

Analyse af øget vandindvinding til markvanding

Vandløbspåvirkning på ID15 niveau for nuværende markvanding
Samt 25 %, 50 % og 100 % øget markvanding

Hans Jørgen Henriksen, Simon Stisen, Lars Trolborg,
Xin He & Lisbeth Flindt Jørgensen



Se 'European Agricultural Fund for Rural Development' (EAFRD)

Indholdsfortegnelse

1.	Kort baggrund for projektet	4
2.	Metodik	5
2.1	Resumé af markvandingsberegninger i "Effekt af vandindvinding"	5
2.2	Fin-tuning af DK model	8
2.3	Scenarie kørsler	10
2.4	Behandling af resultater for ID15 oplande	11
3.	Resultater	13
3.1	Fin-tuning af DK model	13
3.2	Scenarie kørsler og resultater på ID15 oplande	15
3.3	Behandling af resultater for deloplande for 2004-2010	16
3.4	Følsomhedsanalyse for 2008.....	19
4.	Diskussion	26
4.1	Ressourcens størrelse	26
4.2	Usikkerhedsvurdering.....	27
5.	Konklusion	28
6.	Referencer	29
	Appendix A - Markvandinger i Jylland på kommune- og DK-modelområdeniveau	31

1. Kort baggrund for projektet

GEUS har gennemført projektet "Effekt af vandindvinding" for Naturstyrelsen. I dette projekt har GEUS beregnet sandsynligheden for, at den aktuelle vandindvinding, der finder sted i Danmark, medfører en forringelse af den økologiske tilstand i vandløbene. I beregningerne har indgået alle typer vandindvinding, herunder også vandindvinding til markvanding. Projektet er afsluttet med en afrapportering i december 2014.

Nærværende rapport der har fokus på supplerende markvandingsscenarier er udført for SEGES i første halvår 2015. Der er mange steder i Danmark et ønske om at kunne anvende mere vand til markvanding. Det er derfor relevant at analysere, hvordan yderligere vandindvinding til markvanding vil påvirke sandsynligheden for forringelse af den økologiske tilstand i vandløbene. I forbindelse med ovennævnte projekt er en sådan følsomhedsanalyse ikke gennemført.

Opgaven har i forlængelse af "Effekt af vandindvinding" bestået i at beregne sandsynligheden for ændringer i den økologiske tilstand i vandløbene ved øget vandindvinding til markvanding. I "Effekt af vandindvinding" blev markvanding beskrevet ved to scenarier: "Højt scenarie" og "Lavt scenarie". I nærværende markvandingsanalyse er der først foretaget en fin-tuning af DK modellens beskrivelse af markvanding, så markvandingen er så realistisk beskrevet som muligt også i forhold til en maksimal vandingskapacitet som er vurderet til max. 3 mm/dag for større områder. Den fin-tunede model ligger dermed et sted mellem højt og lavt scenarie.

Herefter er der i forhold til den fin-tunede baseline udarbejdet scenarier, hvor vandindvindingen øges med 25, 50 og 100 % i forhold til baseline. De fire scenarier er vist på kort over ID15 oplande for Jylland. Desuden er reference situationen "uden vandindvinding" genberegnet, der anvendes til at vurdere risiko for forringet økologisk tilstand i forhold til ændringer på hydrologiske regime indikatorer (bl.a. smådyr-DVFI og fisk-DFFVa), idet enkelte ID15 oplande er blevet opdateret som et led i nitratmodel videreudviklingen.

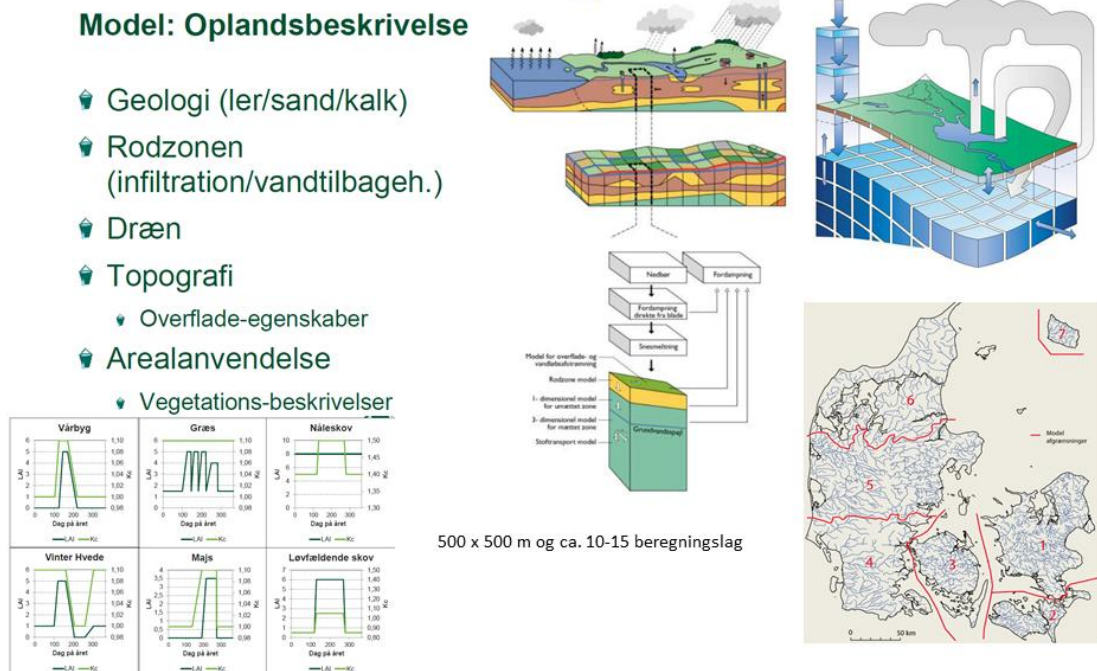
Beregningerne gennemføres grundlæggende efter de retningslinier og med det datagrundlag, som er anvendt i projektet "Effekt af vandindvinding". Da markvanding er stærkt afhængig af aktuelle nedbørsforhold fra år til år, er der foretaget en usikkerhedsvurdering baseret på en følsomhedsanalyse for 2008, som var et år med et markvandingsbehov tæt på tilladt indvinding. Endelig er der som et led i usikkerhedsvurderingen foretaget en beregning af hvordan minimumsvandføringen påvirkes ved de fire scenarier (med udgangspunkt Q95, som er en indikator der anvendes bl.a. i bl.a. England til screeningsformål).

Analysen er afsluttet med nærværende kortfattede skriftlige rapportering, der gør rede for fin-tuning af DK model, scenarie analyser og databehandling/resultater vist på kort for ID15 oplande for Jylland.

2. Metodik

2.1 Resumé af markvandingsberegninger i "Effekt af vandindvinding"

I nærværende afsnit skal beregningsmetodikken fra "Effekt af Vandindvinding" kort opsummeres.

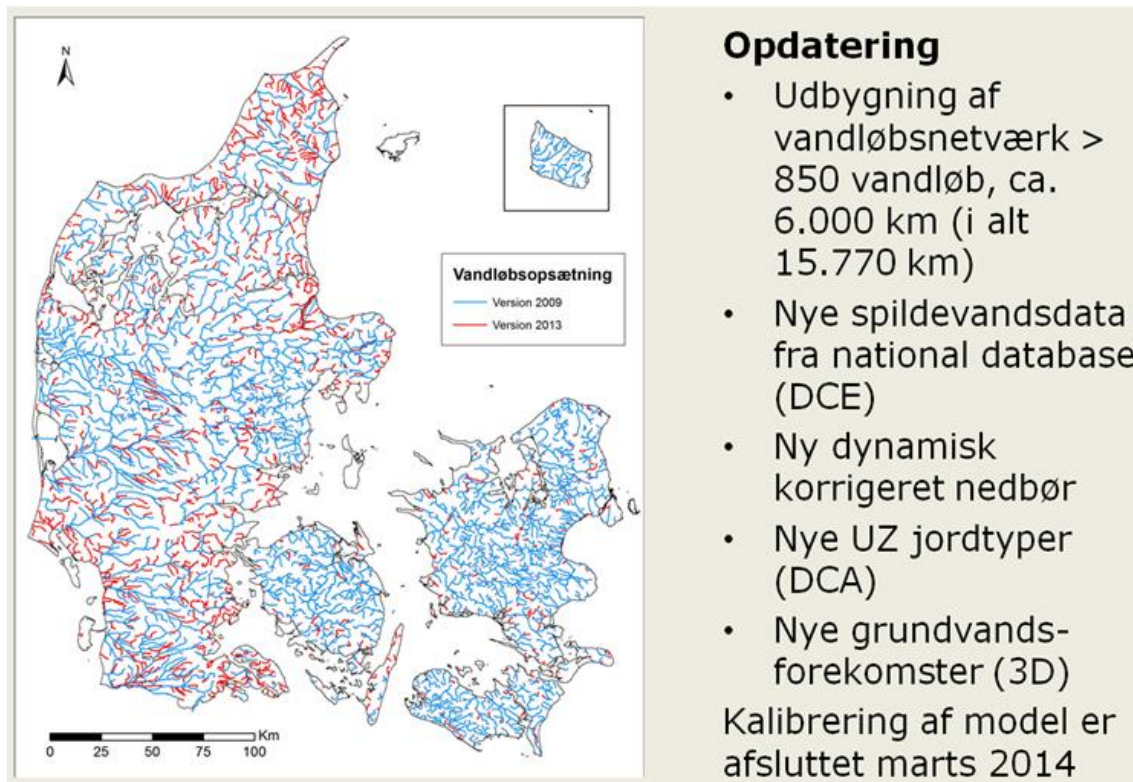


Figur 1. Modelgrundlag DK model

DK-model er en fysisk baseret grundvands-overfladevandsmodel, der beskriver de væsentligste dele af ferskvandets kredsløb (se Figur 1). Med modellen er det muligt at vurdere grundvands-ressourcen under hensyn til ændringer i klimatiske forhold, arealanvendelse og vandindvinding, bl.a. i forhold til vandløbsafstrømningen. DK model er baseret på MIKE SHE/MIKE 11 og beskriver det hydrologiske kredsløb med grundvandsafstrømning i 3 dimensioner og drænastrømning, overfladisk afstrømning, vandløbsafstrømning og umættet zone strømning baseret på en to lags model, hvor fordampningen foregår fra det øverste lag (rodzonen).

Fordampningen fra rodzonen kontrolleres af jordtype- og vegetationsforhold samt af interaktionen med grundvandstanden, der beskrives i MIKE SHE grundvandsmodellen. Vinterhvede, vårbyg, græs, majs, løvskov og nåleskov er typiske vegetationstyper der er beskrevet i DK modellen ud fra antagelser om tidlig udvikling i bladarealindex (LAI), roddebyde og afgrødekoeficient (Kc) for samtlige afgrøder. Markvanding er baseret på en tærskelværdi for hvor stort vanddeficit i rodzonen der skal være før modellen simulerer vanding. Simulerede vandingsmængder sammenholdes i kalibreringen af modellen med indberettede tal til

JUPITER, og tærskelværdier og øvrige vandingsrelaterede parametre tilpasses så vandinger er så realistisk beskrevet som muligt (fx 20-30 mm pr. vanding).



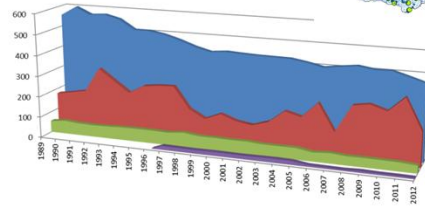
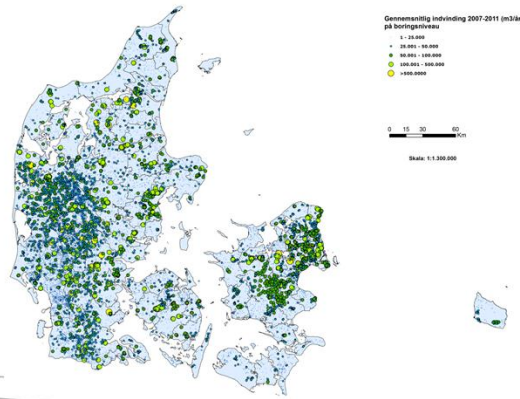
Figur 2. Udbygning af DK model i seneste opdatering i (Version 2014)

Især Nordjylland og Syddjylland har fået tilføjet mange nye vandløb i den seneste opdatering af DK model i forbindelse med Vandområdeplaner. De tilføjede vandløb er vigtige for at kunne udtrække fx daglige vandføringsdata for de 3000 ID15 oplande der benyttes i vandplan sammenhæng (oplandsareal typisk i størrelsesordenen 15 km²). Udover flere vandløb er der foretaget en opdatering af spildevandsudledninger (årliche mængder fra Århus Universitet/DCE), som kan 'tælle på positivsiden' i forhold til vurdering af effekt af vandindvinding, hvor de fx øger minimumsvandføringen, samt bevirker at afstrømningen bliver mere forudsigelig (hvilket er optimalt for bl.a. fisk).

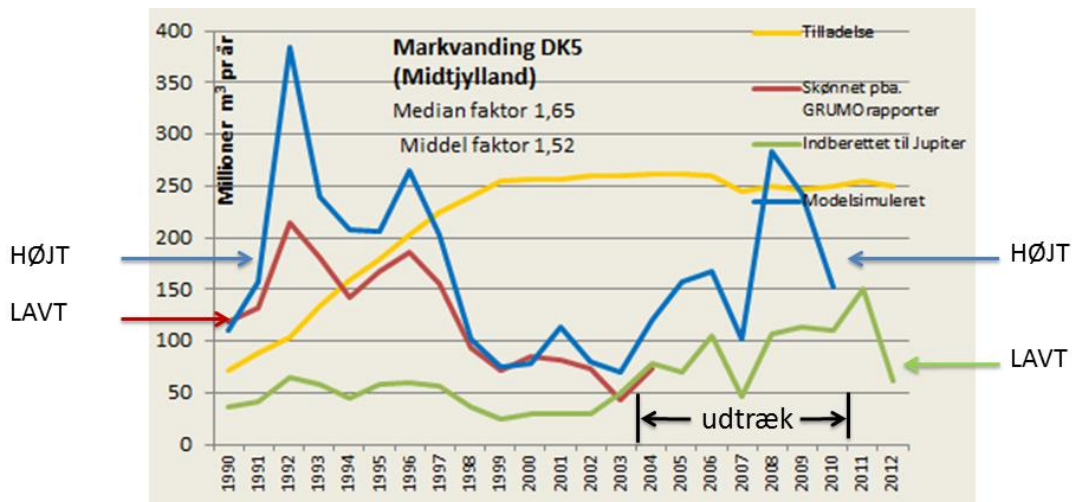
I modellen anvendes ny 10x10 km grid nedbør fra DMI dynamisk korrigeret i forhold til bl.a. vind- og befugtningstab på nedbørsmålere. Desuden er indarbejdet nye jordtype parametre fra Århus Universitet (DCA). I den inverse kalibrering er der foretaget en kalibrering af modellen i forhold til vandløbsafstrømning og trykniveau i grundvand ved hjælp af PEST. Der er ikke som sådan foretaget nogen fuldstændig rekalkibrering af DK model i nærværende projekt (der inkluderer bl.a. hydrauliske ledningsevner og øvrige følsomme parametre). Der er udelukkende kalibreret på nogle få styrende parametre vedr. markvandingen.

Vandind- vinding 2007-2011

Højt scenarie beregnet af DK modellen svarende til optimal vanding jf. afgrødernes behov. Markvanding beregnes i dette tilfælde af modellen baseret på afgrødernes behov og der vandes med ca. 20-30 mm pr. vanding



Lavt scenarie Simulerede markvandingsmængder er afstemt med indberetninger af markvanding til JUPITER



Figur 3. Højt og lavt scenarier for markvanding. Øverst vandindvindinger i Danmark for perioden 2007-2011 samt tidlig variation i vandindvinding 1989-2012. Nederst: Definition af højt og lavt markvandingsscenarie (for Midtjylland) som beskrevet i Effekt af vandindvinding (Henriksen et al., 2014)

Da man ikke kender de daglige tidsserier for oppumpede vandmængder for markvanding er det ikke muligt at regne ud fra faktiske oppumpninger for hver boring. Det er tilstræbt i Effekt af vandindvinding i stedet at regne på to hovedscenarier der omfatter det usikkerhedsbånd der er på indberettede markvandingsmængder. Figur 3 viser hvordan de to hovedscenarier er fremkommet (højt og lavt scenarie).

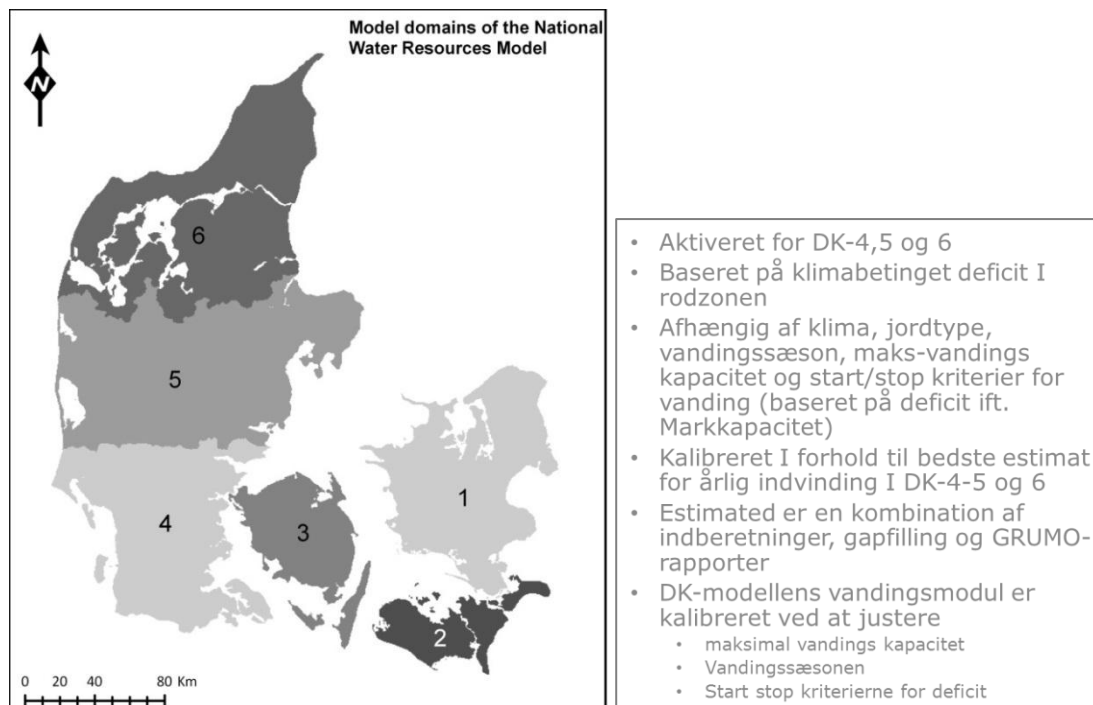
Højt scenarie (Figur 3 og vist for Midtjylland) er et scenarie der er fastlagt med udgangspunkt i den vanding der beregnes med DK model svarende til optimal vanding jf. afgrødernes behov (og delvist styret af jordbundsforhold, afgrødetype og roddybde) og med antagelse om at der vandes 20-30 mm pr. vanding. Det fremgår for perioden frem til 2003 at højt scenarie overvurderer vandingen jf. GRUMOrapporteringen (rød kurve, som er det bedste bud på vandingen i Midtjylland), formentlig fordi vandingskapaciteten i landbruget ikke er tilstrækkelig til optimal vanding i år med stort vandingsbehov (som fx 1992 og 2008).

Bemærk at vandingstilladelser som er vist med orange kurve i Figur 3 er mangelfuldt indberettet til JUPITER i perioden frem til 2003.

Lavt scenarie er et scenarie hvor de simulerede vandingsmængder fra højt scenarie er afstemt i forhold til indberettede tal til JUPITER databasen fra kommunerne. Afstemningen er sket ud fra data på årsbasis, så den årlige vanding i de tre DK model domæren Syddjylland, Midtjylland og Nordjylland, er justeret ved, så de svarer til indberettede mængder på årsbasis. På grund af mangelfulde data indberetninger til JUPITER for Midtjylland før 2003, er anvendt rød kurve (svarende til GRUMO rapporteringen) frem til dette tidspunkt, hvorefter JUPITER data er anvendt fra 2004 og frem (grøn kurve jf. Figur 3). I Effekt af vandindvinding blev det antaget at den rigtige markvanding lå et sted midt mellem højt og lavt scenarie, idet lavt scenarie i den periode hvor der er udtrukket resultater fra DK model til brug for vurdering af effekt af vandindvinding (2004-2010, se Figur 3), ikke er justeret for såkaldte manglende indberetninger/NUL indberetninger, se Henriksen et al. (2014).

2.2 Fin-tuning af DK model

Målet med fin-tuning af DK model i nærværende projekt er dermed et forsøg på at nå frem til en ny baseline der udgør et så realistisk bud på nuværende markvanding, baseret på nye estimerede, opjusterede markvandinger på kommuneniveau, og en fin-tuning af DK modellens markvandingsparametre for område 4-6 (se Figur 4). Der er taget udgangspunkt i vandingsbehov/vandingskalender for afgrøderne græs, vinterhvede, vårbyg og majs, og den afgrødefordeling der ligger fra amternes tid (ca. 2005).

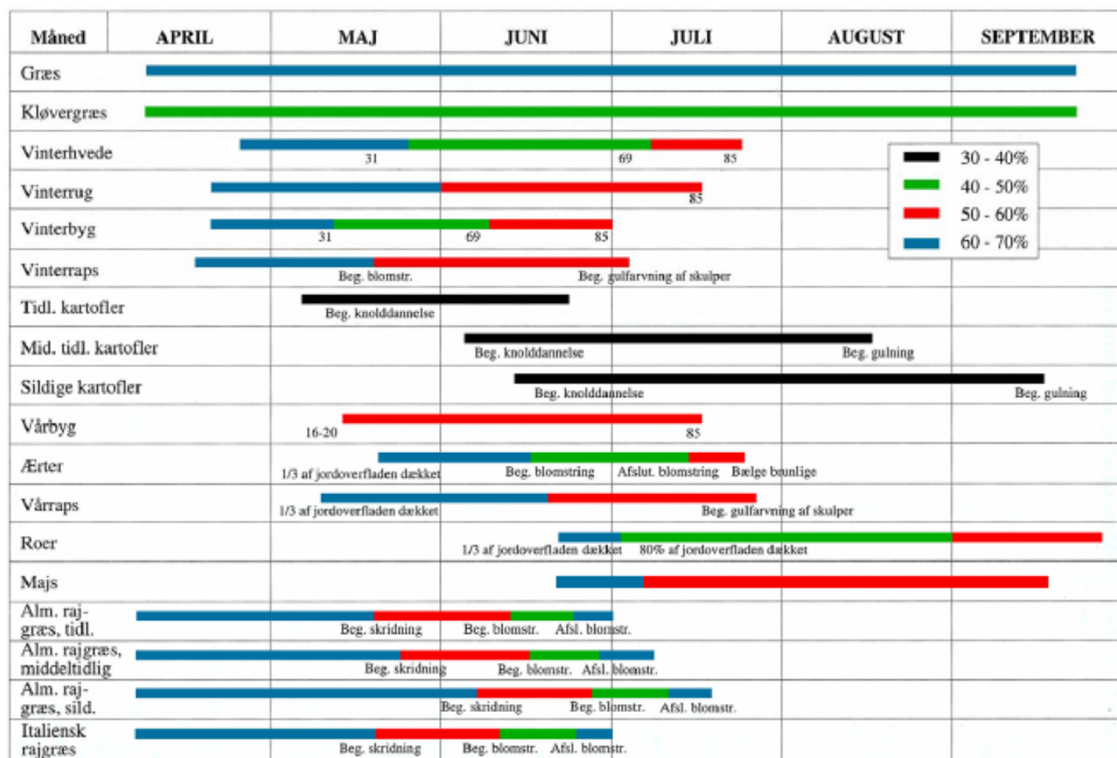


Figur 4. Der er implementeret markvanding i DK model områderne 4, 5 og 6 (Jylland). Markvanding er baseret på klimabetinget deficit i rodzonen, kalibreret på baggrund af årlige markvandingsindberetninger til JUPITER/GRUMO data for område 4, 5 og 6

I fin-tuningen er det især vandingsstart/slut (vanddeficit i rodzonene ved start og slut) der er fokuseret på, samt en antagelse om at den maksimale vandingskapacitet er max 3 mm/døgn. Der er fokuseret på at justere sidste del af vandingsperioden. Dermed er der set helt bort fra det tidligere ønske om realistiske vandingsmængder på 20-30 mm/vanding, idet vandingen nu accepteres at foregår mere kontinuerligt i de tørre perioder (en slags effektiv 'parameterisering' af vandingen).

I Figur 5 er vist en vandingskalender for danske afgrøder. De angivne %'er på vandingskalenderen er et udtryk for tørkefølsomhed, eksempelvis angiver blå og rød at lidt større udtørring kan accepteres, hvorimod udtørring er meget kritisk i de med grønt og sort markerede perioder (før blomstring og i forbindelse med kerneindlejring).

I fin-tuningen er det især vandingsstart/slut (deficit ved start og slut) der er fokuseret på, samt en antagelse om at den maksimale vandingskapacitet er max 3 mm/døgn. Samtidig har GEUS valgt at justere lidt på vandingsstop tidspunkter for del af vandingsperioden (markeret med rødt i vandingskalenderen, se Figur 5).



Figur 5 Afgrødernes vandingsbehov (Kilde: Jysk landbrugsrådgivning)

Der er foretaget en manuel kalibrering af de forskellige parametre i en række kørsler og på baggrund heraf og i tæt drøftelse mellem SEGES og GEUS, er der herefter fastlagt et sæt parametre til baseline modellen, som er så realistiske som muligt. Modellen er udelukkende styret af klima, afgrøder og jordtyper, samt hensynet en realistisk markvandingskapacitet på max 3 mm/døgn, og der indgår ikke øvrige management eller socio-økonomiske styrende variable som fx afgrødepriser eller energipriser der kan have betydning for om det kan betale sig for landmanden at vande i tørre år. Der er heller ikke tidsvarierende afgrødetyper

i modellen, modellen er baseret på den afgrødefordeling der kendes fra amternes tid (ca. 2005). Det giver nogen grænser for hvor godt vanding kan beskrives i enkeltår, og specielt tørre år kan der være afvigelser mellem model og faktiske vandingsmængder.

2.3 Scenarie kørsler

Til brug for scenariekørsler laves der først en ny baseline kørsel, hvor de simulerede markvandingsmængder lægges ind som 'boringer' (tidsserier), samtidig med at markvandingsmængden tilføjes nedbøren. Herefter foretages scenariekørsler med opjusteret markvanding (på markvandingsboringsniveau).

Der er kørt følgende scenarier: Baseline (+ 0 % af nuværende markvanding i fin-tunet model), + 25 %, + 50%, +100 %, hvor der udelukkende skaleres på markvandingsindvindingen fordelt på boringer med angivne procenter, hvorimod vandværker holdes konstante og mernedbør fra markvanding holdes konstant (svarende til at reinfiltrationen antages uændret, i scenarier med øget markvanding).

Scenariekørsler er først kørt i godt 20 år for at sikre en brugbar hotstartkørsel til produktionskørslen, og derefter kørt igen i godt 20 år (1990-2012). Herved sikres det at resultater afspejler langtidspåvirkninger, idet det erfaringsmæssigt kan tage indtil flere årtier før en nye ligevægt i grundvandets trykniveau indstiller sig, som følge af ændret vandindvinding.

Efter hver scenariekørsel er der udtrukket resultater for perioden 2004-2010 af hydrologiske regime indikatorer der indgår i vurdering af indikatorer for smådyr (DVFI) og fisk (DFFVa). Resultater er vist på kort på ID15 niveau.

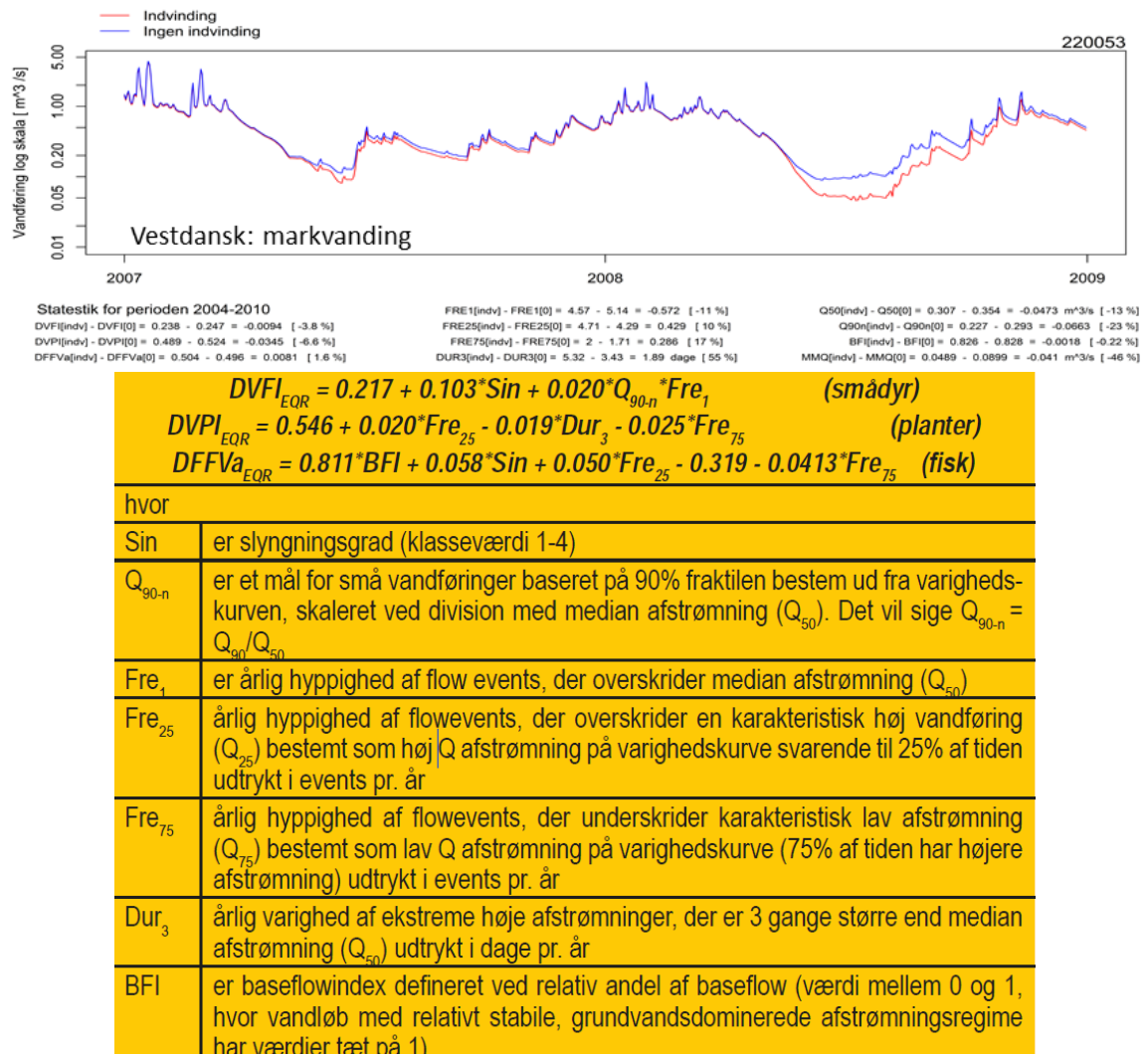
Som et bidrag til usikkerhedsvurdering er der lavet en følsomhedsanalyse hvor ændringer i indikatorer for DVFI og DFFVa er beregnet og vist på kort for året 2008 (1/1-31/12), som var et tørt år med et stort markvandingsbehov, tæt på tilladt indvinding (se Appendiks A). Det er karakteristisk for markvanding, at vandløbspåvirkningen varierer stærkt fra år til år, og resultater udtrukket for 2008 kan derfor illustrere omfanget af påvirkninger for et tørt år, eller en serie tørre år med vandindvinding omkring tilladt indvinding. Det skal understreges at det blot er en følsomhedsanalyse der er tale om, idet en egentlig mere tilbunds gående analyse ville kræve beregninger ud fra en tidsserier og med udtræk for en række år, idet specielt frekvensværdier (Fre1, Fre25, Fre75 og varigheder DUR3) vil være særdeles følsomme overfor den historik som et enkelt år, fx 2008, afspejler.

Endelig er der udtrukket % vise ændringer i sommervandføringen, udtrykt ved low flow indikatorer Q95 der bl.a. anvendes i England til screeningsformål. Herved er antal ID15 oplande med væsentlige ændringer i Q95 analyseret som en del af usikkerhedsanalysen og som en dokumentation af at markvanding giver markante påvirkninger af det hydrologiske regime, selvom enkelte indikatorer ikke er specielt følsomme overfor ændringer i markvanding. Igen skal det understreges at der her er tale om en følsomhedsanalyse, der blot skal illustrere hvordan sommervandføringen påvirkes i de fire scenarier på ID15 niveau. Som beskrevet i Effekt af vandindvinding (Henriksen et al. 2014) er der ikke noget der tyder på at fx medianminimumsafstrømningen, eller for den sags skyld Q95, er særlig vigtig for de to

indikatorer DVFI og DFFVa på ID15 niveau. På mindre skala, og på grund af evt. udtørring af vandløbsstrækninger indenfor ID15 deloplande, fx de øverste spidser af vandløbene eller små tilløb, kan udtørring dog være et problem der skal tages højde for i administrationen af vandindvindingstilladelser (det skal her bemærkes at type 1 vandløb, 75 % af de danske vandløb med bredde < 2 m ikke er dækket ind af de opstillede indikatorer af Århus Universitet, og det såkaldte ørredindeks DFFVø er ikke implementering i vandplanlægningen, da der ikke foreligger et tilstrækkeligt vandføringsdatagrundlag herfor).

2.4 Behandling af resultater for ID15 oplande

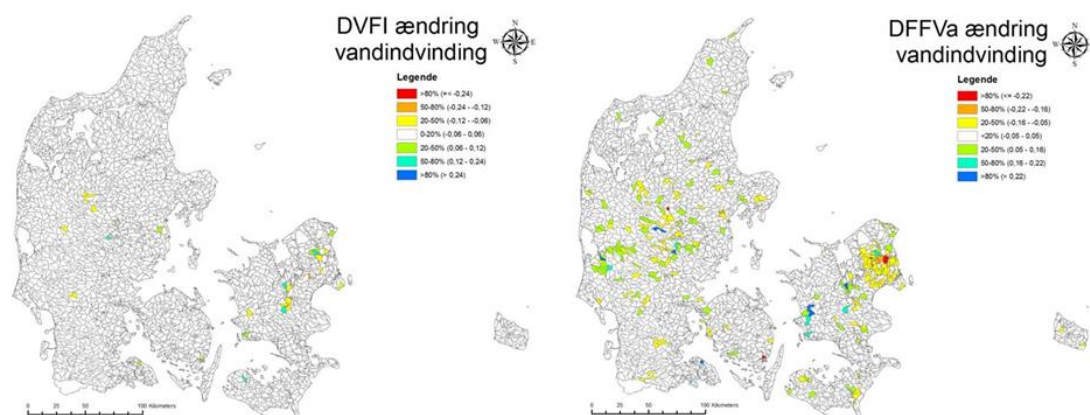
Efter at produktionskørsler for hvert scenarie (baseline + opjusteret markvanding) er kørt, udtrækkes daglig vandføring for perioden 2004-2010 (samt 2008 til brug for følsomhedsanalysen), hvorefter der beregnes en række hydrologiske regime variable som vist i Figur 6) ud fra de modellerede daglige.



Figur 6 Hydrologiske regime variable der indgår i biologiske kvalitetselementer for fisk (DFFVa), smådyr (DVFI) og planter (DVPI). Øverst er vist et eksempel for 2007-2008 for et ID15 opland med intensiv vanding for højt scenarie i forhold til nul indvinding

For hvert scenarie udtrækkes for hvert ID15 punkt (i alt 3000) daglige vandføringer og efterfølgende beregnes de 6 flow variable der indgår i empiriske formler for DVFI, DFFVa og DVPI fra DCE/Århus universitet (såkaldte EQR værdier for DVFI, DFFVa og DVPI) samt udtræk af Q10, Q25, Q75, Q90 og Q95 for perioden 2004-2010 (incl. udtræk for 1/1-31/12 2008 til brug for følsomhedsanalysen), hvor Q95 i det følgende indgår i usikkerhedsvurdering. Fysiske forhold indgår på basis af vandløbenes slyngningsgrad (observeret slyngningsklasse), og indregnes i EQR værdier for DVFI og DFFVa, men leddet udgår 'mod hinanden' i beregningen af ændringer i EQR værdier. Slyngningsgrad er dog en vigtig forklarende parameter for den økologiske tilstand specielt for smådyr og i mindre grad for fisk.

Der benyttes de samme sandsynligheder for ændret tilstand fra god til ikke god tilstand (sandsynlighed på 80, 50 og 20 %), fastlagt af Århus Universitet ud fra beregnede ændringer i EQR værdier som følge af vandindvinding (se Effekt af vandindvinding - Henriksen et al., 2014). I Figur 7 er resultater fra Effekt af vandindvinding for højt scenariet vist, sammen med de kriterier der er fastlagt af Århus Universitet på basis af målte EQR værdier for DVFI, DVPI og DFFVa.



Modelberegnete ændringer i DVFI (smådyr) og DFFVa (fisk). Områder med rød farve har > 80 % sandsynlighed for reduceret tilstand, orange farve 50-80 % sandsynlighed for reduceret tilstand og gul farve 20-50 % sandsynlighed for reduceret tilstand fra god til ikke god

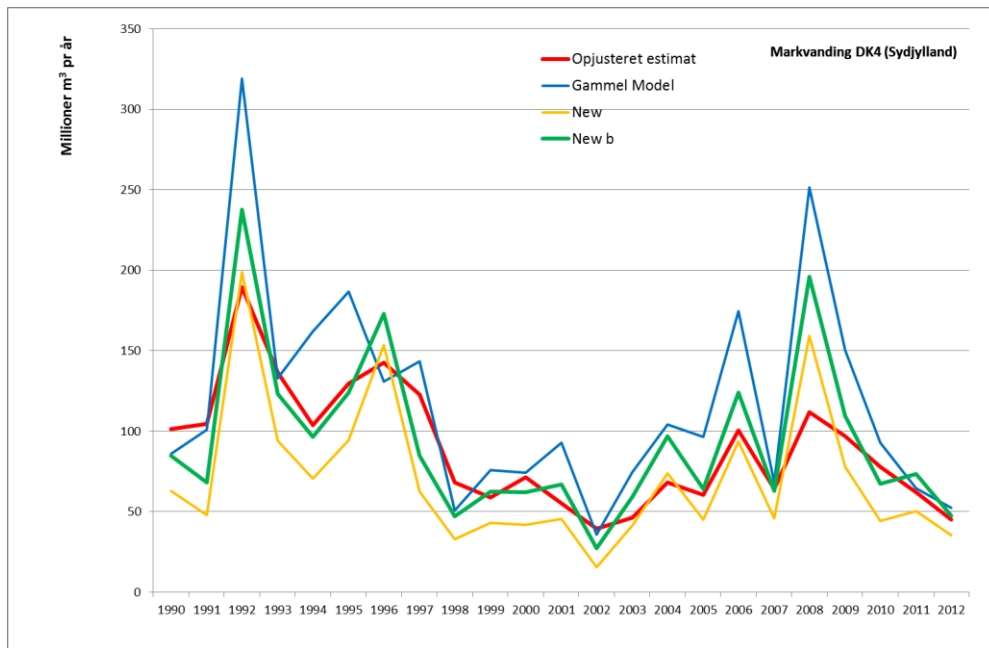
Sandsynlighed for at tilstand skifter fra høj/god til moderat/ringe/dårlig tilstand	DVFI	DVPI	DFFVa
	Max reduktion af EQR værdi	Max reduktion af EQR værdi	Max reduktion af EQR værdi
80 %	0,24	0,23	0,22
50 %	0,12	0,11	0,16
20 %	0,06	0,03	0,05

Figur 7 Modelberegnete ændringer i DVFI (smådyr) og DFFVa (fisk) for højt scenarie jf. Effekt af vandindvinding (Henriksen et al., 2014) samt tærskelværdier fastlagt af Århus Universitet for 80%, 50-80 % og 20-50 % sandsynlighed for forringet økologisk tilstand (fra god til moderat tilstand)

3. Resultater

3.1 Fin-tuning af DK model

I Figur 7 er vist udvalgte resultater af fin-tuning af markvanding i DK model for område 4, Sydjylland. Der er dels vist simulerede markvandingsmængder for en ny baseline model (New b – grøn kurve) samt en alternativ baseline model (New – orange kurve). Gammel model (blå kurve) svarende til højt scenarie omtalt i foregående afsnit. Rød kurve viser et nyt bedste estimat på basis af JUPITER indberetninger opjusteret i forhold til nul indvindinger (Se Appendiks A). Jf. Appendiks A udgør tilladelser for område 4 ca. 160 mio. m³/år.



Figur 8 Resultater af fin-tuning af DK model for område 4 Sydjylland. Rød kurve: opjusteret estimat af markvanding (se Appendix A), Blå kurve: Højt scenarie fra "Effekt af Vandindvinding", Grøn kurve: Ny baseline kalibrering (New b) og Orange kurve: Alternativ baseline kalibrering (New).

Rød kurve (Se Figur 8) er dermed det bedste estimat jf. opjusterede vandingsmængder ud fra JUPITER (samt GRUMO overvågning fra tidlige år med usikre data). Grøn kurve er den vandingsmængde der samlet set ser bedst ud for de tre domæner. Orange kurve (Sydjylland) er et forsøg på at skrue lidt på vandingen, det resulterer primært i en parallelforskydning med reduceret vanding også i tørre år i forhold til Grøn kurve (Ny baseline), men hvorved år med lille vandingsbehov kommer til at ligge for lavt.

I store træk passer den tunede model (grøn kurve for Sydjylland) godt i de fleste år i perioden 2005-2012, dog gælder det for 2008 at dette år overestimeres i forhold til opjusteret estimat for indberetninger (rød kurve), men samlet set med den laveste "root mean error" for hele perioden.

Opmærksomhedspunkter. Der har gennem perioden været en øget andel af majs, med vanding senere på sæsonen i forhold til fx vårafgrøder, sådan at start 1990'erne havde la-

vere andel majs, i forhold til anvendte afgrødefordeling for 2005. Der er formentlig ikke sket store ændringer efter 2005. Strukturreformen i 2007 kan måske være årsag til særligt usikre indberetninger for år lige efter (værst for 2008). Hvis det er meget tørt kan visse landmænd evt. vælge at vælge noget fra, det vil sige at landmanden vil så fokusere på vanding af især kartofler og foder afgrøder, men øvrige afgrøder kan det evt. ikke betale sig at vande i meget tørre år på grund af ringe udbytte (evt. kombineret med lave afgrødepriser). Jf. Appendix A udgør tilladelser i alt ca. 250 mio. og 50 mio. m³/år for område 5 og område 6.



Figur 9 Resultater af fin-tuning af DK model for område 5 Midtjylland (øverst) og område 6 Nordjylland (nederst). Rød kurve: opjusteret estimat af markvanding (se Appendix A), Blå kurve: Højt scenarie fra "Effekt af Vandindvinding", Grøn kurve: Ny baseline kalibrering (hhv NewD for område 5 og NewA for område 6).

Et tjek i forhold til resultater for Midtjylland og Nordjylland er vist i Figur 9. I Midtjylland er der særligt mangelfulde indberetninger i starten af perioden (se Appendix A). Det er derfor valgt at "knække kurven", ved i stedet at anvende data fra GRUMO rapporter for før 1997 (vist med stiptet rød kurve for område 5). Vandingstilladelser er ca. 250 mill m³ pr. år for Midtjylland. Rød kurve er ret langt under tilladelsen i de senere år, også i 2008. Bortset fra 2008 er resultater meget rimelige for de sidste godt 10 år (grøn kurve). For Nordjylland gælder det, at vandingen er generelt en del mindre sammenlignet med to øvrige områder. Det skal lige tages med i betragtning når man kigger på afvigelser mellem grøn og rød kurve. Markvandingen i 2008-2009 er lidt høje i Nordjylland i den fin-tunede model (grøn kurve) i forhold til best estimate (rød kurve).

Ved GEUS's kalibrering er start stop kriterier for de tre områder blevet "mere homogene".

Det vurderes mht. afgrødefordeling og udvikling i gennem perioden, at der ikke er sket en væsentlig forøgelse i majs arealer efter 2005 (men derimod en væsentlig stigning fra 1990 og frem mod 2005). Der er ikke så mange majsmarker pga. koldere klima specielt nord for Limfjorden. Det er derfor vigtigt at få område 4 og 5 med de store markvandingsindvindingsmængder samlet set til at passe i den nye baseline kalibrering, frem for fokus på Nordjylland.

Med undtagelse af meget tørre år (som fx 2008) giver den tunede model rimelige resultater (grøn kurve i forhold til rød kurve) for samtlige tre område (se Figur 8 og 9). Forklaringer på afvigelser i specielt tørre år kan være evt. manglende indberetning af tilladelser, og eller at indberetningen er mangelfuld når man kommer op over tilladelsen. Modellen er udelukkende klimastyret, og tager ikke hensyn til afgrøde- eller energiprisen, og hvorvidt det kan betale sig at vande i meget tørre år for alle afgrøder. Endelig ved vi ikke om strukturreformen kan have haft en særlig betydning i forhold til indberetninger for 2008-2009 (spekulative, der foreligger ikke dokumentation herfor). Den fin-tunede model giver en god beskrivelse for år med begrænset vandingsbehov, og en svag overvurdering af vandingsmængden i år med stort vandingsbehov.

3.2 Scenarie kørsler og resultater på ID15 oplande

I Figur 10 er vist et eksempel for et enkelt ID15 opland på resultater med nul scenariet og de fire markvandingsscenarier for et ID15 opland i Skjern å ved Ahlergaarde. Nul indvindingen hvor samtlige markvanding er slukkede samt også øvrige vandindvindinger er vist med sort kurve. De enkelte markvandingsscenarier med den fin-tunede model medfører en reduceret vandføring i de to år der er vist (1995-96) i forhold til nul indvinding. Størst er reduktionen naturligvis for 100 % øget markvanding (grøn kurve), mens øvrige scenarier ligger tættere på baseline scenariet (vist med grån kurve).

Størst procentvis reduktion forekommer i sommerhalvåret. I starten af perioden (1995) ses det at der er en forholdsvis begrænset reduktion, og effekt af markvanding bygges derfor op hen over sommerperioden, og evt. videre til efterfølgende år, såfremt der fortsat er et stort vandingsbehov.



Figur 10 Eksempel på simulering for nul indvinding og de fire markvandingsscenarier (hhv. 100 % ~baseline, 125 % ~25 % øget markvandingsscenarie, 150 % ~50 % øget markvandingsscenarie og 200 % ~100 % øget markvandingsscenarie) for Skjern å

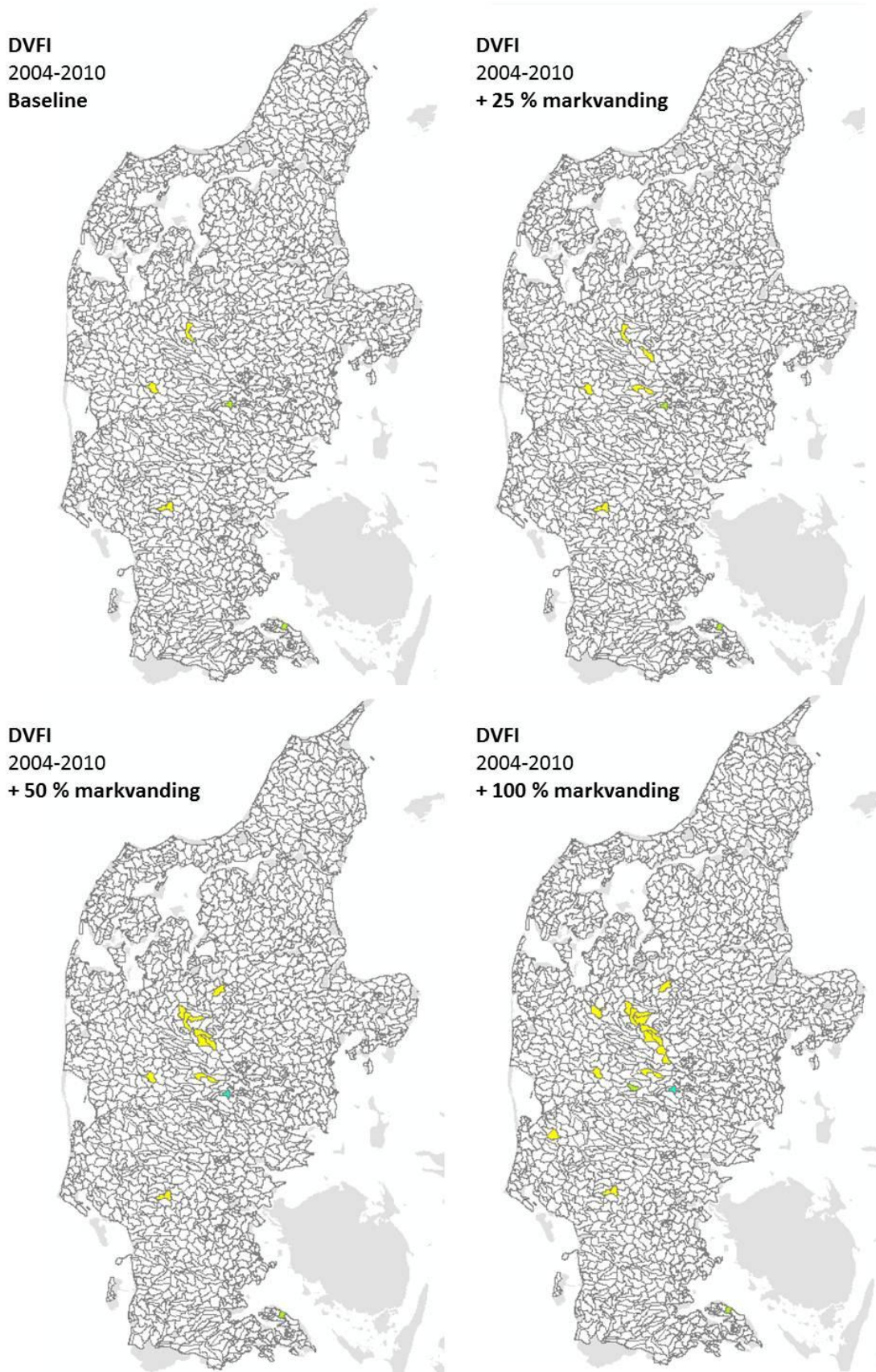
3.3 Behandling af resultater for deloplande for 2004-2010

I Figur 11 er vist resultater af øget markvanding (baseline, +25 %, + 50 % og + 100 %) for DVFI på ID15 niveau.

Ingen ID15 opland har > 80 % (vist med rødt) eller 50-80 % (vist med orange) sandsynlighed for forringet tilstand for baseline scenariet, og kun 3 ID15 oplande har 20-50 % sandsynlighed for reduceret tilstand (vist med gult) for baseline. De øvrige scenarier med øget indvinding forøger antallet af ID15 oplande med 20-50 % sandsynlighed for forringet tilstand (gule ID15 oplande) til hhv. 5, 10 og 14 ID15 oplande (Figur 10) ved øget markvanding på 25, 50 og 100 %. Resultater for DVFI i Figur 11 viser dermed et relativt begrænset antal ID15 oplande med sandsynlighed for reduceret tilstand på 20-50 % sandsynlighedsniveau, mens ingen oplande har stor sandsynlighed for tilstandsforringelse som følge af øget markvanding.

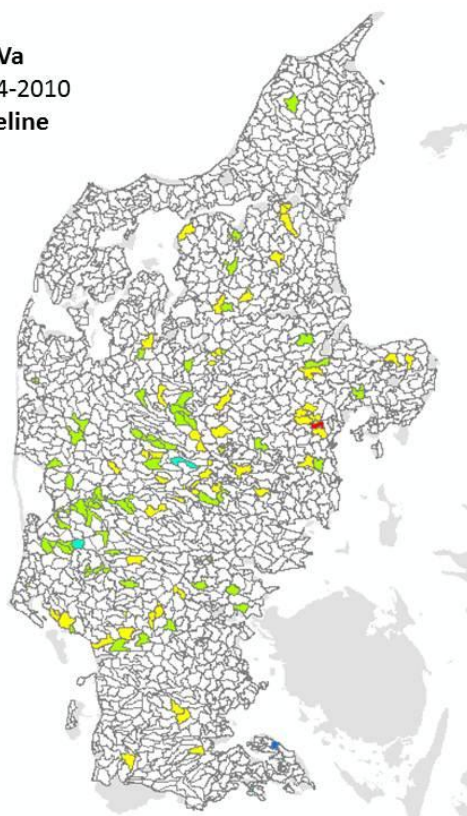
Indikatoren for DVFI (styret af de hydrologiske regime variable: Fre1 og Q90/Q50) er for perioden 2004-2010 kun i begrænset omfang følsom overfor øget markvanding.

Figur 12 viser de tilsvarende resultater for fisk (DFFVa). For DFFVa ses relativt flere ID15 oplande er væsentligt påvirket af vandindvinding, herunder øget markvanding. Ved Baseline er der 58 ID15 oplande som har 20-50 % sandsynlighed (gule) for forringet tilstand for 2004-2010, 0 der har 50-80 % sandsynlighed (orange) og 1 ID15 opland der har > 80 % sandsynlighed (rød) for reduceret tilstand. Ved 25 % øget markvanding er der 64 ID15 oplande, ved 50 % øget markvanding 72 ID15 oplande og ved 100 % øget markvanding 88 ID15 oplande med 20-50 % sandsynlighed for forringet tilstand. Kategorien 50-80 % øget indvinding (orange) har hhv. 0, 0, 2 og 2 ID15 oplande ved baseline, +25 %, +50 % og + 100 % øget markvanding. For > 80% sandsynligheder (rød) er tallene 1, 1, 2 og 2 ID15.

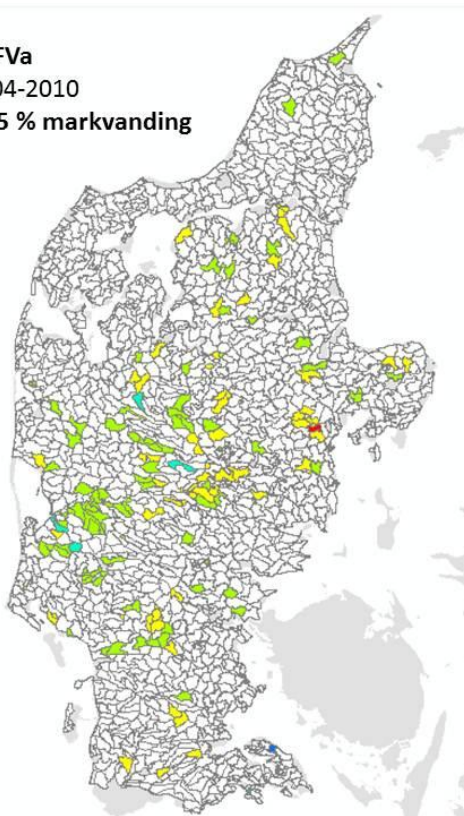


Figur 11 Tilstandsændringer for smådyr (DVFI) for fire markvandingsscenarier (2004-2010). Gul 20-50 %, orange 50-80 % og rød >80 % sandsynlig for reduceret tilstand. Grøn, lyseblå og mørkeblå tilsvarende % angiver sandsynlighed for forbedret tilstand.

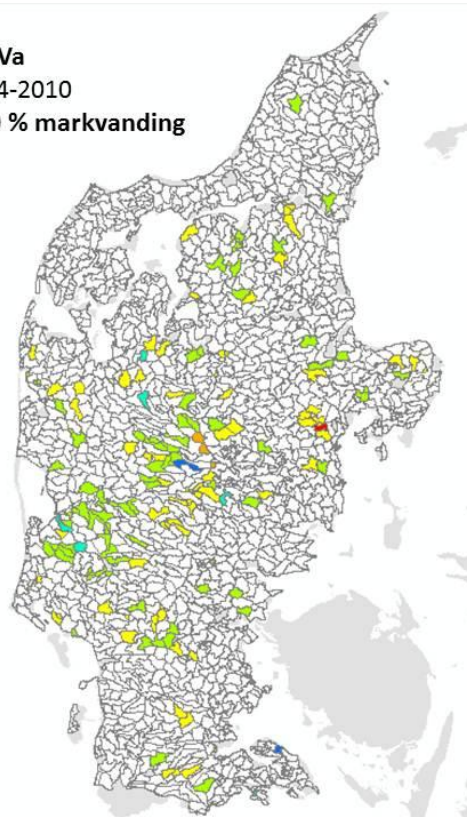
DFFVa
2004-2010
baseline



DFFVa
2004-2010
+ 25 % markvanding



DFFVa
2004-2010
+ 50 % markvanding



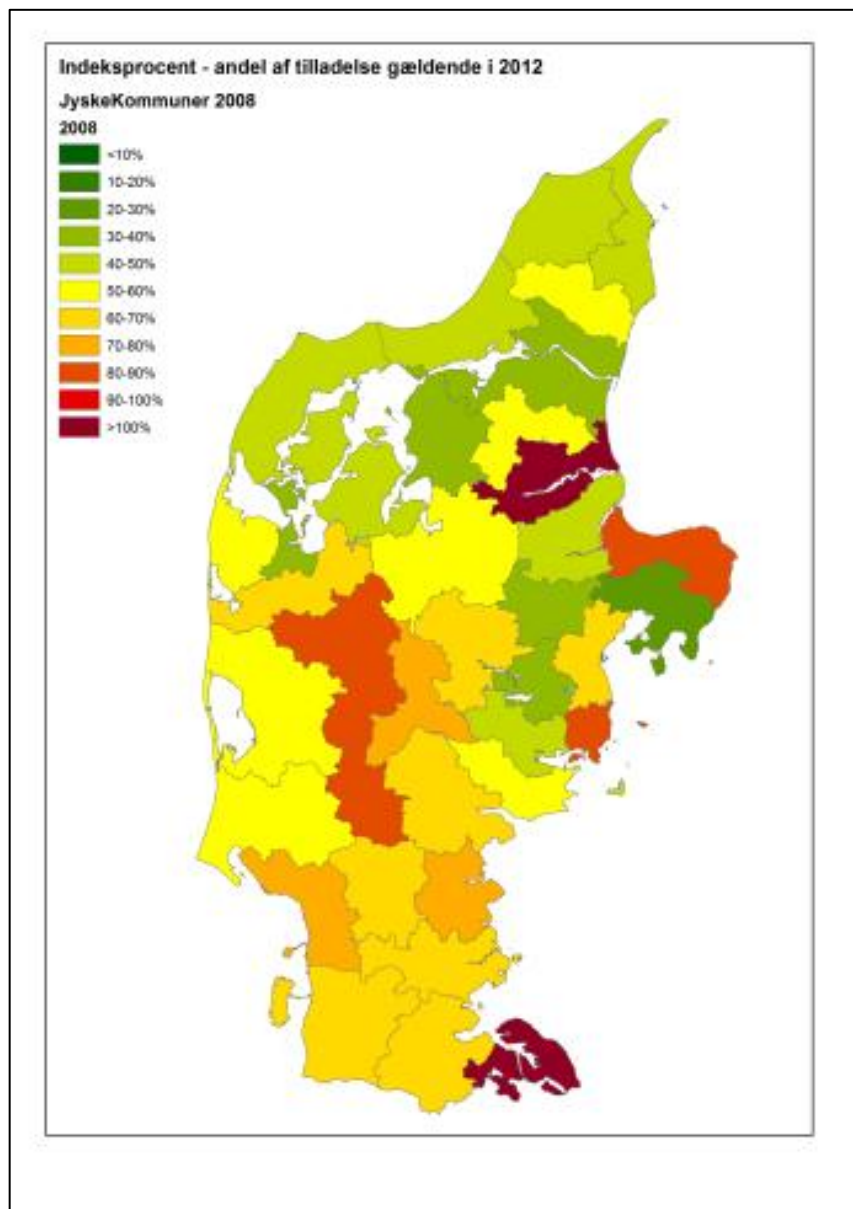
DFFVa
2004-2010
+ 100 % markvanding



Figur 12 Tilstandsændringer for fisk (DFFVa) for fire markvandingsscenarier 2004-10 Gul 20-50 %, orange 50-80 % og rød >80 % sandsynlig for reduceret tilstand. Grøn, lyseblå og mørkeblå tilsvarende % angiver sandsynlighed for forbedret tilstand.

3.4 Følsomhedsanalyse for 2008

I Appendix A er indeksprocenter for hvert år i perioden 2004-2010 beregnet på kommunebasis. Resultaterne udgør en indikator for hvor stor en del af tilladelsen der skønsmæssigt er udnyttet de enkelte år. Nedenfor i Figur 13 er vist indeksprocent (se Appendix A) for 2008 (% vandindvinding det enkelte år som % af tilladelsen for 2012). Figur 14-15 viser resultater af DVFI og DFFVa for 2008.

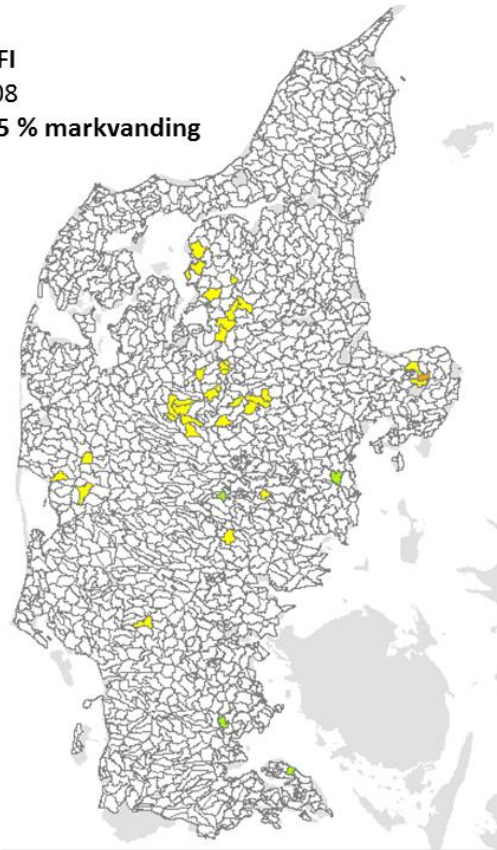


Figur 13 Indeksprocent for markvanding (dvs. hvor stor en % del af 2012 tilladelsen er der udnyttet i de vandingskrævende år 2008). Bemærk at resultater for Als er fejlbehæftede pga. af fejl af indberettede tilladelser til JUPITER for de seneste 3 år.

DVFI
2008
Baseline



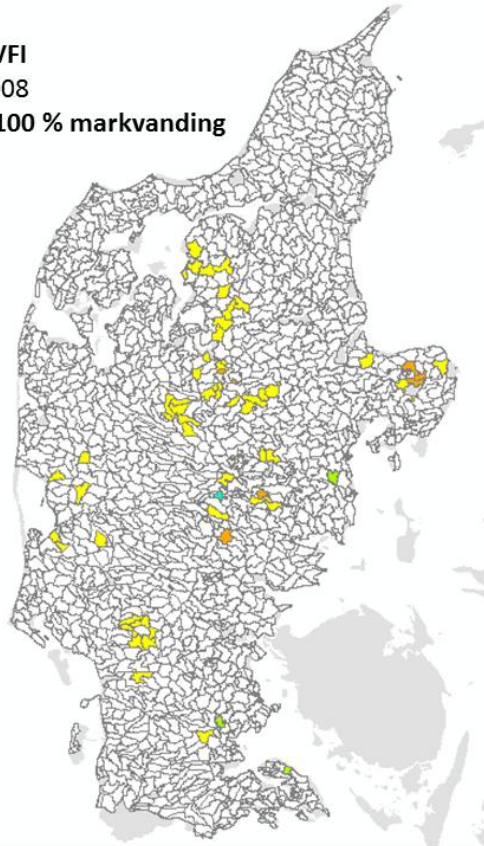
DVFI
2008
+ 25 % markvanding



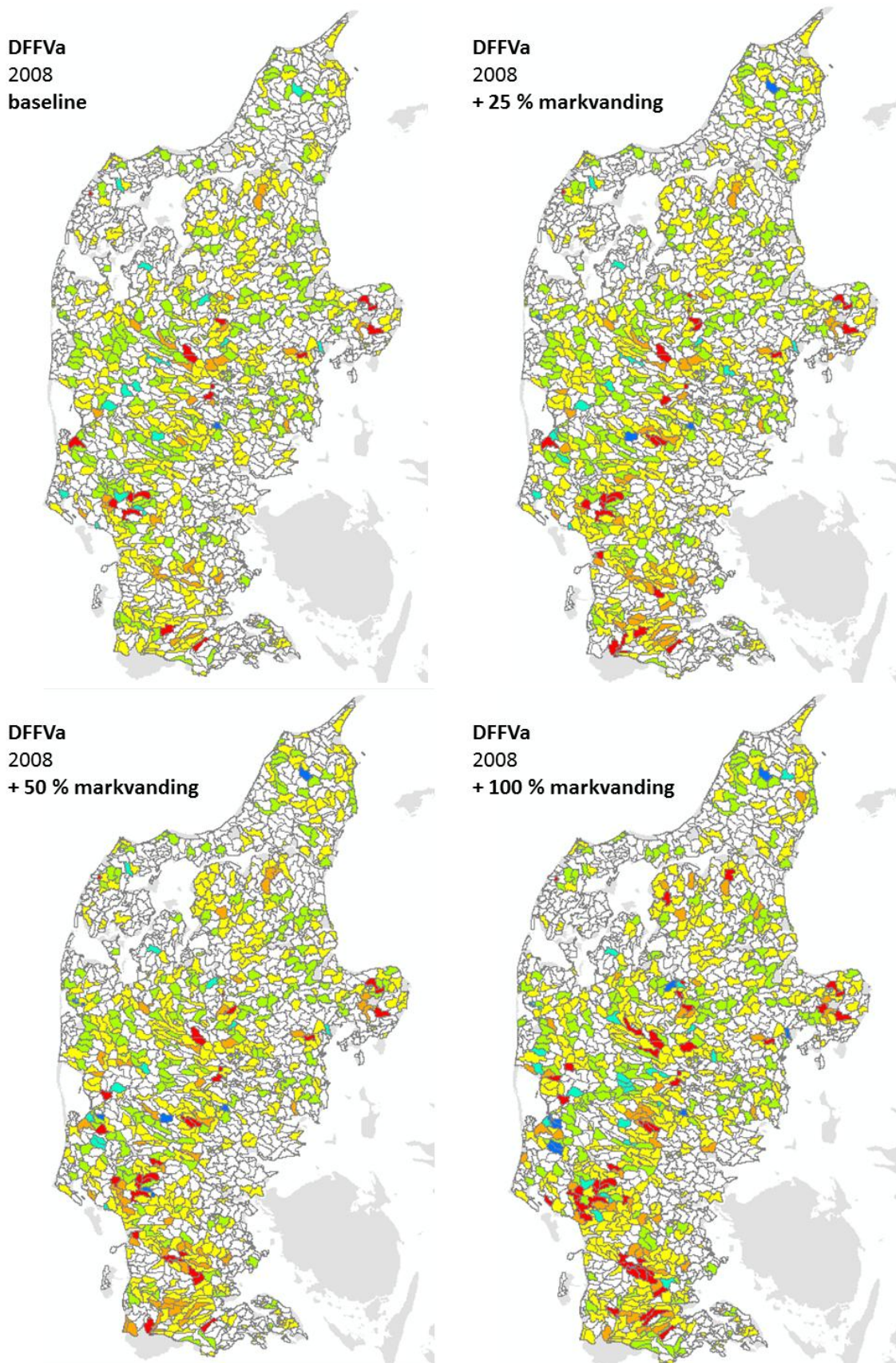
DVFI
2008
+ 50 % markvanding



DVFI
2008
+ 100 % markvanding



Figur 14 Tilstandsændringer for smådyr (DVFI) for fire markvandingsscenarier (2008). Gul 20-50 %, orange 50-80 % og rød >80 % sandsynlig for reduceret tilstand. Grøn, lyseblå og mørkeblå tilsvarende % angiver sandsynlighed for forbedret tilstand.



Figur 15 Tilstandsændringer for fisk (DFFVa) for fire markvandingsscenarier 2004-10 Gul 20-50 %, orange 50-80 % og rød >80 % sandsynlig for reduceret tilstand. Grøn, lyseblå og mørkeblå tilsvarende % angiver sandsynlighed for forbedret tilstand.

Tabel 1 og 2 sammenfatter antal ID15 oplande der for DVFI og DFFVa udpeges med forringet tilstand på hhv. 20-50 %, 50-80 % og > 80 % sandsynlighedsniveau. Der er i alt 1905 ID15 oplande i Jylland. Tabel resultater svarer til resultater i Figur 11-12 og 14-15.

Tabel 1 Antal ID15 oplande med sandsynlig tilstandsforringelse for DVFI for 2004-2010 og 2008

DVFI 2004-2010 (antal ID15)	Baseline (nuværende indv.)	+25 % markvanding	+ 50 % markvanding	+ 100 % markvanding
20-50 % sandsynlighed	3	5	10	14
50-80 % sandsynlighed	0	0	0	0
>80 % sandsynlighed	0	0	0	0
DVFI 2008 (antal ID15)	Baseline (nuværende indv.)	+25 % markvanding	+ 50 % markvanding	+ 100 % markvanding
20-50 % sandsynlighed	43	55	68	96
50-80 % sandsynlighed	0	1	2	7
>80 % sandsynlighed	0	0	0	0

EQR reduceret >0,24 (rød ~ >80 %), 0,12-0,24 (orange ~ 50-80 %) og 0,06-0,12 (gul ~20-50 % sandsynlighed)

Tabel 2 Antal ID15 oplande med sandsynlig tilstandsforringelse for DFFVa for 2004-2010 og 2008

DFFVa 2004-2010 (antal ID15)	Baseline (nuværende indv.)	+25 % markvanding	+ 50 % markvanding	+ 100 % Markvanding
20-50 % sandsynlighed	58	64	72	88
50-80 % sandsynlighed	0	0	2	2
>80 % sandsynlighed	1	1	1	2
DFFVa 2008 (antal ID15)	Baseline (nuværende indv.)	+25 % markvanding	+ 50 % markvanding	+ 100 % Markvanding
20-50 % sandsynlighed	405	419	500	466
50-80 % sandsynlighed	32	44	52	103
>80 % sandsynlighed	19	30	31	50

EQR reduceret >0,22 (rød ~ >80 %), 0,16-0,22 (orange ~ 50-80 %) og 0,05-0,16 (gul ~20-50 % sandsynlighed)

Det fremgår af Tabel 1 og 2 at såvel DVFI som DFFVa er stærkt følsomme overfor den valgte beregningsperiode for ændringer i EQR værdier, idet resultater for 2008 udpeger 5-10 gange som mange ID15 oplande som resultater for 2004-2010, med stor sandsynlighed for reduktion i EQR værdier svarende til forringet tilstand (det skal bemærkes at der også udpeges oplande med sandsynlighed for forbedret tilstand som følge af vandindvinding jf. Figur 11-12 og 14-15).

Tabel 3 viser de tilsvarende resultater for DVPI.

Tabel 3 Resultater for DVPI (planter)

DVPI 2004-2010 (antal ID15)	Baseline (nuværende indv.)	+25 % markvanding	+ 50 % markvanding	+ 100 % markvanding
20-50 % sandsynlighed	149	164	189	212
50-80 % sandsynlighed	10	12	13	24
>80 % sandsynlighed	4	4	6	12
DVPI 2008 (antal ID15)	Baseline (nuværende indv.)	+25 % markvanding	+ 50 % markvanding	+ 100 % markvanding
20-50 % sandsynlighed	387	393	415	456
50-80 % sandsynlighed	28	38	33	56
>80 % sandsynlighed	15	14	16	20

EQR reduceret >0,23 (rød ~ >80 %), 0,11-0,23 (orange ~ 50-80 %) og 0,03-0,11 (gul ~20-50 % sandsynlighed)

I Tabel 4 er vist resultater for påvirkning af Q95 (% af nul indvindings kørsel)

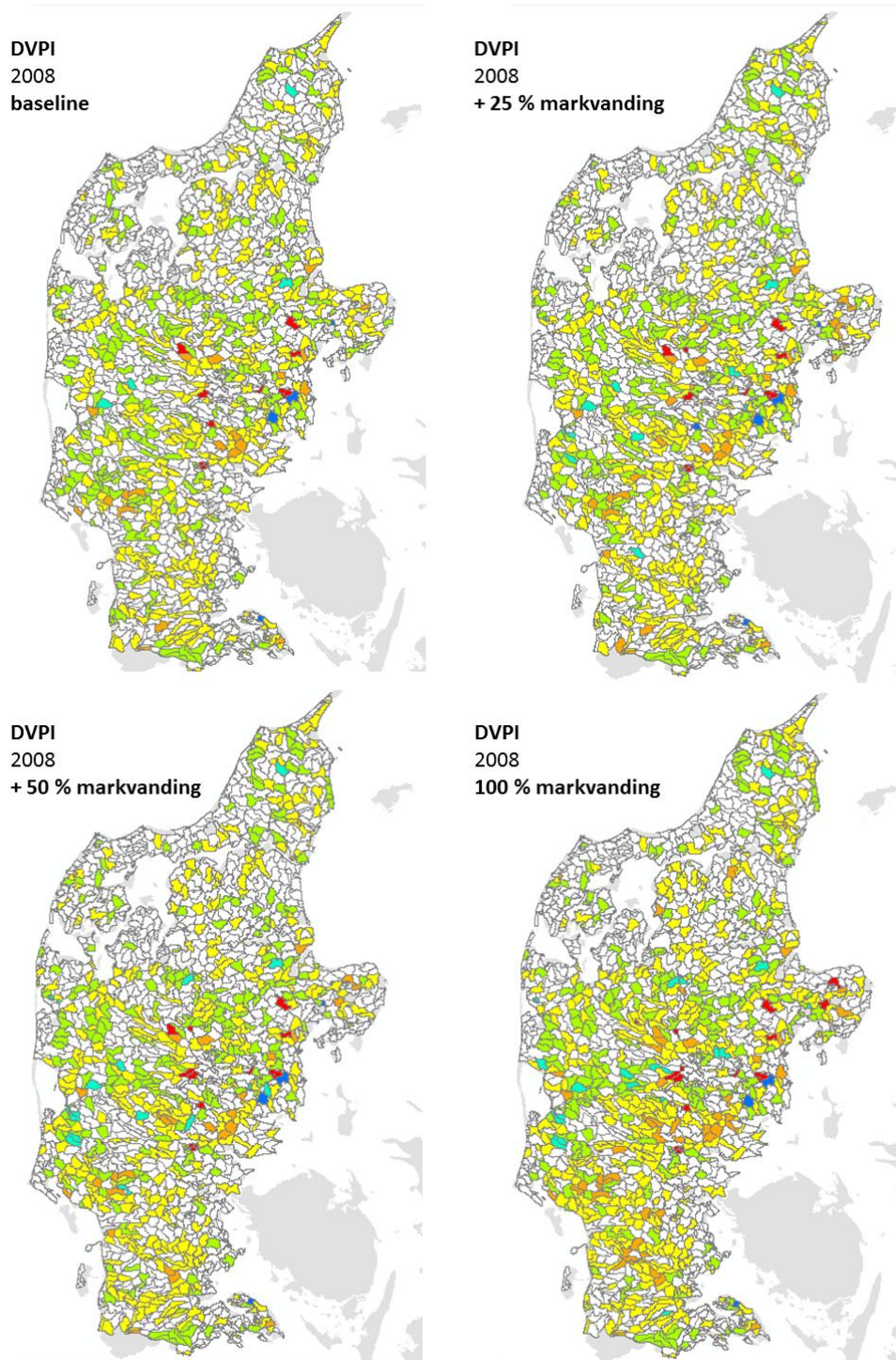
Tabel 4 Reduktion af Q95 i de fire markvandingsscenerier.

Q95 reduktion 2004-2010 (antal ID15)	Baseline (nuværende indvinding)	+25 % markvanding	+ 50 % markvanding	+ 100 % markvanding
10-15 %	159	188	228	244
15-25 %	76	119	156	227
>25 %	45	60	70	119
Q95 reduktion 2008 (antal ID15)	Baseline (nuværende indvinding)	+25 % markvanding	+ 50 % markvanding	+ 100 % markvanding
10-15 %	204	218	225	227
15-20 %	115	156	208	266
>25 %	62	89	114	172

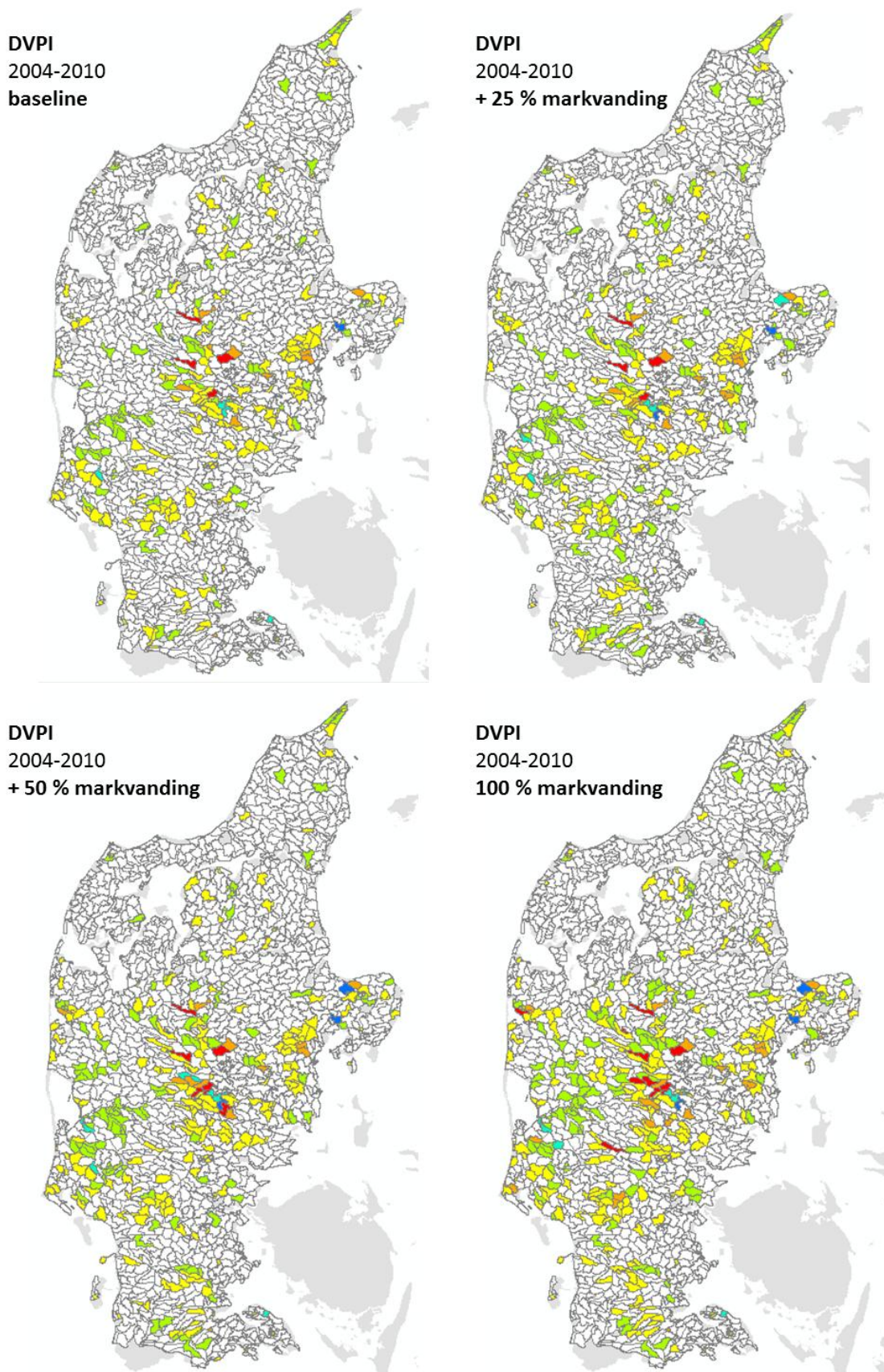
På screeningsniveau er kravet i England typisk at Q95 max må reduceres med 10 %

Resultater på basis af Q95 viser at der er væsentlige reduktioner i Q95 som følge af markvanding og øvrig vandindvinding fra vandværker i de fire scenarier. Q95 er mere robust i forhold til valg af periode, idet der typisk kun ses en forøgelse af reduktioner for 2008 på ca. 50 % i forhold til hele perioden 2004-2010.

I Figur 16-17 er vist resultatet for DVPI (bemærk at denne indikator er relativt usikker) for 2008.



Figur 16 Tilstandsændringer for DVPI (planter) for 2008. Usikker!



Figur 17 Tilstandsændringer for DVPI for 2004-2010. Usikker!

4. Diskussion

4.1 Ressourcens størrelse

Hvis man tager udgangspunkt i et krav om mindst 20-50 % sandsynlighed for reduceret tilstand for DVFI (der må ikke komme væsentlig flere ID15 oplande der er enten gule, orange eller røde), så viser resultaterne at man formentlig vil kunne øge markvandindvindingen svarende til 50-100 %, hvis indikatoren beregnet ud fra perioden 2004-2010 anvendes, idet kun op til en halv snes ID15 oplande eller mindre end 1 % af samtlige 1906 ID15 oplande for Jylland, fortsat vil bevare sin økologiske tilstand vurderet i forhold til smådyr. Godt 2 % af ID15 oplandene er i følsomhedsanalysen udpeget med reduceret tilstand for 2008 i baseline, og det tal stiger til ca. 3, ca. 4 og ca. 5 % i scenarier med øget markvanding. I forhold til DVFI, kan markvandingen øges 25-50 % uden at det giver væsentlige regionale problemer, der vil dog helt lokalt være nogen problemstillinger ved en sådan forøgelse i et begrænset antal ID15 oplande.

Det er sådan set ikke overraskende, da der i 2004-2010 kun indvindes ca. halvdelen af tilladelsen i de tre områder, og kun i et enkelt år (2008) indvindes en vandmængde på niveau med tilladelsen i baseline scenariet (og dermed indvinder 25-50 % over tilladelsen i et enkelt år) ved øget markvanding. Ved indvinding 100 % mere end baseline, er der en håndfuld ID15 oplande der med stor sandsynlighed vil påvirkes negativt (mere end 50 % sandsynlighed for tilstandsændring) for 2008 for DVFI.

Resultaterne for DFFVa viser at ca. 3 % af ID15 oplandene har problemer ved baseline når der tages udgangspunkt i > 20 % sandsynlighed for tilstandsændring (gule-orange-røde ID15 oplande), det vil sige der er lokalt problemer visse steder i forhold til eksisterende markvanding og vandindvinding, men at øget markvanding kun vil medføre et svagt forøget antal ID15 oplande med problemer, idet de 59 ID15 oplande med problemer i baseline, øges til hhv. 65, 75 og 92 ID15 oplande ved øget markvanding med 25, 50 og 100 % for 20 % sandsynligheds-tærskelværdi. Der vil kunne indvindes 25 % mere uden problemer også når man inddrager højere sandsynligheder for tilstandsreduktion, når man benytter resultater for 2004-2010, men ved 50 % scenariet kommer der imidlertid et par ID15 oplande (orange), og endnu flere ved 100 % scenariet.

Ser man på 2008 følsomhedsanalysen for DFFVa så fremgår det at en række oplande allerede ved baseline er i det røde eller orange felt, og et større antal i det gule felt, og at dette antal forøges med øget markvanding. Det er derfor et mere pessimistisk billede der aftegnes ved følsomhedsanalysen for DFFVa, som viser at både markvanding og øvrig vandindvinding regionalt påvirker vandløbsafstrømningen med en størrelse der forringer tilstanden markant for fisk, bedømt ud fra udtræk for et enkelt vandingskrævende år (1/1-31/12 2008). Kriterier for hvorvidt der skal indgå en analyse af en række tørre år i administrationen af vandindvindingstilladelser, er derfor en væsentlig problemstilling at få afklaret, da følsomhedsanalysen for DFFVa peger på at en række tørre år, giver væsentlige påvirkninger i forhold til fisk.

4.2 Usikkerhedsvurdering

Resultater viser et ret stort antal oplande som vurderes at få forbedret tilstand i forhold til DFFVa ved øget markvanding (kan hænge sammen med at frekvensværdier fx Q25 og Q95 er lidt følsomme overfor et enkelt års afstrømningshistorik, og at ændringer som følge af markvanding måske dermed påvirker Fre75, Fre25 og BFI i lidt forskellige retninger, afhængigt af hydrografen). Der bør evt. foretages en nærmere analyse af denne problemstilling. Indikatoren for DVPI har samme problematik, resultaterne for DVPI er for usikre til at kunne anvendes uden videre i en vurdering af ressourcens størrelse, da det er lidt uklart hvor præcis indikatoren for DVPI er for det Jyske område isoleret set (vi ved den er meget usikker på landsplan, men har ikke vurderet det nærmere for Jylland isoleret set).

I alt 159 ud af 1905 eller ca. 15 % af ID15 oplandene opfylder ikke screeningskriteriet jf. Q95 på max 10 % reduktion i minimumsvandføringen. Antalsmæssigt svarer denne % del til antallet af deloplande der udpeges med DFFVa, DVPI og DVFI som kriterium.

Antallet af ID15 oplande der påvirkes over screeningskravet på 10 % Q95 reduktion forøges med øget markvanding. For baseline udgør denne %-del: 15 % (i alt 280 ID15 oplande ud af 1905 for Jylland). Procentdelen stiger til 19 % for "25 % scenariet", 24 % for "50 % scenariet" og 31 % for "100 % scenariet". Dette tal siger dog ikke meget om ressourcens størrelse, vurderet i forhold til god økologisk tilstand, da Q95 ikke er nærmere undersøgt i forhold til DVFI og DFFVa. Tilsvarende tal for Q90, Q75, Q25 og Q10 er udtrukket, men ikke nærmere inddraget i analysen. Spørgsmålet er hvorvidt målet er god økologisk tilstand eller høj økologisk tilstand, idet EU's guidance dokument for Ecological flow (2005) peger på at vurdering af høj økologisk tilstand kræver at hydrografen kun må afvige indenfor et begrænset bånd i forhold til upåvirket hydrograf. Det vil sige at størrelser som Q10, Q25, Q75, Q90 og Q95 formentlig vil være brugbare variable til sådanne vurdering, såfremt man kan opstille kravværdier i lighed med dem man kender fra udlandet (fx England).

Det fremgår, at disse fraktilværdi baserede kriterier er langt mere robuste end fx DFFVa og DVFI, da påvirkning af frekvensværdier som følge af vandindvinding, er meget afhængige af den valgte analyseperiode (fx 2008 i forhold til 2004-2010).

5. Konklusion

Med en metodik som benyttet i Effekt af vandindvinding (2004-2010) viser analysen at øget markvandning med 25-50 % i forhold til baseline kun resulterer i et begrænset antal ID15 oplande der påvirkes med mere end 20 % sandsynlighed for tilstandsforringelse for smådyr (DVFI) og fisk (DFFVa). Det er ikke helt overraskende, da markvandningen for perioden 2004-2010 kun udgjorde omkring halvdelen af tilladelsen.

En følsomhedsanalyse for 2008 viser 5-10 gange større ændringer i EQR værdier sammenlignet med udtræk for 2004-2010. En længere periode med stort markvandingsbehov fx en serie år der ligner 2002 og 2008, vil derfor give et større antal ID15 oplande med forringet tilstand. De hydrologiske regimeindikatorer dermed er meget følsomme overfor valget af 'beregningsperiode' når der vurderes på påvirkninger som følge af markvandning, som har en stor tidslig variation i oppumpninger og dermed vandløbspåvirkninger fra år til år.

Fraktilværdi baserede hydrologiske regime indikatorer som fx Q95 (og øvrige fraktilværdi størrelser som fx Q10, Q25, Q75 og Q95) er væsentlig mindre følsomme i forhold til valg af udtræksperiode (øges fx kun 50 % i følsomhedsanalysen for 2008 i forhold til 2004-2010). Men sådanne størrelser giver formentlig ikke en væsentlig bedre forklaringsværdi i forhold til vurdering af økologisk tilstand for smådyr, fisk og planter, som vist i Århus Universitets analyse med median minimumsafstrømningen, der ikke øgede forklaringsværdien væsentligt (median minimum må antages at være en god "stedfortræder" for Q95). Omvendt kunne krav til ændringer i fraktilværdier evt. være relevante i forhold til vurdering af strækninger målsat med høj økologisk tilstand, hvor EC guidance dokumentet (2015) om økologisk flow, netop skelner mellem høj økologisk tilstand (med særlige krav til ændringer i flow regimet eller varighedskurven og fx Q25, Q75 og Q95 størrelserne), mens dokumentet for god økologisk tilstand peger på at der skal anvendes biologiske kvalitetselementer som grundlag for vurdering af vandløbspåvirkning (fx DVFI, DFFVa og DVPI).

Der er behov for mere forskning i de nye indikatorer og en nærmere validering i forhold til tidsserier mm., da administrationsgrundlaget for håndtering af markvandingsindvindinger ikke præcist forhold sig til ovenstående problematikker, og da der specielt for områder med krav til god økologisk tilstand vurderes at være muligheder for øget markvandning i mange områder, mens der i andre områder er problemer i situationer med "en række tørre år" som 1992 og 2008.

6. Referencer

Appendix A - Markvandinger i Jylland på kommune- og DK-modelområdet

I denne analyse er der arbejdet videre med data fra Jupiter, bearbejdet i notatet: *Kommunevis gennemgang af markvandinger i Jylland*, august 2014. Notatet kan findes som bilag i rapporten *Effekt af vandindvinding*, GEUS rapport 2014/74, der kan ses her: <http://www.geus.dk/DK/water-soil/water-management/Sider/Vandforvaltnings-modeller.aspx>.

Kort opsummeret er der i notatet nævnt overfor udført en analyse af data udtrukket fra Jupiter databasen for perioden 1990 til 2012. Der er udtrukket data om indberetning af markvandingsmængder og tilhørende tilladelser. Data er gennemgået kommunevis, og den årlige indvindingsmængde er opjusteret. Dette er sket ved at tildele anlæg med en tilladelse men uden indberetning en indvindingsmængde svarende til den eksisterende tilladelse gange med et procenttal (kaldet anvendt procent). Dette procenttal er fundet ved at opsummere, hvor meget der er indberettet hvert enkelt år og se hvor stor en andel, dette udgør af de tilhørende tilladelser.

Eksempel: I kommune A er der indberettet en markvandingsmængde på i alt 10 mio. m³ fra 100 stedfæstede anlæg; en del af disse har indberettet 0 m³. Disse 100 anlæg har en tilladelse på i alt 20 mio. m³, hvorfor den anvendte procentandel er 50%. Udover disse 100 anlæg er der 10 anlæg med en gyldig tilladelse på i alt 1 mio. m³, men hvorfra der er ikke registreret nogen indberetning. Det antages derfor, at der er indvundet 1 mio. m³ fra disse anlæg, hvorfor den opjusterede indvinding til markvanding i kommune A bliver i alt 11 mio. m³ det pågældende år.

A1 - År med manglende indberetning

I dette notat er der arbejdet videre ved at forsøge at finde et realistisk tal for indvindingen i år helt uden indberetning. Dette er især en udfordring i kommuner dækkende det tidligere Ringkjøbing Amt i starten af perioden, men der mangler også enkelte år andre steder:

- Frederikshavn: 2007, 2008, 2012
- Jammerbugt: 2012
- Mariagerfjord: 2006
- Lemvig: 1990-1997, 2000, 2001
- Struer: 1990-1992, 1996
- Holstebro: 1990-2001
- Ringkøbing-Skjern: 1990-1994, 1996
- Herning: 1990-2002

Da der for alle år er et tal for den gældende tilladelse i alle kommuner, er der herunder forsøgt at finde et tal for indvindingen et givet år i en given kommune ved at gange denne tilladelse med et gennemsnit af de omkringliggende kommuners 'anvendte procentandel' fundet som beskrevet ovenfor. Hvor en nabokommune også mangler data, er næste kommune anvendt, således at der stort set er brugt et gennemsnit fra et antal kommunerne svarende til antal nabokommuner. Der er taget hensyn til, at for vestkystkommuner skal der

inddrages procentsatser fra andre vestkystkommuner, da nedbøren her oftest er større end længere inde i landet.

Herunder ses hvilke kommuner, der er brugt for hver af de ovennævnte kommuner med huller i dataserien:

- Frederikshavn: Hjørring og Brønderslev-Dronninglund
- Jammerbugt: Hjørring, Brønderslev-Dronninglund, Aalborg, Vesthimmerland, Thisted
- Mariagerfjord: Aalborg, Rebild, Vesthimmerland, Viborg, Randers
- Lemvig: Thisted, Morsø, Varde (samt enkelte år også Holstebro og Struer, hvor der er data for disse – i så fald falder andre kommuner ud)
- Struer: Thisted, Morsø, Skive, Viborg, Varde
- Holstebro: Viborg, Skive, Thisted, Varde, Ikast-Brande, Morsø (samt enkelte år også Ringkøbing-Skjern, Lemvig og Struer, hvor der er data for disse – i så fald falder andre kommuner ud)
- Ringkøbing-Skjern: Billund, Varde, Ikast-Brande, Thisted
- Herning: Billund, Ikast-Brande, Viborg, Varde og Struer (samt enkelte år også Ringkøbing-Skjern, og Holstebro, hvor der er data for disse – i så fald falder andre kommuner ud)

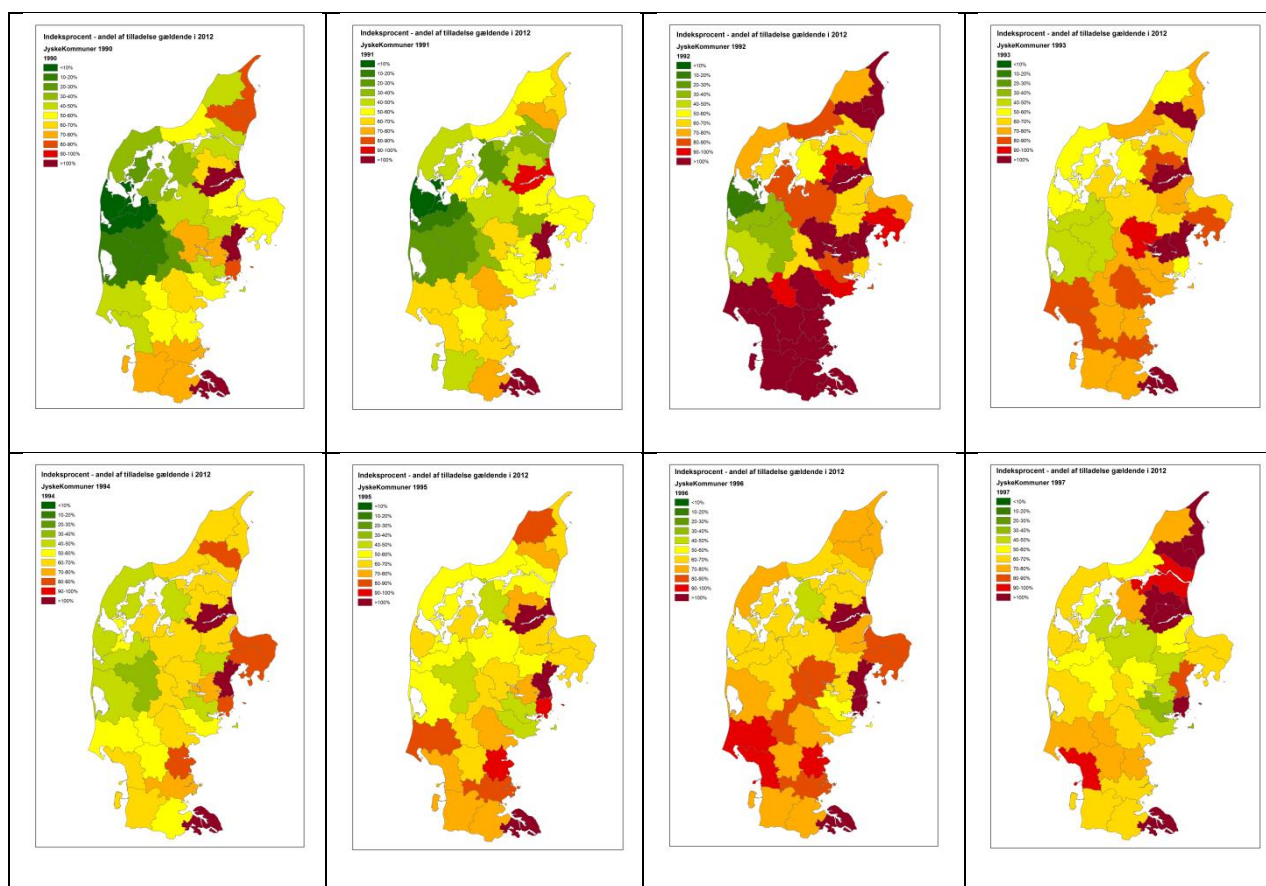
I bilag 1 er sumkurverne vist (i samme opsætning som kurver vist i første notat) for de 8 kommuner (ovenfor) med huller i dataserien.

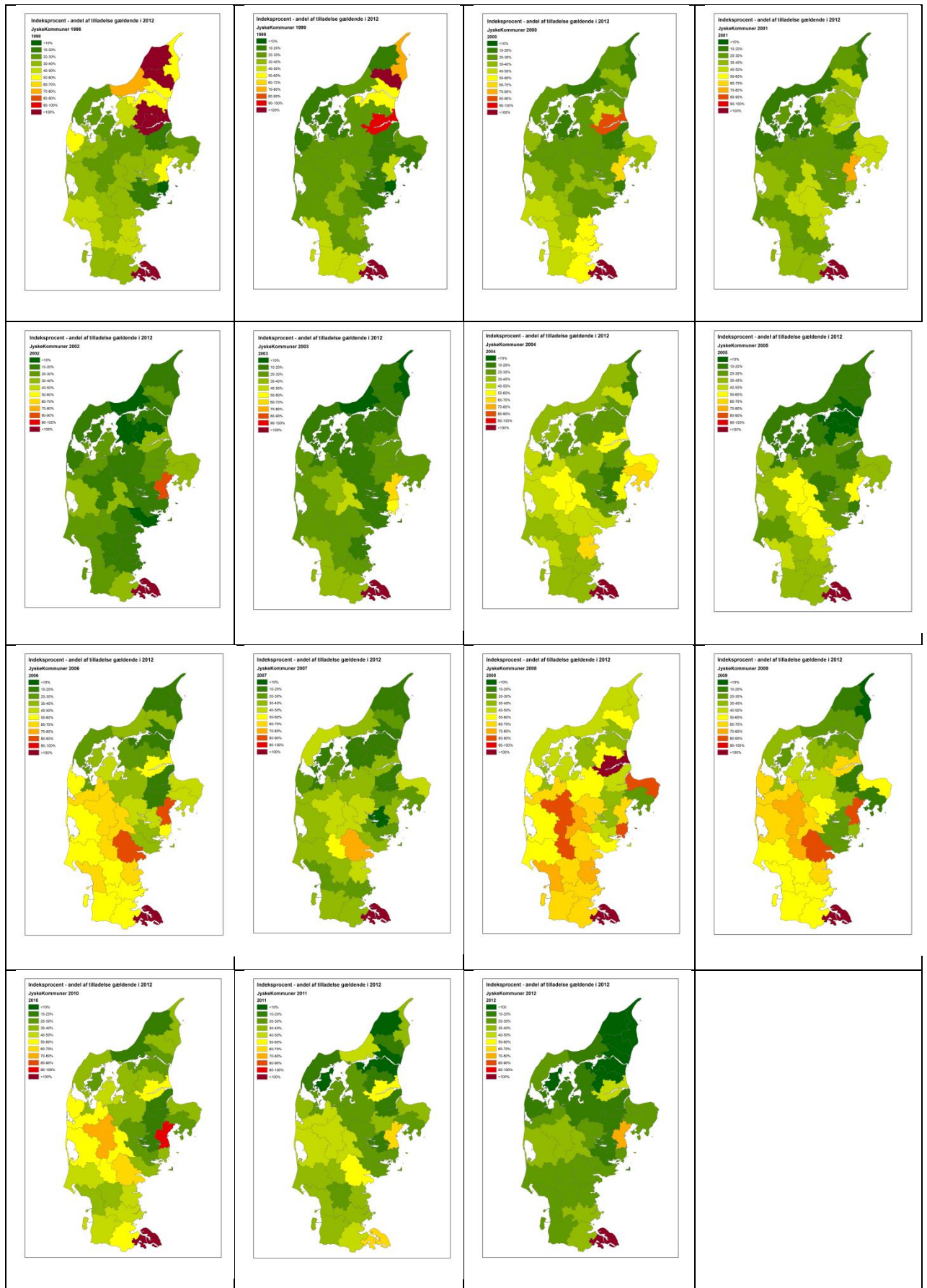
A2 - Kommunevis udvikling i indvinding set i forhold til tilladelsen i år 2012

Herunder ses en række kort, der viser udviklingen fra år til år i indeksprocenten. Indeksprocenten er beregnet ved at sætte de enkelte års indvinding (opjusteret tal) i forhold til den i 2012 gældende tilladelse. Tilladelsen i 2012 er anvendt, da den er den senest gældende og dermed mest opdaterede. Var de enkelte års tilladelse, som indberettet til Jupiter, anvendt, ville det give et skævt billede af udnyttelsesprocent, da denne datatype (tilladelsens størrelse) vurderes at være meget usikker (for lav) de første ca. 10 år af perioden.

Overordnet set tegner der sig et billede af nogle tørre år fra 1992 og frem til 1997, hvor der i de fleste kommuner vandes mere end halvdelen af tilladelsens (2012) størrelse, og enkelte kommuner mere end 100%. Især i 1992 primært i det tidligere Sønderjyllands Amt, hvor der var en 'frit lejde' aktion, se næste afsnit. Derefter ses der kun nogle få tørre år i det vest- og sydjyske med indeksprocenter over 50 (2006, 2008, 2009 og 2010).

Figure A1 Indeksprocent for 1990-2012 - udtrykt som andel af tilladelse for 2012 (Resultater for Als-Sønderborg fejlbehæftede som følge af indberetningsfejl for tilladt indvinding for de sidste tre år)



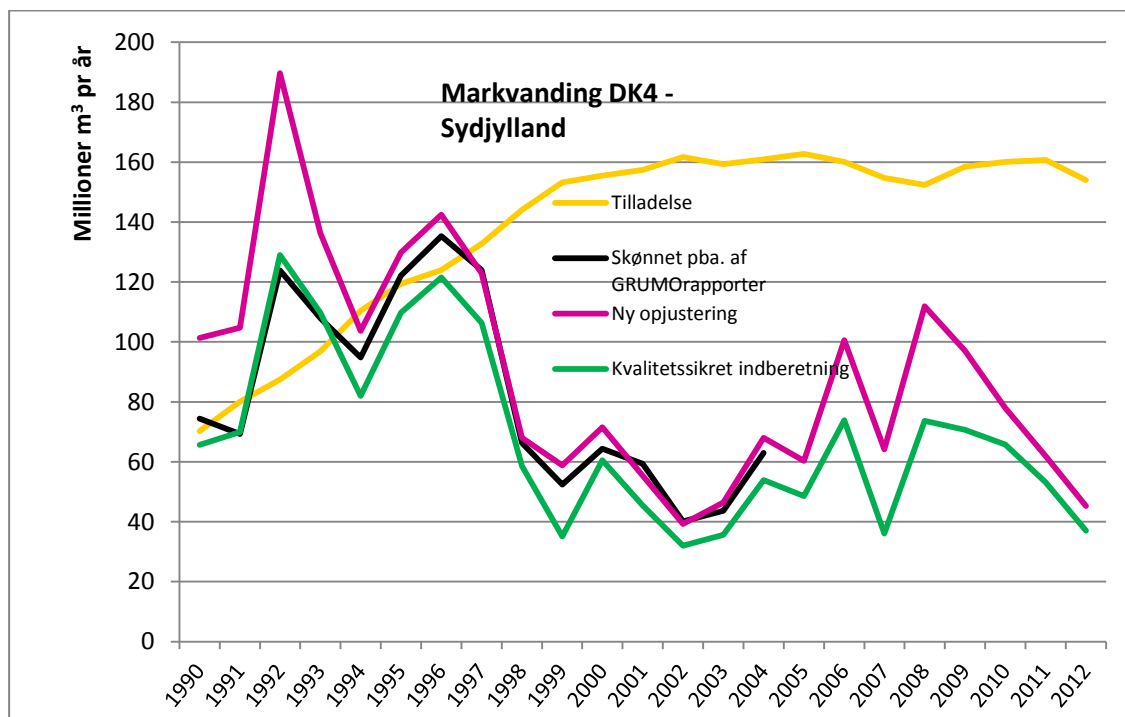


A3 – Opgørelser på DK-model områder

Nedenfor er den nye opjusterede vandingsmængde ('Ny opjustering' vist med margenta) plottet mod dataudtræk fra Jupiter (kvalitetssikret i forbindelse med arbejdet beskrevet ovenfor, vist med grøn kurve) samt mod amternes vurdering af markvanding i forbindelse med rapportering af grundvandsovervågningen i perioden 1990-2004 (GRUMO, sort kurve). Endelig ses den samlede tilladelse, som registreret i/indberettet til Jupiter (gul kurve).

Indvindingen i kommunerne, der deles mellem modelområder, er fordelt efter deres arealmæssige dækning i de pågældende områder, se tabellen i bilag 2. Bemærk de forskellige skalaer på y-aksen i de tre figurer, der hver dækker et af de tre jyske DK-model områder.

DK4 – Syddjylland:



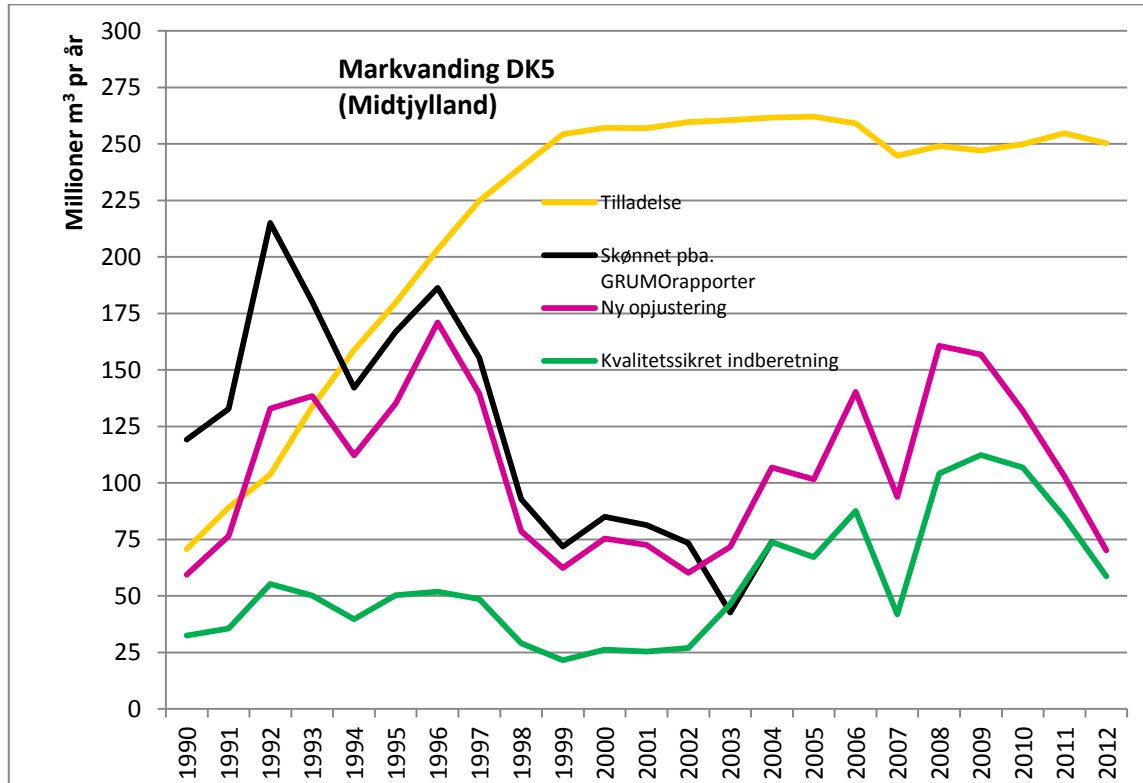
Opjusteringen stemmer fint overens med skøn i grundvandsovervågningsrapporterne i perioden fra 1994 til 2004. Der er dog store forskelle i de første 4 år, fra 1990-1993, hvor opjusterede mængder ligger op til 50% over de skønnede; i 1992 kommer den endda et stykke over den samlede tilladelsesmængde, der i perioden 1999-2012 ligger over 150 mio m³ pr. år. Dette kan skyldes flere ting, men sandsynlig primært at der mangler en del indberetninger, da der disse år er mange anlæg, der har en tilladelse, men hvorfra der ikke er registreret nogen indberetning. Samtidig ligger udnyttelsesprocenten hos de anlæg, der reelt indberetter og har en tilladelse, ret højt, hvorfor den anvendte procentandel ligger højt med tilsvarende høj opjustering af de registrerede tilladelser uden indberetning.

Dette gør sig især gældende i 1992, hvor Sønderjyllands Amt (der udgør en stor del af DK4) havde en såkaldt 'frit lejde' aktion i forhold til markvanding, idet man bad landmændene om at indberette, hvad der reelt var indvundet til markvanding. Sommeren og vækstsæsonen var særligt tør, og amtet ville gerne have en vurdering af det faktiske markvan-

dingsbehov under disse forhold, og bad derfor om markvandingsindberetninger, også over tilladelsens størrelse, under løfte om ikke at følge op med repressalier. Dette resulterer i en anvendt procentsats i kommunerne i DK4 på over 100%, ofte også over 200%.

Modelkørsler med DK-modellen bekræfter, at vandbehovet var højt i starten af 1990'erne, især i 1992.

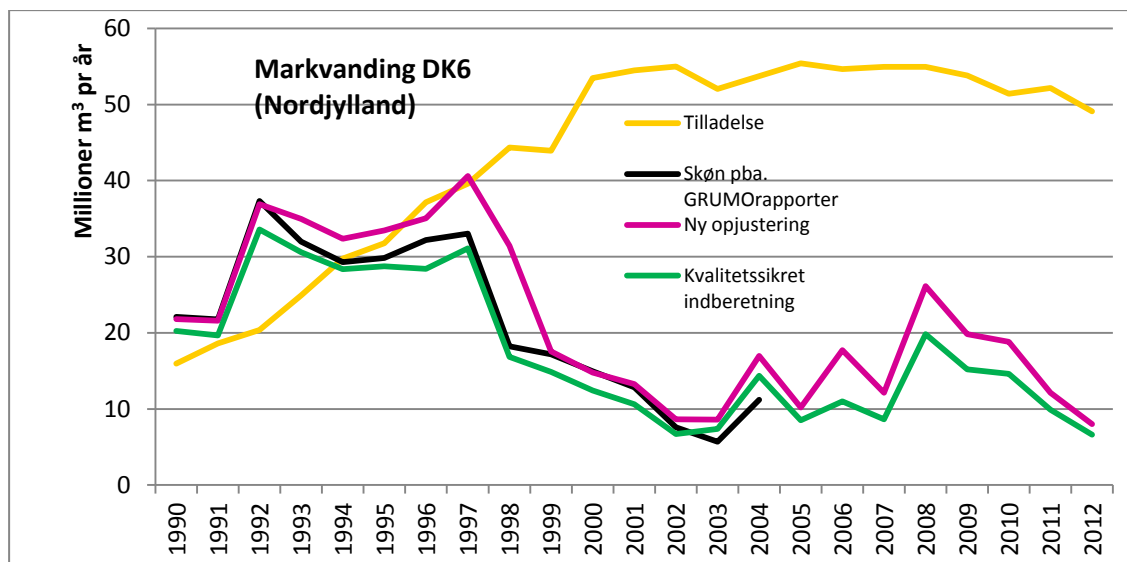
DK5 - Midtjylland:



Som i DK4 er der god overensstemmelse mellem kurven for den opjusterede mængde og skønnet fra grundvandsovervågningsrapporterne fra midten af 1990'erne og frem; dog ligger kurven for den opjusterede mængde stort set konstant under den skønnede undtagen i starten af 1990'erne. Det er værd at bemærke, at selv kurven for den opjusterede mængde altid ligger et godt stykke under en samlede tilladelse for perioden 2000 og frem, hvor denne ligger omkring 250 mio m³ pr. år.

Som det er konstateret under gennemgangen af kommunerne, mangler der data fra flere vestjyske kommuner, hvor der senere er indberettet store markvandingsmængder. Det vurderes derfor, at den forsøgte opjustering ikke er tilstrækkelig, da denne er baseret på størrelsen af den registrerede tilladelse, og denne var, som det ses af den gule kurve, forholdsvis lav i starten af 1990'erne. Amternes vurdering giver derfor et bedre billede af den reelle markvanding i perioden 1990 til ca. 1996 end opjusteringen.

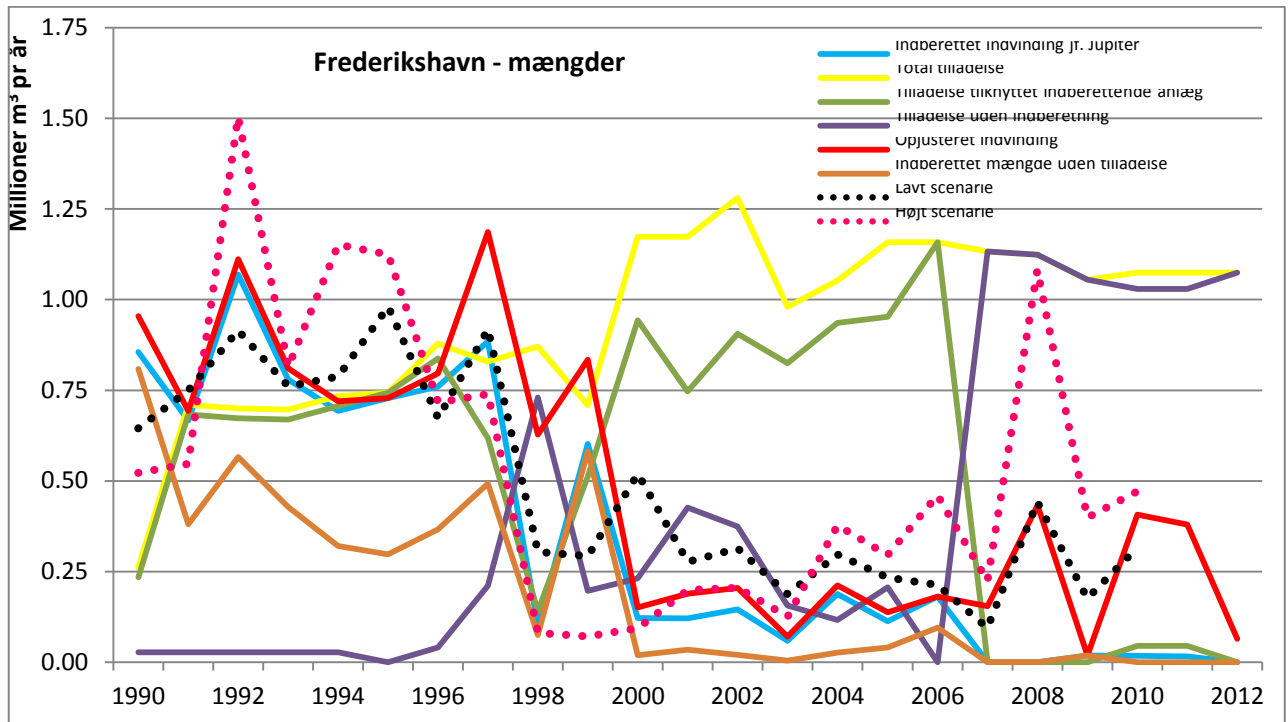
DK6:



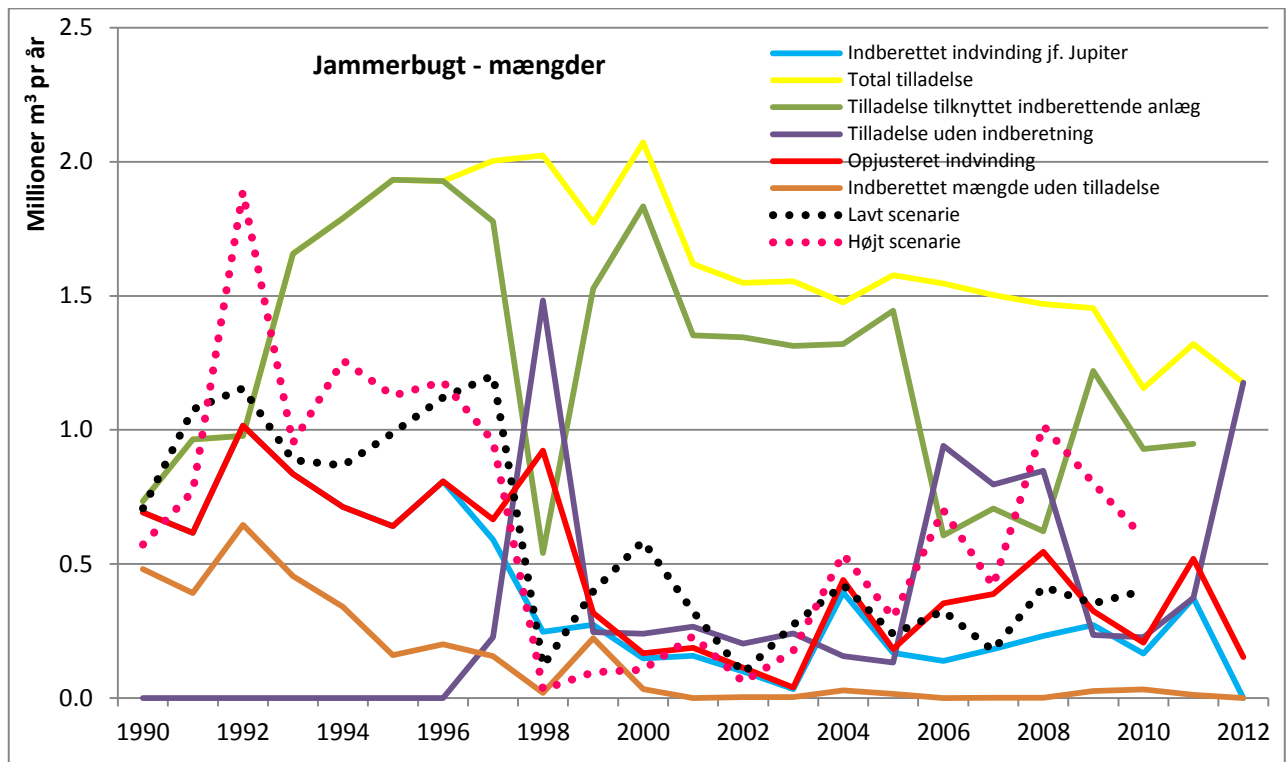
Markvandingen i DK6 er generelt meget lavere end i DK4 og DK5, og den samlede tilladelse fra ca. 2000 og frem ligger da også kun mellem 50 og 60 mio. m³ pr. år mod 200-250 mio. i de andre to områder. Dette til trods for, at DK6 størrelsesmæssigt (ca. 12.300 km²) minder om DK5 (ca. 12.800 km²), mens DK4 er lidt mindre (ca. 9.400 km²).

I DK6 stemmer kurverne generelt pænt overens. Den opjusterede mængde ligger de fleste år lidt over skønnet fra grundvandsovervågningsrapporterne, men kommer enkelt år en anelse under. Dette afspejler sandsynligvis, at en mindre del af markvandingen reelt hører til i DK5, men er blevet regnet med i DK4 pga. den arealmæssige vægtning af markvandingen. Denne er som regel ikke spredt jævnt i kommunerne, så selvom en kommune arealmæssigt befinder sig 80% i et DK-modelområde, er det ikke nødvendigvis således, at 80% af kommunens samlede markvanding sker i dette modelområde. Dette er der ikke taget hensyn til i denne beregning, idet markvandingen ikke er stedfæstet men blot beregnet på kommuneniveau.

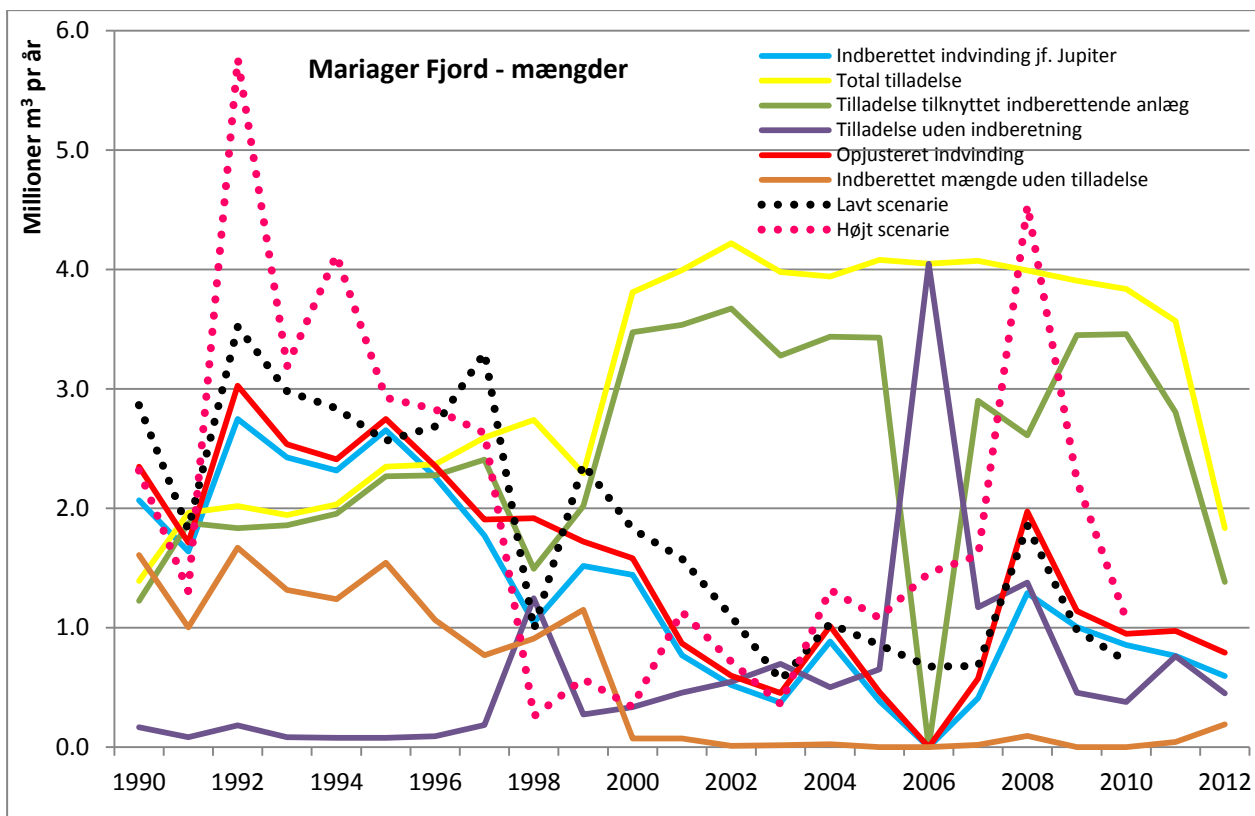
BILAG 1



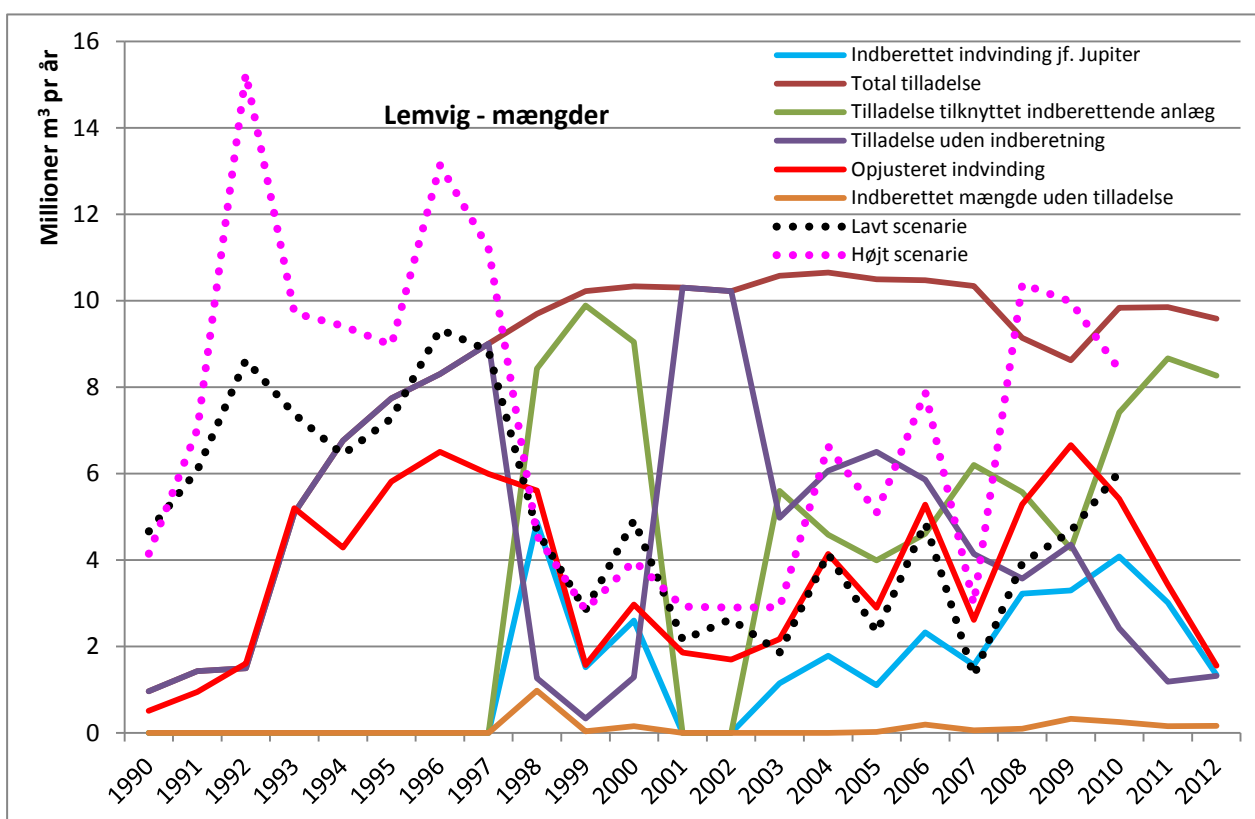
Frederikshavn Kommune: Nye tal (rød kurve) i 2007, 2008 samt 2012.



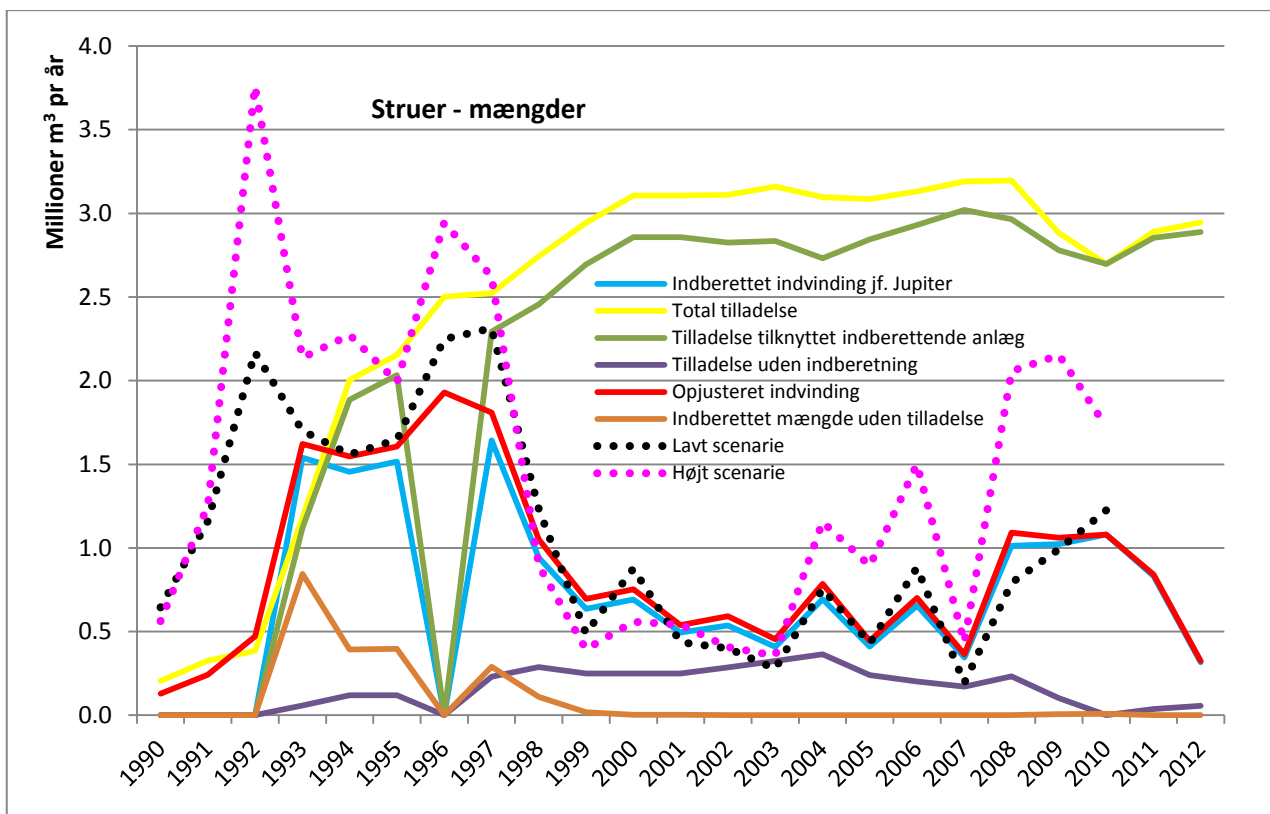
Jammerbugt Kommune: Nyt tal (rød kurve) i 2012



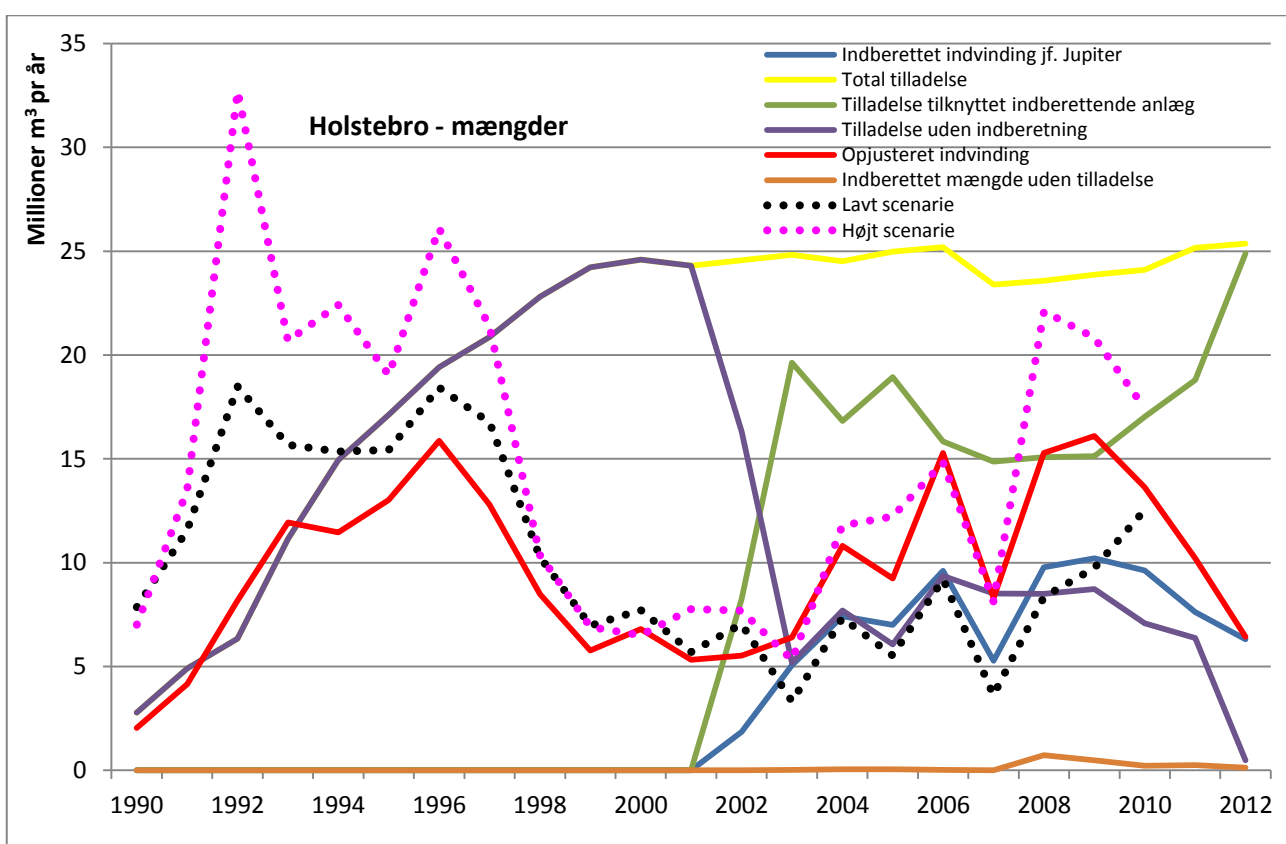
Mariagerfjord Kommune: Nyt tal (rød kurve) for 2006.



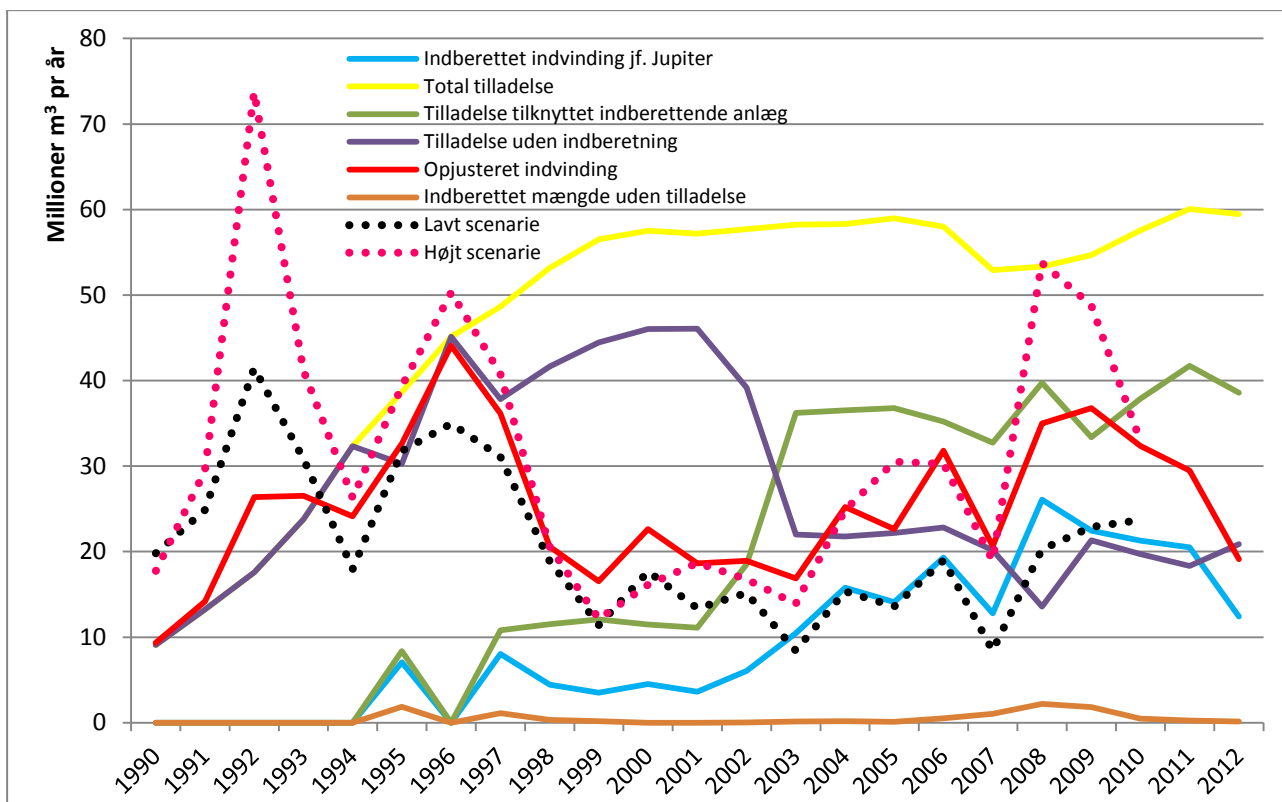
Lemvig Kommune: Nye tal (rød kurve) for 1990-1997, 2000 samt 2001.



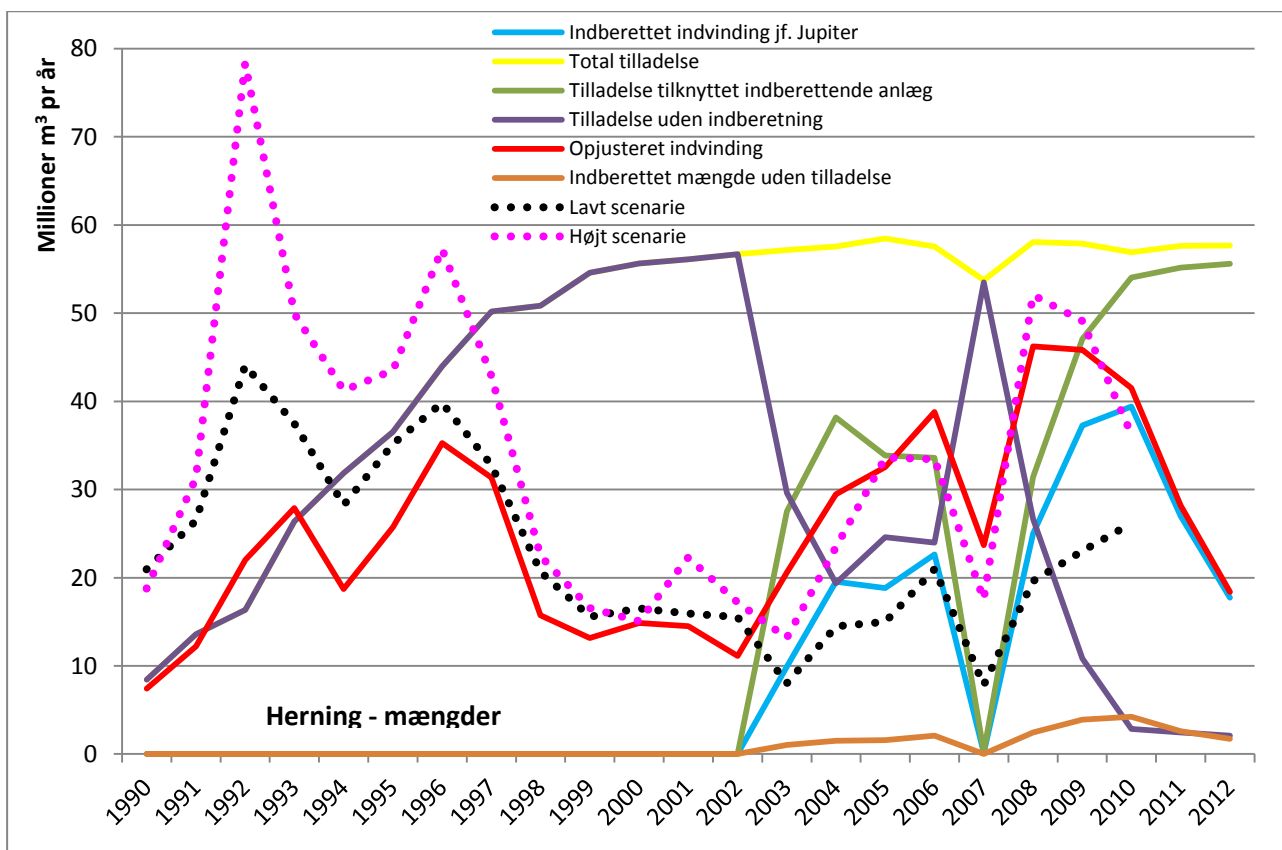
Struer Kommune: Nye tal (rød kurve) for 1990-1992 samt 1996.



Holstebro Kommune: Nye tal (rød kurve) for 1990-2001.



Ringkøbing-Skjern Kommune: Nye tal (rød kurve) for 1990-1994 samt 1996.



Herning Kommune: Nye tal (rød kurve) for 1990-2002.

BILAG 2

Kommuner delt ml DK6 og DK5					
Kommune	Areal i DK6	Areal i DK5	Sum	% i DK6	% i DK5
Holstebro	123	678	801	15.4	84.6
Lemvig	182	334	516	35.3	64.7
Struer	201	45	246	81.7	18.3
Randers	323	424	747	43.2	56.8
Skive	609	74	683	89.2	10.8
Viborg	718	702	1420	50.6	49.4

Kommuner delt ml DK5 og DK4					
Kommune	Areal i DK4	Areal i DK5	Sum	% i DK4	% i DK5
Billund	340	200	540	63.0	37.0
Varde	987	251	1238	79.7	20.3
Vejle	605	456	1061	57.0	43.0
Hedensted	171	380	551	31.0	69.0