandløbet. Denne naturlige proces kan ikke repræsenteres med simple routing, hvor et vandløb kun kan have ét slutpunkt. Det betyder også, at der ikke kan være loops, som ofte ses naturligt ved flettede flod systemer (braiding rivers). I mange tilfælde er dele af loopet

allerede repræsenteret af VP3 vandløbet i modellen, hvilket betyder at den anden del af VP3 vandløbet der fuldender loopet blot, er udeladt. I tilfælde hvor ingen dele af loopet i forvejen er repræsenteret i DK-modellen, er valget taget på baggrund af en antagelse om at vandet primært vil løbe i kanalen med mindst modstand, hvortil den korteste del af loopet blev valgt som VP3-vandløb i modellen.

En anden form for loop der kan opstå, er når den oprindelige DK-model opsætning (DK-model2019), og de nye VP3 vandløb repræsenterer det samme vandløb, men ligger forskelligt. Der er kun forskel i beliggenhed i de tilfælde hvor et VP3 vandløb ligger udenfor en 35m buffer, der blev defineret omkring vandløb i det oprindelige DK-model2019 opsætning. I de tilfælde er DK-modellens opsætning (DK-model2019) manuelt tilpasset til VP3 vandløbene. I Figur 3.1, blev det oprindelige vandløb lagt direkte ovenpå én af de to VP3 vandløb, så det andet kunne importeres uden at skabe et loop.



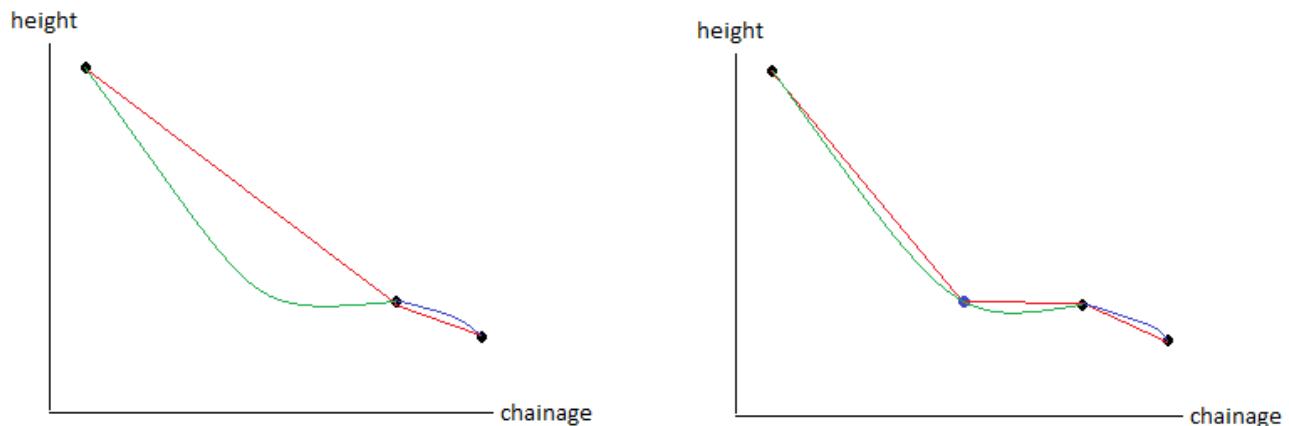
Figur 3.1: Den oprindelige DK-model opsætning (DK-model2019) (blå), repræsenterer to forskellige VP3 vandløb (rød), hvilket her skaber et loop med (lyserød) når de kombineres.

#### Længde af vandløb

Ingen vandløb med længde på under 100 m blev taget med i modellen. For det første øges beregningstiden for hvert ekstra vandløb der repræsenteres i modellen, så fravalget sker på baggrund af en vurdering af en inklusion, ikke vil forbedre modelpræcisionen nævneværdigt ift. tidsomkostningen. Dette gør sig særligt gældende ift. koblingen til grundvandsmodellen i både 500 m og 100 m opløsningen, da vandløb der er kortere end cellestørrelsen ikke kan kobles. De bidrager derfor ikke til grundvand-overflade udvekslingen. Samlet set (loops og længde) er der en mindre mængde vandløbsstrækninger fra VP3 temaet som ikke kan indarbejdes i den numeriske model. I den endelige modelopsætning er der indarbejdet godt 3.300 km nye strækninger, hvilket betyder at godt 200 km delstrækninger, ikke har kunne indarbejdes som følge at loop eller længde krav.

## Højdeniveau på tværsnit

For at beregne udvekslingen mellem grundvand og vandløb er det afgørende at kende afstanden til grundvandsspejlet og geologien under vandløbet. Til dette er vandløbenes tværsnit væsentlige, da den kote de ligger i, samt deres form sammen med det modellerede grundvandsniveau bestemmer om der er grundvandsudveksling. Derfor er alle tværsnit der er indsat blevet justeret efter en højdemodel, så vandløbene i modellen hverken ligger dybt begravet, eller svæver over jordoverfladen. Alle strækninger imellem tværsnit får interpoleret deres kote ved lineær interpolation. Dette betyder at strækninger hvor hældningen ikke er lineær, kommer til at have dele af vandløbet der ligger i forkert højde. Her fokuserede vi på at undgå de såkaldte 'svævende' vandløb (vandløb over jordoverfladen), og der blev derfor indsat nye tværsnit på de strækninger, der igen blev justeret efter samme højdemodel. Dette betyder at tilfælde hvor vandløbet ligger under overfladen ikke er blevet justeret, hvilket kan have konsekvenser for vandudvekslingen, da afstanden mellem grundvandsspejl og vandløb er mindre, og der er geologiske lag, som vandet ikke bliver transporteret igennem. Fejlen her er dog mindre alvorlig end tilfældene hvor vandløbene svæver, og det bliver igen en afvejning mod beregningstid, da hvert eneste tværsnit der tilføjes, også tilføjer et nyt beregningspunkt, hvilket gør modellen mere beregningskrævende i tid. Figur 3.2 viser konceptet for topografisk justering af vandløbet.



Figur 3.2: Koncept for topografisk justering. Modelvandløbets (rød) kote er interpoleret lineært mellem tværsnit (punkter), hvilket kan gøre vandløbet svæver over (grøn) eller ligger under (blå) terræn. Til venstre ses en typisk situation der skal justeres, og til højre ses en løsning hvor der er tilføjet et tværsnit.

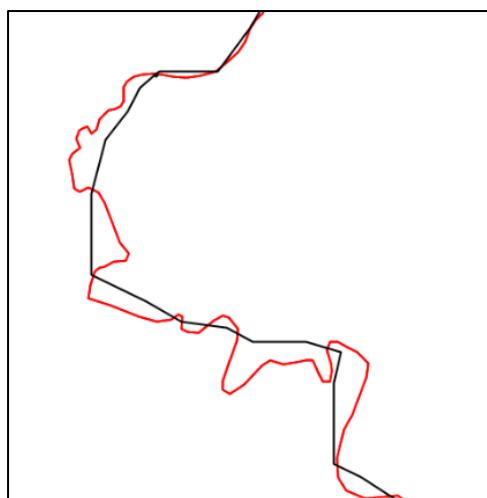
## Q/h relationer

VP3 vandløbstemaet mangler beskrivelser af de hydrologiske aspekter, herunder strømningsretning, tværsnitsprofiler og sammenhæng mellem vandløbsstrækninger. Dette medfører at der må gøres en række antagelser om VP3 vandløbene, hvilket kan påvirke modelresultaterne. For eksempel er sammenhængen mellem VP3 vandløbsstrækninger blevet bestemt ud fra den totale opstrøms længde, der ikke nødvendigvis er i overensstemmelse med den måde kommunerne ville afgrænse vandløbet på. Desuden er typetværsnit blevet anvendt for alle nye VP3 vandløb. Typetværsnit er udviklet til at den Q/h relation der passer til et oplandsareal, hvilket

vurderes at være i overensstemmelse med de faktiske forhold på et overordnet niveau, men der vil være topografiske afvigelser mellem typetværsnittet og det faktiske tværsnit for det enkelte vandløb, og der kan være forskelle i de Q/h relationer, som eksisterer for faktiske tværsnit og typetværsnittene.

#### *Geografisk placering af eksisterende VP3 vandløb i DK-modellen*

Der findes afvigelser mellem eksisterende og nye VP3 vandløb med hensyn til geografisk placering, strømningsretning, udformning og slyngning. Et eksempel på denne afvigelse mellem tilsvarende vandløb fra DK-model2019 vandløbsopsætningen og VP3 vandløbstemaet er vist i Figur 3.5, hvor den sorte linje er et vandløb fra modelopsætningen og den røde linje er fra VP3 vandløbstemaet. Dette kan skabe udfordringer med såkaldte loops på grund af den valgte processeringsmetode og på grund af den detaljerede beskrivelse af vandløbstemaet.



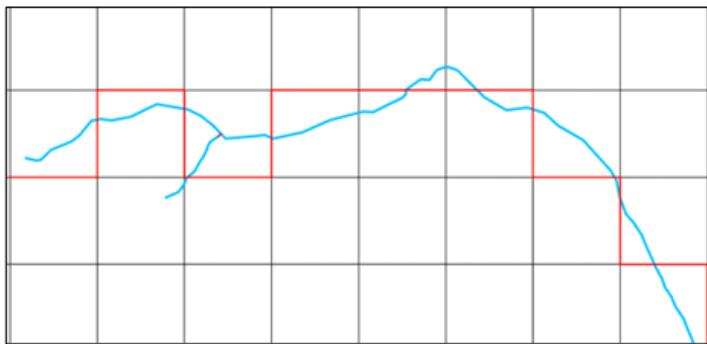
*Figur 3.5: Den sorte linje repræsenterer et DK-model2019 vandløb, mens den røde linje repræsenterer de nye VP3 vandløb. Der er stor afvigelse på lokal skala omkring slyngning og placering af vandløbet. Det antages, at VP3 vandløbstemaet generelt bedst beskriver placeringen og slyngningen af vandløbet.*

Det er nødvendigt at sætte en grænse for, hvor lille et vandløb kan være før det tilføjes til modellen. Denne er fastsat til en minimumslængde på 100 m for nye VP3 vandløb til at blive inkluderet i DK-modellen, hvilket svarer til gridopløsningen i den opdaterede DK-model.

#### *Udveksling af vand mellem vandløb og grundvandzon*

Koblingen i DK-modellen mellem MIKE SHE (grundvandsmodellen) og MHYDRO (vandløbs- og sømodellen) er meget afhængig af modelopløsningen i MIKE SHE, der er henholdsvis 100 og 500 m. Denne kobling bestemmer, hvor et givent vandløb er i interaktion med grundvandet. Der er en væsentlig forskel i, hvor detaljeret et vandløb kan repræsenteres i MIKE SHE og MHYDRO. I MIKE SHE skal et vandløb følge modelgitteret, som såkaldte "riverlinks" (se den røde linje i Figur 3.6), mens det samme vandløb i MHYDRO frit kan følge vandløbets naturlige slyngning (se den blå linje i Figur 3.6). Desuden kan et riverlink kun tilknyttes ét vandløb, så

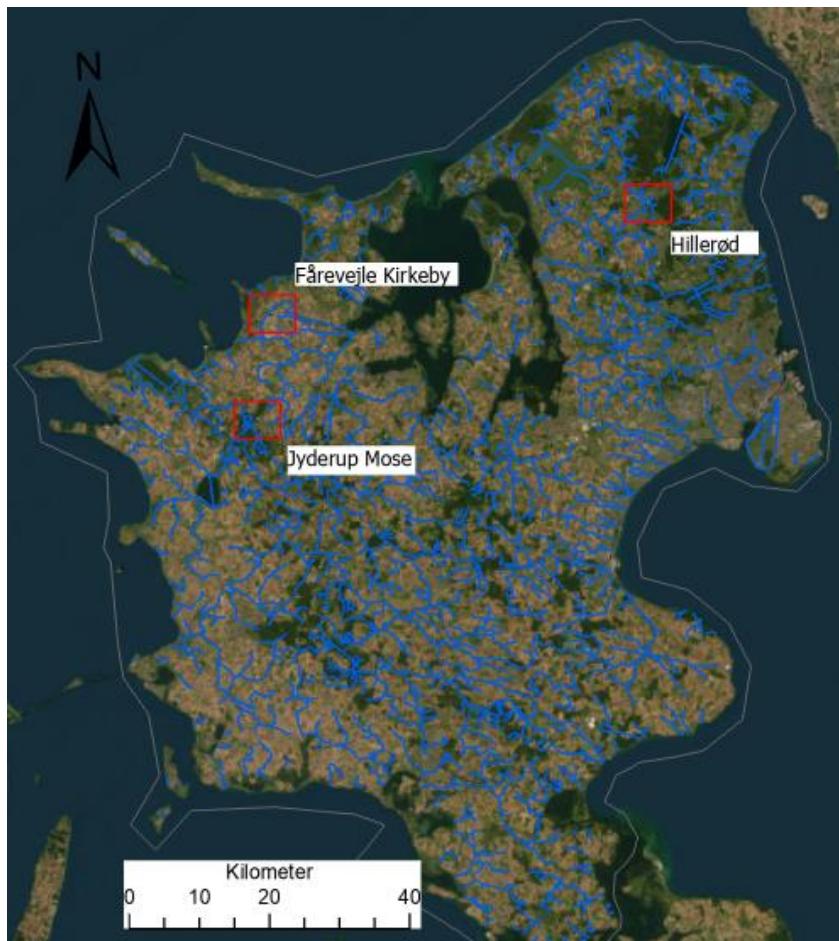
hvis samtlige vandløb findes inden for de samme gridceller, kan der kun oprettes en kobling til ét af vandløbene. Dette betyder, at nogle VP3 vandløb og vandløbssegmenter ikke kan interagere med grundvandsmodellen. Det skal dog bemærkes, at selvom et vandløb ikke er koblet til grundvandsmodellen, er det stadig repræsenteret i modellen, dog uden interaktion med grundvandet.



Figur 3.6: Eksempel på et VP3 vandløbs netværk i MHYDRO (blå linjer) og den automatiske kobling (røde linjer) som er dannet efter MIKE SHE modelgitteret (sorte linjer).

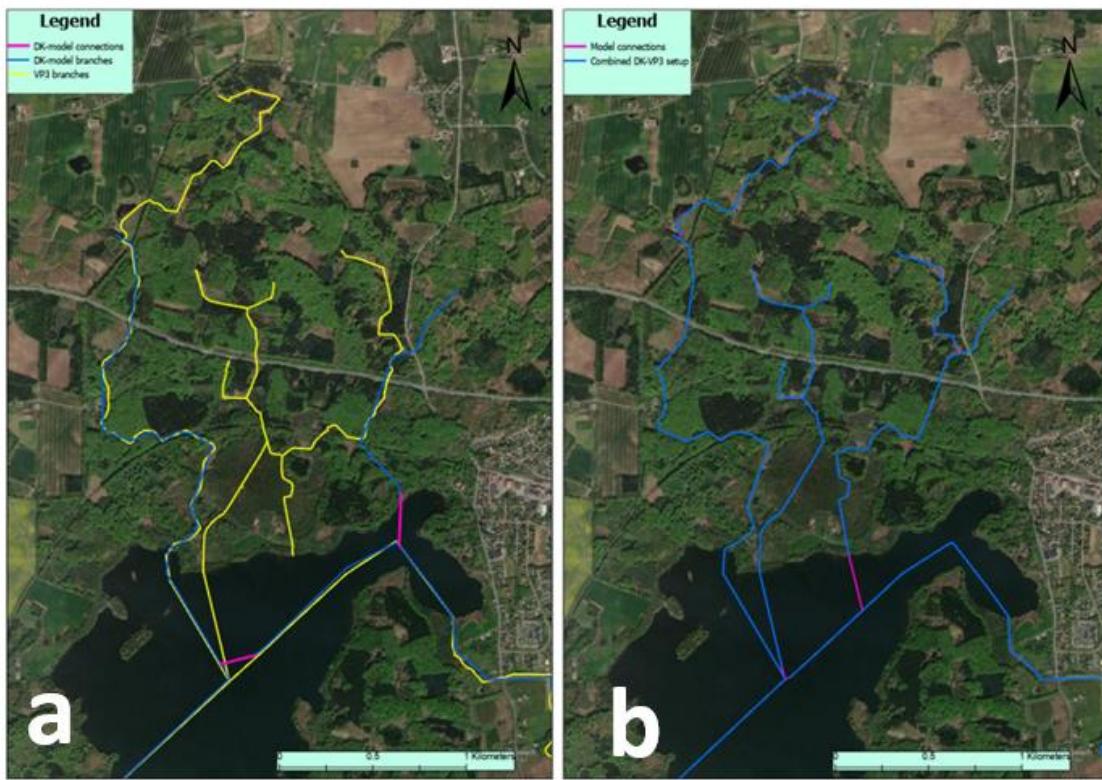
### 3.5 Eksempler

Der eksisterede som nævnt små forskelle mellem VP3 vandløbene og vandløbsnetværket i den eksisterende DK-model (DK-model2019). I få tilfælde var det vanskeligt at afgøre hvilket datasæt der bedst repræsenterede virkeligheden, og der blev foretaget feltbesøg ved tre vandløb på Sjælland, hvor der på forhånd var identificeret udfordringer i at opdatere DK-modellen med VP3 vandløb. Eksemplerne der fremgår af Figur 3.7 er illustreret nedenfor, samt hvorledes der er taget hånd om disse udfordringer ved efterfølgende korrektioner af fejlene.



*Figur 3.7: Feltbesøg på lokaliteter med udfordringer i at inkludere nye VP3 vandløb i DK-modellen*

Det første vandløb befandt sig i en skov og mose tæt på Jyderup. Som det kan ses på Figur 3.8 (venstre), var et stort VP3 vandløb forbundet til to punkter i DK-modelopsætningen, hvilket skabte et loop. En nærmere undersøgelse viste, at VP3 vandløbet eksisterede, og måske vigtigere, at forbindelsen øst for de to punkter i DK-modellen fysisk var blevet blokeret med et rør under jernbanen. Dette afhjälped loopet, og VP3 vandløbet er nu inkluderet, som vist i Figur 3.8 (højre).



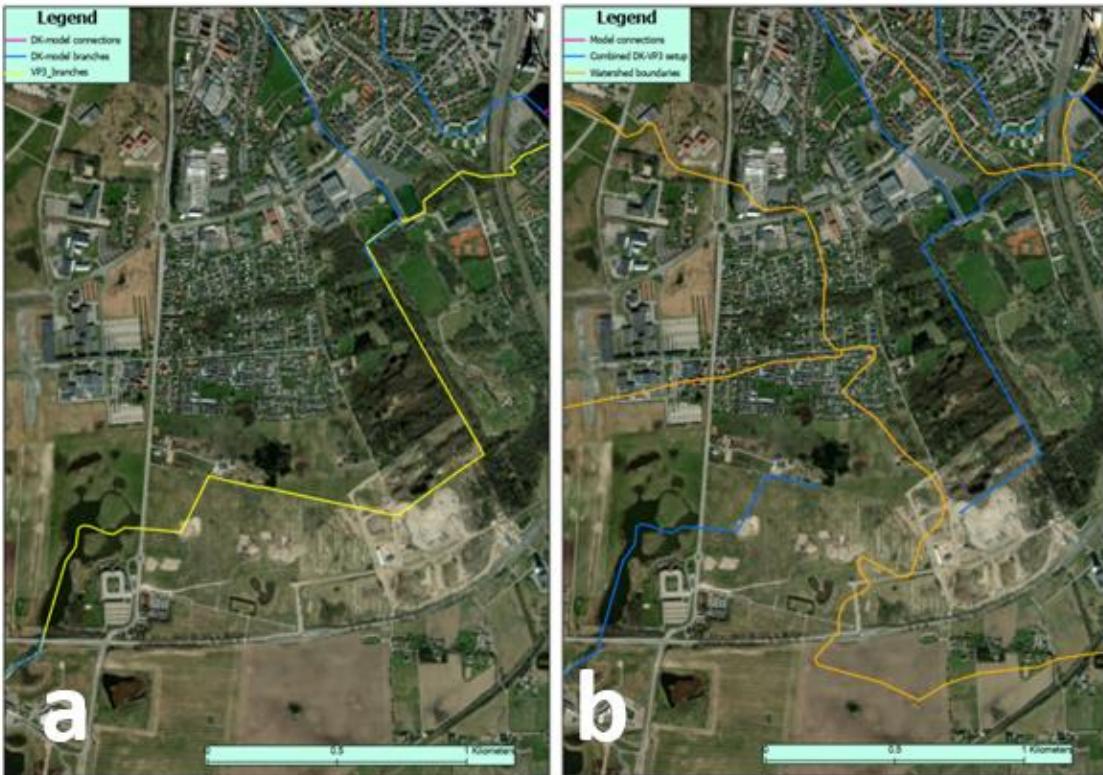
Figur 3.8: Problemområde i **Jyderup mose** vist **a (venstre)**: før med VP3 vandløbsstrækninger (gule), DK-model2019 vandløb (blå) og DK-model2019 vandløbskoblinger (lilla) (venstre). **b (højre)**: efter opdatering af vandløbsnetværket med den kombinerede opsætning (blå linjer) nye tilkoblinger (lilla) (højre).

Herefter blev et vandløb, der i den opdaterede VP3 vandløbsopsætning strakte sig fra Lamme-fjorden til Kattegat, undersøgt. I DK-model2019 opsætningen var dette vandløb ved Fårevejle Kirkeby opdelt mellem to hydrologiske oplande. Ved inspektionen blev det konstateret, at denne opdeling ikke eksisterede (Figur 3.9), men den oprindelige vandløbsopsætning blev bibeholdt.



Figur 3.9: Problemområde i **Fårevejle Kirkeby**, hvor det virkelige vandløb strømmer fra fjord til kyst, og ikke er delt mellem flere oplande som i DK-model2019 opsætningen.

Endelig blev et vandløb i Hillerød undersøgt, hvor det nye VP3 vandløb forbandt to forskellige vandløb i DK-model2019 opsætningen (Figur 3.10a). Det blev konstateret ved feltbesøget, at selvom en stor del af det nye VP3 vandløb eksisterer, var der faktisk to vandløb, der løb i modsatte retninger, og opdelingen faldt sammen med en oplandsgrænse. Disse to vandløb blev manuelt tilføjet (Figur 3.10b) og fik navnet, der var specifiseret i VP3 vandløbstemaet.



*Figur 3.10: Problemområde i Hillerød vist a (venstre): før opdatering placering af nye VP3 vandløb (gule linjer) og DK-model2019 vandløb (blå linjer). b (højre): efter opdatering er vist den kombinerede vandløbsnetværk af de nye VP3 vandløb og DK-model2019 vandløb (blå linjer). Oplandsgrænser med de forskellige afvandingsområdets grænser er vist med orange linjer*

Udover de direkte rettelser, der fremkom som følge af feltbesøgets observationer, bidrog ekskursionen også til en forbedret beslutningsproces for håndtering af problematiske vandløb. Som det kan ses i Jyderup-tilfældet, er VP3-vandløbene nyere og dermed generelt mere tilbøjelige til at være korrekte. Omvendt krydser de nye VP3 vandløb sommetider de oplandsgrænser for oplande der ikke er hydrologisk forbundet, som i Hillerød-tilfældet. Derfor undersøges oplandsgrænser og deres forbindelser først for identificerede konflikter, og hvis de ikke udgør et problem, foretrækkes beliggenheden af VP3-vandløbet frem for DK-model2019 forgreningen.

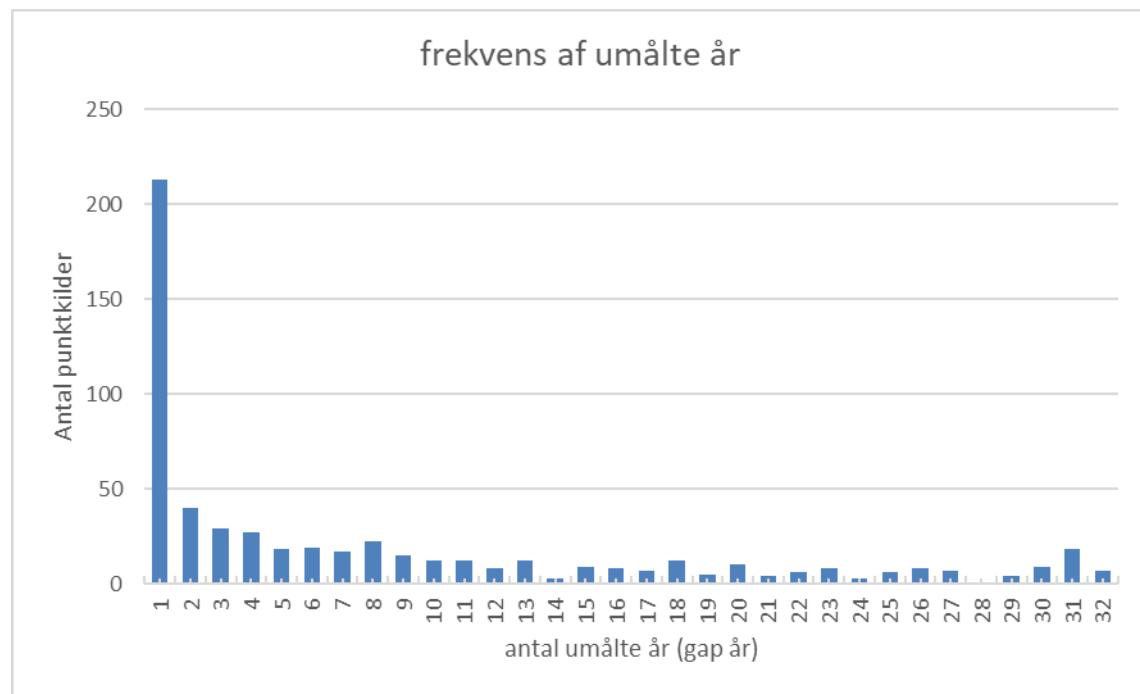
### 3.6 Spildevandsudledninger (Punktkilder)

Et andet led af opdateringen har været at få opdateret spildevandsbidraget (punktkilder) til vandløbene for hele modelperioden (1989 og frem). Til dette er data fra PULS-databasen der drives af Danmarks Miljøportal benyttet. Databasen indeholder strømningsmålinger, et punktkilde ID, start/slutdato for udledning, og koordinater for kildens placering. For at inddrage punktkilderne i modellen blev de koblet ('snappet') til det nærmeste beregningspunkt indenfor 1 km. I nogle tilfælde betød det at spildevandsudledningerne krydsede hydrologiske oplandsgrænser. Disse blev manuelt tjekket, og i tilfælde hvor det blev vurderet at punktkilden

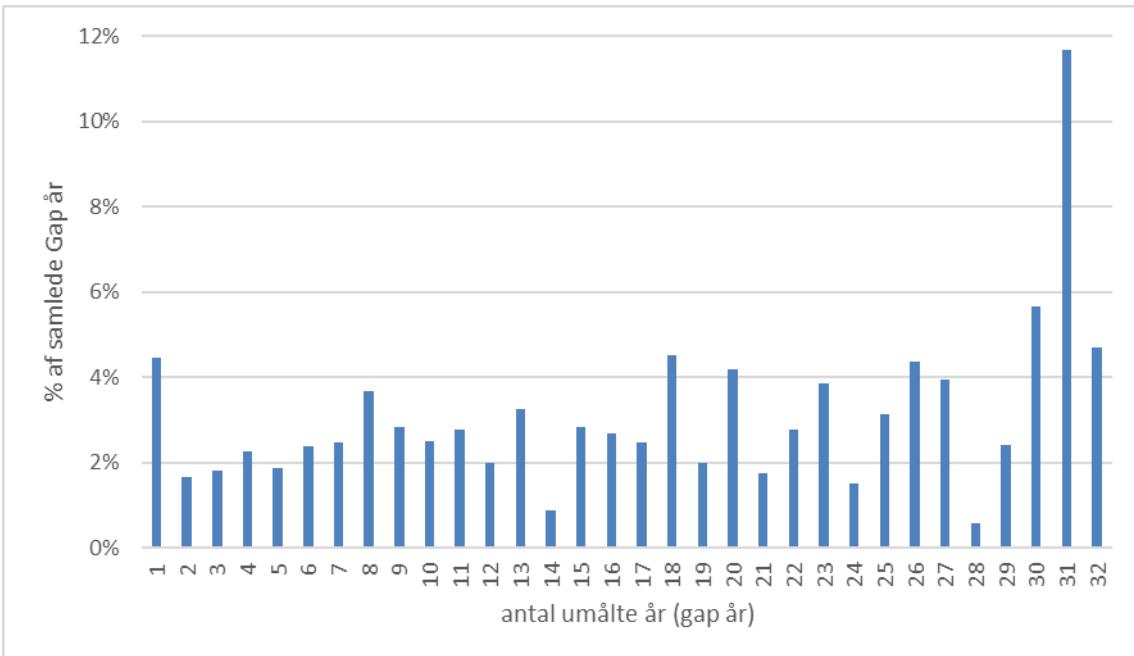
ikke strømmede ud i det vandløb, det var koblet til, blev punktkilden enten fravalgt eller tildelt det korrekte vandløb hvis det fandtes i modellen.

PULS databasens data for spildevandsudledninger indeholder data af varierende tidslængde og tidslig opløsning, hvilket nødvendiggjorde nogle modifikationer før de kunne indlægges i DK-modellen. Ud af 1294 spildevandsudledninger, der blev lagt ind i modellen, var det 394 som havde både en start- og slutdato i datasættet. Som erstatning for manglende angivelse af start eller slutdato blev første og sidste år med spildevandsdata i stedet anvendt. Spildevandsudledningerne med kortere eller længere perioder med manglende data, blev "hul udfyldt" ved at anvende en års-medianværdi for den resterende del af perioden. Særligt tidligt i perioden, var der spildevandsudledninger med huller (gaps) af op til flere år uden data. 579 af spildevandsudledningerne (45 %) havde kortere eller længere gaps mellem start og slutdatoen for udledningen. Samlet set er 4776 datapunkter med årlig udledning gap udfyldt. Efter gap udfyldning indeholder det opdaterede spildevandsbidrag i modellen 24.383 årlige datapunkter (gennemsnit på 18 års data pr punktkilde), svarende til at gap udfyldningen udgør ca. 20% af den samlede datamængde.

Mere end 200 spildevandsudledninger (punktkilder) havde kun et enkelt gap år (Figur 3.11), der typisk enten optrådte i slutningen eller starten af tidsserien. Figur 3.12 viser at spildevandsudledninger med mange gap-år stod for den største andel af det samlede antal umålte år. Mange spildevandsudledninger eksisterede kun i 2020 og 2021 datasættet, samtidig med at de havde startdatoer før 1989, hvilket forklarer den skæve fordeling.



Figur 3.11: Frekvens af umålte år (gap-år) for alle spildevandsudledninger (punktkilder) med mindst 1 årlig strømningsmåling



Figur 3.12: Andelen af den samlede mængde gaps de forskellige "gap år"

Yderligere blev der efter inspektion af tidsserierne konstateret at flere af punktkilderne udviste stor variation i spildevandsbidraget til vandløbene fra år til år. Det var forventet at den samlede spildevandsudledning ville være nogenlunde ens fra år til år, så det antages at de variationer der fandtes, var skabt af forskelle i nedbør. Siden nedbør allerede indgår i den numeriske model, skal det ikke tælles igen i punktkilderne. Det blev derfor besluttet at rette store afvigelser, der til dette formål blev defineret som værdier der var enten halvt så store eller dobbelt så store som medianværdien for punktkilden. Der blev fundet 1.567 store afvigelser, der alle blev erstattet af medianværdien for punktkilden i stedet. Dette bragte den samlede gap-udfyldte del af punktkildedatasættet op på 26 %.

## 4. Opdatering af DK-model med VP3 målsatte sører

### 4.1 Baggrund

I DK-model2019 versionen er enkelte store sører repræsenteret ved brede tværsnit i vandløbsnetværket og en fastholdt Q/h relation, hvor Q = vandføring og h = koten til vandstanden, til at sikre vandstanden i søen repræsenteres i tværsnittet. Denne beskrivelse har vist sig utilstrækkelig hvis modellen skal bruges til beregning af kontakt- og gradientforhold mellem grundvand og svovand i DK-model2019 versionen, samt vandbalancen for de målsatte sører.

Hovedudfordringen ved de brede tværsnit er at søens vandstand ikke bliver korrekt fordelt over hele søens areal. Modelteknisk er dette løst ved at anvende "flood codes", dvs. angive en arealmæssig afgrænsning, hvor vandstanden i ø-tværsnittene skal udbredes. Der er flere udfordringer med denne løsning. Vigtigst er der en udfordring med at lave en korrekt placering af tværsnittene og vandstand i tværsnittene, da det kan være vanskeligt at lave en korrekt placering i forhold til de faktiske forhold. Der er flere andre faktorer der kan vanskeliggøre at få udvekslingen mellem grundvand og svovand til at finde sted. Lækagekoefficienten for søbunden, der dækker over den del af geologien i umiddelbar kontakt med søen kan være usikkert parametreret, samt oplysninger om søens dybdemæssige udformning (bathymetri) og vandstand i søen er mangelfuld eller direkte ukendt. For alle VP3 målsatte sører ( $> 10 \text{ ha}$ ) er der udover en fastholdt Q/h relation også indlagt en 2D øafgrænsning i form af "flood codes", hvilket sikrer at søens vandstand fordeles ud over hele søens overflade. Endelig er der lavet en bathymetrisk justering af terrænmodellen i DK-modellen således, at søernes bathymetri er medtaget for de af søerne hvor bathymetrien var digitalt tilgængelig fra Thorkild Højs opmålinger, og for de resterende sører uden bathymetri bruges en middeldybde.

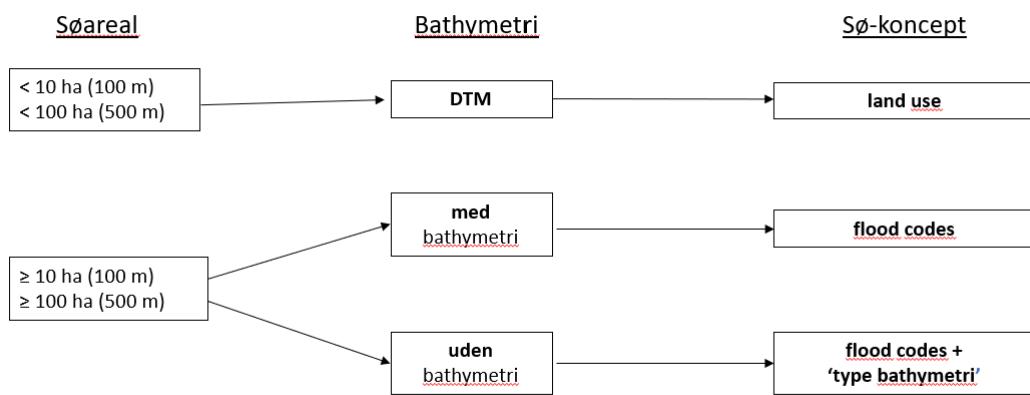
Q/h relationer er indlagt på de vandløbsstrækninger der er sammenfaldende med målsatte sører med én Q/h relation pr. ø. Q/h relationerne er defineret således, at søerne i praksis har en fastholdt vandstand, idet samme 'h' angives for både meget små og meget store 'Q'. Vandstanden i søerne er fastsat til et niveau hentet fra SDFI's topografiske model. Dette vurderes at sikre en fornuftig udveksling med grundvandet i samspil med øudbredelsen og bathymetri. Søernes vandstand (h) er fastsat for hver målsat ø ( $> 10 \text{ ha}$ ).

For de målsatte VP3 sører  $< 10 \text{ ha}$ , og for de sører som mangler et modelvandløb, er det valgt at anvende et mere simpelt 'Land use' ø-koncept, som fokuserer på at få vandbalancen til at gå op. I 'Land-use' konceptet angives en stor roddybde i modelopsætningen, så ø-arealet ikke drænes. Dermed opnås en fordampning svarende til fri tilgængelighed af vand, men det sikres ikke at vandstanden for søen ligger fast ligesom der kan forventes en vis usikkerhed på beskrivelsen af tryk-gradienten mellem grundvand og ø i 'land-use' ø-konceptet.

Afhængig af de målsatte øers (a) størrelse, (b) tilknyttede VP3 vandløb, og (c) bathymetriske forhold kan der for hver ø afgøres hvilket ø-koncept der bedst passer for hver enkelte ø ved implementering i DK-modellen. Alle VP3 sører kan indpasses i beslutningstræets forgrening, som vist i Figur 4.1. Alle sører med et areal på mindre end 10ha bliver indarbejdet i den tilpassede DK-model i 100m versionen, ved at benytte ø-konceptet 'land use'. Øer med arealer

mindre end 100ha vil i 500m-modellen på samme vis blive inddarbejdet efter 'land use' sø-konceptet.

De dybdemæssige forhold i de målsatte søer kan angives med en detaljeret beskrivelse de steder, hvor bathymetriken er detaljeret opmålt eller med mere forsimplede beskrivelser. Hvis de bathymetriske forhold er detaljeret bestemt vil modelvandløbets tværsnit ligne den detaljerede bathymetri. I de tilfælde hvor de bathymetriske forhold er ukendt vil sø-volumen og søens udbredelse blive beskrevet med typetværsnit som angives af søens middeldybde og bredde.

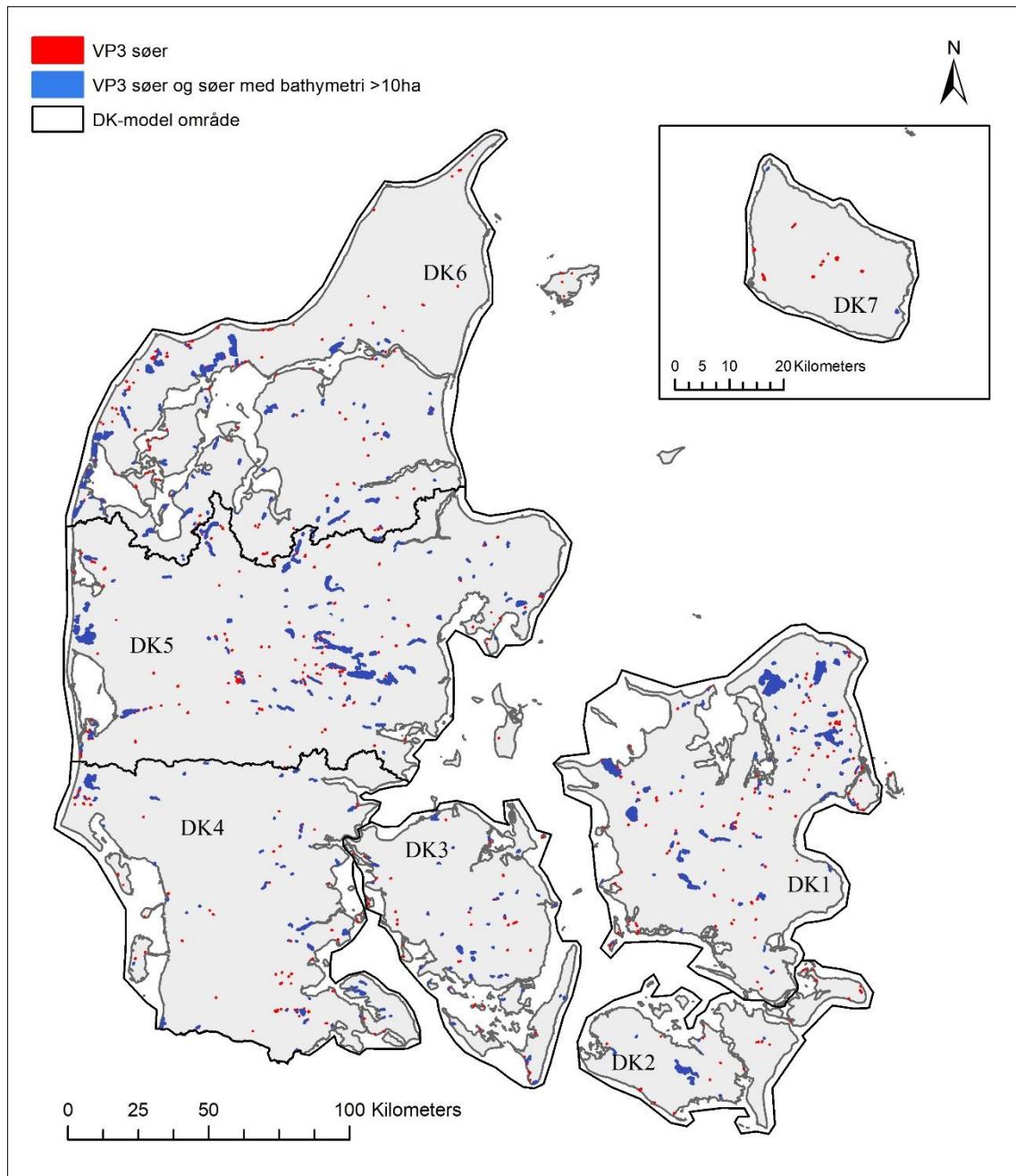


Figur 4.1: Beslutningstræ til inddeling af målsatte søer i kategorier afhængig af deres størrelse, vandløb og bathymetri til afklaring om hvilken sø-koncept der skal benyttes til implementering i DK-modellen for hver enkel sø.

## 4.2 Statistik

Der er i alt 986 målsatte (VP3) søer i Danmark. Af dem er 544 søer < 10 ha og 442 søer ≥ 10 ha. Bathymetri er opmålt for 235 søer af landinspektør Thorkild Høj, hvoraf 225 af disse er målsatte VP3 søer (Figur 4.2). I Tabel 4.1 er vist antallet af søer der ligger i de forskellige DK-model områder og hvor mange af disse der har bathymetriske oplysninger. Tabel 4.2 viser VP3 søer med bathymetriske oplysninger inddelt efter søstørrelse.

Af de 442 søer ≥ 10 ha er det muligt at inkludere 421 i modellen med "flood code" konceptet. Der er 21 VP3 målsatte søer ≥ 10 ha der vurderes ikke at have et afløb fra søen (to eksempler beskrevet i Bilag C2), og derved ikke kan beskrives med et modelvandløb som krævet i "flood code" konceptet. Disse søer beskrives i stedet med "land use" konceptet.



Figur 4.2: Alle VP3 sører samt sører med bathymetri  $\geq 10$  ha.

Tabel 4.1: Alle VP3 sører, alle sører opmålt med bathymetri samt antallet af sører inkluderet i DK-modellen med unik vandløbsstrækning (branch) opgjort for hvert DK-model område DK1 til DK7, samt Øerne.

Model-område	Samlet antal VP3 sører	Alle sører med bathymetri	Alle sører $\geq 10$ ha	VP3 Sører > 10 ha med bathymetri	VP3 Sører $\geq 10$ ha uden bathymetri	VP3 Sører $\geq 100$ ha	Sører inkludert i opdateret DK-model
DK1	209	85	93	52	41	16	81
DK2	37	13	10	7	3	2	10
DK3	84	14	42	10	32	4	37
DK4	134	25	64	19	45	9	62
DK5	285	72	130	62	68	32	128
DK6	218	25	101	21	80	29	101
DK7	12	1	2	1	1	0	2
Øerne	7	0	0	0	0	0	0
<b>Totalt</b>	<b>986</b>	<b>235</b>	<b>442</b>	<b>172</b>	<b>270</b>	<b>92</b>	<b>421</b>

Tabel 4.2: Alle VP3 sører med bathymetri fordelt på søstørrelse

Søareal [ha]	VP3 sører	Sører med bathymetri
$\leq 10$	530	62
11 - 20	178	50
21 - 30	67	25
31 - 40	33	11
41 - 50	26	8
51 - 60	19	8
61 - 70	18	10
71 - 80	9	6
81 - 90	11	3
91 - 100	3	2
> 100	92	50
<b>Total</b>	<b>986</b>	<b>235</b>

## 5. Performancetest

I tilpasningsprojektet af DK-modellen er der sket en væsentlig udvidelse af vandløbsnetværket ift. DK-model2019. Herudover er der indarbejdet en lang række modelændringer baseret på erfaringer fra HIP projektet (Anon, 2023) og Miljøstyrelsens Nret24 projekt. Modelændringerne omfatter arealanvendelse, jordtyper og drænopsætningen. Kapitel 5.1 opsummerer de væsentlige tilpasninger og forskelle.

Hovedformålet med udvidelsen var at inkludere VP3 målsatte vandløbsstrækninger i modelopstillingen, så det giver muligheder for modelberegninger af kobling mellem grundvand og overfladenvand. I forhold til at vurdere kontakten mellem grundvand, søer og GATØ var det især DK-modellens diskretisering i den horizontale opløsning på 500m der giver udfordringer. Dels er mange af de målsatte søer og GATØ meget mindre end den rumlige opløsning på 500m og dels vurderes den rumlige opløsning i DK-model2019 til at være for grov til at beregne kontakten mellem grundvand og søer med et areal mindre end 100 ha.

Tabel 5.1 Oversigt med overordnede forskelle og opdateringer ift. DKmodel2019.

Modelopsætning	DKmodel2019	Tilpasset til VP3 i 500m	Tilpasset til VP3 i 100m
Vandløbsnetværk	Ca. 16.500 km vandløb. Lækage koefficient svarende til den dominerende jordtype (sand/ler/tørv).	Ca. 23.600 km vandløb. Lækage koefficient ensartet $10^{-7}$ m/s.	Samme antal km vandløb som i 500m modellen, dog kan flere vandløb kobles med grundvandsmodulet MIKESHE. Lækagekoefficient svarende til den dominerende jordtype (sand/ler/tørv) kalibreret i HIP.
Søer	44 søer beskrives med brede vandløbstværsnit, fastholdt ø-vandstand (Q-h relation) og lækagekoefficient svarende til den dominerende jordtype (sand/ler/tørv).	89 Søer > 100ha kobledes til grundvandsmodulet MIKESHE og inkluderet med brede vandløbstværsnit, floodcodes og fastholdt ø-vandstand (Q-h relation). Lækagekoefficient $10^{-8}$ m/s.	421 Søer > 10ha kobledes til grundvandsmodulet MIKESHE og inkluderet med brede vandløbstværsnit, floodcodes og fastholdt ø-vandstand (Q-h relation). Lækagekoefficient $10^{-7}$ m/s.
Arealanvendelse	Statistisk fordeling af afgrødetyper opgjort på kommune niveau	Klimatologi på baggrund af MODIS data	Samme som 500m model
Jordtyper	Parametriseret per DK-model område	Én parametrisering på tværs af alle områder.	Samme som 500m model
Dræn	Differentiering af drændybde og dræntidkonstant baseret på arealanvendelse, topografisk variabilitet samt jordtyper	Distribueret dybde og tidskonstant ( $T_c$ ), skaleret $T_c$ efter 500m vandløbsnetværk	Distribueret dybde og tidskonstant ( $T_c$ ), skaleret $T_c$ efter 100m vandløbsnetværk
Geologi og beregningsslag	Geologi fra FOHM. Beregningslag 11 (DK1 og 2), 9 (DK3), 22 (DK4 og 5) 18 (DK6). Parameterværdier beskrevet i DKmodel2019 rapport .	Geologi identiske med DKmodel2019. Parameterværdier fra igangværende Nret24 kalibrering i 500m.	Samme som 500m model.

Performancetesten er opdelt i to test. Dels en direkte test i 500m hvor resultaterne kan holdes direkte op mod de tidligere afrapporteret for DK-model2019, og dels en test i 100m, hvor resultaterne ikke kan holdes op mod DK-model2019, men hvor det som minimum bør forventes at den tilpassede model i 100m giver bedre performance end den tilsvarende i 500m. Testens formål er som sådan ikke designet til at bestemme performance for grundvands-overfladevand udveksling, men kan udelukkende bruges til at afgøre om den tilpassede model overholder generelle kalibreringsmål. Hvis det vurderes at dette ikke er tilfældet, bør modellen re-kalibreres med de nye tilpasninger før den tilpassede model i 100m versionen bruges til beregning af kontakt, gradienter og vandflukse mellem grundvand og øvvand.

Simuleret afstrømning, trykniveauer og vandbalance med den tilpassede version af DK-model2019 i 500m og 100m, sammenlignes med resultater for DKmodel2019. For nemheds skyld benævnes den tilpassede Dk-model i det næste ”**DK-model2023**”. De kriterier som er anvendt i

sammenligningen, er kort beskrevet i afsnit 5.1. Endelig er kalibreringsstrategi, anvendte parameter og kriterier nærmere beskrevet i Stisen et al (2019).

For simuleret **trykniveau** testes DK-model2023 mod de statistiske variable ME (middelfejl) og RMSE (middelværdien af kvadratafvigelsessummen), hvor kriterierne fremgår i Tabel 5.2. Resultaterne er opgjort pr. modelområde og er præsenteret i Tabel 5.3. Den rumlige fordeling af residualerne præsenteres i Figur 5.1 og 5.2.

For simuleret **afstrømning** i vandløbene er kriterierne præsenteret i Tabel 5.2 og resultaterne pr. modelområde fremgår i Tabel 5.4. Den rumlige fordeling er opgjort pr. kriterie (NSE :: Nash-Sutcliff 'model efficiency', WBE og WBEs :: vandbalancefejl) og efter oplandsstørrelse for hele landet i Figur 5.3 – 5.5, hvor statistik for DK-model2019 er til venstre og DK-model2023 til højre. Ekstra tabeller med modelperformance og plots for alle vandføringsstationer er vedlagt i Bilag D.

I afsnit 5.4 præsenteres **vandbalance** pr. modelområde, hvor forskellen i fx simuleret dræn til vandløb fremgår, er opgjort for hele modelområdets landareal.

## 5.1 Nøjagtigheds kriterier og resultater

For at afgøre hvorvidt det kræves en rekalibrering af DKmodel2023 efter implementering af VP3 vandløb, justeret sø-koncept og andre opdateringer af modelinput data er det valgt at sammenligne simuleringer fra DKmodel2023 i 500m med DKmodel2019 efter de opstillede nøjagtighedskriterier i Tabel 5.2. Nøjagtighedskriterierne er anvendt for at beskrive hvor godt modellen er i stand til at simulere de observerede data og følger Geovejledning 2017/1 (Henriksen, et al., 2017).

Formålet med DK-model2019 var at kunne vurdere vandbalancen på landsdækkende- og oplandsniveau og der stilles mod et kalibreringsmål, defineret som "overslagsberegninger" i Geovejledning 2017/1 (Henriksen, et al., 2017) med hensyn til simulerede trykniveauer og "Screening" med hensyn til simulerede vandføringer. Nøjagtighedskriterier, Kalibreringsstrategi og parameter for DKmodel2019 er nærmere beskrevet i GEUS rapport 2019/31 (Stisen, et al., 2019).

I Tabel 5.2 præsenteres kriterier for trykniveauer og vandføring, og i Tabel 5.3 og 5.4 fremgår resultaterne for de simulerede trykniveauer og vandføring.

Tabel 5.2 Numeriske mål for nøjagtighedsriterier ( $\beta$ ) til vurdering af observationsgrupper for den simulerede vandføring (Fbal og NSE) og for trykniveau (ME og RMS). Tabellen er hentet fra Henriksen et al., 2017. Alle forkortelser er forklaret i ordlisten.

	Screening	Overslags-beregning	Detailmodellering
<b>Kriterium 1</b> $\beta_1$ (ME/dH <sub>max</sub> )	0,05	0,025	0,01
<b>Kriterium 2 og 3</b> $\beta_2$ (RMS/S <sub>obs</sub> - Se Appendix A)	2,6	2	1,65
<b>Kriterium 4</b> $\beta_3$ (RMS/dH <sub>max</sub> )	0,1	0,05	0,025
<b>Kriterium 5</b> (75 % af stationerne skal overholde kravværdien <sup>1)</sup> $\beta_4$ (NSE)			
Type 1      Q <sub>10</sub> /Q <sub>90</sub> < 5	0,55	0,65	0,75
Type 2      5 < Q <sub>10</sub> /Q <sub>90</sub> < 10	0,60	0,70	0,80
Type 3      10 < Q <sub>10</sub> /Q <sub>90</sub> < 20	0,65	0,75	0,85
Type 4      20 < Q <sub>10</sub> /Q <sub>90</sub>	0,70	0,80	0,90
<b>Kriterium 6</b> (75 % af stationerne skal overholde kravværdien) $\beta_5$ (Fbal, år)			
Type 1      Q <sub>mid</sub> < 100 l/s	40	25	15
Type 2      100 l/s < Q <sub>mid</sub> < 500 l/s	25	15	10
Type 3      500 l/s < Q <sub>mid</sub> < 2000 l/s	15	10	5
Type 4      2000 l/s < Q <sub>mid</sub>	10	5	3
<b>Kriterium 7</b> (75 % af stationerne skal overholde kravværdien) $\beta_6$ (Fbal, sommer)			
Type 1      Q <sub>min</sub> < 10 l/s	80	40	25
Type 2      10 l/s < Q <sub>min</sub> < 50 l/s	50	25	15
Type 3      50 l/s < Q <sub>min</sub> < 200 l/s	30	15	10
Type 4      200 l/s < Q <sub>min</sub>	15	10	5

<sup>1)</sup> NSE kriteriet er meget følsomt i forhold til kvaliteten af nedbørsinput og kan generelt ikke opfyldes efter 2007 pga. for få nedbørsstationer i DMIs klimagrid (her opfylder typisk kun 50 % af stationerne kravværdien).

## 5.2 Trykniveauer

Modellens evne til at reproducere trykpotentialet vurderes ved hjælp af to observationsgrupper ME og RMS. Disse måles ved følgende funktionsudtryk:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{obs,i} - H_{sim,i})$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{obs,i} - H_{sim,i})^2}$$

hvor

- $H_{obs,i}$ : er det observerede potentiale for observation  $i$  (m)  
 $H_{sim,i}$ : er det simulerede potentiale svarende til observation  $i$  (m)

$n$  : er det samlede antal observationer

Middelfejlen udtrykker modellens evne til at simulere det generelle trykniveau. En positiv  $ME$  angiver, at modellen i middel simulerer et potentiale, der er lavere end det observerede, mens en negativ  $ME$  angiver, at modellen i middel simulerer et potentiale, der er for højt.  $RMS$  er et mål for spredningen på residualer, dvs. forskellen mellem observerede og simulerede værdier. Den optimale værdi for  $ME$  og  $RMS$  er således 0 (nul).

Jævnfør Geovejledning 2017/1 (Henriksen, et al., 2017) er et passende kriterium for "overslagsberegninger", at  $ME$  beregnes med  $\beta_1 = 0,025$  og  $RMS$  er 5 % af den samlede variation i potentialet ( $\beta_3 = 0,05$ ), jf. Tabel 5.2. Dette er anvendt til beregning af nøjagtighedskriteriet til delmodellerne (DK1 – DK6), og er gengivet øverst i Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Statistik for trykniveauer for alle delmodeller og de tre modeller for perioden 2000 – 2010, samt nøjagtighedskriterie for en model til "overslagsberegninger" (de tre øverste linjer i tabellen). Forkortelserne er forklaret i ordlisten.

	DK1	DK2	DK3	DK4	DK5	DK6
dHmax [m]	115.6	88.4	126.8	111.2	167.0	89.7
Kriterium - ME [m]	<b>2.9</b>	<b>2.2</b>	<b>3.2</b>	<b>2.8</b>	<b>4.2</b>	<b>2.2</b>
Kriterium - RMSE [m]	<b>5.8</b>	<b>4.4</b>	<b>6.3</b>	<b>5.6</b>	<b>8.4</b>	<b>4.5</b>
<b>DKmodel2019</b>						
ME [m]	-0.2	-0.4	0.1	-0.1	0.2	0.4
RMS [m]	<b>4.4</b>	<b>3.6</b>	<b>6.1</b>	<b>5.3</b>	<b>6.2</b>	<b>5.4</b>
ME90% [m]	-0.6	-0.5	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4
RMSE90% [m]	2.7	2.0	3.6	3.0	3.8	3.3
<b>DKmodel2023 500m</b>						
ME [m]	-1.8	-1.6	-0.8	-0.6	-0.8	-0.3
RMS [m]	<b>4.9</b>	<b>4.3</b>	<b>6.6</b>	<b>6.1</b>	<b>6.5</b>	<b>5.9</b>
ME90% [m]	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-1.0	-0.6
RMSE90% [m]	3.2	2.6	4.1	3.3	4.1	3.9
<b>DKmodel2023 100m</b>						
ME [m]	-0.5	-1.1	0.9	-	1.4	2.3
RMS [m]	<b>4.4</b>	<b>3.8</b>	7.1	-	<b>6.3</b>	6.1
ME90% [m]	-0.5	-1.0	-0.1	-	0.6	1.2
RMSE90% [m]	2.7	2.3	4.3	-	3.8	3.8

Sammenholdes den opnåede performance med de opstillede kriterier, ses det at med DK-model2019, for alle modelområder, undtaget DK6 mht. RMSE, opfylder både kriteriet for ME og RMS. For DK-model2023 i 500m opfylder alle modelområder kravet mht. ME, men kun DK1, DK2 og DK5 opfylder kravet mht. RMS.

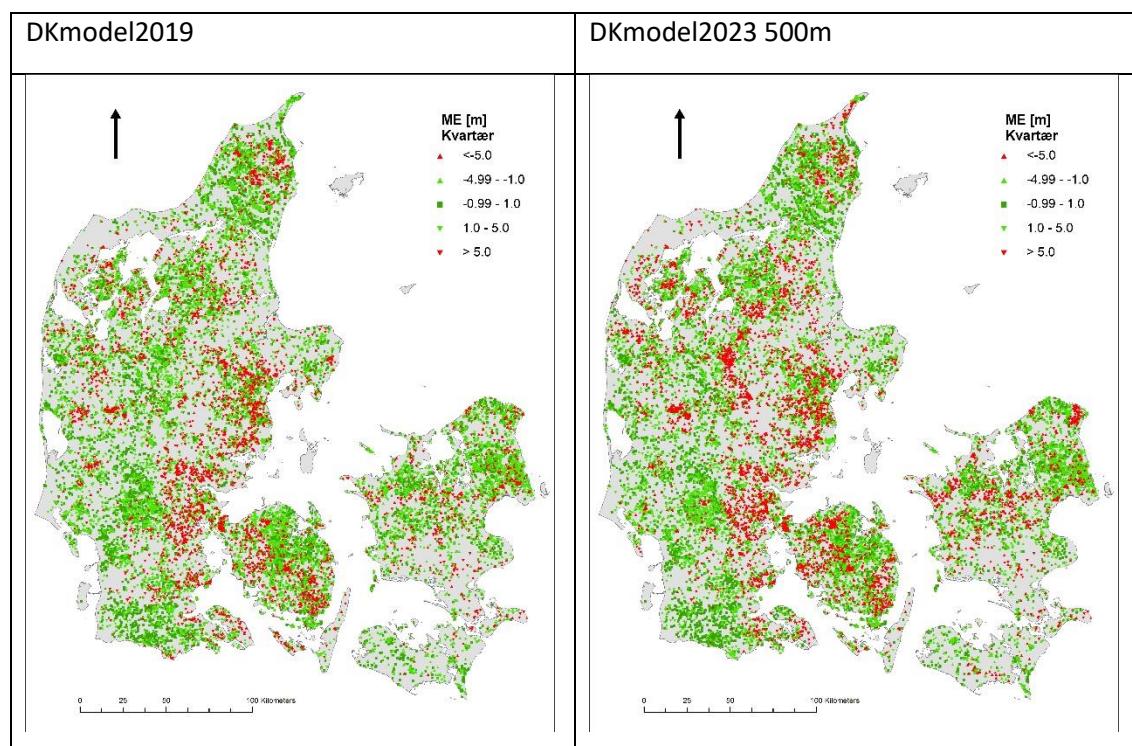
For DK-model2023 i 100m opfylder modelområde DK6 ikke ME kravet. Modelområde DK4 er ikke kørt færdig, og mht. RMS opnår hverken DK3 eller DK6 det opstillede krav. Ser man på statistikken kun for de 90% bedste pejlinger (ME90% og RMSE90%) opnår alle delmodeller i

alle tre modelversioner begge kriterier. Ideen med kun at se på de 90% bedste pejlinger udspinger af kalibreringsarbejdet og at nogle pejledata vil være fejlbehæftet ifm. indberettet til Jupiter. Ved at frasortere de største positive og negative fejl får man en mere robust kalibrering af modelparametre.

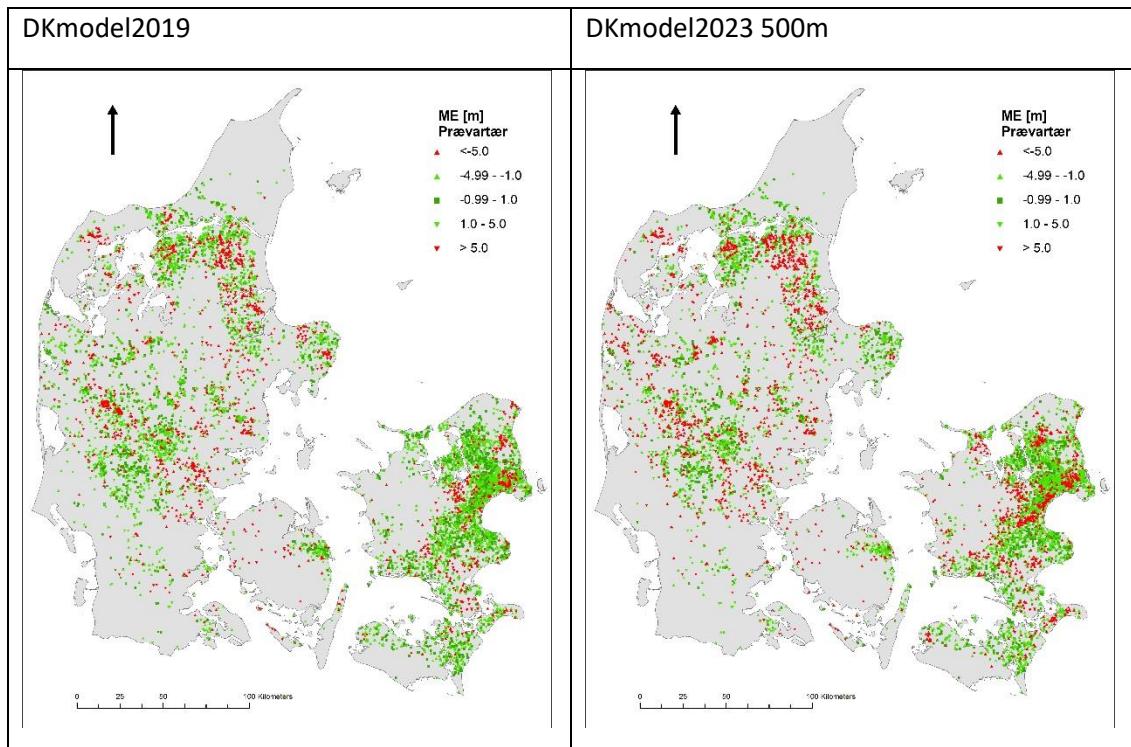
### 5.2.1 Rumlig fordeling af forskellen i simuleret trykniveau

Den rumlige fordeling af middelfejl på potentialer er illustreret i Figur 5.1 og 5.2, som inkluderer alle delmodeller og beregningslag opdelt efter hhv. kvartære og prækvantære aflejringer.

Generelt er den rumlige fordeling af middelfejl på potentialer ret ens for DK-model2019 og DK-model2023, hvor i stort set de samme områder har store eller små middelfejl, dog er fejlen generelt større i DK-model2023, som der også fremgår i Tabel 5.3. Det samme mønster gør sig gældende både i det kvartære og det prækvantære lag.



Figur 5.1. Rumlig fordeling og størrelse af middelfejl for potentialer i alle kvartære lag, til venstre DK-model 2019 og til højre DK-model2023 500m.



Figur 5.2. Rumlig fordeling og størrelse af middelfejl for potentialer i alle prækvartære lag, til venstre DK-model 2019 og til højre DK-model2023 500m.

### 5.3 Vandløbsafstrømning

Modellens evne til simulering af vandføringer er kvantificeret ved de tre observationsgrupper der indgik i kalibreringen af DK-model2019: KGE (Kling-Gupta efficiency), WBE og WBE<sub>sommer</sub> (gennemsnitlige relative vandbalancefejl), samt for NSE (Nash-Sutcliffe model efficiency), som ikke er inkluderet i selve kalibreringen men for hvilken kriterier for at afgøre på hvilket niveau den hydrologiske model simulerer afstrømning er opstillet i Geovejledning 2017/1 (Henriksen et al., 2017).

NSE og vandbalancefejlen WBE (også kaldet Fbal) er traditionelt de to størrelser anvendt til kvantificering af modellens evne til at reproducere den målte afstrømning i vandløbene, og givet ved

$$NSE = \frac{\sum (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2}{\sum (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2}$$

$$WBE = 100 \frac{\bar{Q}_{obs} - \bar{Q}_{sim}}{\bar{Q}_{obs}}$$

hvor  $Q_{obs}$  og  $Q_{sim}$  er hhv. den observerede og den simulerede vandføring.

WBE<sub>sommer</sub> udregnes på samme måde som WBE, hvor der dog kun bruges data for sommerperioden (juni-august). KGE (Kling-Gupta efficiency) er et vægtet indeks af korrelation, bias og variabilitet, og den bruges i kalibreringen, som et mål for hvor godt vandløbsdynamikken beskrives (tilsvarende NSE). Der eksisterer endnu ikke nogle danske opsamlinger på erfaringsmæssige mål for KGE, så der er ikke opstillet krav til KGE performance (jf. Tabel 5.2)

DK-model2019 er kalibreret mod 305 stationer og i nedenstående statistikker er de samme 305 stationer anvendt til sammenligning for DK-model2023 i 500m og 100m modelopsætningerne. Udvælgelse af stationer og kvalitetssikring af data fremgår i DK-model2019 rapporten (Stisen et al. 2019).

De kriterier (kriterie 5 – 7 i Tabel 5.2) som er anvendt i vurdering af DK-model2019 for at opfylde kravet om screeningsniveau er at **NSE>0,55**, **WBE < 40 %** samt **WBE<sub>sommer</sub> < 80 %**. Sammenligningen af statistikken for DK-model2019 og DK-model2023 fremgår i Tabel 5.4 og i Bilag D, hvor statistikken for hver enkelt station er angivet.

I Tabel 5.4 fremgår det at den simulerede afstrømning med DKmodel2023, kun i DK1 ligger på niveau med det som DKmodel2019 simulerede. Opgjort for hele landet viser simuleringerne med DKmodel2023 en tydelig forringelse af statistikken for alle observationsgrupper undtaget KGE som ligger på samme niveau, sammenlignet med DKmodel2019.

Tabel 5.4 Statistik for simuleret vandføring med de tre modeller opgjort for hele landet og per modelområde.

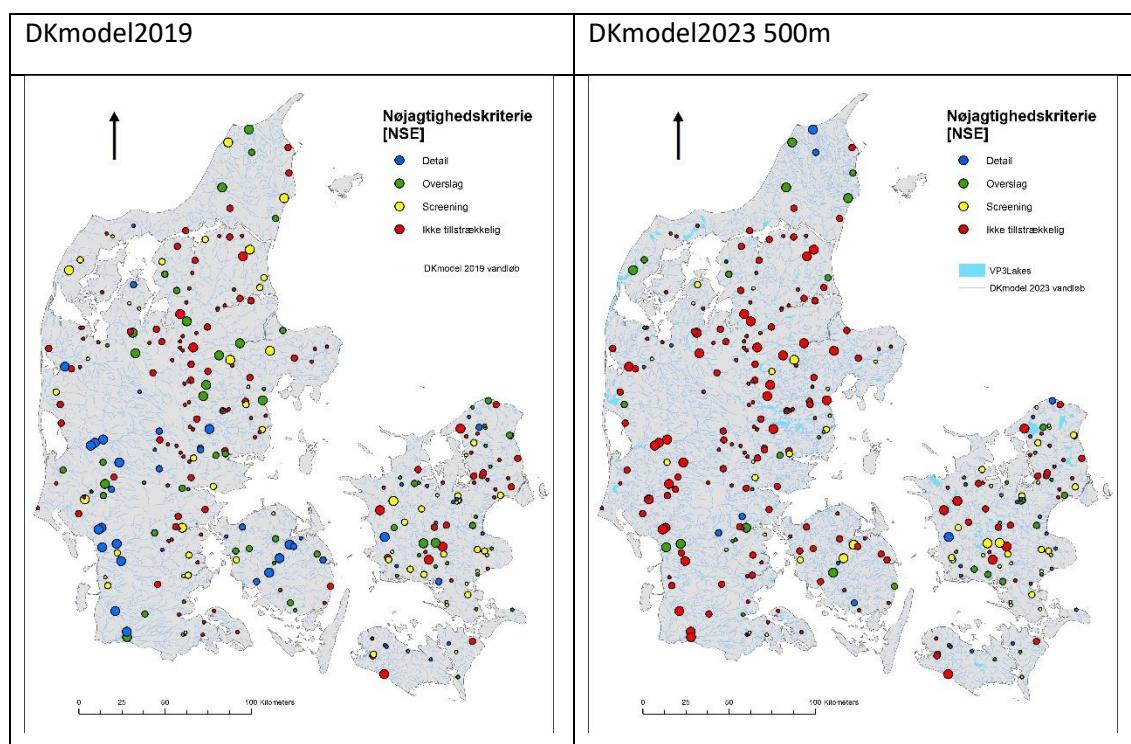
DKmodel - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
Ikke tilstrækkelig	79	133	81	59	154	187	131	88	110	140	114	107
Screening	51	59	65	100	50	50	63	73	46	53	44	56
Overslag	62	64	54	58	50	44	35	56	45	43	31	30
Detail	113	49	105	88	49	22	74	86	51	16	63	59
% mindst screening	74%	56%	73%	81%	74%	38%	57%	71%	56%	44%	55%	58%
DK1 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
Ikke tilstrækkelig	23	29	13	11	25	31	15	23	35	39	24	48
Screening	15	24	22	31	20	27	24	18	23	27	24	14
Overslag	23	23	14	15	22	18	10	19	16	19	13	9
Detail	26	11	38	30	20	11	38	27	13	2	26	16
% mindst screening	74%	67%	85%	87%	71%	64%	83%	74%	60%	55%	72%	45%
DK2 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
Ikke tilstrækkelig	4	5	1	3	3	6	5	5	4	6	4	8
Screening	1	2	2	6	5	1	2	1	3	1	2	3
Overslag	1	2	2	4	1	3	4	3	3	2	2	1
Detail	8	5	9	1	5	4	3	5	4	5	6	2
% mindst screening	71%	64%	93%	79%	79%	57%	64%	64%	71%	57%	71%	43%
DK3 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
Ikke tilstrækkelig	3	3	7	3	13	14	12	3	14	14	16	11
Screening	3	2	1	5	5	4	5	4	3	3	2	4
Overslag	1	7	3	6	2	2	1	9	2	2	1	3
Detail	15	10	11	8	2	2	4	6	3	3	3	4
% mindst screening	86%	86%	68%	86%	41%	36%	45%	86%	36%	36%	27%	50%
DK4 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
Ikke tilstrækkelig	11	21	16	15	28	37	25	11	0	0	0	0
Screening	8	11	10	14	6	5	8	17	0	0	0	0
Overslag	13	10	12	10	8	7	5	8	0	0	0	0
Detail	19	9	13	12	9	2	13	15	0	0	0	0
% mindst screening	78%	59%	69%	71%	45%	27%	51%	78%	#####	#####	#####	#####
DK5 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
Ikke tilstrækkelig	24	44	33	16	54	62	40	28	35	50	49	26
Screening	14	8	17	29	5	10	19	19	11	13	6	22
Overslag	11	14	12	15	13	5	9	11	11	11	8	10
Detail	29	12	16	18	5	0	9	19	20	3	14	19
% mindst screening	69%	44%	58%	79%	30%	19%	48%	64%	55%	35%	36%	66%
DK6 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
Ikke tilstrækkelig	14	31	11	11	31	37	34	18	22	31	21	14
Screening	10	12	13	15	9	3	5	14	6	9	10	13
Overslag	13	8	11	8	4	9	6	6	13	9	7	7
Detail	16	2	18	19	8	3	7	14	11	3	14	18
% mindst screening	74%	42%	79%	79%	40%	29%	35%	65%	58%	40%	60%	73%

### 5.3.1 Rumlig fordeling af forskellen i simuleret afstrømning

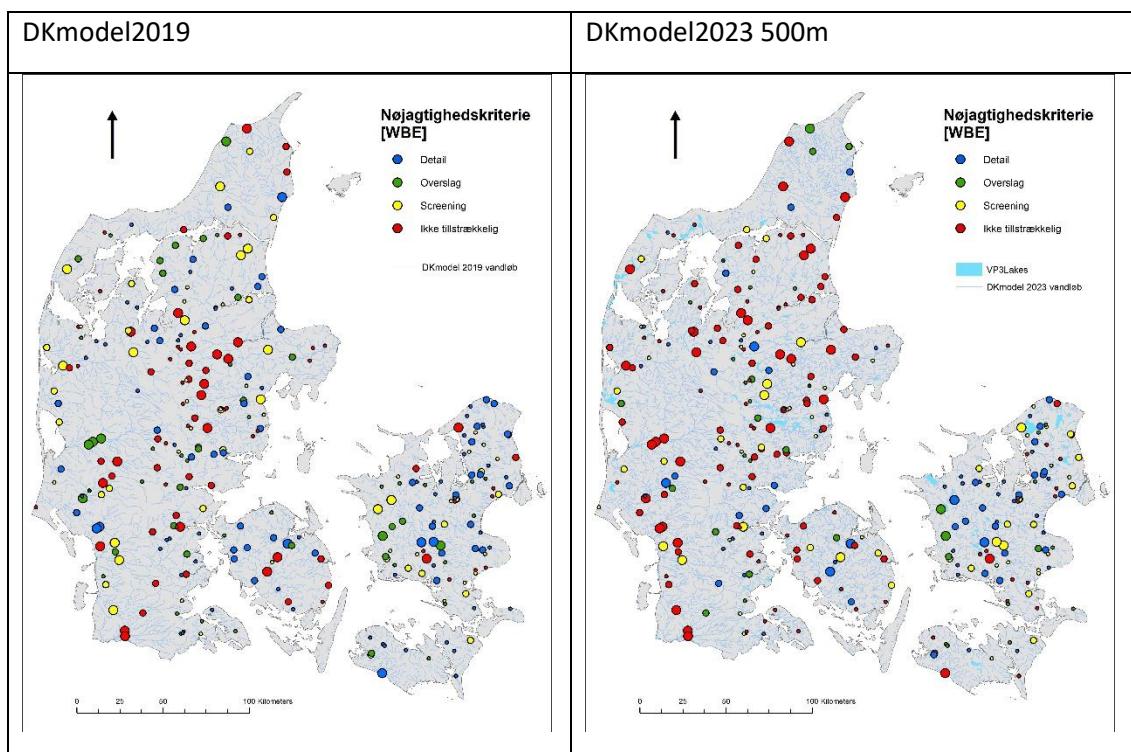
Den rumlige fordeling af NSE, WBL og WBL<sub>sommer</sub> præsenteres i Figur 5.3-5.5, hvor statistikken for DK-model2019 vises til venstre og DK-model2023 500m til højre.

Cirklernes størrelse angiver oplands-størrelsen, små cirkler har et opland < 100 km<sup>2</sup> (type 1 i Tabel 5.2), mellem cirkler mellem 100-200 km<sup>2</sup> ((type 2 i Tabel 5.2) og store cirkler > 200 km<sup>2</sup> (type 3 i Tabel 5.2).

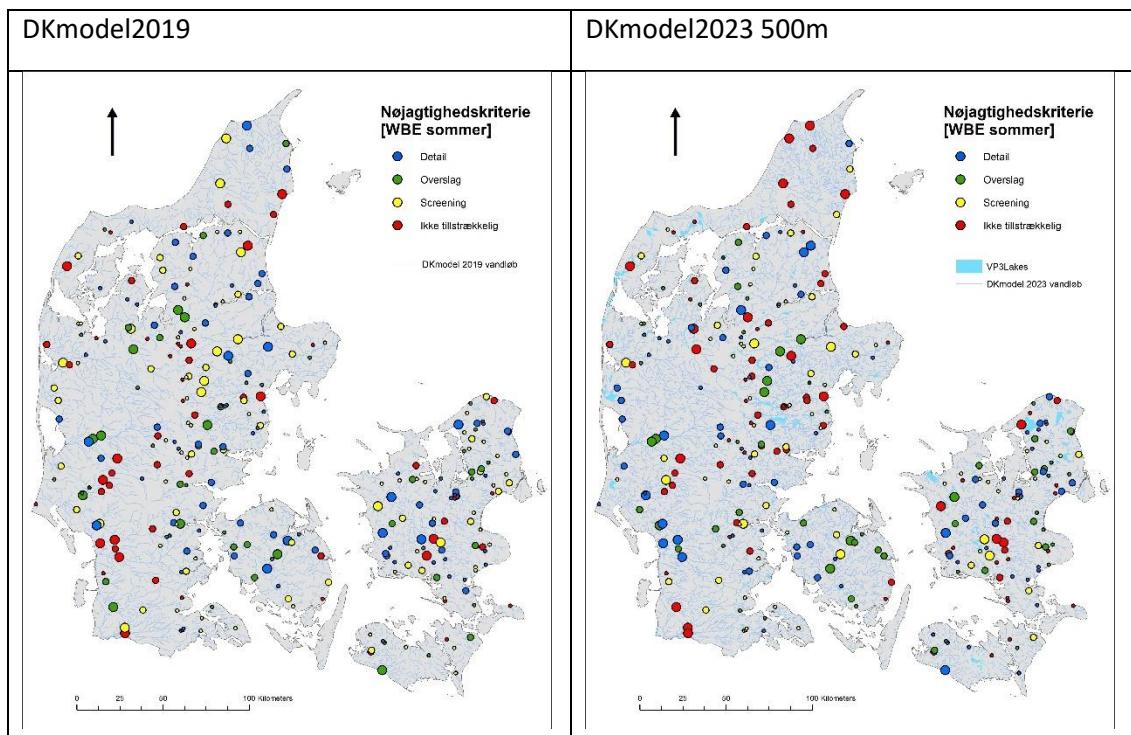
Den rumlige fordeling af vandføringsstatistikken for DKmodel2023, viser at for langt de fleste målestationer i hele Danmark simulerer under det opstillede krav i Geovejledningen til screeningsniveau for kriterie 5 (NSE), Tabel 5.2, hvor 75% af stationerne skal overholde kravværdien. Det samme fremgår i Tabel 5.4, at kun 38% af målestationerne klarer NSE kravet for hele landet, hvor DKmodel2019 opnår 58%.



Figur 5.3. Rumlig fordeling af NSE for alle vandføringsstationer i kalibreringsperioden. Cirklernes størrelse angiver oplands-størrelsen: små cirkler < 100 km<sup>2</sup>, mellem cirkler mellem 100-200 km<sup>2</sup> og store cirkler > 200 km<sup>2</sup>.



Figur 5.4 Rumlig fordeling af vandbalancefejlen (WBE) for alle vandføringsstationer i kalibreringsperioden. Cirkernes størrelse angiver oplands-størrelsen: små cirkler < 100 km<sup>2</sup>, mellem cirkler mellem 100-200 km<sup>2</sup> og store cirkler > 200 km<sup>2</sup>.



Figur 5.5 Rumlig fordeling af vandbalancefejlen i somtermånedene (WBE<sub>sommer</sub>) for alle vandføringsstationer i kalibreringsperioden. Cirkernes størrelse angiver oplands-størrelsen: små cirkler < 100 km<sup>2</sup>, mellem cirkler mellem 100-200 km<sup>2</sup> og store cirkler > 200 km<sup>2</sup>.

## 5.4 Vandbalancer

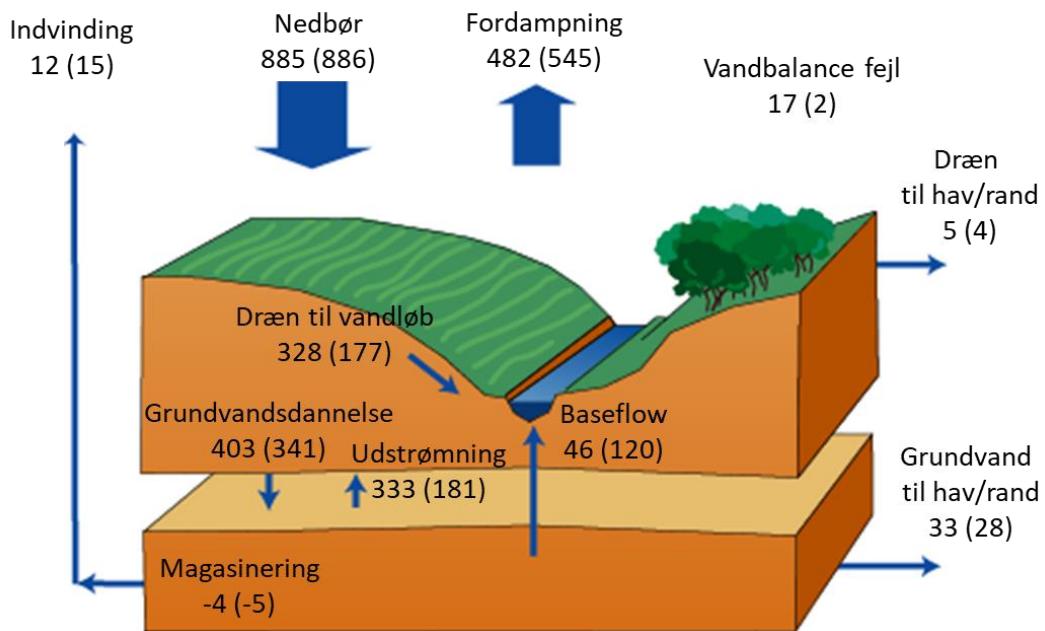
Vandbalancer opgjort for hele modelområdets landareal præsenteres i mm/år i Tabel 5.5. Stor fejl i vandbalancerne ses fx i DK1, DK3 og DK4.

Tabel 5.5 Opsummerende vandbalance tal, sammenligning af DK-model2019 og tilpasningsmodellernes vandbalancer

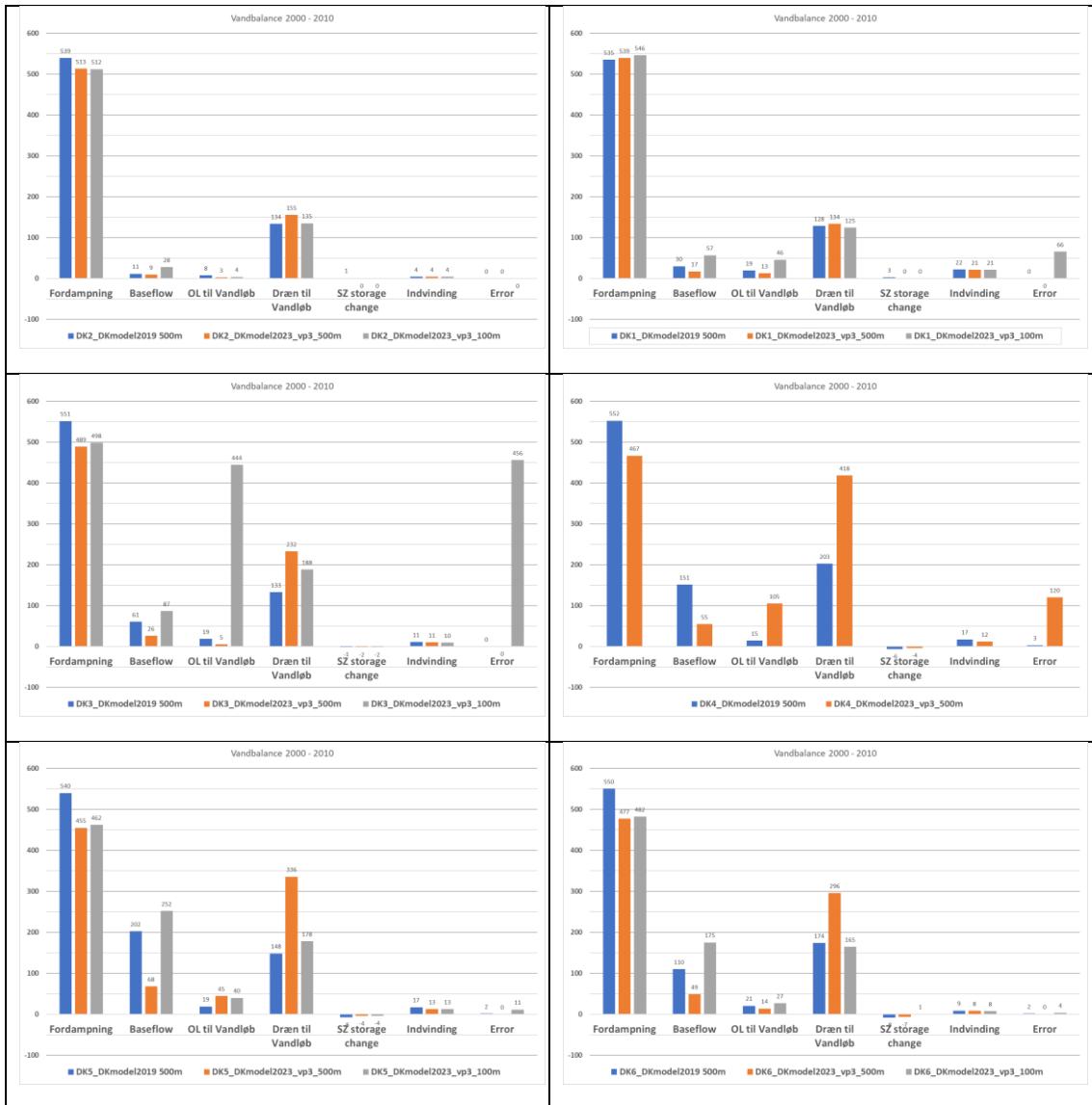
Modelområde	Nedbør	Fordampning	Baseflow	OL til Vandløb	Dræn til Vandløb	SZ storage change	Nettonedbør	Indvinding	Error
DK1_DKmodel2019_500m	762	535	30	19	128	3	227	22	0
DK1_DKmodel2023_vp3_500m	763	539	17	13	134	0	223	21	0
DK1_DKmodel2023_vp3_100m	763	546	57	46	125	0	216	21	66
DK2_DKmodel2019_500m	718	539	11	8	134	1	179	4	0
DK2_DKmodel2023_vp3_500m	717	513	9	3	155	0	204	4	0
DK2_DKmodel2023_vp3_100m	717	512	28	4	135	0	206	4	0
DK3_DKmodel2019_500m	794	551	61	19	133	-1	242	11	0
DK3_DKmodel2023_vp3_500m	794	489	26	5	232	-2	304	11	0
DK3_DKmodel2023_vp3_100m	794	498	87	444	188	-2	296	10	456
DK4_DKmodel2019_500m	973	552	151	15	203	-6	421	17	3
DK4_DKmodel2023_vp3_500m	973	467	55	105	418	-4	506	12	120
DK4_DKmodel2023_vp3_100m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DK5_DKmodel2019_500m	924	540	202	19	148	-8	384	17	2
DK5_DKmodel2023_vp3_500m	924	455	68	45	336	-4	469	13	0
DK5_DKmodel2023_vp3_100m	924	462	252	40	178	-4	463	13	11
DK6_DKmodel2019_500m	909	550	110	21	174	-8	359	9	2
DK6_DKmodel2023_vp3_500m	910	477	49	14	296	-7	433	8	0
DK6_DKmodel2023_vp3_100m	910	482	175	27	165	1	428	8	4

Tabel 5.5 viser at vandbalance-fejlene er af underordnet karakter for DK-model2019, mens de for DK-model2023 er mere betydelige i særligt 100m modelopsætningen. Store vandbalance-forskelle ift. DK-model2019 er en indikation på at der er noget i opsætningen som ikke helt er hvor den skal være.

Som det fremgår af Figur 5.6 er der væsentlige forskelle i grundvandsdannelse, baseflow og dræn mellem de to modelopsætninger. Forskellene mellem hvor meget vand der strømmer direkte fra grundvandet til dræn hhv. vandløb for områderne 4-6 er umiddelbart for store set i relation til en udvidelse af den samlede længde af vandløb i modellen på 10-20%. Hermed indikerer både vandbalance-fejlene og forskellene, at der enten/både er noget galt med det anvendte parametersæt og/eller modelkoncepter. Begge dele er bekymrende i forhold til direkte anvendelse af modelresultaterne til det videre arbejde. Samtidigt peger dette i retningen af at der er behov for en rekalibrering for at kunne afklare om der evt. også er noget problematisk ved modelkonceptet (jf. flood code + bathymetri).



Figur 5.6 Samlet vandbalance for hele landet (DK1-DK6) for DK-model2023 med angivelse af resultatet for DK-model2019 i parentes



Figur 5.7: Udvalgte delkomponenter i vandbalancen i mm/år for hele landdelen i de enkelte modelområder, DK1 – DK6. DK-model2019 (blå), DK-model2023 500m (orange) og DK-model2023 100m (Grå).

## 5.5 Konklusion af performance test

Da der ikke tidligere er opstillet et generelt kriterie for grundvand-overfladevand interaktion, holdes resultaterne i stedet op mod dels de generelle modelperformance-kriterier opstillet i Geo-vejledningen (Henriksen et al. 2017) og dels performance af DK-model2019 afrapporteret i Stisen et al. (2019). Den gennemførte performance test af den tilpassede DK-model fortæller noget om modellens evne til at simulere vandføring og grundvandspotentiale generelt. Herudover er der gennemført sammenligning af vandbalancer for DK-model2019 og DK-model2023.

Såvel vandbalancer som performance test er primært sket via en modelkørsel i 500m modelopløsning, mens der er gennemført modelsimuleringer i 100m for alle områderne undtaget DK4.

I forhold til vandbalancerne ses betydelig ændring i delkomponenter af vandbalancen for nogen af modelområderne, som har med grundvand-overfladevand udveksling at gøre. Samlet set indikerer vandbalancerne at der er noget galt med det anvendte parametersæt og/eller konceptændringerne. En rekalibrering af modellen er nødvendig for at kunne afklare om det er begge eller én af de to foretagne modelændringer.

Modelperformance på vandløbsafstrømning viser at enkelte modelområder kan overholde kravet fra Geo-vejledningen på screeningsniveau, men at det samlede resultat for hele landet ikke performer på niveau med DK-model2019 og samlet set ikke overholder kriterierne på screeningsniveau, hverken for dynamik (NSE) eller for vandbalance (Fbal).

Modelperformance for trykniveauer viser en rumlige fordeling af middelfejl på trykpotentialer med samme eller større middelfejl end for DK-model2019. Alle delområderne overholder dog middelfejl (ME) kriteriet på screeningsniveau. Geo-vejledningens kriterie for RMSE overholdes for halvdelen af modelområderne og ligesom med ME er der generelt en ringere performance på RMSE end for DK-model2019.

I nærværende tilpasningsprojekt af DK-modellen er der sket en væsentlig udvidelse af vandløbsnetværket ift. DK-model2019. Herudover er der inddarbejdet en lang en række modelændringer baseret på erfaringerne fra DK-model HIP og Nret24 modellen. De omfattende modelændringer har betydet at det ikke er muligt at opnå tilfredsstillende modelperformance med den tilpassede model ved simpel adaption af parametersæt fra en igangværende Nret24 kalibrering. Det anbefales således på denne baggrund at performancetesten gentages på en rekalibreret modelopsætning af Nret24 modellen der indeholder det ny VP3 vandløbsnetværk og søger.

## 6. Opsummering

Beregning af kontakt, gradient og fluxberegninger mellem grundvand og overfladevand vil være afhængig af en god beskrivelse af grundvandsstanden tæt ved vandløbene og god simulation af vandstand (afstrømning) i vandløb og til/fra søer. Uden en god overordnet performance der lever op til generelle performance kriterier vil det ikke være muligt at komme med en konkret vurdering af usikkerheden på bestemmelse af de enkelte efterspurgte delelementer. Med de indarbejdede løsninger, hvor særligt vandstanden i søerne og bathymetri er et nyt element, så forventes det at en model, som overholder kriteriet på screeningsniveau eller bedre, vil være egnet til gradient bestemmelser for vandløb og søer, og egnet til fluxberegninger på større vandløbsdelstrækninger. For alle overfladevandstyper vil det være muligt at lave en simpel afstands-kontakt beregning uanset hvor god performance er for DK-model2023, om end bestemmelsen af kontaktforholdene vil være alt andet mere troværdig des bedre performance. Gradient- og fluxberegninger til og fra søer og Grundvandsafhængige terrestiske økosystemer (GATØ) må forventes at være usikker specielt for mindre sø og små GATØ-arealer uanset den generelle model-performance. Tabel 6.1 opsummerer modellens forventede evne til at håndtere nogle af de efterspurte beregninger under hensyntagen til at modellen er rekalibrere til et tilfredsstillende niveau. Antallet af VP3 målsatte vandløb, søer og GATØ, som der kan laves beregninger for, forventes at blive udvidet væsentligt med dette tilpasningsprojekt.

Tabel 6.1: Forventet vidensniveau ved afslutningen af dette projekt hvad angår estimering/skøn af tilknyttede målsatte overfladevandområder og GATØ for så vidt angår potentiel kontakt, gradientforhold og vandudveksling af grundvand med vandløb, søer, kystvande og GATØ.

type	vandløb	søer	GATØ	kyst
<b>kontakt</b>	Simpel afstand + afstand til øverste grundvandsspejl	Samme + sandsynlighedsvurdering ud fra geologi og sødybder	Samme som vandløb	Simpel overlap test
<b>gradient</b>	Opadrettet/nedadrettet strømning (øverste beregningslag)	Samme som vandløb	Samme som vandløb	Ikke muligt
<b>flux</b>	Specifik tilstrømning	Ikke muligt	Ikke muligt	Test af vandbalance/flux

## 7. Referencer

Anon., 2023. *HIP*. <https://hip.dataforsyningen.dk/>

EU, 2020. *Fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger med senere ændringer*. [EUR-Lex - 32000L0060 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:32000L0060)

Henriksen, H. et al., 2021. *Udvikling af landsdækkende modelberegninger af terrænnære hydrologiske forhold i 100m grid ved anvendelse af DK-modellen: Dokumentationsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem*, s.l.: GEUS. DOI: 10.22008/gpub/38113.

Henriksen, H. et al., 2017. *Hydrologisk Geovejledning, God praksis i hydrologisk modellering*, s.l.: Geo-Vejledning 2017/1.

Nilsson, B. et al., 2019a. *Vurdering af grundvandsforekomstes påvirkning af tilknyttede grundvandsafhængige terrestriske økosystemer i Natura 2000 områder*. GEUS Rapport 2019/35, <https://doi.org/10.22008/gpub/32635>

Nilsson, B. et al., 2019b. *Vurdering af grundvandets kemiske påvirkning på vandløb og kystvande*. GEUS Rapport 2019/2, <https://doi.org/10.22008/gpub/32601>

Nilsson, B. et al., 2019c. *Vurdering af grundvandets kemiske og kvantitative påvirkning af søer*. GEUS Rapport 2019/3, <https://doi.org/10.22008/gpub/32603>

Nilsson, B., Troldborg, L., Koch, J. & Kidmose, J., 2023. *Metode til kategorisering af søer i forhold til deres kontakt med grundvandet*. GEUS Rapport 2023/32

Stisen, S. et al., 2019. *National Vandressource Model. Modelopstilling og kalibrering af DK-model 2019*, s.l.: GEUS Rapport 2019/31.

## 8. Bilag

### Bilag A: DK-modellen

#### Bilag A.1: Anvendelse af den Nationale Vandressource model (DK-model)

Udgangspunktet for produktionen af de hydrologiske modelberegninger tilgængelige på 'Hydrologisk Informations- og Prognosesystem' har været Den Nationale Vandressource model (DK-model). Modellen anvendes i dag til at beregne vandkredsløb og grundvandsdynamik samt klimabetingede ændringer. Modellen bruger data om hele det hydrologiske kredsløb til beregning af dybden til grundvandet, jordens vandindhold i rodzonen, vandføring i vandløb, infiltration og strømning i grundvand.

DK-modellen er oprindeligt udviklet i perioden 1996-2003 for Miljøministeriet. Modellen bruges i dag i forbindelse med vandplaner til kvantitativ tilstandsvurdering, nitratberegninger i grundvand, overvågningsprogram f.eks. havbelastning, kortlægningsmodeller og grundvandsbeskyttelse samt i en række igangværende forskningsprojekter. DK-modellen har primært haft fokus på modelberegning i 500 meter grid, hvor modelkalibrering og validering har været fokuseret på det dybere grundvand, samt beskrivelse af vandføring i vandløb.

Anvendelsen af DK-modellen i forbindelse med modelberegningerne tilgængelige på 'Hydrologisk Informations- og Prognosesystem' har haft fokus på modellering af terrænnære hydrologiske forhold med levering af modelberegninger af dybden til terrænnært grundvand, vandføring i vandløb, samt jordens vandindhold i rodzonen i høj rumlig og tidslig opløsning baseret på både observeret historisk klima og klimafremskrivninger for to CO<sub>2</sub>-udledningsscenarier. Der er til formålet foretaget en omfattende opdatering af DK-modellen for at forbedre modelleringen af de terrænnære hydrologiske forhold f.eks. ny opsætning i 100 meter grid og udbygning af vandløbsnetværket mv. Den opdaterede model kaldes 'DK-model HIP' og findes i hhv. en 500 meter og 100 meter version.

#### Tilpasning og udbygning af DK-model

Den eksisterende 'DK-model2019' er til formålet videreudviklet til en opdateret DK-model 'DK-model HIP'. Den opdaterede DK-model består af to kombinerbare modeller hhv. en model opsat i 100 meter grid og en model opsat i 500 meter grid. Modellen består fortsat af de eksisterende 7 del-modelområder (DK1-DK7). Udviklingen af DK-model HIP i hhv. 500 meter og 100 meter har fokuseret på tre elementer: (i) øget rumlig opløsning af modelberegninger og resultater (ii) Højst mulig konsistens mellem modelopsætninger og parametrisering i 500 meter og 100 meter,(iii) øget fokus på den terrænnære hydrologi, særligt det terrænnære grundvand, samt forbedret grundlag for nedskalering af klimafremskrivninger fra 500 meter til 100 meter og maskinlærings-modelberegninger af dybde til terrænnært grundvand i 10x10 meter.

Med ønsket om højere rumlig opløsning, kræves en øget opløsning af model inputdata. For at sikre konsistens mellem 100 meter modellen og 500 meter modellen er der udarbejdet ét fælles input datasæt i 100 meter opløsning f.eks. af jordtype, arealanvendelse mm. Dette sikrer, at 500 meter parametriseringen er en midling af 5x5 100 meter grid. Enkelte modelinput bl.a. vandløbsnetværket og kystafgrænsning følger ikke dette koncept. Vandløbsnetværket er tilpasset i 500m modellen, mens vandløbsnetværket i 100 meter modellen er tilpasset og udvidet med flere små vandløbstilløb. For Bornholm (DK7) er der kun opstillet en model i 100 meter grid grundet kompleksiteten i geologien og del-modellens lille størrelse. Tidligere var oplosningen 250m i DK-model2019 for Bornholm.

Der henvises til GEUS' dokumentationsrapport (Henriksen, et al., 2021) for en nærmere beskrivelse af afgrødedata, afgrøderotation, jordtype per markafgrøde, skovtypefordeling, samling af arealanvendelseskortet, kystafgrænsning, jordartsinddeling, markvandingsarealer, nettonedbørsberegnung, dræn, vandløb, modellag, distribuering af indvinding, markvanding, diskretisering og randbetingelser.

### Kalibrering og validering

Under produktionen af modelberegningerne tilgængelige på 'Hydrologisk Informations- og Prognosesystem' har der været megen fokus på kalibrering og validering i forhold til uafhængige data for leverance-relevante observationer, fx målinger af vandføring fra ca. 300 målestationer, målte dybder til det terrænnære grundvand fra tusindvis af borer og vandstanden i tusindvis af søer.

Modellen er kalibreret på baggrund af observationsdata for perioden 2000-2010. Til validering af modellerne er der anvendt uafhængige data fra to valideringsperioder 1990-1999 og 2011-2019. Til modelkalibrering og validering er der opstillet en række nøjagtighedskriterier for en række observationsgrupper til beskrivelse af, hvor godt modellen er i stand til at simulere observationerne. Derudover indgår kvalitative kriterier f.eks. estimerede parameterværdier og rumlig/tidslig fordeling af bias/fejl. Modellerne i både 500 meter og 100 meter evalueres efter foreskrevne kriterier (Henriksen et al. 2017) samt nye kriterier med særligt fokus på den terrænnære hydrologi.

Der henvises til Stisen med flere (2019) for en nærmere beskrivelse af metodik og data anvendt til kalibrering og valideringen af både 500 meter og 100 meter modellen samt for nærmere beskrivelse af de anvendte kvantitative og kvalitative kriterier, der indgår i vurderingen af modellens performance.

### Resultater af kalibrering og validering – usikkerheder på modelberegningerne

For vandføring i vandløb opfylder modellen på landsplan, i store træk, krav til en screeningsmodel for kalibreringsperioden 2000-2010 og første valideringsperiode 1990-1999. Med hensyn til anden valideringsperiode 2011-2019 har det ikke været muligt at validere modellen i forhold til de kriterier der er opsat. Dette kan skyldes, at nedbørsinputtet i denne periode er mere usikkert, end for kalibreringsperioden og første valideringsperiode (nedbøren er formentlig undervurderet med et par %). Det har formentlig kun begrænset betydning i forhold

til de statistisk bearbejdede produkter for vandføring i vandløb for perioden 1990-2019, men kan have en effekt på tidsserier fra den pågældende periode (Stisen med flere, 2019). Modelen opfylder på landsplan de opstillede kriterier for screeningsniveau for maksimum vandføring. Modellen opfylder på landsplan kriterierne for screeningsniveau for T-årshændelser op til og med 20-årshændelse. Der er en lidt større usikkerhed på 50-100-årshændelser. For en 100-årshændelse er det primært på dele af Sjælland og dele af Østjylland, at kriterierne for screeningsniveau ikke er opfyldt.

For dybden til terrænnært grundvand vurderes modellen på landsplan at opfylde krav til screeningsmodel. Der er dog områder, f.eks. omkring Århus, i Trekantsområdet, omkring Odense og øvrige dele af Fyn og i dele af Hovedstadsområdet, hvor der ses afvigelser der overskider krav til en screeningsmodel. Det er typisk områder med moræneler og stor topografisk variation, hvor repræsentativitet af pejleboringer kan være vanskelig at afgøre.

For jordens vandindhold i rodzonene er resultaterne mere usikre end for øvrige leverancer bl.a. som følge af tilfældig afgrødefordeling for landbrugsafgrøder (fordelt tilfældigt på basis af statistik på kommuneniveau). Derudover, er der ikke indgået målinger for jordens vandindhold i rodzonene i kalibrering og validering af modellen. Det kan derfor ikke vurderes, i hvilket omfang modellen er i stand til at modellere jordens vandindhold korrekt.

Der henvises til Stisen et al (2019) for en nærmere beskrivelse af resultaterne af kalibreringen og valideringen.

## Bilag A.2: Et Hydrologisk Informations- og Prognosesystem (HIP)

HIP udstiller frie offentlige hydrologiske data, modelberegnninger og prognoser for fremtiden, der understøtter arbejdet med klimatilpasning, vandforvaltning og planlægning (Anon, 2023).

HIP giver samlet adgang til frie offentlige data om terrænnære hydrologiske forhold for at understøtte klimatilpasning, vandforvaltning, beredskabsaktiviteter og anden planlægning, hvor vand spiller en rolle. I de kommende år skal der investeres milliarder i klimatilpasning, og det er vigtigt, at have et godt datagrundlag for at træffe gode og bæredygtige beslutninger.

HIP er en åben webbaseret brugergrænseflade, der udstiller data og modelberegnninger om terrænnære hydrologiske forhold. Data hentes online fra forskellige offentlige datakilder og vises samt tilgængeliggøres gennem HIP for at give let adgang til et samlet datagrundlag, der understøtter arbejdet med klimatilpasning og vandforvaltning. Visualisering af data i HIP skal understøtte samarbejde og dialog på tværs af faggrupper og mellem myndigheder, virksomheder og borgere til håndtering af udfordringer med for lidt eller for meget vand. HIP data skaber værdi for både kommunale planlæggere og er relevant for vandløbs-, spildevands- og grundvandsmedarbejdere. Samlet adgang til målinger og hydrologiske modelberegnninger skal også understøtte virksomheders innovation og bidrage til at skabe nye muligheder for klimatilpasning.

Data i HIP inkluderer målinger af terrænnært grundvand, vandløb og havvandsstand fra kommuner, regioner og staten, samt helt nye og enestående modelberegnninger af terrænnære hydrologiske forhold, der er foretaget af GEUS i 2020. De landsdækkende modelberegninger er foretaget i 100 m grid med anvendelse af bedst mulige metoder, der blev udviklet gennem et

år i et pilotprojekt i Storåens og Odense Å's oplande. Derudover er der anvendt maskinlæring til nedskalering af modelberegninger af dybden til terrænnært grundvand til 10 m grid.

Metodeudviklingsprojektet bekræftede stor værdi af data, der blev leveret af kommuner, vandforsyninger, regioner og staten for at få bedst mulige modelberegninger. Derfor er terrænnære grundvandsdata leveret af alle regioner og brugt til landsdækkende modellering samt udstillet i HIP sammen med andre data herunder vandløbsdata og havvandsstand fra kommuner og stat. Der er mulighed for, at kommuner kan indberette tværprofildata for vandløb, så disse data kan ses og hentes fra HIP til brug for oversvømmelseskortlægning og andre analyser.

Modellerede data i HIP inkluderer vandføring, jordens vandindhold og dybden til terrænnært grundvand for både en historisk periode (1990-2019) og for fremtiden (2041-70 og 2071-2100) med anvendelse af to forskellige CO<sub>2</sub>-udledningsscenerier fra DMI.

## Bilag B: Teknisk beskrivelse af arbejdsprocessen i at lægge de nye VP3 målsatte vandløb ind i DK-modellen

### Bilag B1: Metode beskrivelse

Vandløbsnetværket er opsat i programmet MIKE HYDRO River ([mikepoweredbydhi.com](http://mikepoweredbydhi.com)) som kan beskrive hydrologiske processer i vandløb og søer.

Det sætter følgende krav og udfordringer til inputdata:

- den geometriske placering og afgrænsning af vandløb skal beskrives som simple polylinjer i en shapefil.
- et vandløb skal have en retning som reflekterer strømningsretningen, altså fra opstrøms til nedstrøms.
- et vandløb kan ikke være cyklistisk, hvilket betyder at vandløb geometrisk set må vandløb ikke danne loops (sløjfer/løkker).
- et vandløb skal have et unikt ID/navn.
- et vandløb kan ikke være kortere end modelopløsningen som henholdsvis er 100 m og 500 m.

Målet med metoden har derfor været at opfylde disse fem krav, samtidig med at man forsøger at bevare så mange VP3 vandløb og vandløbssegmenter som muligt.

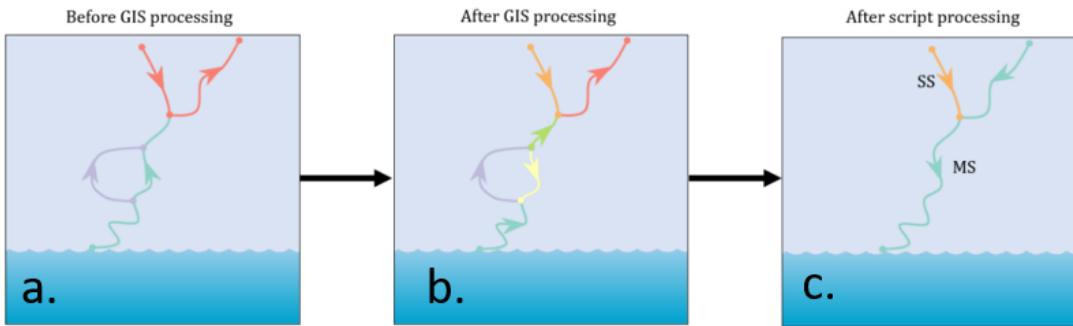
Datagrundlaget er et vandløbstema leveret af Miljøstyrelsen, som beskriver den geometriske placering og afgrænsning af VP3 målsatte vandløb som polylinjer i en shapefil. Da vandløbstemaet ikke beskriver vandløbets strømningsretning, er der lavet en arbejdsproces for at definere en strømningsretning. Det indebærer at sekvensen af koordinatpunkter der danner polylinjerne, starter med et koordinatpunkt som svarer til starten (opstrøms) på et givent vandløb og slutter med et koordinatpunkt, som svarer til slutningen (nedstrøms) af vandløbet (Figur B1.1). I visse tilfælde stemmer vandløbstemaets strømningsretning med vandløbets forventede strømningsretning overens, mens det i andre tilfælde ikke stemmer overens. Der var ingen systematik i overensstemmelsen imellem den definerede og den forventede strømningsretning. Derfor blev en arbejdsproces udviklet ved hjælp af GIS og Python programmering til at identificere og ændre vandløb der havde en modsat/forkert strømningsretning. En trinvis beskrivelse af GIS opsætningen af VP3 vandløbstemaet fremgår af Bilag B2.



*Figur B1.1: Den sorte pil markerer vandstrømningsretningen, hvor blå vandløb er accepteret, mens røde vandløbssegmenter enten danner loops eller nedstrøms vandløb forgrening, hvor ét vandløb får to eller flere afstrømningsveje. Det skal dog bemærkes at hvilke vandløb og vandløbssegmenter som er accepteret kan tolkes på forskellige måder, og vælger man ét vandløb, vælger man eventuelt et andet fra.*

DK-modellen indeholdt allerede nogle af de vandløb (15.000 km af 18.500 km), der er beskrevet i VP3 vandløbstemaet. De målsatte vandløb der allerede eksisterede i DK-modellen blev bevaret og suppleret med de nye VP3 vandløbsstrækninger.

Forberedelse af vandløbstemaet er vist i Figur B1.2, så det senere kan indlæses i MHydro. I Figur B1.2a ses et eksempel på et vandløbsnetværk fra MST vandløbstema før GIS processering, hvor farverne indikerer forskellige polylinje features, altså én feature beskriver ikke nødvendigvis ét vandløb, men kan både være et mindre segment af et længere vandløb eller beskrive geometrien af det, der kunne betragtes som to forskellige vandløb. Som led i processen blev vandløbspolylinjer systematisk opdelt i forskellige features hver gang der var et skæringspunkt/kryds mellem polylinjer, f.eks. når et sidevandløb møder et hovedvandløb (se Figur B1.2b). Derefter importeres de GIS behandlede vandløb til et Python script, der samler de opdelte vandløbspolylinjer ved hjælp af Hack's vandløbsorden princip (<https://svn.osgeo.org/grass/grass-addons/grass7/raster/r.stream.order/r.stream.order.html>), der også er kendt som det klassiske vandløbs ordenshierarki. Dette sikrer, at hver polylinje feature beskriver den komplette geometri af et givent vandløb. Derved opdeles vandløbstemaet i et hierarki som beskriver, hvilke vandløb der er side- og hvilke der er hovedvandløb relativt til vandløb allerede eksisterende i DK-modellen. Det skal dog bemærkes, at opdelingen af vandløb i hoved- og sidevandløb i et vist omfang er en tolkning, men med en systematisk metode på baggrund af vandløbs længder. Metoden er nærmere beskrevet i Bilag B2.



Figur B1.2: (a) Vandløb før GIS processering; (b) vandløb efter GIS processering; og (c) vandløb efter python script processering. SS (sidestem) er målsatte vandløb tolket som sidevandløb og MS (mainstem) er VP3 vandløb tolket som hovedvandløb relativt til vandløb allerede eksisterende i DK-modellen.

Derefter kan strømningsretningen nemt korrigeres, da når hele længden af et vandløb beskrives, bør startpunktet for en vandløbs polylinje aldrig være i kontakt med en anden polylinje. Hvis dette er tilfældet, skal rækkefølgen, hvori koordinaterne er angivet for den pågældende polylinje vendes om, hvilket svarer til at vende strømningsretningen. Som nævnt tidligere er det ikke tilladt at have såkaldt looping vandløb som input til MHydro, og de skulle derfor tilpasses. Selvom dette kunne gøres automatisk i Python scriptet, var det ikke en triviel proces at afgøre, hvilke VP3 vandløb og allerede eksisterende vandløb der skulle fjernes, og hvilke der skulle bevares. Derfor blev der udført en manuel redigeringsproces, før scriptet kunne køres succesfuldt, hvor problematiske vandløb blev identificeret. Dette inkluderede tilfælde, hvor vandløb i DK-modellen og VP3 vandløb afveg markant i placering, retning eller form for det samme vandløb (se afsnit 3.4). I disse tilfælde blev vandløb eksisterende i DK-modellen generelt tilpasset til at stemme overens med de målsatte vandløb. Der var dog tilfælde, hvor det ikke var muligt at matche VP3 vandløb, f.eks. hvis redigeringen/ændringen ville have skabt et andet loop, og i disse tilfælde blev de eksisterende vandløb ikke ændret. Tilbageværende looping af VP3 vandløb efter den manuelle korrektion blev derefter antaget at være egnede til automatisk fjernelse ved hjælp af Python scriptet. Til sidst filtrerer Python-scriptet efter henholdsvis 100- og 500 meter vandløb, således vandløb kortere end disse fjernes fra dataseriet, samtidig med at der tilføjes unikke ID-navne til hver vandløbsfeature.

De færdigbehandlede målsatte vandløb kan derefter importeres i MHydro, som integrerer vandløb og overfladestrømning med DK-modellen. Uden at gå for meget i detaljer kan den generelle arbejdssproces med at tilføje vandløb i MHydro beskrives som følgende:

- De nyimporterede målsatte vandløb forbindes til det allerede eksisterende vandløbsnetværk.
- Vandstandsrandbetingelser og spildevandsudledninger (punktkilder) tilføjes alt efter hvordan et givent vandløb er placeret i forhold til resten af netværket.
- Tværsnitsbeskrivelser der angiver bredde- og dybdeprofiler tilføjes de enkelte vandløbsstrækninger
- Som en sidste del udvælges de dele af vandløbsstrækningerne som kan indpasses i den aktuelle gridopløsning i koblinger mellem MIKE SHE (DK-modellen) og MHydro (vandløbsopsætningen) og der tilføjes en lækageparameter per koblet strækning.

I Figur B1.2c ses hvordan et VP3 vandløbsnetværk kunne fortolkes af Python scriptet, hvor VP3 vandløbsnetværket i dette eksempel er blevet tolket som to forskellige vandløb. Den ene er et hovedvandløb (Mainstem (MS)), og det andet et tilløb (sidestem (SS)) som løber ud i hovedvandløbet. Som sidste led i metoden blev alle submodeller kvalitetssikret om MHydro samt MIKE SHE med kobling til MHydro kan køre med de nye VP3 vandløb uden problemer.

## Bilag B2: Trin-for-trin metode beskrivelse af GIS forbehandling af VP3 vandløbstema

Import VP3 streams '*VP3\_samlet\_master\_geometri\_20220705\_polyline.shp*', the manually edited MHydro streams e.g., '*DK6\_HIP\_100m\_mh\_Branches.shp*', the model domain e.g., '*DKDomains2019\_DK6.shp*' and the country polygon '*kort10\_land.shp*' into the active ArcGIS Pro project. The MHydro branches and domain are dependent on which model area is being processed.

Use '*Clip*' tool to clip VP3 streams and land polygon to the DK domain polygon, as only data within the model domain is of interest. Name the VP3 streams e.g., '*VP3\_DK6*'.

- Use '*Pairwise Buffer*' tool to create a buffer around MHydro branches (35 or 50 m), the buffer radius depends on what buffer distance was used in the manual editing process.
- Select the clipped VP3 streams and use the '*Planarize*' editing tool to split the selected line features at intersections and remove coincident line segments. It might be necessary to save the edit before going to the next step.
- Use '*Dissolve*' tool to dissolve the edited VP3 streams, where '*create multipart features*' is unselected and '*unsplit lines*' is selected (do not fill out dissolve fields). This is done to merge lines that are segmented at places where there are no intersections.
- Use '*Transfer Attributes*' tool to transfer attributes from the original VP3 streams to the edited VP3 streams and select all fields with a 1 m search radius. When the dissolve tool is used, most attributes are lost and need to be redefined.
- Use '*Erase*' tool to remove VP3 streams within the MHydro buffer zone.

At this point, it is a good idea to inspect the VP3 streams as to where they are segmented and where there could be errors such as lacking topological connectivity. A frequent problem is 10 to 100 cm gaps between the buffer zone and VP3 features, which would result in many features that are not included in the later output from the script. In such case, you might need to create another buffer that is 1-2 m wider.

Use '*Polygon to Line*' tool for the land polygon, and name the output something with coast, e.g., *COAST\_DK6*

- Use '*Pairwise buffer*' tool to create a buffer around the coastline, with a 5-10 m radius. The distance is variable as a too small radius might not reach all VP3 streams, but a too big radius would overlay VP3 streams too much and possibly create problems when streams split/meet near the coastline. Inspect the coastline buffer and check if

VP3 streams are connected to the buffer. If there are gaps, then use the vertex editing tool to extend the buffer when needed so that VP3 streams touch the buffer.

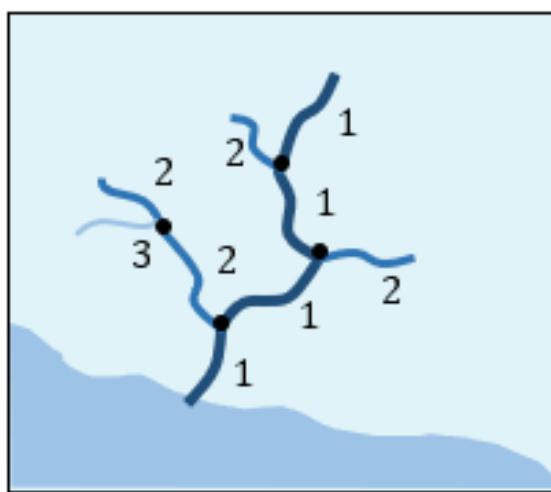
- Use ‘Merge’ tool to merge the coast- and MHydro buffer to a single output.

This is an optional step, that can be taken if the script processing is slow. Use ‘*Simplify Polygon*’ on the merged buffer output with a 1 m simplification radius, uncheck the ‘Keep collapsed points’. This reduces the complexity of the polygons by reducing the number of vertices and improves the runtime of the script. However, if you use simplify, you need to have a buffer 1-2 m wider than usual for MHydro otherwise several streams will not be topologically connected as the polygon shrink up to 1 m in some places.

- Use the tool ‘*calculate geometry attributes*’ to add and calculate a “Length” field for the modified VP3-streams. Just write “Length” even if it does not exist yet (the tool will then add the field), select “Length” from the drop-down to the right of the field (Property), set the unit to meters, and the coordinate system to “current map”.
- Export the edited VP3 streams (polylines) and merged MHydro-coast buffer (polygons) as shapefiles to the working directory, otherwise they are usually saved as items in a geodataframe.

### Bilag B3: Beskrivelse af Python script, vandløb "merge" funktion:

Python funktionen konstruerer et vandløbsnetværk, der følger principippet om Hack's strømorden, også kendt som klassisk eller Gravelius' strømorden (Figur B3.1). Det skaber en struktur nedefra og op, der starter med vandløbet ved mundingstenen, som her kaldes hovedløb (MS), som tildeltes et strømordensnummer på ét. Derefter tildeltes bifoderne strømordensnumre, der får et strømordensnummer, der er ét højere end det vandløb, de løber ud i. Bifoderne kaldes herefter sideløb 1 (SS1), sideløb 2 (SS2) osv., hvor SS1 løber ud i MS, og SS2 løber ud i SS1. Den faktiske navngivning med MS og SS er relativ i forhold til hvad angives som "terminus" features, som kan være oplandsafgrænsninger, søer, kystlinjer eller allerede etablerede vandløb. Hvis kystlinjen anvendes som terminus feature, vil det konstruerede vandløb følge den forventede/rigtige strømorden. Derimod, hvis allerede etablerede vandløb anvendes som terminus feature kan navngivningen og strømordenen blive noget arbitrer. Vandløbene vil dog stadig sammensættes korrekt.



Figur B3.1: Principskitse af et vandløbsnetværks opdeling efter princippet fra Hack's strømorden

Python funktionen kræver følgende fire argumenter:

- Et "Stream\_in" input som indeholder vandløb der skal sammensættes (merges). Inputtet skal læses som en polylinje shapefile, som skal indeholde en "Length" kolonne, der angiver længden (float/integer) for vandløb, samt en kolonne med objektklasse, f.eks. navnene på vandløb (string). Derudover, kan vandløb ikke være multilinestring, som er en samling af flere polylinjer, der er samlet som en enkelt feature. Pythonfunktionen skal kunne identificere et enkelt start- og slutpunkt, hvilket ikke er muligt med multilinestring features, som kan have samtlige start- og slut punkter. Vandløb-polylinjer skal være i kontakt med hinanden i deres start/slut punkter, altså vandløbsnetværket skal være topologisk forbundet uden pauser og huller.
- Et "Terminus" input indeholder features som vandløb løber ud i, som f.eks. kystlinjer, oplandsafgrænsninger, søer eller allerede etablerede vandløb. Inputtet skal læses som en shapefile som kan være både polygoner og polylinjer. Det er igen vigtigt, at vandløbsnetværket er topologisk forbundet og i kontakt med terminus-features.

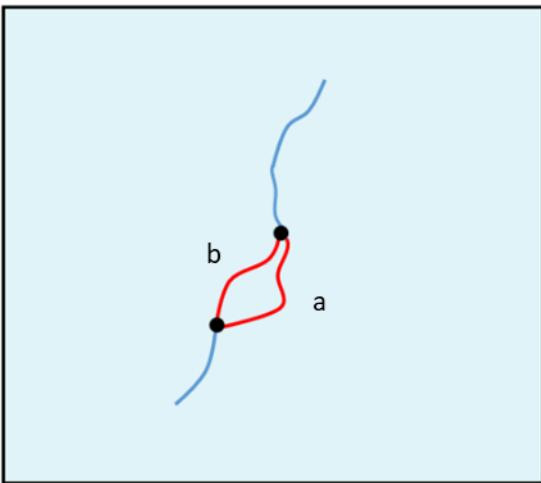
- En "Outpath" som definerer stien hvor resultaterne af funktionen skal gemmes.
- En "TopoID" som er en enkelt tekststreng (string), der kan identificere datasættet, som f.eks. 'VP3' eller 'DK1'.

Afhængigt af kompleksiteten af vandløbsinput, oprettes der flere output shapefiler i den angivet sti-mappe med en fælles navngivningskonvention. Hver outputfil slutter med "\_out.shp" og begynder med det definerede "TopoID". Den første oprettede fil har 'MS' tilføjet til navnet efterfulgt af 'SS1' for den næste fil, 'SS2' for den tredje fil, og så videre. For eksempel kan følgende filer være blevet oprettet ud fra et vandløbs input: 'VP3\_MS\_out.shp', 'VP3\_SS1\_out.shp' og 'VP3\_SS2\_out.shp'. Hver efterfølgende fil repræsenterer dermed en højere strømorden.

Python funktionens primære opgave er at sammensætte vandløbssegmenter for at danne sammenhængende vandløbs-features som beskriver den komplette geometri/geografi af vandløbene. For at opnå dette skal Python funktionen beslutte, hvilke vandløb der skal sammensættes (merges), når der er mere end ét vandløbssegment at overveje, f.eks. ved et sammenløb, hvor bifloder løber ud i et hovedløb. Python funktionen itererer over "stream\_in" og identificerer vandløbs-features, der krydser eller er i kontakt med terminus-features. Et sådan krydsende vandløb antages herefter at være det længst nedstrøms vandløbssegment, og i tilfælde af en kystlinje terminus ville dette vandløbssegment også være nærmest munden for vandløbs netværket. Derefter kontrollerer Python funktionen, om en eller flere opstrøms vandløbssegmenter berører det allerede identificerede længst nedstrøms vandløb.

Hvis der kun findes ét berørende opstrøms vandløbssegment, sammensættes det nedstrøms- og opstrøms vandløbssegment for at danne et sammenhængende vandløb, og processen gentages for at kontrollere, om et andet opstrøms vandløbssegment berører det ny sammensatte vandløb. Dette gentages, indtil der ikke opdages nye opstrøms vandløbssegmenter. Hvis der imidlertid er et sammenløb, hvor der er mere end ét opstrøms vandløbssegment, sammenlignes den samlede opstrøms længde (i meter) for de to eller flere opstrøms vandløb, og vandløbssegmentet med den længste samlet opstrøms længde sammensættes med det nedstrøms vandløbssegment. Vandløbssegmenter, der ikke blev sammensat, udelades derefter, indtil den næste strømorden behandles. Som sådan opretter Python funktionen altid det længst mulige sammenhængende vandløb. Dog, når der stødes på en løkke (loop), det vil sige, et vandløb krydser sig selv eller et anden vandløb mere end én gang, sammensættes der med det korteste opstrøms vandløbssegment i stedet.

Det antages i tilfælde af flere afstrømningsveje, vil vandet følge den hurtigste og mest direkte rute. Et cyklisk vandløb er vist i figur B3.2, hvor vandløbssegment "a" og "b" begge danner et loop ved at berøre hinanden to gange. De to vandløbssegmenter er omrent af samme længde, men lad os antage at vandløbssegment "b" er kortere, i hvilket tilfælde det nedstrøms vandløbssegment ville sammensættes med vandløbssegment "b" og segment "a" vil blive slettet.



Figur B3.2: Håndtering af 'cyklisk' vandløb med python script

Når Python funktionen har gennemgået alle vandløbs-features i "stream\_in", påbegyndes en efterbehandlingsfase, hvor der tilføjes nye kolonner til output vandløb, dvs. i den første kørsel vil det være MS vandløb, så SS1, SS2 og så videre. Følgende kolonner bliver tilføjet "StartCh", "EndCh", "FlowDir", "Type", "LeakCoef", "TopoID" og "StreamOrd". Disse kolonner er nødvendige for at importere vandløbene som polylinje shapefiler til MHYDRO. Når vandløbene er sammensat, og den fulde længde af hver vandløb er blevet beskrevet, er det derefter muligt at definere den rigtige/forventet strømningsretning. Dette bestemmes ved at kontrollere, om startpunktet for et givent processeret vandløb, altså det første koordinatpunkt i sekvensen af koordinatpunkter som beskriver polylinjens geometri, berører terminus features eller et andet vandløb. Hvis vandløbet berører en anden feature, vendes rækkefølgen af koordinatpunkterne om, hvilket svarer til at vende strømningsretningen.

Når vandløbene er blevet sammensat efter Hack's strømorden, bør startpunktet for et vandløb aldrig berøre et andet vandløb. Resultatet gemmes tilslut i output mappen som beskrevet ovenfor. For at starte den næste kørsel, hvor SS1 vandløb bliver sammensat, findes den symmetriske forskel mellem "stream\_in" og vandløbs outputtet, hvilket burde være alle vandløb i "stream\_in", som ikke findes i vandløbs outputtet, og omvendt. Derefter opdateres "stream\_in" inputtet som resultatet af den symmetriske forskel, og "terminus" inputtet opdateres som vandløbs outputtet, dvs. MS vandløbene bliver de nye terminus features, når SS1 skal sammensættes. Python funktionen gentages for at finde SS1, hvilket derefter tillader SS2 at blive fundet i den tredje kørsel, indtil alle vandløb features er blevet behandlet, og der ikke er flere vandløb tilbage.

## Bilag C: Søer

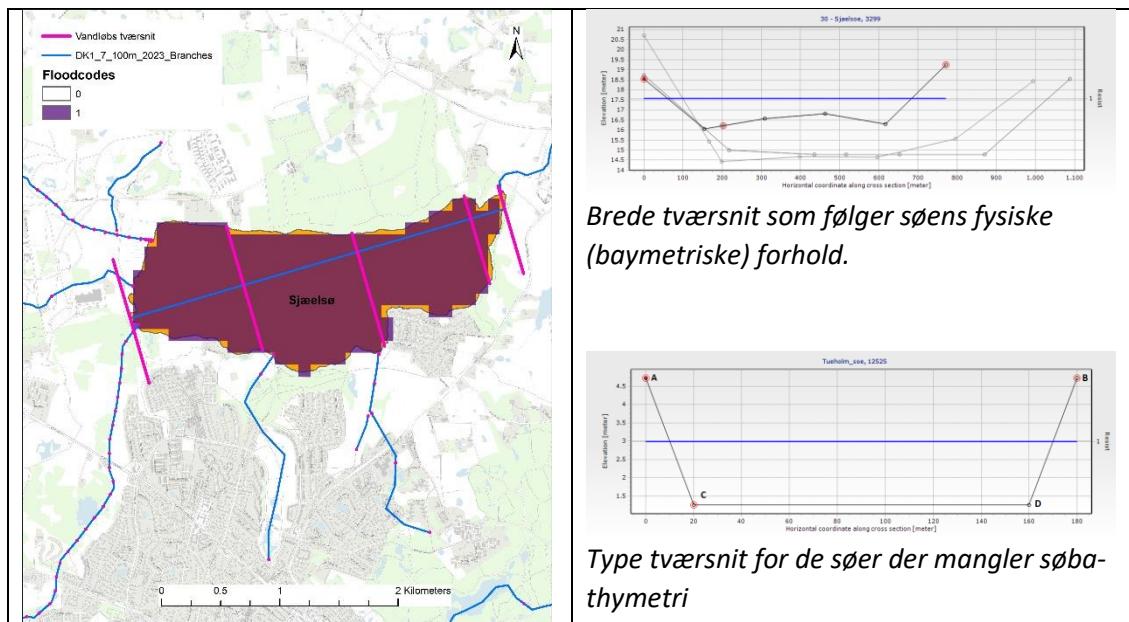
### Bilag C1: Beskrivelse af tværsnit og 'Flood code'

For at opnå den bedste repræsentation af søens interaktion med grundvandet, bestemmes søens fysiske udformning rent modelteknisk med tværsnitsprofiler i et modelvandløb der er sammenfaldende med søens beliggenhed, samt en flood code, som angiver søens udbredelse ved kobling og kontakt med grundvandet.

#### Tværsnit

Søernes tværsnit er afledt fra søens bathymetri for de af sørerne, hvor en opmålt bathymetri findes. For alle andre vandløb og søer hvor vandløbet/søens geometriske udformning ikke er kendt, inkluderes et type-tværsnit udformet som en simpel trapez, se Figur C1.1 til højre. For hver ø er der som et minimum ét tværsnit opstrøms, i begyndelsen af et modelvandløb, samt ét tværsnit i slutningen (samme regel som med alle vandløb inkluderet i modellen). Afhængigt af modelvandløbets længde inkluderes ekstra tværsnit efter behov.

For ø-modelvandløbene angives der en Q/h relation, ligesom i DK-model2019 og DK-model HIP beskrevet i starten af afsnit 4.1, som i hydrometrisk terminologi er benævnt QH – kurven ([Hydrometriske stationer - QH stationer | Vandportalen](#)) hvor vandstanden H svarer til en konstant ø-vandstand, uanset vandføringen.



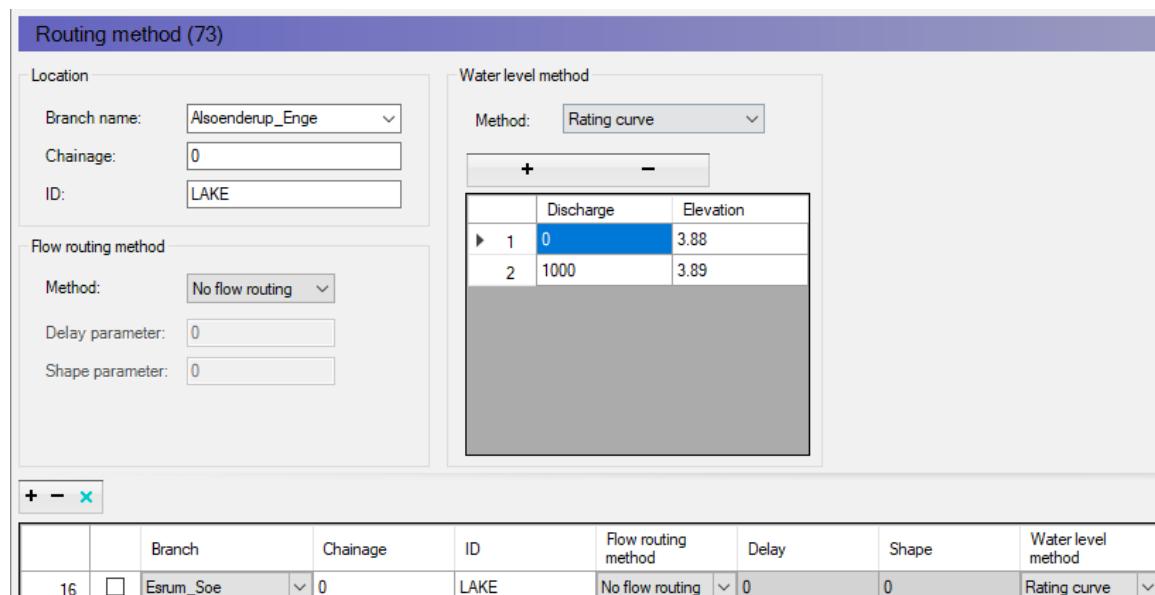
Figur C1.1: Sjælsø repræsenteret ved flood code beregningsceller (lilla polygon), modelvandløb (blå) samt brede tværsnit (pink). De brede tværsnit kan enten følge søens fysiske forhold eller beskrives ved et type tværsnit eksempler vist til højre i figuren.

For at få de korrekte dybdeværdier der skal tildeles hvert ø-tværssnit, genereres vinkelrette linjer langs øens midterlinje, så tværprofilernes begyndelse og slutning svarer til øens kanter, se Figur C1.1 til venstre (sorte linjer). På hver af disse linjer oprettes punkter med 50m afstand, og dybdeværdien fra øens opmålte bathymetri (rasterfil), udtrækkes. Alle disse punkter eksporteres derefter som shapefile og importeres til MHydro, som konverterer dem til tværssnit for respektive ø-modelvandløb, se eksempel på formen i Figur C1.1 til højre.

For de ø der ikke har opmålt bathymetri benyttes typetværssnits-profiler og en middeldybde. Typetværssnit har en trapez form med den korte base på øbunden, som vist i Figur C1.1 til højre. Afstanden mellem punkterne AB repræsenterer afstanden fra bredden af en ø og linjen mellem punkterne CD repræsenterer øens bund.

#### Flood code

For hver ø som er repræsenteret med flood codes, skal en randbetingelse i MHydro inkluderes. Dette er krævet, fordi vandløbsafstrømningen i DK-modellen er simuleret med den simple "Routing metode", som ikke i sig selv giver plausible vandstande under alle forhold, som f.eks. med meget brede tværssnit som øerne er angive med. Dvs. at øens vandstand angives via en Q/h relation (rating curve), med en værdi som repræsenterer virkeligheden for øens vandstand. Ved at benytte denne metode opnås en fastholdt vandstand langs hvert ø-modelvandløb, som vist i Figur C1.2

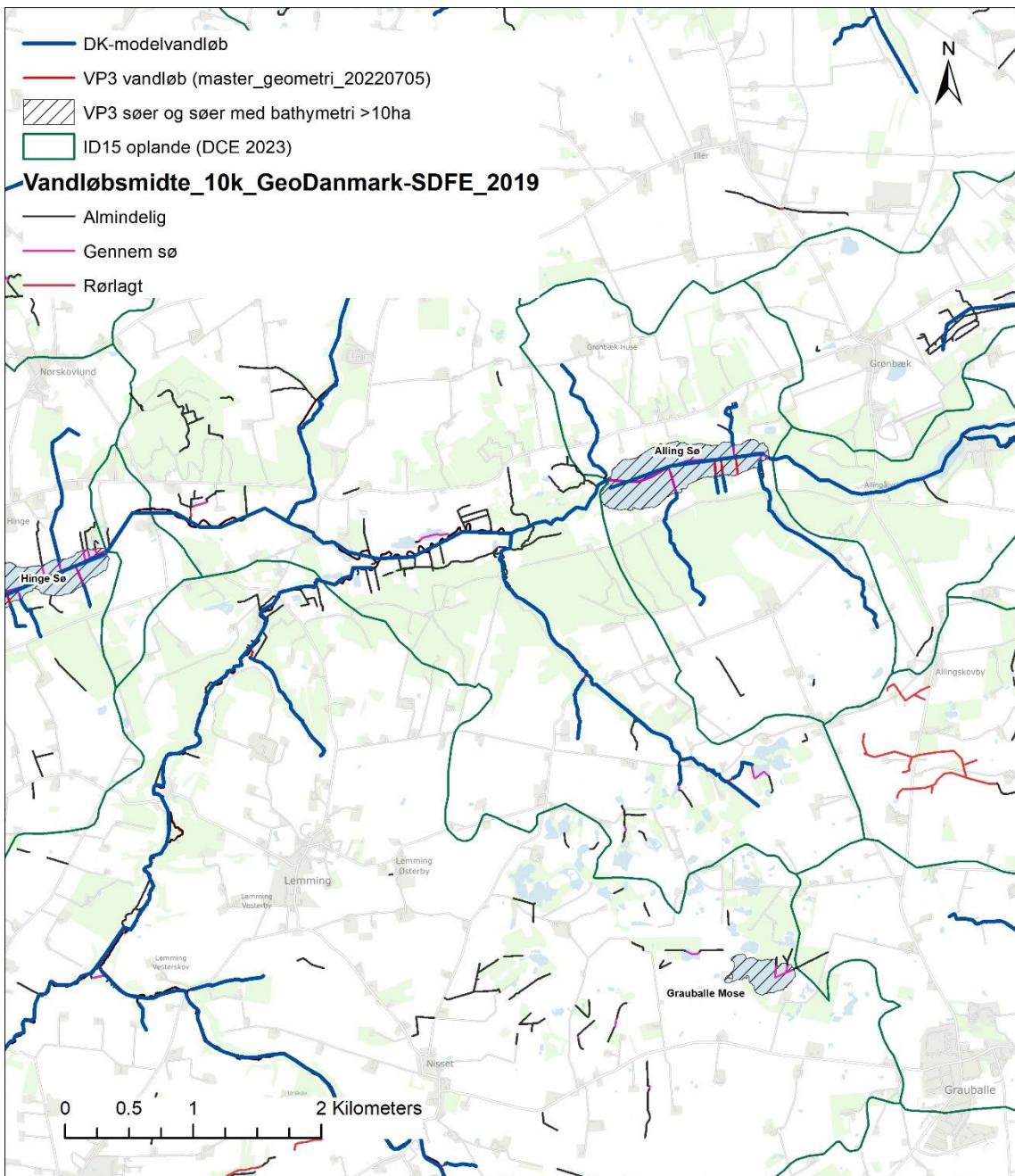


Figur C1.2: Indlæsning af øens vandstand med routing metoden og rating curve i MHydro.

#### Bilag C2: Tilvalg og fravalg

Der er 21 VP3 målsatte øer  $\geq 10$  ha der vurderes ikke at have et afløb fra øen, og derved ikke kunne beskrives med et modelvandløb. Et eksempel på dette er Grauballe Mose i Midtjylland, hvor der mangler et tydeligt afløb, og kobling til et modelvandløb er svært at afgøre, se Figur

C2.1. Grauballe mose vil derfor ikke kunne beskrives med vandløb og flood codes uden konkret kortlægning af vandveje til og fra mosen, hvorfor denne sø indtil en sådan kortlægning er gennemført modelleres efter 'land use' konceptet.



Figur C2.1: Grauballe mose er et eksempel på en  $\geq 10\text{ha}$ , som ikke er inkluderet i DK-modellen med et model-vandløb.

Et andet eksempel er Østerild Fjord i Nordjylland der også er en målsat sø, som heller ikke beskrives med et modelvandløb og flood code. I dette tilfælde er fjorden indlagt som randbetinelse med fastholdt trykniveau i havniveau (kote 0 m), se Figur C2.2.



Figur C2.2. Østerild Fjord er en målsat sø (rød skraveret), der ikke kan klassificeres efter nogen af de tre sø koncepter, da søen bliver overskrevet af en fjord randbetigelse i DK-modellen med fastholdt trykniveau i havniveau (kote 0 m).

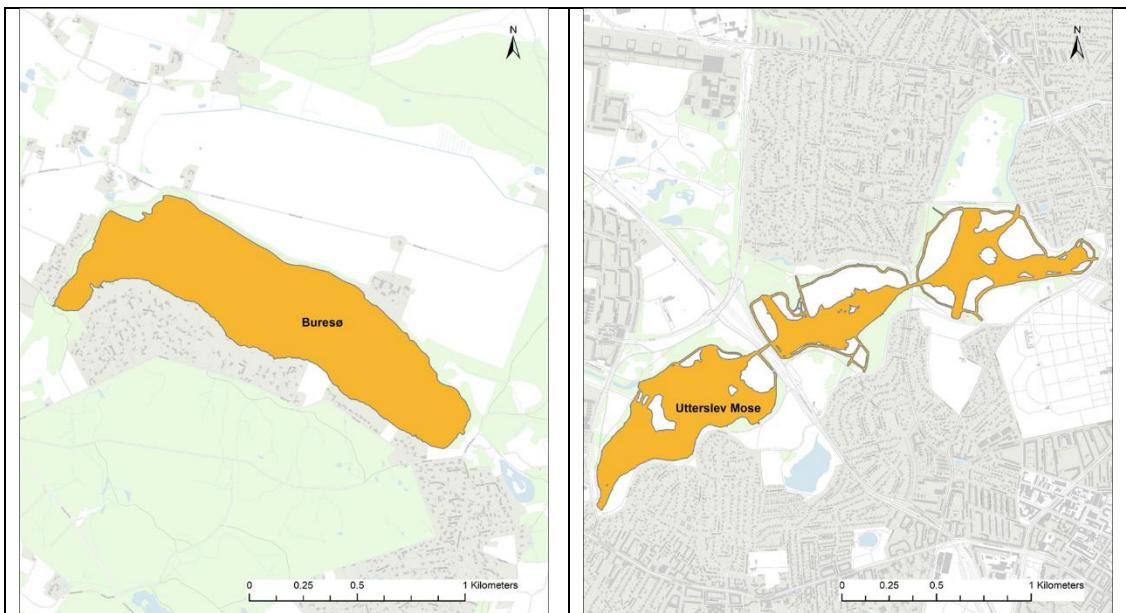
### Bilag C3: Udfordringer

Den største udfordring ved korrekt repræsentation af søer kommer med valget mellem at opnå den bedste repræsentation af sø-volumen ved mange tværsnit og kravene til beregningskraft.

Det betyder, at for at repræsentere en sø korrekt i dens form, skal et stort antal tværsnit inkluderes. Mange tværsnit betyder højere krav til regnekraft, da der for hver tværsnit er et beregningspunkt. Derfor skal der indgås et balanceret kompromis mellem repræsentativitet og regnekraft. Formen mellem tværsnittene interpoleres derefter, og den modelteknisk beskrevne form af en sø kan afvige mere eller mindre fra virkeligheden.

#### Formen af søen

Nogle sører har en relativ regelmæssig form og er derfor meget let og ret korrekt repræsenteret med få tværsnit. Buresø er eksempel på at have en relativ regelmæssig form, se Figur C3.1 til venstre. Andre sører er vanskeligere at repræsentere korrekt med tværprofiler. Et eksempel på dette er Utterslev Mose i København der er meget svært at repræsentere korrekt, hvis ikke umulig, se figur C3.1 til højre. I dette tilfælde ville søen i modellen have meget anderledes form end i det virkelige tilfælde.



*Figur C3.1: Søers form kan være udfordrende at repræsentere med tværsnitsprofiler. Til venstre Buresø som har en regulær form så den er lettere at repræsentere end Utterslev mose (il højre) som har en irregulær form.*

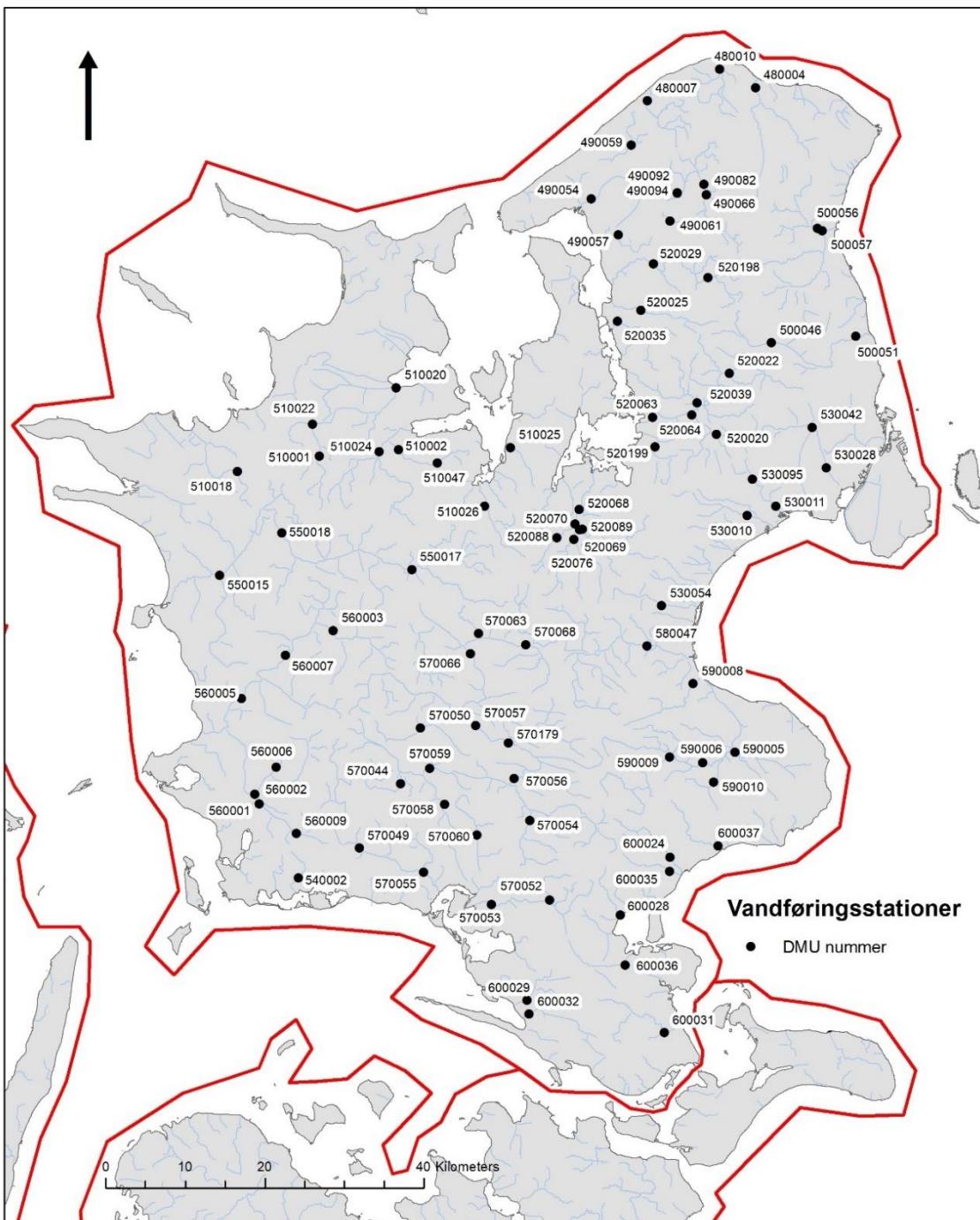
## Bilag D: Statistik for vandføringssimuleringer

Nedenstående tabeller indeholder vandføringsstatistik beregnet for DK-model2019 kalibreringsperiode, for samtlige vandføringsstationer anvendt i DK-model2019, samt statistik beregnet for de samme stationer og periode (2000 – 2010) for DK-model2023 i 500 og 100m grid.

For hver station indgår performance for hver periode samt en angivelse af hvilket niveau simuleringen lever op til Geovejledning 2017/1 (Henriksen et al. 2017).

Placeringen af stationerne fremgår i Figur D1 – Figur D6.

Tabel D1 fremgår alle stationsnavne samt oplandsareal for de stationer der er inkluderet i kalibreringen.

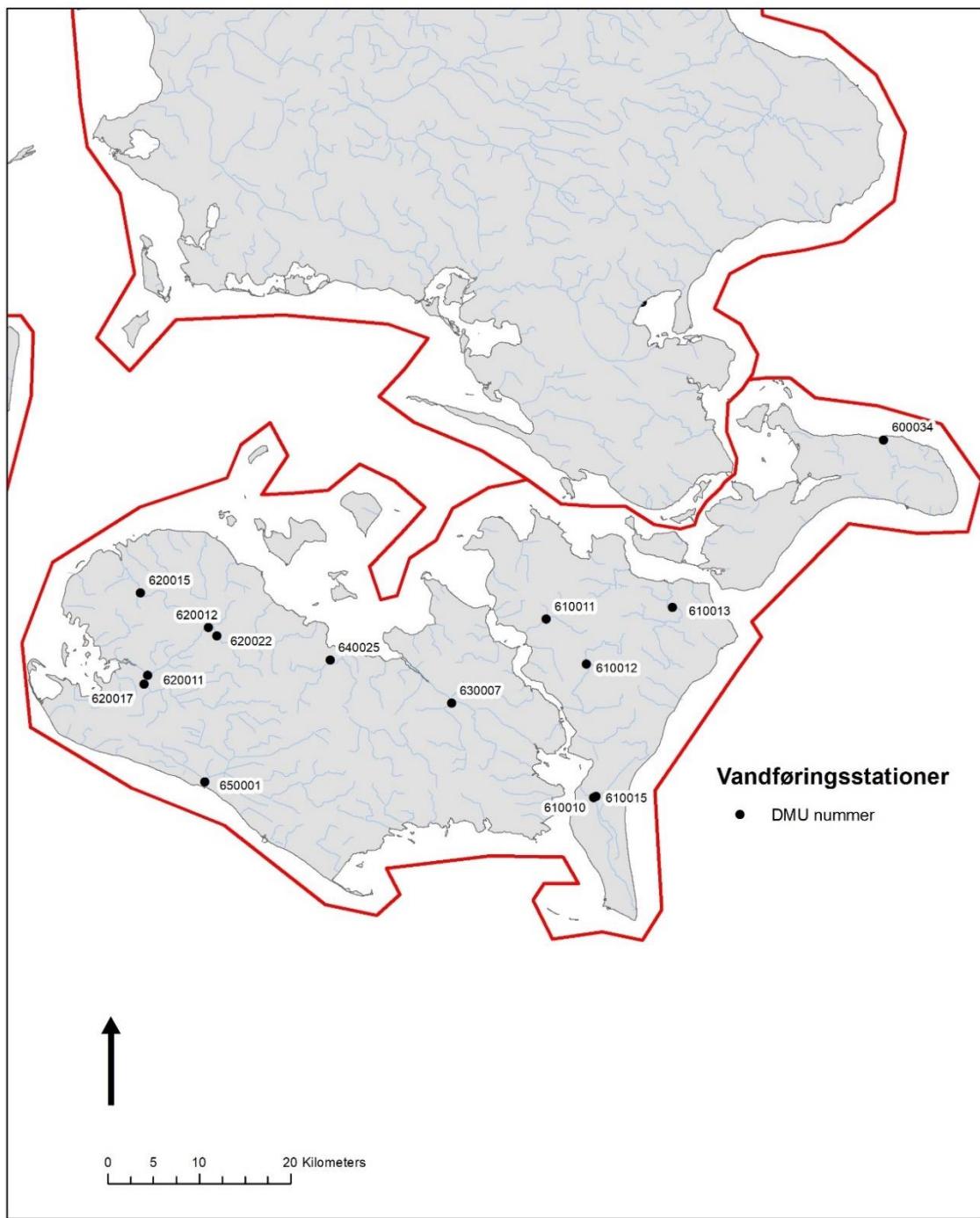


Figur D1.1. Placering af vandføringsstationer i DK-modelområde 1, Sjælland.

DK1 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
Ikke tilstrækkelig	23	29	13	11	25	31	15	23	35	39	24	48
Screening	15	24	22	31	20	27	24	18	23	27	24	14
Overslag	23	23	14	15	22	18	10	19	16	19	13	9
Detail	26	11	38	30	20	11	38	27	13	2	26	16
% mindst screening	74%	67%	85%	87%	71%	64%	83%	74%	60%	55%	72%	45%

DK1	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
[ -] [-] [%] [%]												
Q480004	0.24	-0.60	-0.03	0.33	0.23	-0.89	0.05	0.37	-0.38	-3.24	0.23	0.58
Q480007	0.86	0.75	0.06	0.18	0.73	0.56	-0.12	-1.33	0.54	0.61	0.26	0.14
Q480010	0.79	0.68	0.07	0.30	-0.22	-2.66	-0.13	0.43	0.80	0.74	-0.02	-0.03
Q490054	0.49	-0.12	-0.18	0.01	0.26	0.08	-0.17	-0.09	-0.16	-2.49	-0.13	0.32
Q490057	0.66	0.41	0.08	0.30	0.68	0.71	0.18	0.23	0.58	0.39	-0.30	-0.33
Q490059	0.84	0.72	-0.08	-0.39	0.65	0.58	-0.20	-0.08	0.56	0.65	-0.11	-0.81
Q490061	0.09	-0.30	-0.35	-0.15	0.57	0.69	0.19	-0.09	0.59	0.48	-0.38	-0.57
Q490066	0.82	0.65	-0.05	0.13	0.52	0.33	0.12	0.45	0.61	0.61	-0.12	-0.01
Q490082	0.75	0.63	0.05	0.19	0.61	0.39	0.04	0.12	0.53	0.57	-0.03	0.06
Q490092	0.85	0.70	-0.05	-0.03	0.67	0.58	0.09	0.26	0.59	0.65	0.02	0.00
Q490094	0.81	0.76	-0.01	-0.11	0.84	0.82	0.08	-0.11	0.55	0.64	0.03	-0.09
Q500046	0.14	-0.88	0.17	0.37	0.81	0.74	-0.13	-0.31	-0.30	-3.16	0.48	0.77
Q500051	0.42	-0.22	-0.25	0.12	0.84	0.85	0.06	-0.35	0.01	-1.57	0.26	0.76
Q500056	0.84	0.73	-0.08	-0.02	0.13	-1.58	0.36	0.48	0.54	0.58	0.17	0.08
Q500057	0.73	0.59	0.23	0.36	0.77	0.79	0.16	-0.26	0.59	0.50	0.31	0.35
Q510001	0.83	0.85	0.10	-0.32	0.75	0.69	0.19	0.11	0.65	0.76	0.02	-1.17
Q510002	0.75	0.74	-0.03	0.30	0.67	0.57	0.20	0.45	0.84	0.73	0.09	-0.22
Q510018	0.67	0.46	-0.25	-0.30	0.70	0.70	-0.23	-1.71	#####	#####	#####	#####
Q510020	0.51	0.52	0.38	0.56	0.72	0.76	0.17	0.37	0.64	0.70	0.13	0.09
Q510022	0.68	0.77	0.21	0.03	0.77	0.56	-0.05	-0.11	0.80	0.80	0.02	-1.15
Q510024	0.77	0.72	0.09	0.23	0.71	0.76	0.10	-1.01	-19.94	#####	-20.23	-52.12
Q510025	0.49	0.46	-0.11	-0.13	0.40	0.60	0.49	0.65	0.58	0.43	0.04	-0.34
Q510026	0.78	0.60	0.09	-0.06	0.76	0.70	0.11	-0.61	0.78	0.64	0.05	-0.41
Q510047	0.76	0.73	0.20	0.59	0.36	0.54	0.44	0.00	0.65	0.66	0.30	0.29
Q520020	0.47	0.36	-0.18	0.12	0.61	0.43	0.21	0.21	0.73	0.61	-0.02	-0.38
Q520022	0.82	0.69	0.07	0.22	0.60	0.66	0.08	-1.02	0.57	0.49	0.27	0.38
Q520025	0.69	0.45	0.23	0.35	0.20	0.30	0.55	0.05	0.68	0.42	0.17	0.25
Q520029	0.74	0.62	0.02	0.26	0.68	0.62	-0.19	0.07	0.68	0.60	0.11	0.14
Q520035	0.67	0.59	0.05	0.24	0.54	0.17	-0.04	0.07	0.66	0.63	0.21	0.17
Q520039	0.55	0.38	-0.24	-0.23	0.85	0.81	0.00	-0.82	0.70	0.48	-0.15	-0.28
Q520063	0.59	0.26	-0.05	0.22	0.74	0.73	0.17	-0.67	0.66	0.47	0.02	-0.14
Q520064	0.55	0.35	0.00	0.32	0.52	0.37	0.33	0.31	0.70	0.53	0.02	-0.16
Q520068	0.79	0.70	-0.03	0.02	0.89	0.79	0.05	0.17	0.85	0.71	-0.03	-0.37
Q520069	0.68	0.75	0.20	-0.13	0.74	0.60	0.04	0.00	0.61	0.71	0.19	-0.90
Q520070	0.86	0.71	0.03	-0.51	0.81	0.64	-0.06	-0.32	0.73	0.66	0.04	-1.43
Q520076	0.63	0.74	0.34	0.59	0.65	0.71	0.00	-0.10	0.55	0.67	0.34	-0.07
Q520088	0.68	0.72	0.26	0.09	0.82	0.66	-0.02	-0.29	0.55	0.59	0.27	-1.02
Q520089	0.28	0.23	-0.27	-0.04	0.70	0.70	-0.09	-0.61	0.53	0.42	-0.17	-0.78
Q520198	0.72	0.66	0.18	0.43	0.59	0.58	-0.10	0.00	0.35	0.33	0.44	0.51
Q520199	0.65	0.46	-0.18	0.34	0.71	0.69	-0.04	-0.02	0.50	0.38	0.31	0.49
Q530010	0.43	0.36	0.41	0.71	0.82	0.64	-0.03	-0.98	0.17	0.13	0.53	0.68
Q530011	0.74	0.56	0.15	0.31	-0.29	-1.02	-1.10	-1.19	-4.05	-26.38	5.04	6.89
Q530028	0.69	0.36	-0.05	0.40	0.86	0.79	-0.05	0.01	-0.20	-0.29	-1.10	-0.93
Q530042	0.72	0.46	-0.10	0.43	0.09	0.13	0.65	0.73	0.47	0.35	-0.11	0.26
Q530054	0.67	0.70	0.20	0.50	0.60	0.68	-0.37	-1.77	0.61	0.68	0.10	-1.00
Q530095	-0.04	-0.42	-0.86	-0.44	0.45	0.06	-0.23	0.05	-0.37	-1.17	-1.29	-1.34
Q540002	0.79	0.61	0.09	0.64	0.61	0.59	-0.24	-1.99	0.63	0.67	-0.33	-0.88
Q550015	0.48	-0.17	0.07	0.16	0.81	0.83	0.06	-0.59	-8.60	#####	9.59	24.60
Q550017	0.74	0.67	0.02	0.06	0.80	0.65	0.10	-0.34	0.83	0.66	0.04	-0.54
Q550018	0.81	0.69	0.10	0.04	0.68	0.43	-0.07	-0.16	0.82	0.67	0.08	-0.37

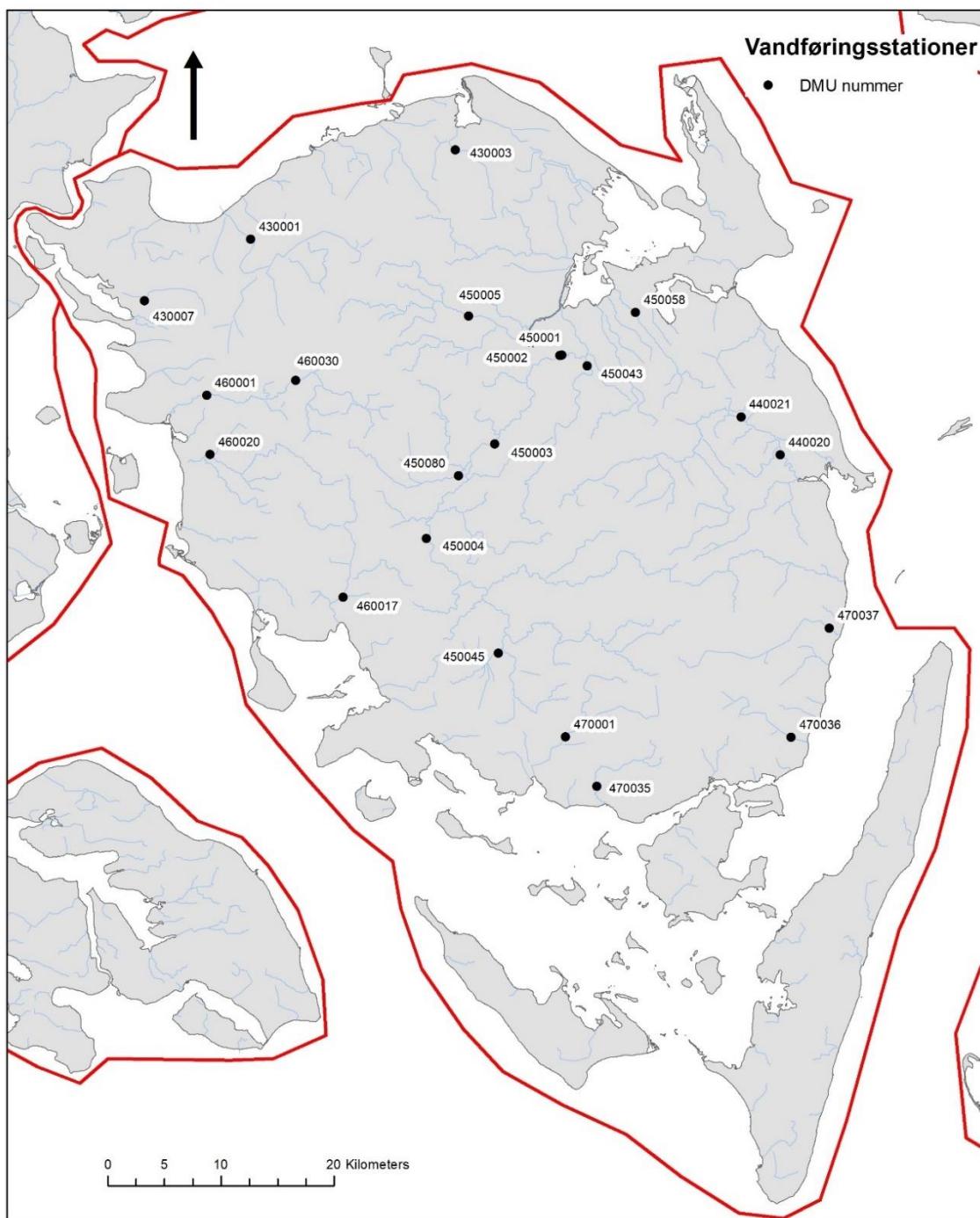
DK1	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]
Q560001	0.75	0.72	0.17	0.09	0.70	0.42	0.13	0.12	0.69	0.69	0.13	-0.63
Q560002	0.76	0.64	0.13	-0.01	0.54	0.69	0.26	-0.14	0.61	0.58	0.13	-1.21
Q560003	0.72	0.69	-0.14	-0.30	0.54	0.39	-0.06	0.03	0.80	0.69	-0.03	-0.25
Q560005	0.87	0.81	0.05	0.01	0.64	0.57	0.23	0.48	0.77	0.79	0.08	-0.27
Q560006	0.49	0.52	0.28	0.10	0.06	-1.56	0.17	0.45	0.48	0.48	0.09	-1.47
Q560007	0.87	0.85	-0.05	-0.20	0.76	0.66	-0.03	-0.01	0.90	0.82	0.02	-0.51
Q560009	0.69	0.76	0.18	0.21	0.32	0.49	0.48	-0.02	0.79	0.81	-0.08	-1.00
Q570044	0.53	0.64	0.29	0.52	0.80	0.62	0.06	0.21	0.20	0.41	0.59	0.50
Q570049	0.57	0.65	0.23	0.47	0.48	0.55	-0.39	-1.70	0.52	0.67	0.27	-0.01
Q570050	0.83	0.74	0.02	0.06	0.71	0.76	0.27	0.34	0.83	0.71	-0.05	-0.70
Q570052	0.45	0.63	0.38	0.17	0.28	0.02	-0.23	0.11	0.28	0.43	0.47	-0.29
Q570053	0.84	0.85	0.07	-0.21	0.54	0.64	0.27	0.01	0.71	0.78	0.07	-0.95
Q570054	0.84	0.79	0.11	0.08	0.54	0.67	0.16	-0.27	0.71	0.76	0.17	-0.83
Q570055	0.75	0.72	0.15	0.49	0.81	0.65	0.03	-0.57	0.81	0.78	0.10	-0.17
Q570056	0.65	0.60	-0.02	-0.01	0.55	0.37	-0.02	0.00	0.85	0.72	-0.01	-1.03
Q570057	0.86	0.77	-0.04	-0.79	0.47	0.55	0.30	0.32	0.65	0.63	-0.12	-3.34
Q570058	0.75	0.56	0.14	0.33	0.54	0.54	0.31	0.31	0.72	0.53	0.11	-0.16
Q570059	0.41	0.59	0.43	0.24	0.62	0.68	0.24	0.21	0.24	0.39	0.50	-0.34
Q570060	0.87	0.75	0.00	0.04	0.70	0.63	0.05	0.05	0.66	0.69	-0.20	-2.13
Q570063	0.84	0.70	-0.05	-0.73	0.63	0.69	0.18	0.24	0.76	0.60	-0.06	-1.66
Q570066	0.65	0.46	-0.07	0.08	0.84	0.71	0.00	-0.36	0.67	0.44	-0.20	-1.14
Q570068	0.57	0.51	-0.20	-1.26	0.68	0.70	0.16	-0.15	0.79	0.67	-0.10	-3.46
Q570179	0.72	0.54	-0.06	-0.26	0.77	0.76	0.17	0.19	0.66	0.46	-0.12	-1.66
Q580047	0.86	0.77	0.00	0.37	0.83	0.72	0.06	0.21	0.63	0.66	0.22	-0.08
Q590005	0.83	0.68	-0.06	0.45	0.74	0.49	-0.09	-0.16	0.49	0.53	0.23	-0.38
Q590006	0.81	0.67	0.09	0.54	0.70	0.65	0.02	0.04	0.73	0.68	0.11	0.11
Q590008	0.84	0.78	-0.10	-0.53	0.76	0.79	0.08	-0.37	0.65	0.75	0.09	-1.43
Q590009	0.84	0.70	0.01	-0.16	0.88	0.80	0.05	-0.09	0.62	0.68	0.25	0.06
Q590010	0.57	0.58	-0.30	-0.20	0.66	0.63	-0.19	0.16	0.60	0.60	-0.36	-3.27
Q600024	0.62	0.67	0.27	0.43	0.77	0.80	0.01	-1.06	0.45	0.55	0.19	-0.24
Q600028	0.53	0.53	0.31	0.08	0.78	0.79	0.09	-0.74	0.08	0.17	0.63	0.06
Q600029	0.67	0.72	0.24	0.41	0.77	0.73	0.00	0.03	0.64	0.72	-0.20	-1.82
Q600031	0.85	0.78	0.07	0.39	0.73	0.71	-0.11	-2.71	-5.26	-20.70	-6.13	-23.55
Q600032	0.72	0.59	-0.16	-0.98	0.60	0.53	-0.21	-2.66	0.54	0.58	-0.28	-2.91
Q600035	0.56	0.64	0.27	0.42	-0.35	-3.11	0.20	0.59	0.35	0.49	0.34	-0.44
Q600036	0.60	0.72	0.16	-0.07	0.78	0.70	-0.03	-0.22	0.44	0.56	0.18	-0.61
Q600037	0.37	0.31	-0.46	0.23	0.74	0.75	0.14	-0.34	0.61	0.60	0.16	-1.19



Figur D2 Placering af vandføringsstationer i DK-modelområde 2, Lolland, Falster og Møn.

DK2 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
Ikke tilstrækkelig	4	5	1	3	3	6	5	5	4	6	4	8
Screening	1	2	2	6	5	1	2	1	3	1	2	3
Overslag	1	2	2	4	1	3	4	3	3	2	2	1
Detail	8	5	9	1	5	4	3	5	4	5	6	2
% mindst screening	71%	64%	93%	79%	79%	57%	64%	64%	71%	57%	71%	43%

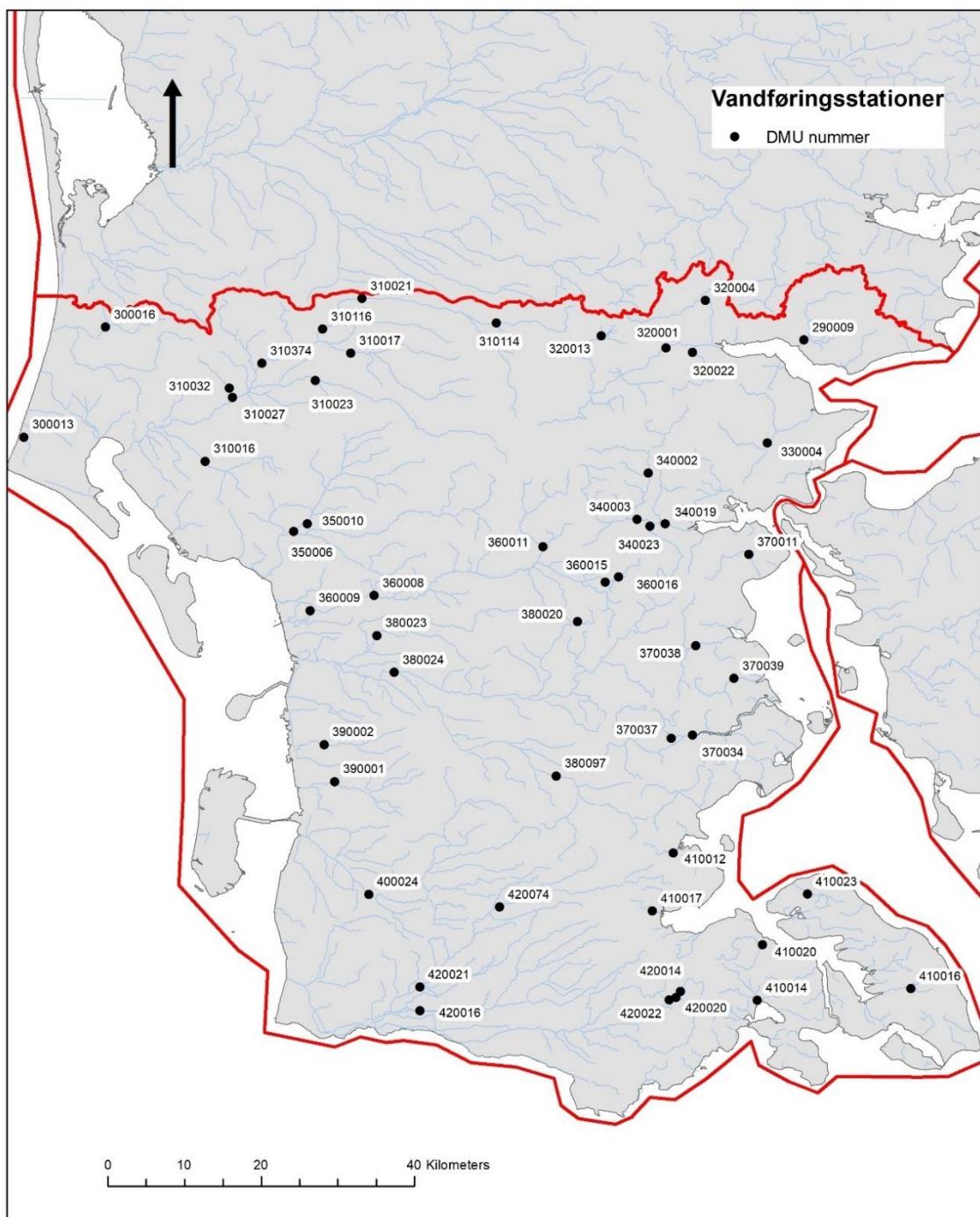
DK2	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE [-]	NSE [-]	WBE [%]	WBES [%]	KGE [-]	NSE [-]	WBE [%]	WBES [%]	KGE [-]	NSE [-]	WBE [%]	WBES [%]
Q600034	0.81	0.81	-0.05	-0.67	0.66	0.71	-0.17	-1.65	0.54	0.67	-0.14	-1.92
Q610010	0.57	0.60	0.26	0.30	0.56	0.63	0.33	0.53	0.42	0.56	0.40	0.44
Q610011	0.75	0.75	-0.13	-1.28	0.81	0.82	-0.16	-1.55	0.66	0.78	-0.06	-3.45
Q610012	0.75	0.57	-0.06	0.57	0.72	0.62	-0.13	0.39	0.65	0.60	-0.13	0.15
Q610013	0.59	0.45	-0.19	0.21	0.67	0.51	-0.16	-0.30	0.80	0.63	-0.07	-0.79
Q610015	0.88	0.79	0.05	0.35	0.60	0.67	-0.27	-0.06	0.55	0.65	-0.36	-0.43
Q620011	0.79	0.73	-0.14	0.28	0.39	0.41	-0.30	0.17	0.56	0.64	-0.34	-0.89
Q620012	0.83	0.79	-0.09	0.14	0.73	0.65	-0.17	-0.06	0.78	0.75	-0.17	-1.52
Q620015	0.50	0.43	-0.07	-0.73	0.52	0.43	-0.40	-0.16	0.51	0.48	-0.40	-1.37
Q620017	0.51	0.41	0.19	0.63	0.74	0.47	-0.05	0.56	0.70	0.50	-0.14	-0.08
Q620022	0.79	0.75	-0.07	0.26	0.76	0.73	-0.17	-0.30	0.83	0.78	-0.09	-1.48
Q630007	0.74	0.79	-0.21	-0.27	0.52	0.60	-0.32	-1.40	0.73	0.80	-0.26	-4.03
Q640025	0.80	0.69	-0.08	0.46	0.80	0.72	-0.11	0.23	0.82	0.77	-0.06	-0.68
Q650001	0.68	0.56	-0.04	0.32	0.55	0.48	-0.36	0.13	0.59	0.58	-0.37	-0.37



Figur D3 Placering af vandføringsstationer i DK-modelområde 3, Fyn.

DK3 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
Ikke tilstrækkelig	3	3	7	3	13	14	12	3	14	14	16	11
Screening	3	2	1	5	5	4	5	4	3	3	2	4
Overslag	1	7	3	6	2	2	1	9	2	2	1	3
Detail	15	10	11	8	2	2	4	6	3	3	3	4
% mindst screening	86%	86%	68%	86%	41%	36%	45%	86%	36%	36%	27%	50%

DK3	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	
Q430001	0.89	0.81	-0.02	0.04	0.27	0.04	-0.34	-0.16	0.48	0.48	-0.32	-0.28
Q430003	0.75	0.55	0.13	0.26	-0.92	-3.89	-0.64	0.43	-0.47	-2.08	-0.61	0.20
Q430007	0.82	0.80	-0.11	-0.20	0.32	0.27	-0.39	-0.36	0.48	0.53	-0.38	-0.76
Q440020	0.81	0.84	-0.17	-0.85	0.44	0.44	-0.27	-0.23	-1.43	-3.45	2.41	8.42
Q440021	0.85	0.78	0.00	-0.12	0.61	0.60	-0.11	0.18	-1.80	-5.63	2.79	6.70
Q450001	0.78	0.80	0.13	0.04	0.65	0.64	0.00	0.25	-22.99	#####	23.98	45.54
Q450002	0.84	0.82	0.02	-0.18	0.58	0.56	-0.13	0.08	-25.89	#####	26.89	56.07
Q450003	0.78	0.81	0.14	0.06	0.62	0.61	-0.07	0.13	-27.34	#####	28.34	59.68
Q450004	0.69	0.75	0.21	0.09	0.76	0.73	-0.01	0.10	-41.45	#####	42.44	99.32
Q450005	0.89	0.80	0.01	0.10	0.46	0.44	-0.11	0.40	0.62	0.64	-0.09	0.32
Q450043	0.84	0.80	0.11	0.29	0.22	0.00	-0.28	0.15	0.49	0.45	-0.27	-0.07
Q450045	0.63	0.32	0.00	0.20	0.27	-0.72	-0.31	0.05	0.23	-0.61	-0.51	-0.72
Q450058	0.85	0.76	0.07	0.03	0.39	0.20	-0.21	0.17	0.87	0.77	-0.08	-0.09
Q450080	0.65	0.79	0.19	-0.18	0.87	0.83	-0.06	-0.14	0.86	0.87	-0.12	-0.43
Q460001	0.82	0.80	0.04	-0.16	0.61	0.58	-0.15	-0.03	0.71	0.69	-0.17	-0.22
Q460017	0.87	0.76	-0.03	-0.15	0.34	0.23	-0.21	-0.07	0.49	0.45	-0.24	-0.21
Q460020	0.68	0.70	0.07	-0.08	0.57	0.62	-0.28	0.05	0.67	0.70	-0.25	-0.04
Q460030	0.86	0.81	0.05	-0.18	0.57	0.48	-0.18	-0.15	0.69	0.68	-0.24	-0.54
Q470001	0.68	0.72	0.26	0.31	0.79	0.80	-0.03	0.23	0.87	0.82	0.01	0.08
Q470035	0.80	0.70	-0.09	-0.36	0.02	-0.62	-0.44	-0.25	-0.33	-1.97	-1.24	-2.60
Q470036	0.44	0.43	0.48	0.53	0.61	0.47	0.26	0.61	0.65	0.61	0.32	0.51
Q470037	0.53	0.51	0.33	0.37	0.73	0.71	0.24	0.60	0.72	0.71	0.25	0.56

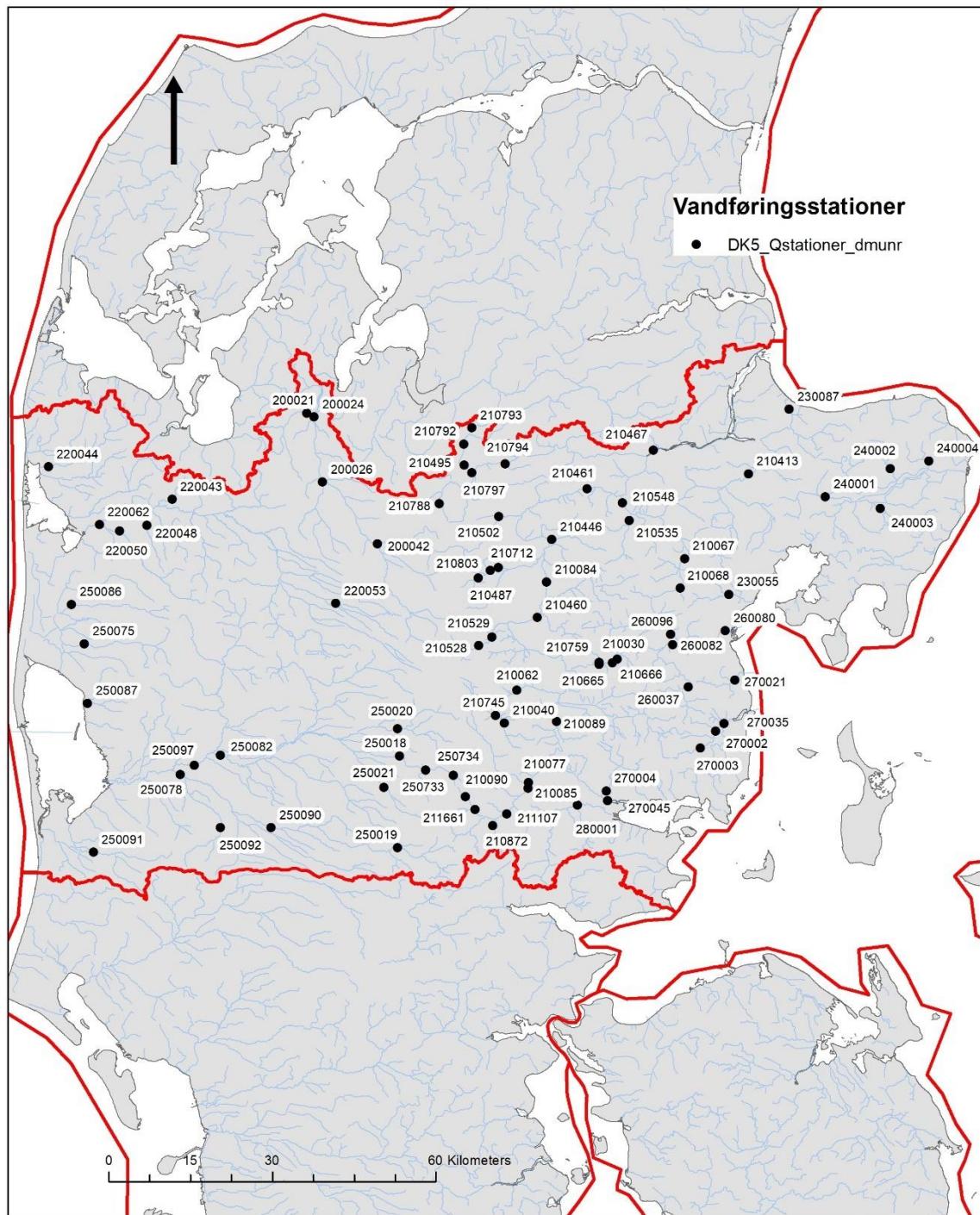


Figur D4 Placering af vandføringsstationer i DK-modelområde 4, Sydjylland.

DK4 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
Ikke tilstrækkelig	11	21	16	15	28	37	25	11	0	0	0	0
Screening	8	11	10	14	6	5	8	17	0	0	0	0
Overslag	13	10	12	10	8	7	5	8	0	0	0	0
Detail	19	9	13	12	9	2	13	15	0	0	0	0
% mindst screening	78%	59%	69%	71%	45%	27%	51%	78%	#####	#####	#####	#####

DK4	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
	[-]	[-]	[%]	[%]	[-]	[-]	[%]	[%]	[-]	[-]	[%]	[%]
Q290009	0.64	0.60	0.15	0.03	0.60	0.40	-0.02	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Q300013	-0.21	-0.29	0.87	0.91	0.57	0.36	-0.27	-0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
Q300016	0.71	0.55	-0.18	-0.17	0.02	-0.70	-0.39	-0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
Q310016	0.47	0.46	0.01	-0.18	0.65	0.47	-0.21	-0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Q310017	0.85	0.72	0.10	0.20	0.05	-0.65	-0.05	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
Q310021	0.71	0.27	0.23	0.32	0.16	-0.30	0.02	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
Q310023	0.82	0.64	0.09	0.20	0.15	-0.20	-0.13	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Q310027	0.78	0.55	0.04	0.08	0.04	-0.77	-0.16	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Q310032	0.47	0.39	-0.05	-0.23	0.74	0.47	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Q310114	0.68	0.62	0.10	0.09	0.45	0.32	0.39	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Q310116	0.79	0.63	0.20	0.23	0.43	0.40	-0.01	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Q320001	0.84	0.68	0.04	0.09	0.42	0.28	-0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Q320004	0.29	-0.17	0.54	0.60	0.63	0.51	0.32	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00
Q320013	0.60	-0.30	0.31	0.42	0.60	-0.29	0.30	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Q320022	0.67	0.62	0.05	-0.17	0.82	0.70	0.06	-0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Q330004	0.59	0.51	0.17	0.00	0.71	0.52	-0.07	-0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
Q340002	0.48	0.51	0.33	0.29	0.88	0.76	-0.02	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Q340003	0.70	0.37	-0.09	-0.05	0.11	-0.57	-0.44	-0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Q340019	0.61	0.60	0.18	0.08	0.83	0.71	-0.06	-0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Q340023	0.36	0.32	0.32	0.33	0.65	0.53	0.28	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
Q350006	0.84	0.75	-0.03	0.01	0.53	0.50	-0.17	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Q350010	0.84	0.74	-0.02	0.12	0.09	-0.36	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q360008	0.77	0.76	0.07	0.25	0.65	0.62	-0.10	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Q360009	0.82	0.78	0.10	0.28	0.70	0.66	-0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Q360011	0.76	0.65	0.18	0.49	0.86	0.75	-0.07	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Q360015	0.68	0.60	-0.02	0.21	0.79	0.76	-0.15	-0.68	0.00	0.00	0.00	0.00
Q360016	0.74	0.47	-0.02	0.24	0.75	0.65	0.09	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Q370011	0.54	0.45	0.04	-0.14	0.81	0.64	0.07	-0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Q370034	0.76	0.56	0.17	0.24	0.46	0.05	-0.09	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Q370037	0.81	0.62	0.04	0.10	0.43	0.15	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Q370038	0.77	0.65	-0.13	-0.12	0.25	0.15	-0.57	-1.19	0.00	0.00	0.00	0.00
Q370039	0.79	0.60	-0.08	0.28	0.37	0.28	-0.33	-0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Q380020	0.83	0.75	0.04	0.49	0.59	0.50	-0.11	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Q380023	0.74	0.59	0.09	0.47	0.48	0.38	-0.19	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Q380024	0.70	0.75	0.06	0.25	0.52	0.40	-0.08	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Q380097	0.58	0.42	0.19	0.50	0.13	-0.32	0.01	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
Q390001	0.55	0.57	0.15	-0.11	0.24	-0.30	-0.21	-0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
Q390002	0.56	0.69	-0.14	-1.12	0.60	0.55	-0.33	-1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Q400024	0.87	0.82	0.06	-0.10	0.19	-0.35	-0.18	-0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Q410012	0.65	0.65	0.33	0.59	0.62	0.48	0.19	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00
Q410014	0.53	0.42	0.26	0.64	0.73	0.56	-0.15	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Q410016	0.69	0.47	0.18	0.70	0.39	0.30	-0.45	-0.41	0.00	0.00	0.00	0.00
Q410017	0.40	0.41	-0.12	-0.27	0.76	0.72	-0.15	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
Q410020	0.63	0.46	-0.15	0.42	0.49	0.48	-0.38	-0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Q410023	0.39	-0.09	0.03	0.34	-0.39	-1.56	-0.84	-0.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Q420014	0.76	0.74	0.11	0.15	0.62	0.65	-0.26	-0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
Q420016	0.71	0.68	0.26	0.29	-45.02	#####	45.47	87.88	0.00	0.00	0.00	0.00
Q420020	0.78	0.73	0.07	0.03	0.60	0.64	-0.29	-0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
Q420021	0.84	0.82	0.13	0.11	0.40	0.17	-0.14	-0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Q420022	0.76	0.77	0.15	0.00	0.64	0.39	-0.17	-0.61	0.00	0.00	0.00	0.00

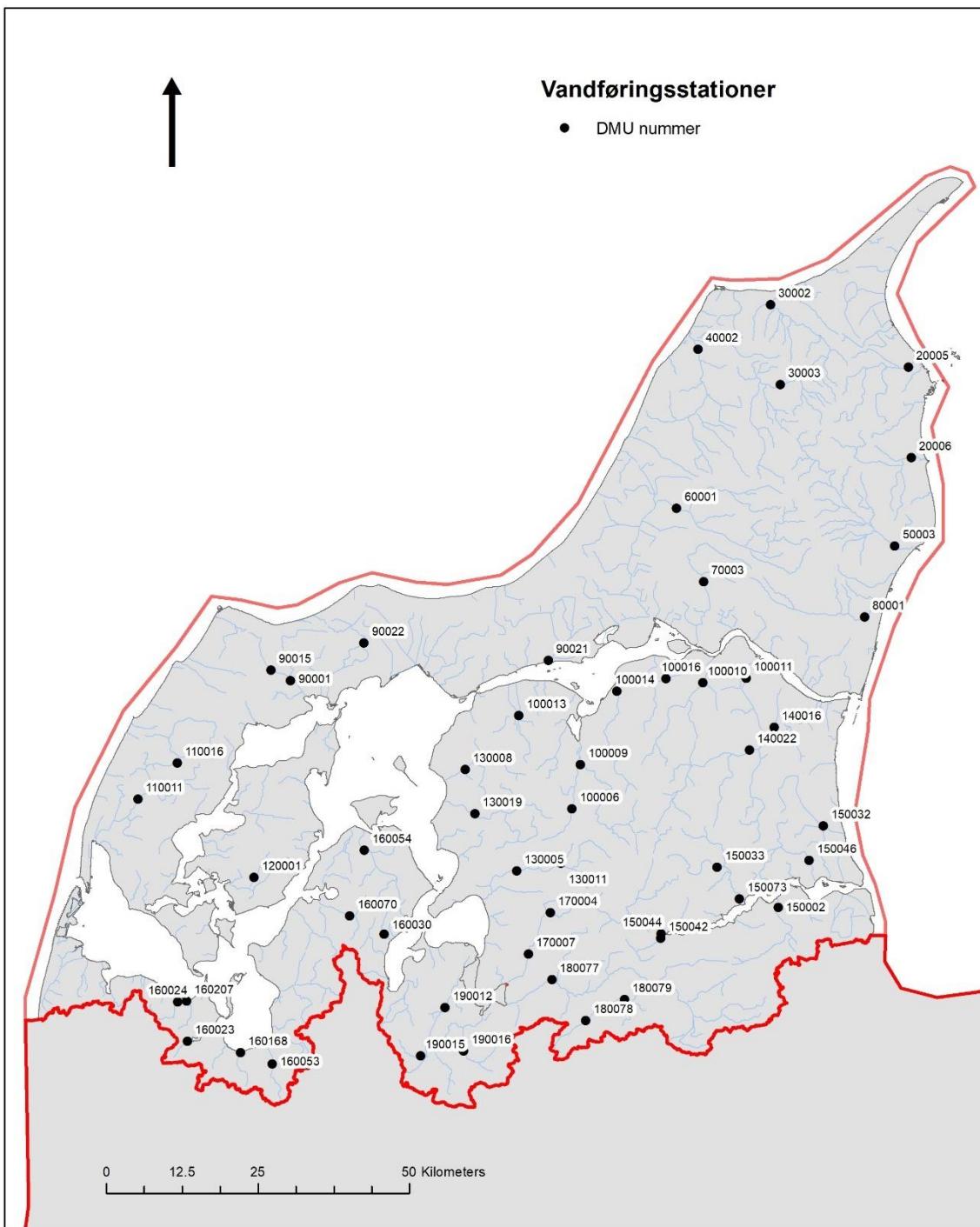
DK4	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
Q420074	[ 0.77	[ 0.69	[ 0.16	[ 0.21	[ 0.26	[ -0.21	[ 0.10	[ 0.24	[ 0.00	[ 0.00	[ 0.00	[ 0.00



Figur D5 Placering af vandføringsstationer i DK-modelområde 5, Midtjylland.



DK5	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]
Q220048	0.28	-0.32	0.38	0.38	0.80	0.61	0.03	0.17	0.71	0.68	0.00	0.05
Q220050	0.62	0.19	-0.15	-0.19	0.38	-0.55	-0.25	-0.16	0.71	0.11	-0.20	-0.16
Q220053	0.84	0.85	-0.06	-0.21	-0.91	-4.07	-0.46	0.04	0.19	0.10	-0.37	-0.17
Q220062	0.88	0.84	-0.05	-0.15	0.33	0.09	-0.21	-0.11	0.73	0.67	-0.21	-0.22
Q230055	0.74	0.75	0.04	-0.21	0.74	0.68	-0.22	-0.34	0.82	0.68	-0.06	-0.09
Q230087	0.60	0.68	-0.09	-0.38	0.15	-0.52	-0.50	-0.67	0.52	0.29	-0.46	-0.68
Q240001	0.64	0.21	0.11	0.24	0.22	-0.95	-0.36	-0.28	0.35	-0.79	-0.41	-0.32
Q240002	0.52	-2.25	0.37	0.43	0.43	-0.11	0.10	0.17	0.72	0.40	0.06	0.12
Q240003	0.20	0.04	0.40	0.24	0.67	0.50	0.17	0.07	0.37	0.33	0.28	0.16
Q240004	0.40	0.13	0.36	0.31	0.35	-0.57	-0.40	-0.63	0.60	0.17	-0.33	-0.57
Q250018	0.79	0.28	0.15	0.17	0.10	-0.60	-0.11	0.00	0.41	-0.50	-0.21	-0.16
Q250019	0.74	0.74	-0.24	-0.38	-0.52	-2.33	-0.63	-0.35	0.30	0.17	-0.48	-0.35
Q250020	0.85	0.79	-0.05	-0.06	-0.37	-2.28	-0.27	-0.04	0.45	-0.16	-0.28	-0.17
Q250021	0.83	0.78	0.11	0.23	0.18	-0.21	-0.01	0.27	0.47	0.40	0.04	0.27
Q250075	0.44	0.41	-0.05	-0.21	0.80	0.62	-0.07	-0.04	0.63	0.59	-0.22	-0.36
Q250078	0.85	0.85	-0.03	0.00	0.05	-0.59	-0.24	-0.09	0.68	0.62	-0.22	-0.25
Q250082	0.93	0.90	0.04	0.05	0.10	-0.28	-0.13	0.04	0.71	0.67	-0.17	-0.18
Q250086	0.73	0.57	0.12	0.21	0.46	0.24	-0.11	0.08	0.77	0.60	-0.16	-0.14
Q250087	0.72	0.46	-0.15	-0.01	0.28	-0.16	-0.18	0.02	0.68	0.48	-0.20	-0.04
Q250090	0.77	0.71	-0.22	-0.31	0.04	-0.89	-0.43	-0.35	0.53	0.18	-0.43	-0.54
Q250091	0.61	0.68	0.03	-0.18	0.62	0.48	-0.13	-0.01	0.78	0.72	-0.16	-0.30
Q250092	0.64	0.67	0.15	0.04	0.65	0.58	-0.14	-0.16	0.80	0.80	-0.10	-0.25
Q250097	0.92	0.86	0.05	0.07	0.07	-0.33	-0.12	0.06	0.73	0.71	-0.14	-0.14
Q250733	0.47	0.46	0.39	0.40	0.52	0.38	0.43	0.51	0.63	0.52	0.34	0.46
Q250734	0.71	0.49	0.14	0.11	-1.47	-6.99	-0.78	-0.16	-0.24	-1.32	-0.71	-0.32
Q260037	0.75	0.61	0.13	-0.34	0.37	-0.33	-0.21	-0.47	0.37	-0.39	-0.14	-0.20
Q260080	0.79	0.67	-0.10	-0.47	0.30	-0.01	-0.57	-0.95	0.32	-0.06	-0.52	-0.76
Q260082	0.82	0.64	-0.02	-0.25	0.45	0.15	-0.36	-0.54	0.41	0.02	-0.31	-0.37
Q260096	0.57	0.52	-0.06	-0.57	0.51	0.40	-0.41	-0.72	0.55	0.33	-0.36	-0.57
Q270002	0.39	0.48	0.28	-0.12	0.77	0.80	-0.04	-0.41	0.84	0.78	-0.01	-0.24
Q270003	0.25	0.21	0.43	0.12	0.62	0.67	0.25	0.04	0.79	0.74	0.14	0.03
Q270004	0.52	0.46	0.20	-0.03	0.74	0.53	-0.11	-0.40	0.77	0.60	-0.06	-0.25
Q270021	0.52	0.46	0.18	0.03	0.75	0.68	-0.08	-0.17	0.72	0.61	-0.07	-0.15
Q270035	0.64	0.67	-0.05	-0.39	0.62	0.65	-0.37	-0.64	0.62	0.62	-0.35	-0.64
Q270045	0.68	0.62	-0.02	-0.17	0.72	0.57	-0.20	-0.32	0.72	0.59	-0.19	-0.28
Q280001	0.80	0.76	-0.02	-0.11	0.70	0.70	-0.28	-0.43	0.68	0.71	-0.29	-0.50



Figur D6 Placering af vandføringsstationer i DK-modelområde 6, Nordjylland.

DK6 - nøjagtighed	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES	KGE	NSE	WBE	WBES
Ikke tilstrækkelig	14	31	11	11	31	37	34	18	22	31	21	14
Screening	10	12	13	15	9	3	5	14	6	9	10	13
Overslag	13	8	11	8	4	9	6	6	13	9	7	7
Detail	16	2	18	19	8	3	7	14	11	3	14	18
% mindst screening	74%	42%	79%	79%	40%	29%	35%	65%	58%	40%	60%	73%

DK6	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
	[-]	[-]	[%]	[%]	[-]	[-]	[%]	[%]	[-]	[-]	[%]	[%]
Q020005	0.32	0.29	0.24	0.14	0.38	0.43	0.10	-0.07	0.41	0.41	0.05	-0.05
Q020006	0.34	0.35	0.24	0.08	0.59	0.64	0.00	-0.17	0.50	0.55	-0.01	-0.18
Q030002	0.58	0.61	0.12	-0.03	0.73	0.74	-0.04	-0.25	0.61	0.62	0.00	-0.16
Q030003	0.67	0.68	0.14	0.02	0.80	0.75	-0.08	-0.35	0.61	0.64	0.01	-0.23
Q040002	0.61	0.65	0.07	-0.11	0.62	0.69	-0.19	-0.65	0.54	0.57	-0.19	-0.56
Q050003	0.47	0.54	0.02	-0.19	0.71	0.67	-0.13	-0.35	0.54	0.58	-0.10	-0.31
Q060001	0.79	0.67	0.10	0.10	0.73	0.60	-0.11	-0.15	0.75	0.61	-0.14	-0.24
Q070003	0.50	0.38	0.04	0.45	0.44	0.26	0.02	0.33	0.85	0.70	0.00	-0.05
Q080001	0.75	0.67	0.13	0.30	0.46	0.31	-0.19	-0.26	0.84	0.75	-0.10	-0.36
Q090001	0.68	0.54	0.07	0.30	0.67	0.44	0.28	0.39	0.57	0.43	0.33	0.39
Q090015	0.42	0.12	-0.26	-0.14	0.58	0.37	0.04	0.23	0.86	0.73	0.03	0.05
Q090021	0.49	0.42	0.32	0.42	0.70	0.47	-0.15	-0.37	0.78	0.64	0.06	0.06
Q090022	0.87	0.83	0.05	0.10	-0.35	-1.36	0.93	0.87	-0.36	-1.42	0.95	0.96
Q100006	0.68	0.31	0.00	0.21	0.55	0.16	-0.25	-0.15	0.60	0.25	-0.17	-0.07
Q100009	0.75	0.50	0.02	0.09	0.67	0.44	-0.23	-0.17	0.63	0.29	-0.26	-0.20
Q100010	0.44	-0.05	-0.17	0.00	-0.36	-3.17	-0.49	-0.22	0.18	-1.51	-0.44	-0.24
Q100011	0.53	0.31	-0.41	-0.41	-0.01	-0.80	-0.74	-1.06	0.35	0.08	-0.59	-0.85
Q100013	0.54	0.37	-0.07	0.06	0.03	-1.10	-0.29	-0.13	0.25	-0.34	-0.23	-0.05
Q100014	0.78	0.54	0.08	0.10	0.35	0.14	-0.10	0.02	0.64	0.52	0.04	0.14
Q100016	0.66	0.46	0.15	0.27	0.34	-0.32	-0.30	-0.09	0.74	0.48	-0.14	0.03
Q110011	0.64	0.56	0.05	0.22	0.61	0.65	0.10	-0.29	0.68	0.74	0.08	-0.27
Q110016	0.72	0.62	0.07	0.21	0.61	0.68	0.12	-0.19	0.64	0.64	0.15	-0.01
Q120001	-0.44	-2.43	-0.37	0.03	-0.83	-4.23	-0.77	-0.17	-0.02	-1.22	-0.62	-0.28
Q130005	0.82	0.64	-0.02	0.02	0.54	0.39	-0.17	-0.11	0.64	0.47	-0.14	-0.09
Q130008	0.75	0.58	0.07	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q130011	0.60	0.29	-0.34	-0.67	0.72	0.53	-0.19	-0.28	0.75	0.59	-0.15	-0.27
Q130019	0.81	0.65	0.07	0.18	0.67	0.65	-0.03	0.04	0.74	0.65	-0.02	0.00
Q140016	0.79	0.56	0.08	0.15	0.50	0.21	-0.12	-0.02	0.66	0.41	-0.09	0.01
Q140022	0.73	0.45	0.07	0.12	0.24	-0.28	-0.12	0.01	0.36	-0.04	-0.08	0.07
Q150002	0.65	0.22	-0.14	-0.05	-0.50	-4.08	-0.53	-0.26	0.04	-1.93	-0.43	-0.19
Q150032	0.80	0.64	-0.05	-0.11	0.63	0.65	-0.31	-0.61	0.66	0.69	-0.32	-0.73
Q150033	0.59	0.21	0.10	0.11	-0.28	-2.08	-0.14	0.07	0.40	-0.20	-0.01	0.18
Q150034	0.41	-0.40	-0.23	-0.33	0.47	-1.07	0.29	0.35	0.48	-0.30	-0.09	-0.07
Q150042	0.68	0.45	-0.04	-0.04	0.55	-0.09	-0.29	-0.25	0.55	-0.11	-0.28	-0.19
Q150044	0.63	-0.03	0.21	0.24	-3.07	-21.04	-0.48	0.12	-2.32	-13.01	0.06	0.70
Q150046	0.75	0.52	-0.05	0.04	0.39	0.04	-0.36	-0.31	0.79	0.66	-0.15	-0.13
Q150073	0.64	0.38	0.06	0.12	-0.60	-3.36	-0.20	-0.05	-0.01	-1.30	-0.17	-0.03
Q160023	0.60	0.30	0.13	0.19	-0.23	-1.89	-0.26	0.06	0.06	-1.35	-0.37	-0.12
Q160024	0.49	0.36	0.36	0.45	0.75	0.66	0.20	0.31	0.76	0.69	0.19	0.30
Q160030	0.76	0.57	0.10	-0.15	-0.32	-0.24	0.84	0.26	0.21	0.46	0.56	0.24
Q160053	0.80	0.70	0.06	0.04	0.89	0.80	0.03	0.14	0.85	0.84	0.07	0.15
Q160054	0.83	0.83	-0.15	-0.65	0.49	0.59	-0.40	-1.72	0.55	0.59	-0.39	-1.52
Q160070	0.79	0.57	0.04	0.08	0.77	0.58	-0.10	-0.51	0.68	0.43	-0.10	-0.35
Q160168	0.81	0.62	0.02	0.58	0.62	0.55	-0.28	-0.01	0.72	0.60	-0.19	0.08
Q160207	0.69	0.45	0.24	0.41	0.42	0.08	0.04	0.19	0.66	0.49	0.06	0.27
Q170004	0.56	-0.62	0.37	0.36	-2.21	-13.84	-0.48	-0.18	-0.33	-2.95	-0.39	-0.23
Q170007	0.69	0.37	0.10	0.08	0.22	-0.22	-0.12	-0.03	0.70	0.54	-0.05	0.01
Q180077	0.69	0.61	-0.08	-0.10	-0.21	-2.14	-0.33	-0.28	0.27	-0.53	-0.28	-0.27

DK6	DKmodel2019				DKmodel2023_vp3_500m				DKmodel2023_vp3_100m			
	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs	KGE	NSE	WBE	WBEs
	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]	[ - ]	[ - ]	[ % ]	[ % ]
Q180078	0.57	-1.62	-0.29	-0.32	0.10	-7.46	-0.56	-0.57	0.11	-7.21	-0.56	-0.53
Q180079	0.56	0.37	0.01	0.03	-0.79	-7.39	-0.40	-0.31	-1.01	-8.30	-0.37	-0.28
Q190012	0.48	0.02	-0.03	0.05	0.18	-1.11	-0.29	-0.18	0.62	-0.37	-0.27	-0.22
Q190015	-0.48	-2.84	0.13	0.65	0.17	-0.61	0.05	0.39	0.49	0.02	0.07	0.37
Q190016	0.47	-0.03	0.01	0.14	0.16	-0.79	-0.16	-0.04	0.59	0.19	-0.10	0.00

Tabel D1 Stationsnavne samt oplandsareal for de stationer der er inkluderet i kalibreringen af DKmodel2019.

Station	Areal [km <sup>2</sup> ]	Catchment type i kali-brering	DDH	DMUnr	Navn
Q100006	41.81	1	10.14	100006	V. ÅGÅRD- HALKÆR Å
Q100009	107.75	2	10.15	100009	VEGGER BRO- HERREDS Å
Q100010	100.09	2	10.05	100010	OS INDKILDESTRØMMEN- KÆRS MØLLEÅ
Q100011	28.05	1	10.03	100011	V. LODSHOLM BRO- ROMDRUP Å
Q100013	52.64	2	100013	100013	NS BREDKILDE BÆK- DYBVAD Å
Q100014	90.41	2	10.17	100014	BINDERUP MØLLE- NS- BINDERUP Å
Q100016	41.09	1	10.12	100016	FREJLEV- HASSERIS Å
Q110011	235.83	3	11.03	110011	HVIDBJERG MØLLEGÅRD- HVIDBJERG Å
Q110016	108.23	2	11.02	110016	ÅRUP- ÅRUP Å
Q120001	15.23	1	12.03	120001	AMSTERDAM- VEJERSLEV BÆK
Q130005	115.28	2	13.04	130005	LERKENFELD MØLLEGÅRD- LERKENFELD Å
Q130008	80.52	2	13.07	130008	V. HOLME BRO- BJØRNSHOLM Å
Q130011	11.43	1	13.08	130011	FARSØ BROEN- ODDERBÆK
Q130019	116.27	2	13.03	130019	FREDBJERG BRO- TREND Å
Q140016	318.8	3	14.05	140016	VED MØLLEBRO- LINDENborg Å
Q140022	213.84	3	14.01	140022	LINDENborg BRO- LINDENborg Å
Q150002	96.29	2	15.05	150002	NORUP- KASTBJERG Å
Q150032	81.45	2	15.07	150032	TRÆPÆLEBRO- HASLEVgÅRDS Å
Q150033	32.07		1	15.1	EGELUND- LUNDGÅRDSBÆK
Q150034	14.35		1	15.11	VED TRENBAKKE- VALSGÅRD BÆK
Q150042	31.83		1	15.12	ÅLYKKEVEJ- ONSILD Å
Q150044	18.84		1	150044	IDV. 579 - NS BRO V.SKIVEVEJ- HODAL BÆK
Q150046	62.56		2	15.17	HØGHOLT BRO- KORUP Å
Q150073	125		2	15.08	v. Ouegård Bro- VILLESTRUP Å
Q160023	17.09		1	16.1	NS. KÆRGÅRD MØLLE DAMBRUG- BRED-KÆR BÆK
Q160024	24.18		1	16.11	KOKHOLM- FALD Å
Q160030	11.29		1	16.08	HULEBRO- LYBY-GRØNNING GRØFT
Q160053	34.29		1	16.05	TINDSKOV BRO- HELLEGÅRD Å
Q160054	75.47		2	16.16	TINDSKOV BRO- N FOR ØSTERGÅRD- HIN-NERUP Å
Q160070	30.75		1	16.15	VIUM MØLLE- VIUM MØLLEÅ
Q160168	21.4		1	160168	VOLSTRUP- HUMMELMOSE Å
Q160207	24.24		1	160207	OS UDLØB I NISSUM BREDNING- RESEN-KÆR Å
Q170004	15.16		1	17.04	GL. HVAM- HVAM BÆK
Q170007	218.1		3	17.05	SKIVE-HOBRO LANDEVEJ- SIMESTED Å
Q180077	556.42		3	18.05	LØVEL BRO- SKALS Å
Q180078	33.55		1	18.06	TJELE MØLLE BRO- TJELE MØLLE Å
Q180079	60.32		2	180079	SJØRRING BRO- TJELE Å/VORNING Å
Q190012	110.84		2	19.02	JORDBRO MØLLE- JORDBRO Å
Q190015	17.12		1	19.04	BÆKGÅRD- LÅNUM BÆK
Q190016	64.3		2	19.03	NYBRO JERNBANEN- FISKBÆK Å
Q200021	80.23		2	20.14	FLYNDERSØMØLLE- KOHOLM Å
Q200024	626.73		3	20.23	NØRKÆR BRO- KARUP Å
Q200026	518.4		3	20.05	HAGEBRO- KARUP Å
Q200042	64.54		2	20.17	VALLERBÆKVEJ- ÅRESVAD Å
Q20005	123.36		2	2.03	ELLING KIRKE- ELLING Å
Q20006	108.17		2	2.01	HUMMELBRO- SÆBY Å

Q210030	32.2	1	21.61	210030	SOPHIENDAL- KNUD Å
Q210040	31.02	1	21.93	210040	ST 2- 300M NEDSTR. KÆMPESMØLLE- NIMDRUP BÆK
Q210062	121.97	2	21.28	210062	SALTENBRO- SALTEN Å
Q210067	69.63	2	21.57	210067	GRUNDFØR MØLLE- HADSTEN LILLEÅ
Q210077	80.39	2	21.32	210077	LILLEBRO- MATTRUP Å
Q210084	1284.58	3	21.01	210084	TVILUMBRO- GUDENÅ
Q210085	188.67	2	21.02	210085	ÅSTEDBRO- GUDENÅ
Q210089	376.83	3	21.4	210089	500 m os Vorvadsbro- GUDENÅ
Q210090	11.86	1	21.62	210090	MØLLERUP- GUDENÅ
Q210413	237.94	3	21.52	210413	NY RÆVEBRO- FLØJSTRUP- ALLING Å
Q210446	63.38	2	21.7	210446	MØLLEBRO- BORRE Å
Q210460	1087.07	3	21.109	210460	VED RESENBRO- GUDENÅ
Q210461	1787.73	3	21.09	210461	ULSTRUP BRO- GUDENÅ
Q210467	2602.91	3	21.29	210467	MOTORSVEJBRO A10- GUDENÅ
Q210487	27.54	1	21.77	210487	VED ENGBRO- MAUSING MØLLEBÆK
Q210495	44.72	1	21.24	210495	SDR. MØLLE- SDR. MØLLE Å
Q210502	14.01	2	21.3	210502	VINDELSBÆK BRO- TANGE Å
Q210528	41.86	1	21.39	210528	FUNDER ST.- FUNDER Å
Q210529	48.62	1	21.74	210529	FUNDERHOLME- FUNDER Å
Q210535	41.71	1	21.56	210535	VED RØDE MØLLE- GRANSLEV Å
Q210548	302.94	3	21.49	210548	Lige ns Løjstrup Dambrug- HADSTEN LILLEÅ
Q210665	57.23	2	21.35	210665	BENS. MØLLEVAD BRO- KNUD Å
Q210666	35.11	1	210666	210666	OPST. RAVN SØ- KNUD Å
Q210712	53.79	2	21.81	210712	HINGE SØ- AFLØB V. HOLMGÅRD- HINGE Å
Q210745	49.94	1	21.89	210745	AFLØB BRYRUP LANGSØ- BRYRUP Å
Q210759	10.58	1	21.72	210759	OS RENSNINGSANLÆG- JAVNGYDE BÆK
Q210788	12.64	1	210788	210788	PEDERSDAL DAMB.- MOSTGÅRD BÆK
Q210792	30.82	1	21.04	210792	NØRREMØLLEVEJ- NØRRE MØLLE Å
Q210793	10.96	1	210793	210793	SKOVGÅRD- NØRRE MØLLE Å
Q210794	230.13	3	21.03	210794	VEJRUMBRO- NØRRE Å
Q210797	47.89	1	21.68	210797	BRUNSHÅB- SDR. MØLLE Å
Q210803	10.62	1	21.8	210803	SKJELLERUPGRØFTEN- SKJELLEGROFTEN
Q210872	21.96	1	21.92	210872	ØLHOLM- ØLHOLM BÆK
Q211107	116.51	2	21.104	211107	TØRRING KÆR- GUDENÅ
Q211661	20.65	1	21.103	211661	NEDSTRØMS HAISTRUP BÆK- GUDENÅ
Q220043	19.02	1	22.16	220043	ELLEBÆK BRO- ELLEBÆK
Q220044	59.17	2	220044	220044	KROGSHEDE BRO- FÆREMØLLE Å
Q220048	22.92	1	22.13	220048	IDUM- IDOM Å
Q220050	83.08	2	22.12	220050	HVODAL- RÄSTED LILLE Å
Q220053	48.47	1	22.17	220053	GAMMEL SUNDS- SUNDS MØLLEBÆK
Q220062	1096.69	3	22.15	220062	SKÆRUM BRO- STORÅ
Q230055	46.95	1	23.01	230055	JERNBANE BRO- EGÅ
Q230087	78.61	2	23.08	230087	VADBRO- HEVRING Å
Q240001	75.65	2	24.01	240001	RYOMGÅRD BRO- RYOM Å
Q240002	49.23	1	24.04	240002	SYDLIG BRO VED GAMMELMØLLE- ØRUM Å
Q240003	26.15	1	24.06	240003	RIDDERLUND- SKOD Å
Q240004	30.62	1	24.07	240004	KIRIAL-A16- SKÆRVAD Å
Q250018	82.02	2	25.08	250018	TYKSKOV- SKJERN Å
Q250019	112.02	2	25.13	250019	FARRE- OMME Å
Q250020	117.26	2	25.24	250020	HYGILD- HOLTUM Å

Q250021	46.49	1	25.25	250021	HESSELBJERGE- BRANDE Å
Q250075	91.79	2	25.27	250075	VEJBRO SYD FOR HEE- HOVER Å
Q250078	619.76	3	25.11	250078	SØNDERSKOV BRO- OMME Å
Q250082	1054.81	3	25.05	250082	ALERGÅRD- SKJERN Å
Q250086	80.64	2	25.35	250086	V. SØNDERBY- TIM Å
Q250087	68.46	2	250087	250087	VENNERS BRO- VENNER Å
Q250090	267.74	3	25.34	250090	SKOVSENDE- OMME Å
Q250091	77.72	2	25.33	250091	SDR. LYDUM- LYDUM Å
Q250092	63.67	2	25.32	250092	V FOR GRIMLUNDGÅRD- ØSTER BÆK
Q250097	1554.3	3	25.41	250097	GJALDBÆK BRO- SKJERN Å
Q250733	29.63	1	250733	250733	TILLØB KULSØ- ODDERBÆK
Q250734	11.3	1	250734	250734	TILLØB RØRBÆK SØ- DYBDAL BÆK
Q260037	49.97	1	26.05	260037	ALDRUP MØLLE- ÅRHUS Å
Q260080	323.54	3	26.02	260080	MUSEUMSBRO- ÅRHUS Å
Q260082	118.64	2	26.01	260082	VED SKIBBY- ÅRHUS Å
Q260096	131.47	2	26.14	260096	A 15- LYNGBYGÅRDS Å
Q270002	39.33	1	27.06	270002	SANDERENGGÅRD- ODDER Å
Q270003	13	1	27.08	270003	FILLERUP- ODDER Å
Q270004	74.96	2	27.01	270004	HANSTED- LILLE HANSTED BRO- LILLE- HANSTED Å
Q270021	46.95	1	27.04	270021	FULDEN- GIBER Å
Q270035	85.23	2	270035	270035	NØLEV ASSEDRUP BRO- RÆVS Å
Q270045	136.27	2	270045	270045	ST. HANSTED BRO- HANSTED Å
Q280001	154.19	2	28.02	280001	KØRUP BRO- BYGHOLM Å
Q290009	97.64	2	29.04	290009	300 m ns Årup Mølle Dambrug- ROHDEN Å
Q300013	15.71	1	30.03	300013	V.UDLØB I VESTERHAVET- LANGSLADE RENDE
Q300016	35.48	1	30.05	300016	FIDDE BRO- FIDDE STRØM
Q30002	347.48	3	3.02	30002	NS RANSBÆK- UGGERBY Å
Q30003	152.96	2	3.01	30003	ASTEDBRO- UGGERBY Å
Q310016	87.44	2	31.18	310016	V. FORUMBRO- ALSLEV Å
Q310017	130.98	2	31.15	310017	VED LAURBORG BRO- ANSAGER Å
Q310021	199.96	2	31.14	310021	VED EG BRO- GRINDSTED Å
Q310023	147.74	2	31.17	310023	VED HØSTRUP- HOLME Å
Q310027	814.56	3	31.13	310027	V. VAGTBORG- VARDE Å
Q310032	14.43	1	31.19	310032	NØ F. ARMVADGÅRD- FRISVAD MØLLEBÆK
Q310114	45.25	1	310114	310114	S FOR SKOVGÅRD- GRINDSTED Å
Q310116	236.03	3	31.1	310116	MØLBY BRO- GRINDSTED Å
Q320001	198.92	2	32.01	320001	HARALDKÆR- VEJLE Å
Q320004	63.41	2	32.06	320004	GREJSDALENS PLANTESKOLE- GREJS Å
Q320013	15.67	1	32.11	320013	AFLØB ENGELSHOLM SØ- VEJLE Å
Q320022	29.16	1	32.08	320022	NEDERBRO- HØJEN Å
Q330004	64.49	2	33.02	330004	BREDSTRUP- SPANG Å (BREDSTRUP Å)
Q340002	80.68	2	34.02	340002	ELKÆRHOLM- VESTER-NEBEL Å
Q340003	89.42	2	34.03	340003	EJSTRUP- KOLDING Å
Q340019	268.11	3	340019	340019	ALPEDALEN (S.F.ELMEHØJ)- KOLDING Å
Q340023	28.19	1	34.08	340023	MØGELMOSEHUS - OS KOLDING Å- SEEST MØLLEÅ
Q350006	212.81	3	35.06	350006	V. SDR. VONG- BRAMMING-HOLSTED Å
Q350010	223.38	3	35.03	350010	V. NØRÅ BRO- SNEUM Å
Q360008	387.82	3	36.01	360008	VED KONGE BRO- KONGE Å
Q360009	430.49	3	360009	360009	V. VILSLEV SPANG- KONGE Å

Q360011	90.92	2	36.06	360011	VED E20- VEJEN Å
Q360015	22.55	1	36.09	360015	AFLØB SØGÅRD SØ- S2- VAMDRUP Å
Q360016	16.03	1	36.08	360016	TILLØB SØGÅRD SØ- S3- HJARUP BÆK
Q370011	29.47	1	37.08	370011	MØLLEBRO- SOLKÆR Å
Q370034	104.53	2	37.03	370034	HADERSLEV- HADERSLEV MØLLESTRØM
Q370037	22.93	1	37.01	370037	TILL. T. HADERSLEV DAM- SKALLEBÆK
Q370038	65.14	2	37.04	370038	VED RENSNINGSANLÆG- TAPS Å
Q370039	30.15	1	37.09	370039	VADBRO- SILLERUP BÆK
Q380020	10.96	1	38.15	380020	T.T. JELS OVERSØ- BLÅ Å (LILLEÅ)
Q380023	118.33	2	38.11	380023	V. BREMKROG- HJORTVAD Å
Q380024	675.53	3	38.01	380024	V. STAVNAGER BRO- RIBE Å
Q380097	111.25	2	38.2	380097	BEVTOFT- GELS Å
Q390001	94.06	2	39.09	390001	BRØNS V.FORSØGS DAMBRUG- BRØNS Å
Q390002	43.48	1	39.11	390002	VADEHAVET- REJSBY Å
Q40002	249.65	3	4.02	40002	GL. KLITGÅRD- LIVER Å
Q410012	12.41	1	41.1	410012	T.T.GENNER BUGT- ELSTED BÆK
Q410014	19.78	1	41.07	410014	T.T.FLENSBORG FJORD- FISKBÆK
Q410016	13.55	1	41.09	410016	T.T.MJANG DAM- ALS- PULVERBÆK
Q410017	16.34	1	41.04	410017	ÅBENRÅ- SLOTSMØLLE Å
Q410020	30.87	1	41.14	410020	BLANSSKOV- BLÅ Å - BOVRUP BÆK
Q410023	12.41	1	41.13	410023	S FOR VESTERMØLLE - OS STYRT- NORD-BORG BÆK
Q420014	32.47	1	42.35	420014	T.T.LILLE SØGÅRD SØ- BJERNDRUP MØL-LEÅ
Q420016	539.99	3	42.34	420016	RØRKÆR- GRØNÅ
Q420020	34.94	1	420020	420020	T.T. ST.SØGÅRD SØ- C6- STORE SØ- GÅRDSØ- TILLØB C6
Q420021	247.88	3	42.14	420021	EMMERSKE- VIDÅ
Q420022	44.03	1	42.38	420022	AFLØB C2- BJERNDRUP MØLLEÅ
Q420074	102.9	2	42.01	420074	ARNDRUP- ARNÅ
Q430001	136.79	2	43.04	430001	MØLLEBRO (4.6)- STORÅ
Q430003	28.02	1	43.03	430003	3.05- RINGE Å
Q430007	29.12	1	43.05	430007	2.90- VIBY Å
Q440020	168.76	2	44.12	440020	3.90- VINDINGE Å
Q440021	127.63	2	44.08	440021	NS ULLERSLEV RENS. (9.90)- VINDINGE Å
Q450001	535.07	3	45.26	450001	EJBY MØLLE- NS RENS (ST 8.45)- ODENSE Å
Q450002	535.04	3	45.02	450002	NS EJBY SLUSE (9.45)- ODENSE Å
Q450003	485.86	3	45.21	450003	Kratholm (22.35)- ODENSE Å
Q450004	301.62	3	45.01	450004	NØRRE BROBY (ST 35.80)- ODENSE Å
Q450005	78	2	45.22	450005	STAVIS BRO (ST 8.25)- STAVIS Å
Q450043	64.74	2	45.27	450043	1.20- LINDVED Å
Q450045	29.51	1	45.28	450045	AFLØB ARRESKOV SØ- ODENSE Å
Q450058	28.28	1	45.24	450058	3.45- GEELS Å
Q450080	31.85	1	45.2	450080	ST. 2.0 KM- HOLMEHAVE BÆK
Q460001	102.51	2	46.02	460001	ST 5.3- BRENDÅ
Q460017	78.48	2	46.04	460017	3.10- HÅRBÅY Å
Q460020	61.94	2	46.03	460020	SANDAGER KIRKEMADE (3.40)- PUGE MØL-LEÅ
Q460030	71.06	2	46.01	460030	ÅRUP- BRENDÅ
Q470001	57.77	2	47.15	470001	ST 6.86- HUNDSTRUP Å
Q470035	32.71	1	47.08	470035	2.40- SYLTEMÅE Å
Q470036	39.98	1	47.09	470036	1.80- VEJstrup Å
Q470037	53.33	2	47.1	470037	1.80- STOKKEBÆKKEN

Q480004	128.19	2	48.15	480004	ØRNEVEJ- ESRUM Å
Q480007	36.31	1	48.04	480007	V. HANEBJERGGÅRD- HØJBRO Å
Q480010	57.75	2	480010	480010	PARKVEJ- SØBORG KANAL
Q490054	256.62	3	49.06	490054	ARRESØDAL SLUSE- ARRESØ KANAL
Q490057	19.38	1	49.19	490057	PUMPESTATION- LYNGBY Å
Q490059	20.36	1	49.18	490059	OLDTIDSVEJ- RAMLØSE Å
Q490061	11.85	1	49.17	490061	SØSTERBRO MØLLE- ÆBELHOLT Å
Q490066	31.88	1	49.07	490066	BENDSTRUP- PØLE Å
Q490082	39.24	1	490082	490082	ORNED PLANTAGE- TIBBERUP HOLME- PØLE Å
Q490092	93.41	2	49.27	490092	OS ALSØNDERUP ENGE- PØLE Å
Q490094	98.88	2	490094	490094	Ns Alsønderup Enge- PØLE Å
Q50003	238.65	3	5.04	50003	FÆBROEN- VOER Å
Q500046	34.45	1	50.21	500046	FISKEBÆK BRO- FISKEBÆK
Q500051	120.14	2	50.1	500051	STAMPEN MØLLE- MØLLEÅ
Q500056	62.43	2	50.05	500056	V. JELLEBRO- NIVE Å
Q500057	74.81	2	50.06	500057	NIVE MØLLE- USSERØD Å
Q510001	36.73	1	51.06	510001	MARKE BRO- SVINNINGE Å
Q510002	35.52	1	51.08	510002	BUTTERUP BRO- KALVEMOSE Å
Q510018	23.48	1	51.05	510018	BREGNINGE- BREGNINGE Å
Q510020	62.3	2	51.13	510020	Audebo- LAMMEFJORD SØKANAL
Q510022	25.31	1	51.14	510022	VEJLE BRO- SVINNINGE Å
Q510024	106.92	2	51.07	510024	NYBRO- TUSE Å
Q510025	20.16	1	51.09	510025	V. ÅHUSE- EJBY Å
Q510026	33.92	1	51.1	510026	V. KRAGEBRO- ELVERDAMSÅEN
Q510047	13.47	1	51.2	510047	GAMLEBRO- KALVEMOSE Å
Q520020	29.12	1	52.4	520020	NYBØLLEVAD BRO- NYBØLLE Å
Q520022	38.34	1	52.41	520022	KNARDRUPVEJ- JONSTRUP Å
Q520025	25.37	1	52.07	520025	V. HØRUP- LINDEBJERG- GRÆSE Å
Q520029	102.7	2	52.08	520029	STRØ BRO- HAVELSE Å
Q520035	28.69	1	52.13	520035	V. FREDERIKSSUND- UDESUNDÅ
Q520039	110.51	2	52.14	520039	V. VEKSØ BRO- VÆREBRO Å
Q520063	67.84	2	52.21	520063	S. F. GUNDSØGÅRD- HOVE Å
Q520064	54.62	2	52.2	520064	HOVE MØLLE- HOVE Å
Q520068	175.16	2	52.3	520068	STOREMØLLEBRO- LANGVAD Å
Q520069	64.35	2	52.17	520069	FLÆDEVAD BRO- LAVRINGE Å
Q520070	27.45	1	52.26	520070	VED LILLEBRO- LEDREBORG Å
Q520076	28.92	1	52.18	520076	SØNDERGÅRDE- TOKKERUP Å
Q520088	20.55	1	52.35	520088	HULE MØLLE- LEDREBORG Å
Q520089	79.51	2	52.15	520089	ASSERSMØLLE- LANGVAD Å
Q520198	32.11	1	52.22	520198	UVELSE BRO- KOLLERØD Å
Q520199	27.06	1	52.55	520199	ST. VALBY V. ÅGERUPVEJ- MAGLEMOSE Å
Q530010	25.51	1	53.02	530010	PILEMØLLEN- LL. VEJLE Å
Q530011	51.85	2	530011	530011	VEJLEBROVEJ- ST. VEJLE Å
Q530028	63.84	2	53.08	530028	LANDLYSTVEJ- DAMHUSÅEN
Q530042	44.77	1	53.1	530042	VED FÆSTNINGSKANALEN- HARRESTRUP Å
Q530054	24.49	1	53.16	530054	V. ÅVAD- SKENSVED Å
Q530095	20.05	1	53.18	530095	Os Kildeplads- ns Spang- ST. VEJLE Å
Q540002	13.97	1	54.04	540002	DYSSEGÅRD- FLADMOSE Å
Q550015	417.72	3	55.08	550015	AFLØB TISSØ- NDR. HALLEBY Å
Q550017	111.59	2	55.06	550017	UGERLØSE BRO- ÅMOSE Å

Q550018	291.32	3	55.01	550018	BROMØLLE- ÅMOSE Å
Q560001	56.29	2	56.1	560001	FÅRDRUP- BJERGE Å
Q560002	69.22	2	56.09	560002	JOHANNESDAL- SEERDRUP Å
Q560003	59.49	2	56.15	560003	SKRÆTHOLM- TUDEÅ
Q560005	260.18	3	56.11	560005	VALBYGARD- TUDEÅ
Q560006	15.83	1	56.02	560006	KRAMSVADGÅRD- HARRESTED Å
Q560007	148.14	2	56.06	560007	ØRSLEV- TUDEÅ
Q560009	24.11	1	56.14	560009	DAMBRO- BJERGE Å
Q570044	15.05	1	57.54	570044	HULEBÆKSHUS- HULEBÆK
Q570049	62.48	2	57.01	570049	GRØNBRO- SALTØ Å
Q570050	611.33	3	57.04	570050	NÆSBY BRO- SUSÅ
Q570052	21.42	1	57.52	570052	JØRGENSEMINDE- FLADSÅ
Q570053	67.9	2	57.37	570053	RETTESTRUP- FLADSÅ
Q570054	34.42	1	570054	570054	N. F. BØGESKOV- JYDEBÆK
Q570055	146.32	2	57.49	570055	NS. HARRESTED Å- SALTØ Å
Q570056	119.86	2	57.46	570056	TVEDEBRO- SUSÅ
Q570057	265.21	3	57.21	570057	VETTERSLEV BRO- SUSÅ
Q570058	756.08	3	57.12	570058	S.F. HOLLØSE BRO- SUSÅ
Q570059	43.24	1	57.51	570059	STORKEBJERG- TORPE KANAL
Q570060	25.37	1	570060	570060	GANGESBRO- VALMOSE GRØFT
Q570063	12.97	1	57.58	570063	OS HARALDSTED BY- HARALDSTED Å
Q570066	194.66	2	57.08	570066	LILLE-SVENSTRUP- RINGSTED Å
Q570068	72.08	2	57.32	570068	VÆRKEVAD BRO- VIGERSDAL Å
Q570179	250.03	3	570179	570179	ALMTOFTE- SUSÅ
Q580047	134.15	2	58.07	580047	V. LELLINGE DAMBRUG- KØGE Å
Q590005	44	1	59.05	590005	V. KROGBÆKS BRO- KROGBÆK
Q590006	130.26	2	59.01	590006	V. LL. LINDE- TRYGGEVÆLDE Å
Q590008	32.4	1	59.1	590008	EGØJE- VEDSKØLLE Å
Q590009	55.67	2	59.09	590009	ØSTER BRO- TRYGGEVÆLDE Å
Q590010	36.97	1	59.11	590010	SYD FOR LØGHUS- NS TILLØB- STEVNS Å
Q60001	284.72	3	6.02	60001	MANNA- RY Å
Q600024	19.3	1	60.06	600024	BORRESHØVED- FAKSE Å
Q600028	11.68	1	600028	600028	KROBRO- KROBÆK
Q600029	48.8	1	60.07	600029	PUMPESTATION INDV.- KØNG Å
Q600031	42.88	1	60.04	600031	SAGEBY BRO- MERN Å
Q600032	43.97	1	60.09	600032	PUMPESTATION- NÆS Å
Q600034	25.8	1	60.14	600034	PUMPESTATION- SØMOSE BÆK
Q600035	18.48	1	60.13	600035	TRANEGÅRD- TRANEGÅRD LILLE Å
Q600036	54.02	2	60.03	600036	TUBÆK MØLLE- TUBÆK
Q600037	27.29	1	60.05	600037	RIDE BRO- VIVEDE MØLLEÅ
Q610010	29.71	1	61.06	610010	PST. BØTØ NOR S-INDVENDIG(1F)- SYDKA-NALEN
Q610011	30.19	1	61.04	610011	LUNDBY BRO- SØRUP Å
Q610012	36.06	1	61.01	610012	TINGSTED- TINGSTED Å
Q610013	54.85	2	61.03	610013	RODEMARK- FRIBRØDRE Å
Q610015	47.46	1	61.05	610015	PST. BØTØ NOR N-INDVENDIG(2F)- NORD- KANALEN
Q620011	67.29	2	62.06	620011	PUMPESTATION INDV.- HALSTED Å
Q620012	30.38	1	62.03	620012	BORGE BRO- HALSTED Å
Q620015	24.57	1	62.02	620015	LILLE KØBELEV- MARREBÆKSRENDE
Q620017	85.17	2	62.04	620017	PUMPESTATION INDV.- RYDE Å
Q620022	16.91	1	62.1	620022	N.F. HULEBÆK HUSE- ÅMOSE RENDEN

Q630007	41.01	1	63.02	630007	KRENKERUP- SAKSKØBING Å
Q640025	39.83	1	64.1	640025	STRÆDESKOV (32L)- NÆLDEVADS Å
Q650001	203.1	3	65.01	650001	KRAMNITZE PUMPESTATION- HOVEDKANAL- 39
Q660014	42.59	1	66.01	660014	ved målestation 650 m OS havet- Bagge Å
Q670017	48.73	1	67.05	670017	SØ for Boesgård- Øle Å
Q670018	24.33	1	67.04	670018	250 m opstrøms vej Gudhjem-Svaneke- Kobbe Å
Q70003	104.17	2	7.01	70003	ELKÆR BRO- LINDHOLM Å
Q80001	153.79	2	8.02	80001	MELHOLT KIRKE- GERÅ
Q90015	36.31	1	9.09	90015	KÅSTRUP- STORÅ
Q90021	121.7	2	9.08	90021	OLAND-TRANUM PUMPESTATION- TRANUM Å
Q90022	27.95	1	9.07	90022	LANGVAD BRO- TØMMERBY Å