Lokalt baseret vandplan – Ringkøbing Fjord

I 2023 blev en mere lokalt baseret tilgang til at lave vandområdeplaner testet – såkaldte "Kystvandråd". Ved Ringkøbing Fjord og opland omhandlede det bl.a. næringsstofindsats i oplandet og styring af saliniteten i fjorden via slusen i Hvide Sande. Nye integrerede fjord- og oplandsmodeller blev opsat og via Kystvandrådet var lokale interessenter involveret i arbejdet fra start til slut.

Flemming Gertz, Helle Møller Holm, Joao G. Ferreira, Léonard Bernard-Jannin, Alhambra M. Cubillo, João D Lencart e Silva, Morten Holtegaard Nielsen, Hans Estrup Andersen, Helle Borum & Lene Moth

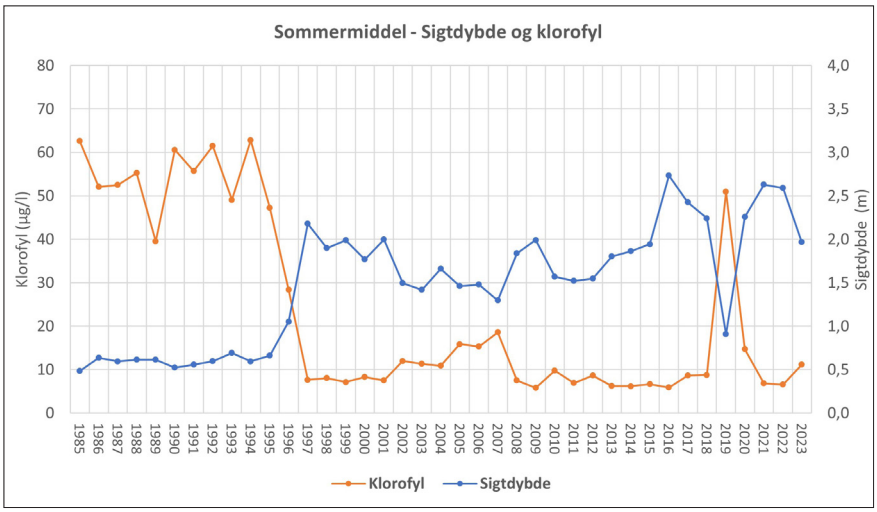

Fig 1. Sommermiddel klorofyl og sommermiddel sigtedybde fra 1985 til 2023.

Indledning

Folketinget besluttede i forbindelse med landbrugspakken i 2021 at afsætte 16. mio. kr. til at teste en ny tilgang til at lave Vandområdeplaner. Det blev besluttet, at der i udvalgte marine vandområder skulle gennemføres lokalt funderede analyser for at afdække, om der kan findes andre veje til at opnå målopfyldelse, jf. EU's Vandrammedirektiv. Partnerskabet ved Ringkøbing Fjord fik som et af fire partnerskaber bevilling til arbejde som "kystvandråd". Mere om Kystvandråd /1/.

Ringkøbing Fjord Kystvandråd

Kystvandrådet for Ringkøbing Fjord bestod af 13 interesseorganisationer samt fire kommuner, som også deltog i møderne. Interessenterne bestod af grønne organisationer, landbrug, fiskeri og vandselskaber.

Ringkøbing-Skjern Kommune havde overordnet ansvaret, men delte koordinationsrollen med vestjysk og SEGES i en koordinationsgruppe. Dertil kom en teknikergruppe bestående af teknikere fra oplandskommuner og efter ønske fra Kystvandrådets medlemmer, blev der nedsat en fiskegruppe. Der blev afholdt i alt otte møder i Kystvandrådet over perioden fra marts til december 2023, hvor de faglige udregninger, som blev tilvejebragt af faglige konsulenter, indgående blev drøftet. Alle faglige rapporter, mødereferater, evaluering mv. kan findes på kommunens hjemmeside /2/.

Forvaltningsmæssige udfordringer

Det er videnskabeligt velbeskrevet, at miljøtilstanden i Ringkøbing Fjord, dels er påvirket af næringsstoffer fra oplandet men også, at styringen af slusen spiller en stor rolle for tilstanden /3/&/4/. Med styring af vandgennemstrømningen ved slusen kan saliniteten i fjorden styres og dermed påvirke filtration af planktonalger fra sandmuslinger. Sandmuslingerne kræver en vis salinitet, og ved øgning af saliniteten med få promille midt i 1990'erne, kunne sandmuslinger etableres i meget stort omfang, hvilket kraftigt påvirkede fjordens økosystem i positiv retning (fig1).

De forvaltningsmæssige udfordringer kommer til udtryk på den måde, at systemet opfører sig anderledes end de fleste danske fjorde. Dvs. der er en ikke helt så ligetil sammenhæng mellem næringsstoffer og mængden af klorofyl (proxy for planktonalger), pga. af sandmuslingernes filtration, og eutrofieringen kommer derfor også særligt til udtryk i form af søsalat og epifytter på bundplanterne. Klorofyl er måleparameter (kvalitetselement) jf. Vandrammedirektivet (VRD) og derfor også måleparameter for tilstanden i de danske Vandområdeplaner, mens søsalt og epifytter ikke er kvalitetselementer jf. VRD.

I forbindelse med det forberedende arbejde til Vandområdeplaner 2021-2027 (VP3) nåede Aarhus Universitet og DHI frem til to forskellige resultater for kvælstofs betydning for mængden af klorofyl i fjorden. Aarhus Universitet anvendte en statistisk metode og kunne

ikke finde en sammenhæng mellem kvælstoftilførsel og sommerklorofyl, mens DHI, som opsatte en mere avanceret hydrodynamisk og økologisk model, godt kunne finde en vis sammenhæng. Dette endte ud i, at VP3 indeholder et kvælstofreduktionskrav med henblik på at nedbringe klorofyl. Der var et lokalt ønske om at forstå disse sammenhænge dybere, og det var desuden væsentligt, at få klarlagt slusens kapacitet i forhold til saltholdigheden i fjorden under tiltagende vanskelige klimaforhold, herunder særligt stigende afstrømning fra oplandet og højere vandstand i havet. De modeller som AU og DHI havde opsat, indeholdt ikke information om sluseoperationer, og samlet blev det derfor besluttet at opsætte en række modeller med henblik på at lave integrerede fjord- og oplandsberegninger for at kunne besvare de forvaltningsmæssige spørgsmål relateret til sluse, fjord og opland mere detaljeret, end det var gjort i VP3. Den integrerede fjord- og oplandsmodellering består af fem delelementer udført af forskellige konsulenter:

1. Systemforståelse – statistiske analyser (SEGES Innovation)
2. Slusemodel (Marine Science & Consulting ApS)
3. Hydrodynamisk og økologisk model for Fjorden (Longline Environment)
4. SWAT oplandsmodel (Longline Environment/SEGES)
5. Fosformodel - risikokortlægning i oplandet (Aarhus Universitet)

Systemforståelse – statistiske analyser

En statistisk analyse af data viste, at der i årene efter systemskiftet, midt 1990'erne, i en periode var stati-stisk signifikant sammenhæng mellem kvælstoftilførsel og klorofyl. Særligt for perioden 2007-2014 og til dels også for perioden 2002-2014 (tabel1). For perioderne 1998-2019 og 2008-2019 var der ingen sammenhæng. Analysen bekræfter således både resultater fra Aarhus Universitet, som kun havde kigget på den lange tidsperiode og dermed ikke fundet en sammenhæng og resultater fra DHI, som kunne finde en vis sammenhæng. Analysen indikerer, at der har været perioder, hvor filtreringen fra muslinger ikke har været optimal. Analysen viser også, at fjorden har opnået målet i VP3, hvad angår klorofyl, i perioden 2010-2023, når 2019 og 2020 ekskluderes. I 2019 var bestanden af muslinger faldet som følge af særligt lave saltholdigheder i foråret /2/, men hurtigt genoprettet de følgende år ved reetablering af højere saltholdighed. Data indi-kerer således, at hvis slusen har tilstrækkelig kapacitet til at styre vandgennemstrømningen og opretholde tilstrækkelig høj salinitet, så vil sandmuslingerne kunne filtrere fjorden til god økologisk tilstand hvad angår klorofyl.

Fig.2. Foto af slusen ved Hvide Sande, set fra havsiden. Foto: Joao G. Ferreira.

Slusemodel

For at undersøge slusens kapacitet for vandgennemstrømning og dermed kapacitet til at opretholde en tilpas høj salinitet i fjorden, er det nødvendigt at inddrage alle sluseoperationer. Slusen i Hvide Sande har 14 sluseporte, der kan opereres individuelt. Vandstandsforskellen og densitetsforskellen mellem fjorden og havet driver gennemstrømningen. Vandfriktionen i havnebassinet har stor indflydelse på vandgennemstrømningen og varierer over tid, dels fordi havnens udformning ændres, dels fordi der sker erosion og aflejring af sediment i og uden for havnen (fig. 2).

Til at beskrive dette blev der anvendt en model udviklet af Marine Science & Consulting ApS, og som er videnskabelig beskrevet /5/ og tidligere blev anvendt af daværende Ringkjøbing Amt. Modellen blev rekalibreret grundet ændringer i havnens konstruktioner, som påvirkede vandgennemstrømningen. Modellen blev sat op for år 2017 og 2019 og er i stand til at beskrive vandstand og salinitet i fjorden tilfredsstillende /2/. Der blev foretaget en række scenarier for at teste slusens kapacitet. Scenariekørslerne viste, at slusen har kapacitet til at opretholde en tilstrækkelig stabil høj salinitet i Ringkøbing Fjord til at understøtte sandmuslingernes tilstedeværelse. Kollapset af fjordens muslingebestand i 2019 kunne være undgået ved ændringer i slusens drift på trods af en stor afstrømning fra oplandet. Hvis man anvender en pumpe til at øge udstrømningen fra fjorden, vil det være muligt at modvirke de klima-betingede ændringer af forholdene i fjorden. Det er meget sandsynligt, at en ændret brug af slusen også vil kunne modvirke effekterne af klimaforandringer.

Hydrodynamisk og økologisk model for Fjorden

Til at beskrive den økologiske tilstand i fjorden, og lave scenarier for miljøtilstanden ved ændringer af næringsstoftilførsler, blev der opsat et modelkompleks for fjorden. Det består af en hydrodynamisk model og en økologisk model. Den hydrodynamiske model består af en open-source "Delft3D-Flow model", som deler fjorden ind i 132 m gange 116 m celler og 12 vertikale lag (fig. 3). Hydrodynamikken i modellen er drevet af ferskvandstilstrømning, ind- og udløb gennem slusen (leveret af slusemodel) og vind. Modellen vurderes at være tilstrækkelig god til at beskrive vandbevægelserne i fjorden herunder vandstand,

Tabel 1. Statistisk korrelation mellem kvælstoftilførsel og klorofyl for forskellige år og forskellige måneder. R^2 værdi varierer fra 0 til 1, hvor 1 er perfekt sammenhæng.

	korrelation TN-tilførsel til klorofyl		
	TN-tilførsel (maj-aug) klorofyl (may-sep)	TN-tilførsel (juni-aug) klorofyl (juni-aug)	TN-tilførsel (jan-aug) klorofyl (maj-sep)
år	R^2	R^2	R^2
1998-2019	0,01	0,002	0,01
1998-2018	0,09	0,13	0,02
1998-2014	0,18	0,18	0,05
2002-2014	0,48	0,35	0,17
2007-2014	0,88	0,81	0,68
2008-2018	0,001	0,02	0,09
2008-2019	0,02	0,003	0,05

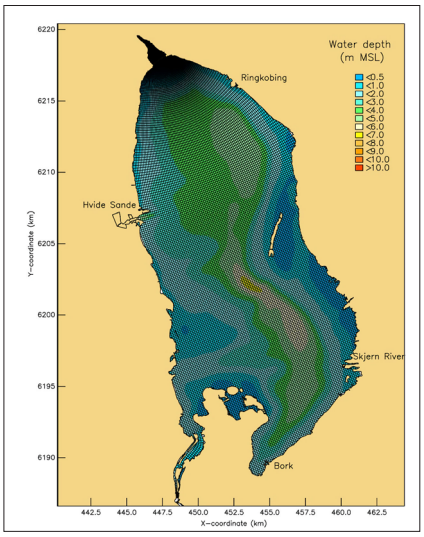

Fig. 3. Ringkøbing Fjord inddelt i 114 gange 278 grid celler, samt dybdeforhold markeret med skala.

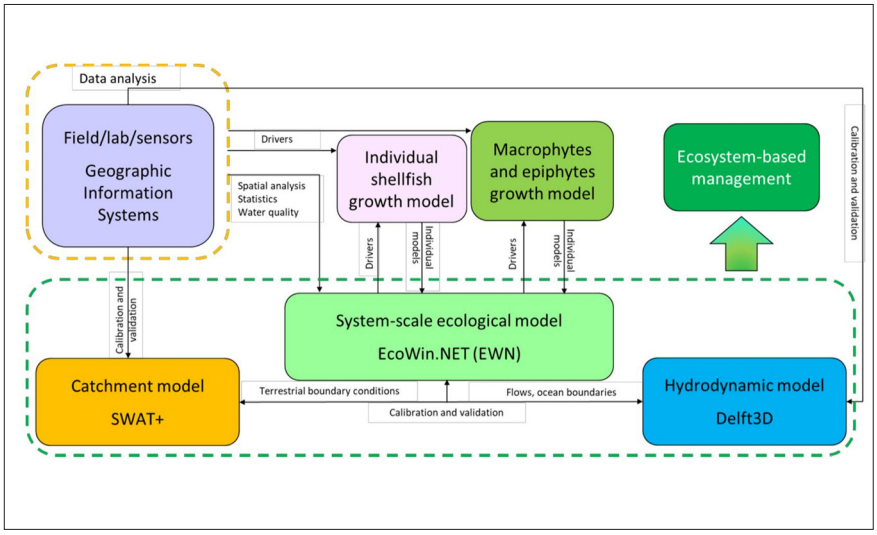

Fig. 4. Nøglekomponenter i den økologiske modellering anvendt for Ringkøbing Fjord

salinitet og lagdeling, som et grundlag for den økologiske model /2/.

Den økologiske model er opbygget i EcoWin af Longline Environment og er specifikt tilpasset de vigtigste biologiske processer i fjorden. Eutrofiering i fjorden er et kompliceret samspil mellem tilførsler af næringsstoffer, optag i biomassen, hhv. planktonalger, bundplaner og "skidttalger" (fx søsalat, trådalger), og sandmuslingernes filtration. Saltholdigheden spiller en vigtig rolle – dels påvirkes bestanden af sandmuslinger og dels kan indstrømmede vand fra Vesterhavet danne bundlag, hvor ilten hurtigt kan blive opbrugt i sommerperioden. Den økologiske model er inddelt i 25 bokse, der beskriver overfladelaget og 25 bokse, der beskriver bundlaget. Minimering af beregningsceller fra over 200.000 i den hydrodynamiske model til kun 50 i den økologiske model, reducerer beregningstid og beregningskapacitet kraftigt, hvilket gør det muligt at køre flere scenarier hurtigere og dermed mere forvaltningsegnet. Modellen indeholder 9 objekter, 61 tilstandsvariable og 20 forceringsfunktioner og kører i en periode på ti år med et tidstrin på 15 minutter.

For at beskrive økosystemet blev der udviklet specifikke moduler til EcoWin-modellen til at beskrive sand-muslingernes vækst og vækst af bundplanter og epifytter (fig4). Hvad epifytter (trådalger/algebelægninger mv) angår, så var der ikke data til rådighed til at kalibrere vækst af epifytter. Det viste sig også, at på trods af, at der årligt indsamles sandmuslinger på 15-20 stationer, så er der usikkerhed vedr. populationsstørrelsen, fordi dynamikken i overlevelse og ny indvandring af sandmuslinger er betydelig, og derfor er det svært at beskrive helt korrekt i modellen. Samlet set er der opsat en model, der beskriver de vigtige kemiske og biologiske komponenter i fjorden og kalibringen af kvælstof, organisk stof mfl. er relativ god (fig5). Kalibrerin-gen af klorofyl var lidt sværere /2/. Generelt underestimerer modellen klorofyl om vinteren og dele af sommeren og overestimerer forårsopblomstringen. Enkelte år er der observeret høje "klorofyl-toppe", der er i over-ensstemmelse med modellen. Underestimeringen af klorofyl skyldes formentligt til dels resuspension af bentiske alger, som modellen ikke beskriver. Modellen bekræfter, at uden muslingernes filtration ville klorofyl have været op til 16 gange højere. Dette indikeres også af data fra 2019, hvor muslingernes filtration falder, og klorofyl bliver høj.

Scenariekørsler viste, at med en reduktion i kvælstofbelastning på hhv. 17,5% og 35 %, så reduceres som-merklorofyl med hhv. 0,1-1,7 μg/l og 0,2-4,2 μg/l, samtidig med en nedsat risiko for epifytter. Intervallet af-spejler, hvorvidt sandmuslingerne filtrerer optimalt eller mindre optimalt.

SWAT oplandsmodel

SWAT+ (Soil and Water Assessment Tool Plus) er en avanceret hydrologisk model, der bruges til at vurdere og simulere de komplekse interaktioner mellem arealanvendelse, klima og vandressourcer inden for et specifikt opland. Ringkøbing Fjord har i modellen et areal på 3372 km^2. Der er anvendt 109 deloplande med et gennemsnitligt areal på 31 km^2. Disse 109 underbassiner er blevet underopdelt i mindre drænede områder og adskilt mellem højbundsjord og ådale, hvilket har ført til oprettelsen af 433 landskabsenheder i alt. Der er 14 udløb i fjorden, som indgår i fjordmodellen, hvoraf det største er Skjern Å. Der er 9 søer integreret i modelafgrænsningen, herunder Stadil Fjord (fig6). I modellen indgår et omfattende datasæt for landbrugspraksis, og der er anvendt 20 typesædskifter til at simulere kvælstofudvaskningen. Spildevand fra renseanlæg indgår også i modellen.

Modelkalibreringen for de største vandløb viser god overensstemmelse med målte værdier for vandafstrømning /2/ og nitratkoncentrationer (fig7). Der blev foretaget forskellige modelscenarier. Indledningsvist blev der foretaget to følsomhedsanalyser, hvor hhv. alt landbrug blev omlagt til græs og hhv. alle potentielle ådale blev lavet til vådområder. I sidstnævnte tilfælde svarede det til 54.000 ha vådområder og en 74% reduktion i kvælstof til fjorden, hvilket naturligvis er urealistisk grundet infrastruktur mv. Resultatet af følsomhedsanalysen viste, at det var mere effektivt at lave vådområder end at udtage dyrket jord. Der var derfor enighed i Kystvandrådet om at prioritere etablering af vådområder. Der blev foretaget en række mere realistiske scenarier for etablering af vådområder på hhv. 22.000 ha og 27.000 ha vådområder, som resulterede i kvælstofreduktion på hhv. 30 % og 38 %, hvoraf det sidste modsvarer kvælstofreduktionsmålet i VP3.

Fosformodel – risikokortlægning i oplandet

Ringkøbing Fjord er i perioder også næringsstofbegrænset af fosfor, hvorfor det er relevant at lave tiltag til reduktion af fosfor i oplandet. Aarhus Universitet opsatte en fosformodel, der kan beregne fosfortabet fra det åbne land akkumuleret på ID15 niveau /2/. Beregningerne viste, at de mest betydende diffuse tabsveje for fosfor er brinkerosion og tab fra dyrket organisk jord, som udgør hhv. 60% og 24% af den samlede diffuse fosfortilførsel. Et

af de virkemidler, som kan modvirke brinkerosion, er træplantning på brinkerne. Dette tiltag blev generelt ikke anset som ønskeligt i Kystvandrådet og hos kommuner, hvorfor det kun blev foreslået langs 10% af de mindste vandløb. Vådområder, hvis anlagt rigtigt, kan være effektive til reduktion af fosfor, og det blev af kystvandrådet besluttet, at minimum 25% af vådområderne skal anlægges, med periodevis oversvømmelse af de vandløbsnære arealer, med henblik på fosforfjernelse.

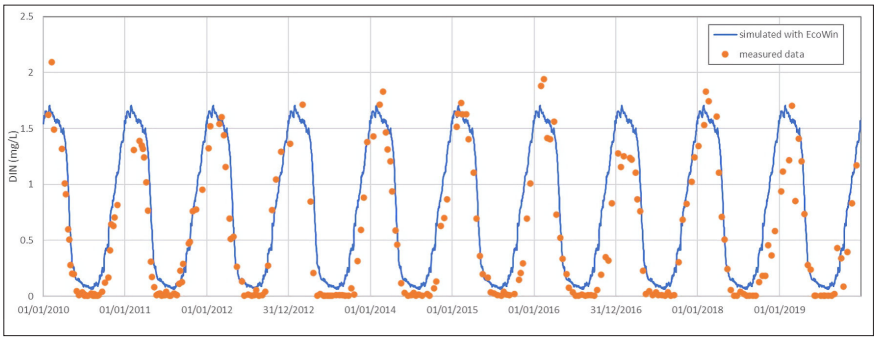

Fig. 5. Simuleret uorganisk kvælstof (DIN) og målinger (orange punkter) for 2010-2019.

Konklusioner og anbefalinger fra Kystvandrådet

Undersøgelserne har vist, at slusen har tilstrækkelig kapacitet til at understøtte muslingernes filtration og dermed nå målet i VP3 for klorofyl. Tilstrækkelig høj saltholdighed giver muslingerne optimale betingelser for at filtrere vandet til en maksimal sommerklorofyl-koncentration på 8,4 μ/l. Ved at reducere næringsstoffer, primært kvælstof, fra oplandet, minimeres væksten af søsalat (Ulva) og vækst af epifytter på havgræsser og dermed er næringsstofreduktioner fra oplandet primært medvirkende til at skabe bedre vækstbetingelser for havgræsserne, så de kan sprede sig i fjorden og nå den fastsatte dybdegrænse på mindst 3,1 meter. Kystvandrådet har indsendt to scenarier til Miljøstyrelsen, hvor kvælstof reduceres med hhv. 17 % og 38 % ved anvendelse af vådområder, samt dertil en fosforreduktion på lidt over 80 ton P primært ved brug af vådområder. Dertil kommer, at Kystvandrådet anbefaler bedre overvågning af epifytter på vegetationen, bedre overvågning af havgræsser, bedre overvågning af sandmuslingerne samt anbefaling om at opstarte udplantning af ålegræs/havgræs på udvalgte lokaliteter i fjorden.

Perspektiver

Den lokalt baserede tilgang til vandplanlægning, som blev testet i Ringkøbing Fjord og tre andre steder i 2023, blev evalueret af Aarhus Universitet og faldt positivt ud. Generelt finder Aarhus Universitet, at Kystvandrådet effektivt har inddraget forskellige interessenter og produceret holdbare løsninger for fjorden, baseret på lokale forhold og interesser /2/. Evalueringen udtrykker generelt den entusiasme og involvering, som var til stede blandt deltagerne. Netop involvering og ejerskab til processerne er formentligt årsagen til, at der en række andre steder i landet arbejdes videre med mere lokal inddragelse, fx Odense Fjord Samarbejdet, Vejle Ren Fjord, Hjarbæk Fjord og Haderslev Fjord, hvor der netop er opstartet et ambitiøst projekt. Flere andre steder ses spirende og nystartende projekter, hvor lokal inddragelse giver det medejerskab, der er nødvendigt for at finde lokalt tilpassede løsninger og nå ambitiøse mål.

Referencer

/1/ Gertz, F. 2023. Kystvandråd – Vandplanlægning 2.0. Vand & Jord 30. årgang, nr.2, Maj 2023.

/2/ Materiale fra Kystvandrådsarbejde, herunder afsluttende rapport: https://www.rksk.dk/om-kommunen/raad-naevn-syn-og-kommissioner/kystvandraad-2023

/3/ Petersen J. K, at al. 2008, Regime shift in a coastal marine ecosystem, Ecological Applications, Volume 18, Issue 2 Pages 497-510, https://doi.org/10.1890/07-0752.1

/4/ Gertz, F. 2021. Miljøtilstanden i Ringkøbing Fjord. Vand & Jord 25. årgang, nr. 3, september 2018.

/5/ Nielsen, M. H. Rasmussen, B. and Gertz, F., 2005. A simple model for water level and stratification in Ringkøbing Fjord, a shallow, artificial estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science 63 (2005) 235–248

Flemming Gertz, Chefkonsulent, SEGES Innovation, flg@seges.dk.

Helle Møller Holm, Konsulent, SEGES Innovation, hmhm@seges.dk.

Joao G. Ferreira, Chief Scientific Officer, Longline Environment Ltd., joao@longline.co.uk

Alhambra Martínez Cubillo, Marine Biologist, Longline Environment Ltd., alhambra.cubillo@longline.co.uk

João Lencart e Silva, Chief Oceanographer, Longline Environment Ltd., joao.lencart@longline.co.uk. Léonard Bernard-Jannin, Chief Hydrologist, Longline Environment Ltd., leonard.jannin@longline.co.uk.

Morten Holtegaard Nielsen, Chief Scientist, Marine Science & Consulting ApS., mhn@msandc.dk.

Helle Borum, Politisk- og Miljørådgiver, vestjysk, hbo@vestjysk.dk

Lene Moth, Fælles projektmedarbejder Ringkøbing-Skjern kommune og Landboforeningen vestjysk, lene.moth@rksk.dk og lmo@vestjysk.dk

Hans Estrup Andersen, PhD Senior scientist, Head of section, Inst. of Ecoscience, Aarhus University, hea@ecos.au.dk

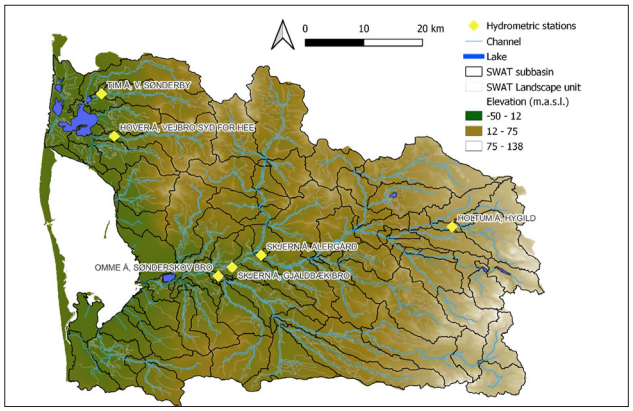

Fig. 6. Ringkøbing Fjord opland inddelt i 109 deloplande, som anvendes i SWAT modellering.

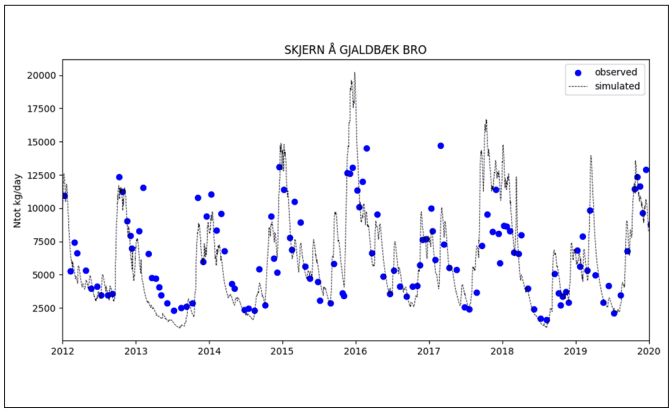

Fig. 7. SWAT+ simulering af kvælstof i Skjern Å sammenlignet med målinger (blå prikker) fra 2012-2020.