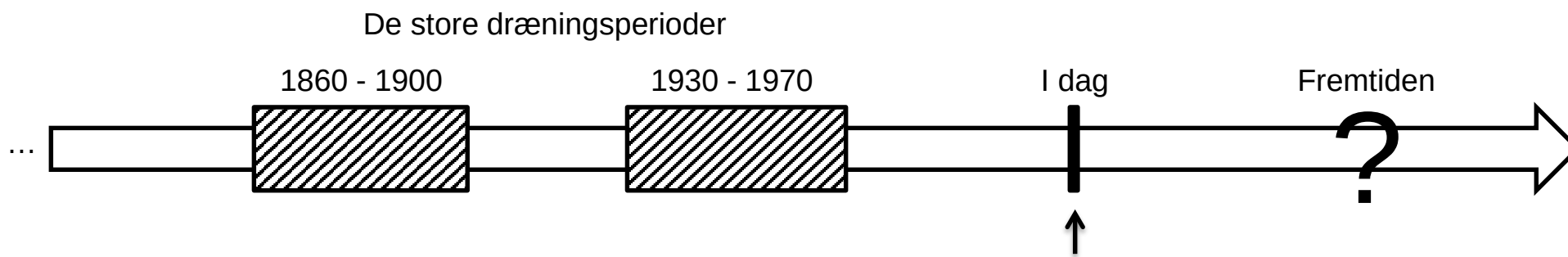


Dræning og afvanding

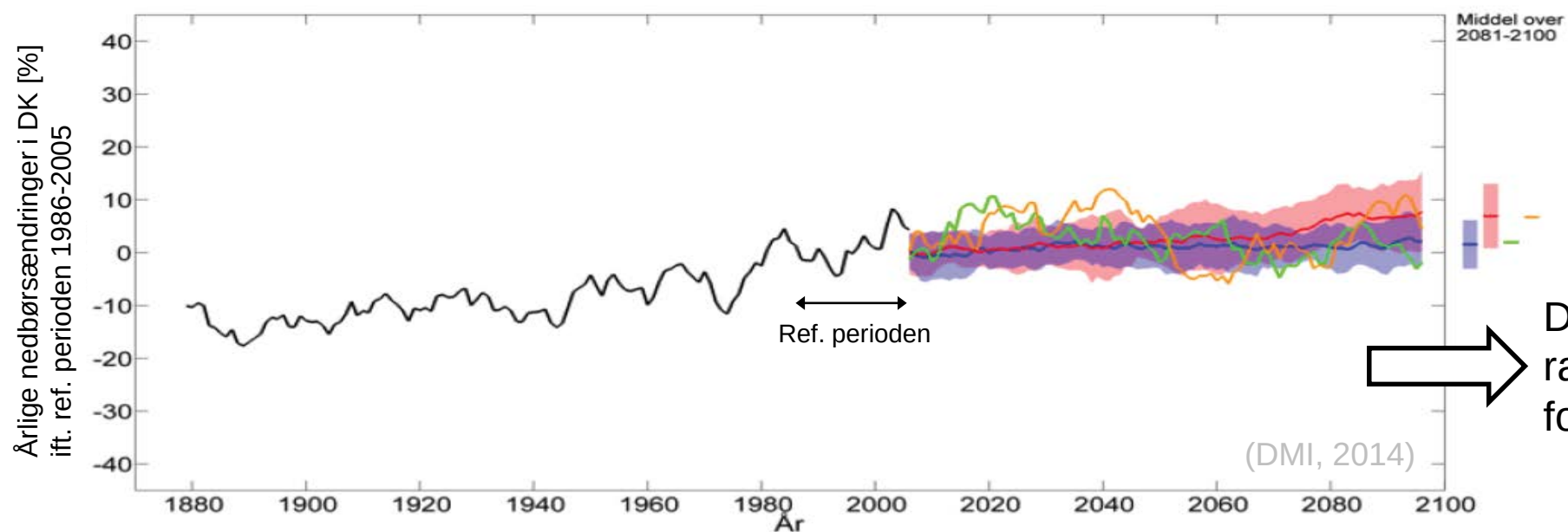
- Ændrede hydrologiske rammer

Rikke Krogshave Laursen

Tidslinje



Flere landmænd oplever at dræn- og afvandingsproblemer er stærkt stigende

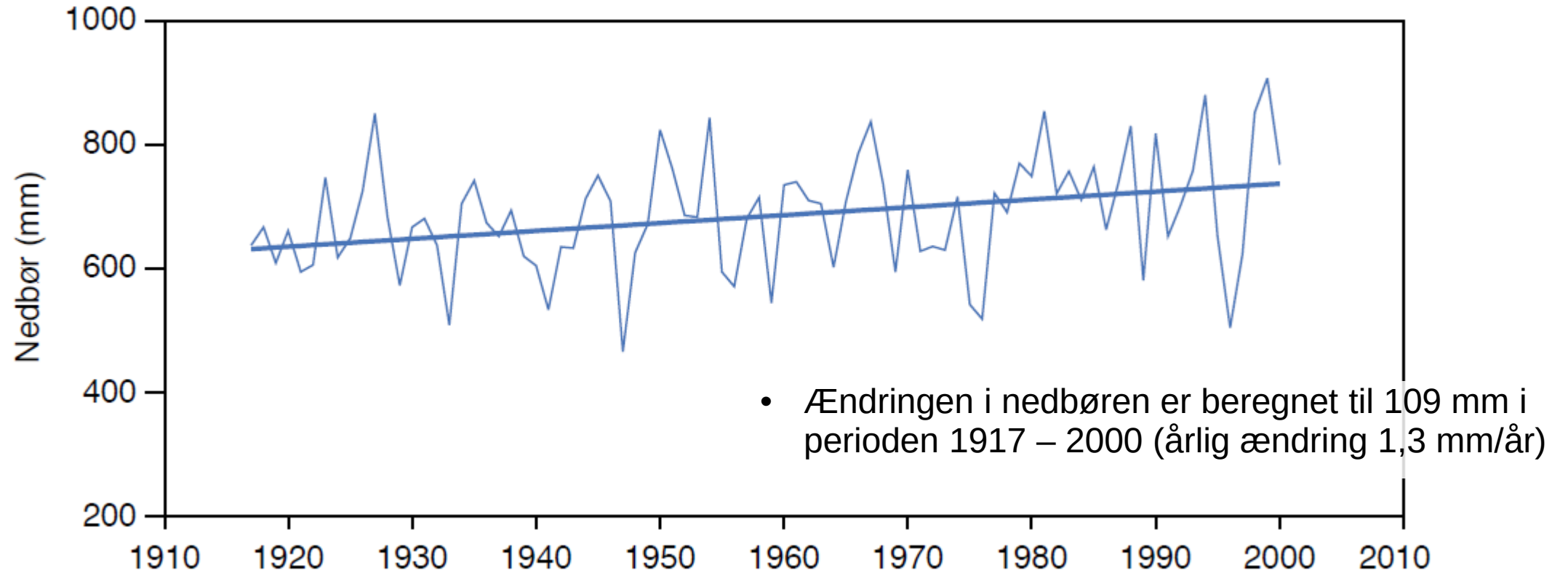


De hydrologiske rammer har og vil fortsat ændre sig

Indhold

- Observerede hydrologiske ændringer
- Det forventede fremtidige klima i Danmark
- Konsekvenser af ændrede hydrologiske rammer
- Ændringer i vandløbsvedligeholdelse
- Værktøjer
- Diskussion i grupper og fælles opsamling

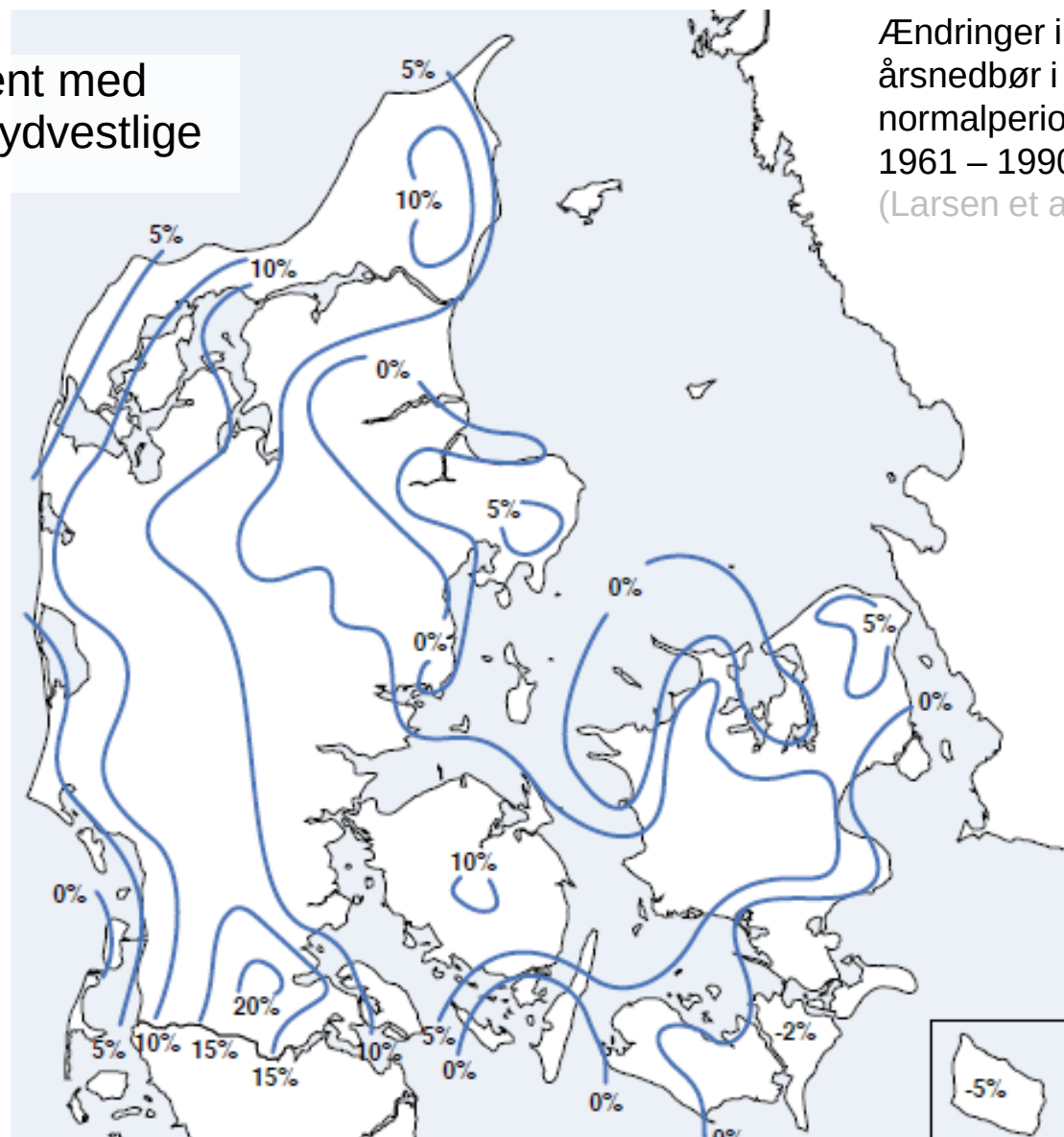
Observerede årlige nedbørsændringer (1917 – 2000)



Den årlige akkumulerede nedbør for Danmark. Den estimerede ændring er indtegnet som en ret linie. (Larsen et al., 2005)

Observerede stedmæssige forskelle i nedbørsændringerne

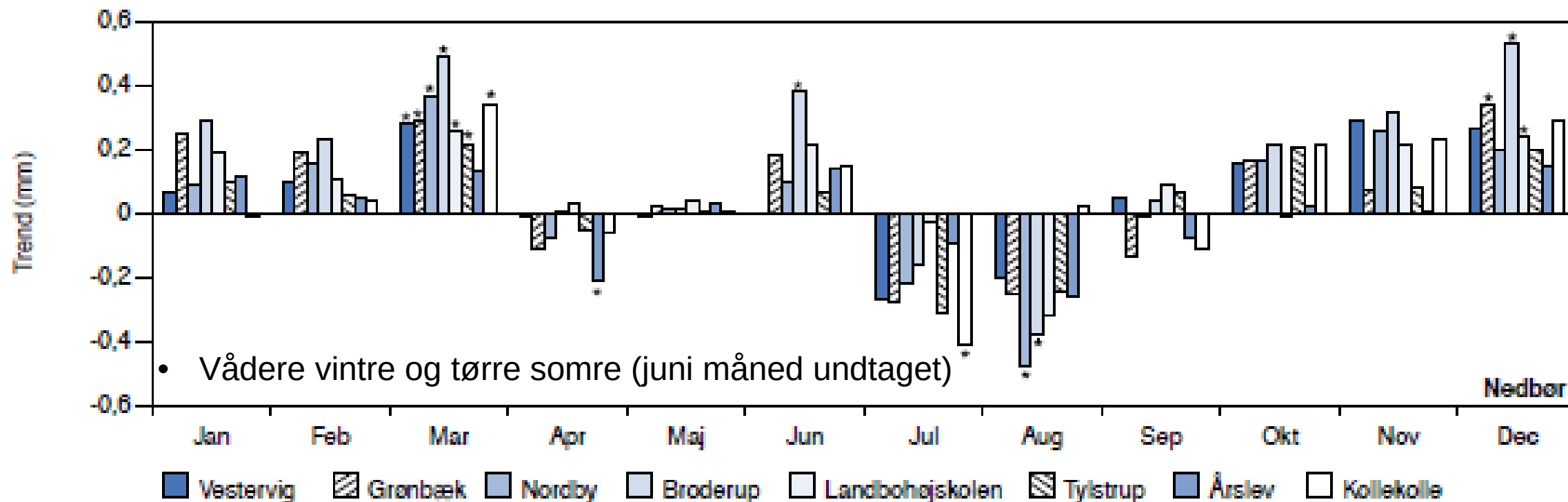
- Der er en vest-øst gradient med største stigninger i den sydvestlige del af Jylland



Ændringer i den akkumulerede årsnedbør i % over to 30 års normalperioder 1931 – 1960 og 1961 – 1990 i Danmark.

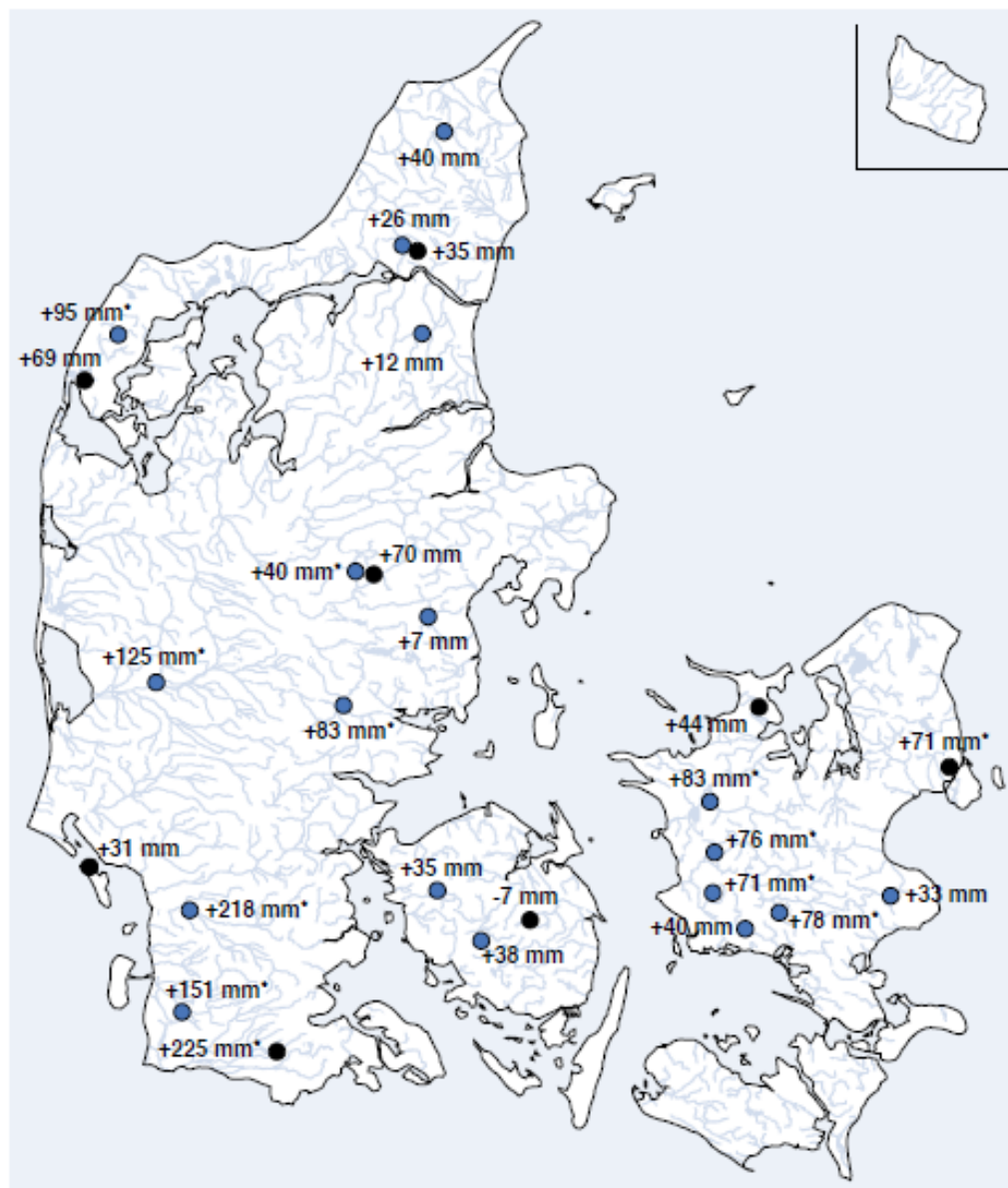
(Larsen et al., 2005)

Observerede sæsonmæssige nedbørsændringer



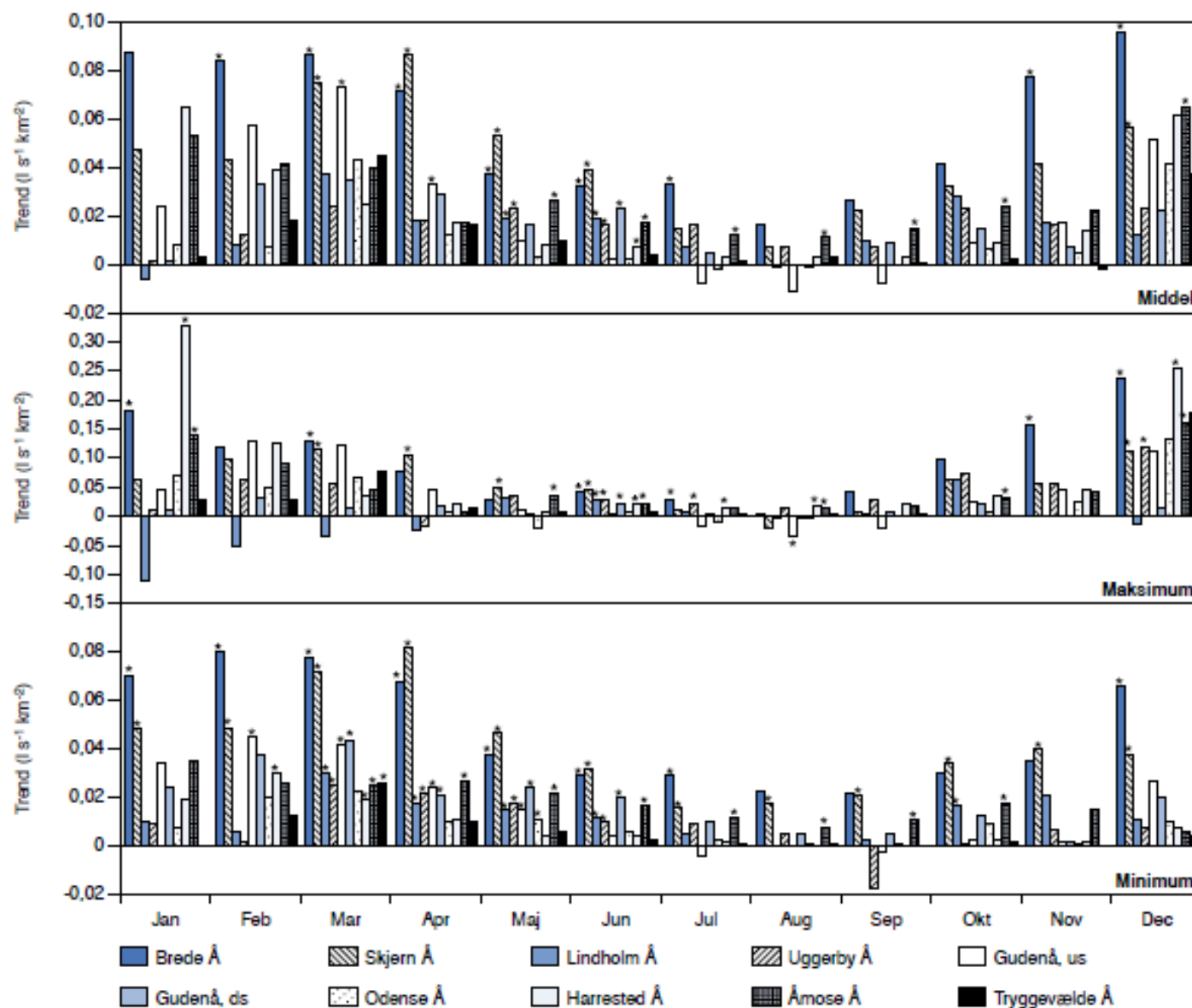
Ændringer i månedsnedbøren ved 8 klimastationer i perioden 1917 – 2000. Statistisk signifikante ændringer er vist med en stjerne over/under søjlen. (Larsen et al., 2005)

Observerede ændringer i vandløbsafstrømning



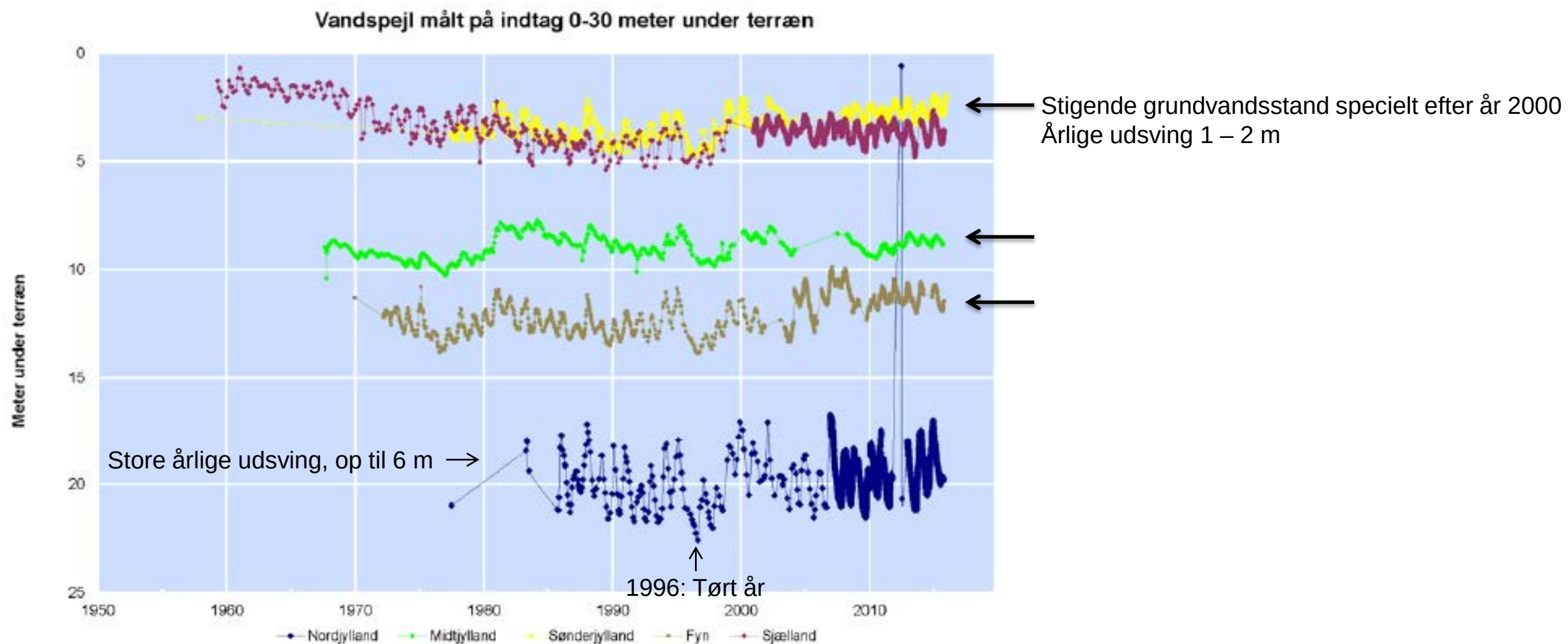
Ændringer i årlig afstrømning og årlig nedbør beregnet over en 75 års periode ved 18 vandløbsstationer (●) og 8 klimastationer (●). Statistisk signifikante ændringer er vist med *. (Larsen et al., 2005)

Observerede sæsonmæssige afstrømningsændringer



Ændringer i den månedlige middel-, maksimums- og minimumsafstrømnings-nedbøren for 10 stationer i perioden 1917 – 2000. Statistisk signifikante ændringer er vist med en stjerne over/under søjlen. (Larsen et al., 2005)

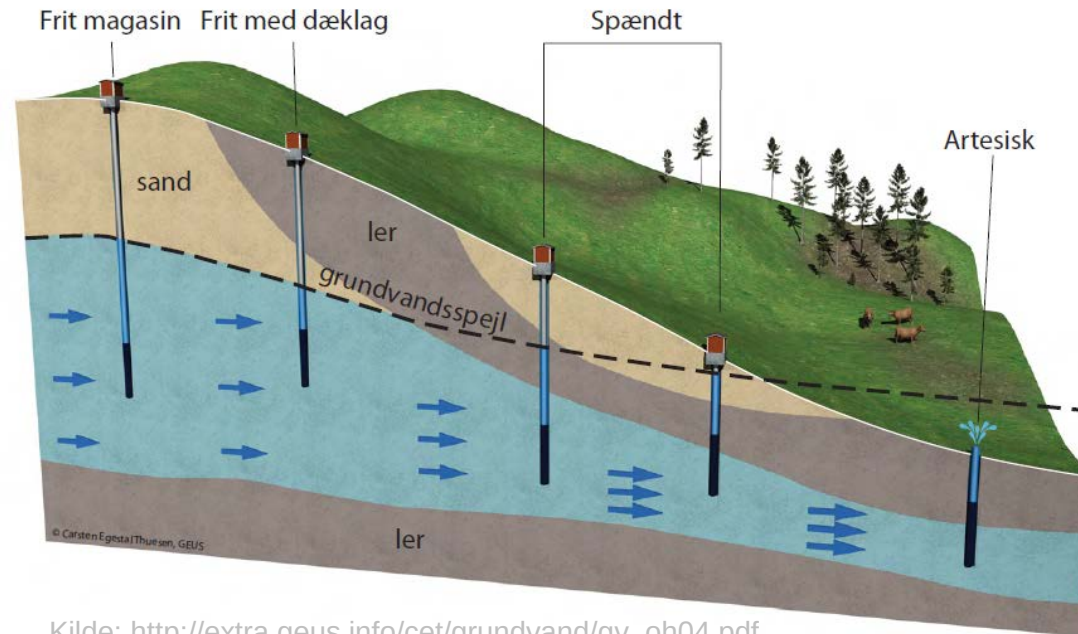
Observerede ændringer i grundvandsstanden



Pejleserier (vandstand m u.t.) for terrænnære indtag beliggende 0 – 30 m u.t. (Thorling et al., 2016)

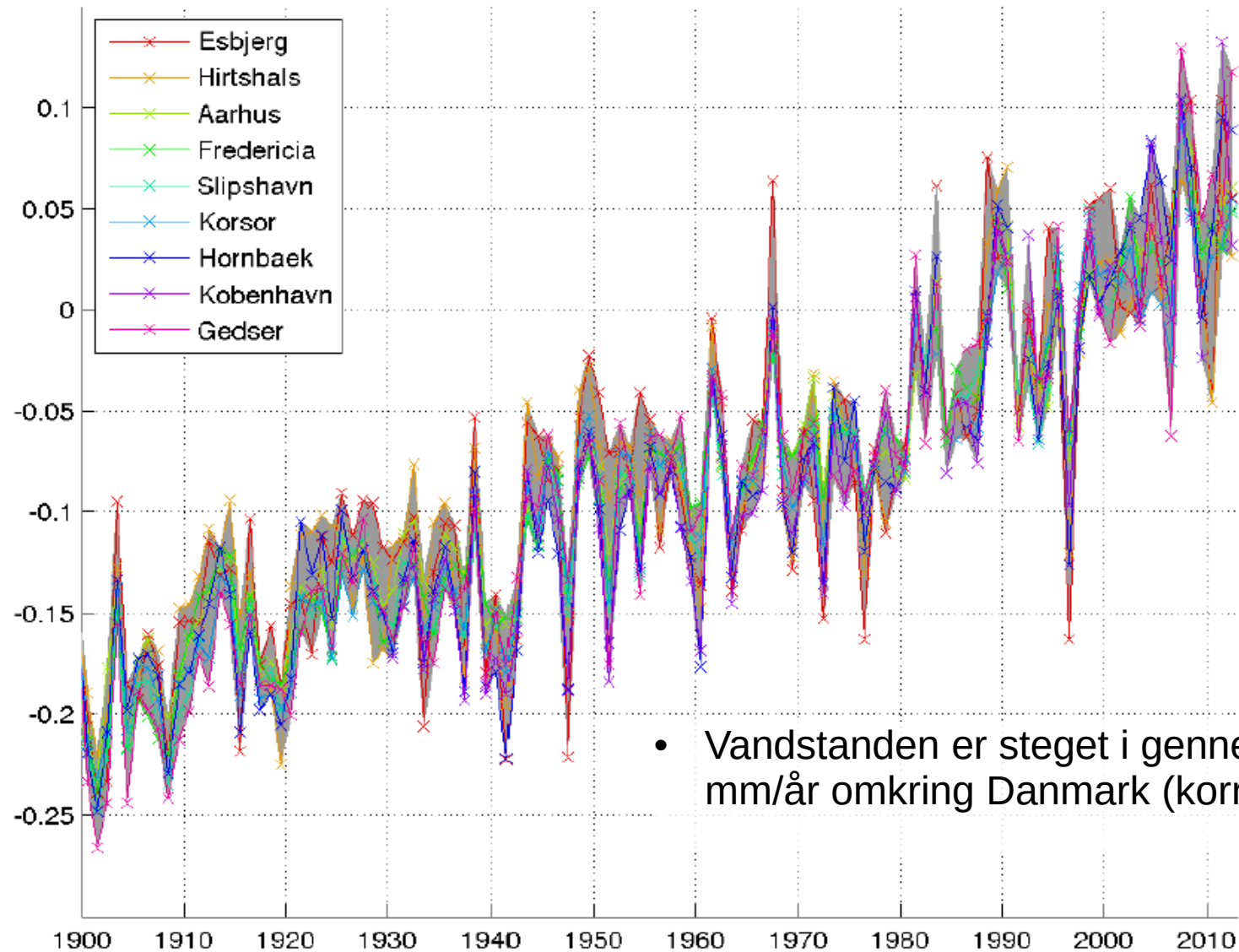
Observerede ændringer i grundvandsstanden

- Stigende årsnedbør resulterer ikke altid i stigende grundvandsstand
- Nedbøren er ikke jævnt fordelt over Danmark
- En enkelt tør periode kan have stor betydning (lange tidsserier er nødvendige)
- Ikke alt bliver til nettonedbør, noget strømmer af overfladisk eller fordamper
- Andre betydende faktorer
 - Udviklingen i grundvandsindvindingen
 - Geologien inkl. frie og spændte magasiner
 - Lokale dræn, vandløb, opstuvninger osv.



Kilde: http://extra.geus.info/cet/grundvand/gv_oh04.pdf

Observerede årlige havvandstandsændringer (1900 – 2012)



Ændringer i observerede årlige
middel vandstande [m] ved 9
danske stationer ift.
referenceperioden 1986 - 2005.
(DMI, 2014a)

- Vandstanden er steget i gennemsnit 1,7 – 2,2 ($\pm 0,3$) mm/år omkring Danmark (korrigeret for landhævning)

Det forventede fremtidige klima i Danmark - Klimascenarier

Baseret på FN's klimapanel IPCC

5. hovedrapport

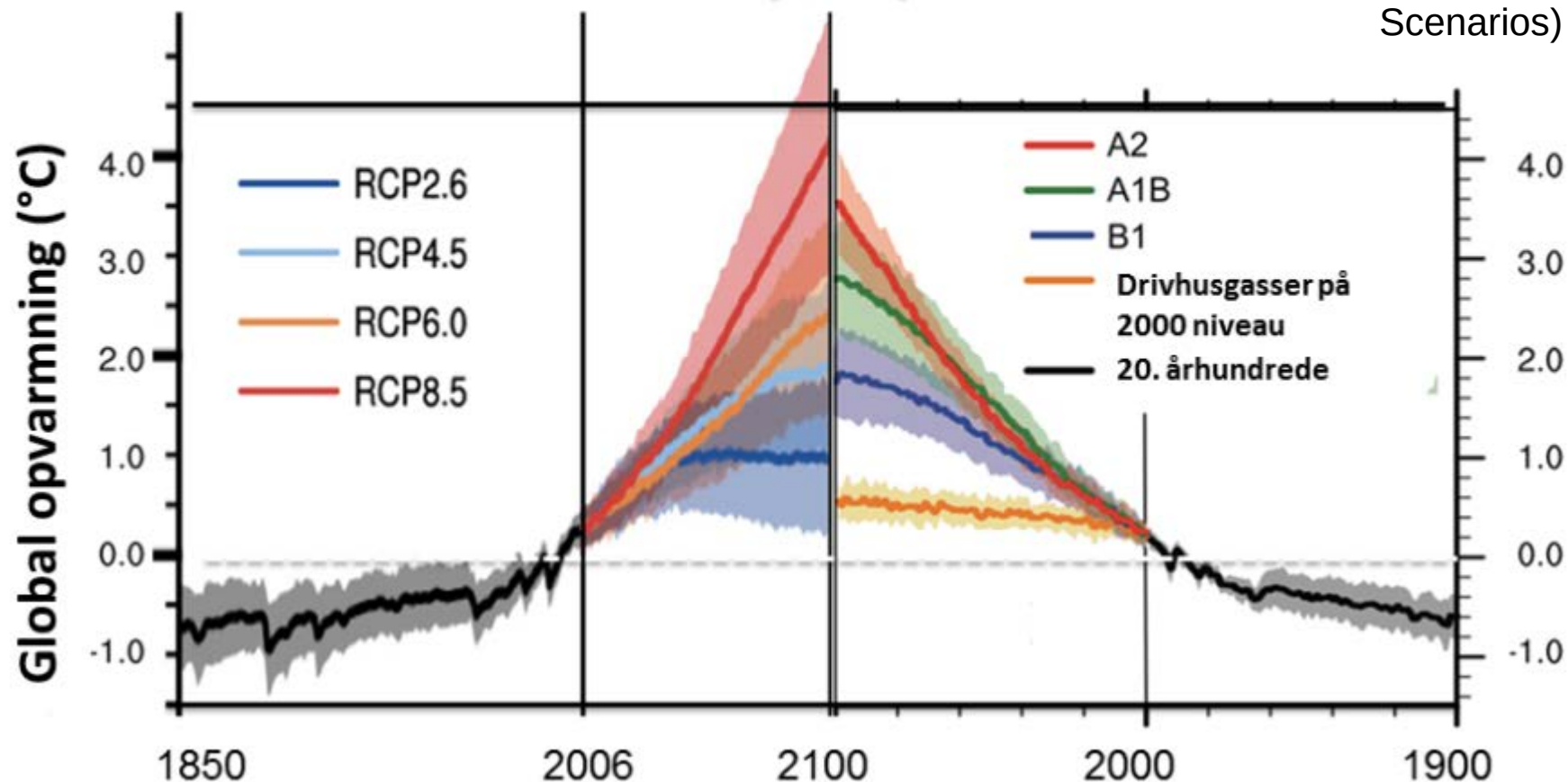
2014

4. hovedrapport

2007

RCP-scenarierne
(Representative Concentration
Pathways)

SRES-scenarierne
(Special Report on Emissions
Scenarios)



SEGES



+ **EU2C-scenariet:** Opstillet af DMI, svarer til EU's målsætning om, at temperaturen ikke må stige mere end 2 °C i forhold til før-industrielt niveau.

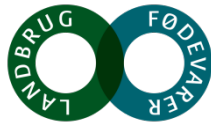
Forventede fremtidige klimaændringer

Indices	1990	2050	2100
Frostdøgn [døgn/år]	85 (± 8)	61 (± 7)	29 (± 5,3)
Vækstsæson [døgn/år]	230 (± 11)	270 (± 12)	300 (± 11)
Varme sommernætter [døgn/år]	8 (± 4)	13 (± 4)	44 (± 13)
Nedbørshændelser > 10 mm [døgn/år]	19 (± 2)	22 (± 2)	26 (± 3)
Nedbørshændelser > 20 mm [døgn/år]	2 (± 0,3)	3 (± 0,5)	5 (± 0,7)
Årets største døgnsum [mm]	70 (± 8)	75 (± 8)	81 (± 10)
Årets største 5-døgnssum [mm]	94 (± 6)	100 (± 5)	108 (± 7)
Middelintensitet af nedbør [mm/døgn]	5,0 (± 0,2)	5,2 (± 0,2)	5,6 (± 0,2)
Hedebølgedage [døgn/år]	1,5 (± 0,6)	2,8 (± 1,0)	5,0 (± 2,6)
Længste hedebølge [døgn]	3,2 (± 0,7)	4,2 (± 0,9)	5,6 (± 1,9)
Varmebolgedage [døgn/år]	5,8 (± 1,4)	8,7 (± 2,2)	13,9 (± 4,7)
Længste varmebølge [døgn]	6,9 (± 1,1)	8,2 (± 1,4)	10,1 (± 3,3)

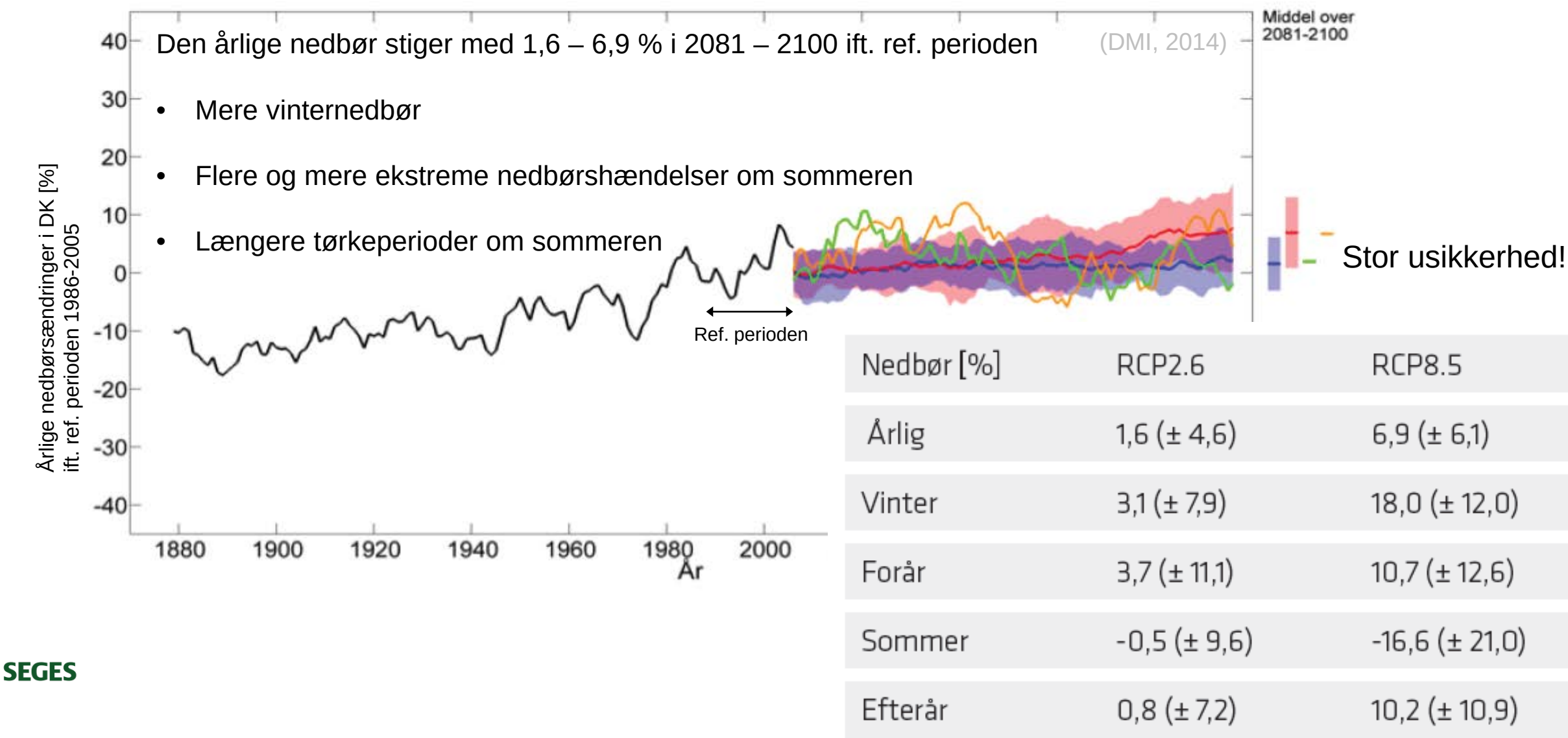
Klimaparametre for Danmark angivet for 1990, 2050 og 2100. (DMI, 2014a)

Definitioner af klimaparametre:

Klimaparametre	Forklaring
Frostdøgn	Antallet af døgn om året, hvor laveste temperatur er under frysepunktet.
Vækstsæson	Vækstsæsonens længde er antallet af dage fra årets første 6 sammenhængende dage med daglige middeltemperaturer over 5 °C til årets sidste 6 sammenhængende dage med daglige middeltemperaturer over 5 °C.
Varme sommernætter	Antallet af sommernætter om året, hvor temperaturen om natten er over 20 °C.
Nedbørshændelser > 10mm	Antallet af døgn om året med mere end 10 mm nedbør.
Nedbørshændelser > 20mm	Antallet af døgn om året med mere end 20 mm nedbør.
Årets største døgnsum	Samlet mængde nedbør i det døgn på året med mest nedbør i det git-terpunkt, hvor værdien er størst.
Årets største 5-døgnssum	Samlet mængde nedbør over de 5 sammenhængende døgn på året med mest nedbør midlet over Danmark.
Middelintensitet af nedbør	Middelnedbør for alle døgn med mere end 1 mm daglig nedbør.
Hedebølgedage	Antallet af årlige landsdækkende hedebølgedage. En hedebølge er de-fineret ved, at midlet af de højeste registrerede temperaturer målt over tre sammenhængende dage overstiger 28 °C. Ved en landsdækkende hedebølge, har mindst halvdelen af landet hedebølge.
Længste hedebølge	Længden af den længste hedebølge midlet over en 30 års periode.
Varmebolgedage	Antallet af årlige landsdækkende varmebolgedage. En varmebølge er defineret ved, at midlet af de højeste registrerede temperaturer målt over tre sammenhængende dage overstiger 25 °C. Ved en landsdæk-kende varmebølge, har mindst halvdelen af landet varmebølge.
Længste varmebølge	Længden af den længste varmebølge midlet over en 30 års periode.

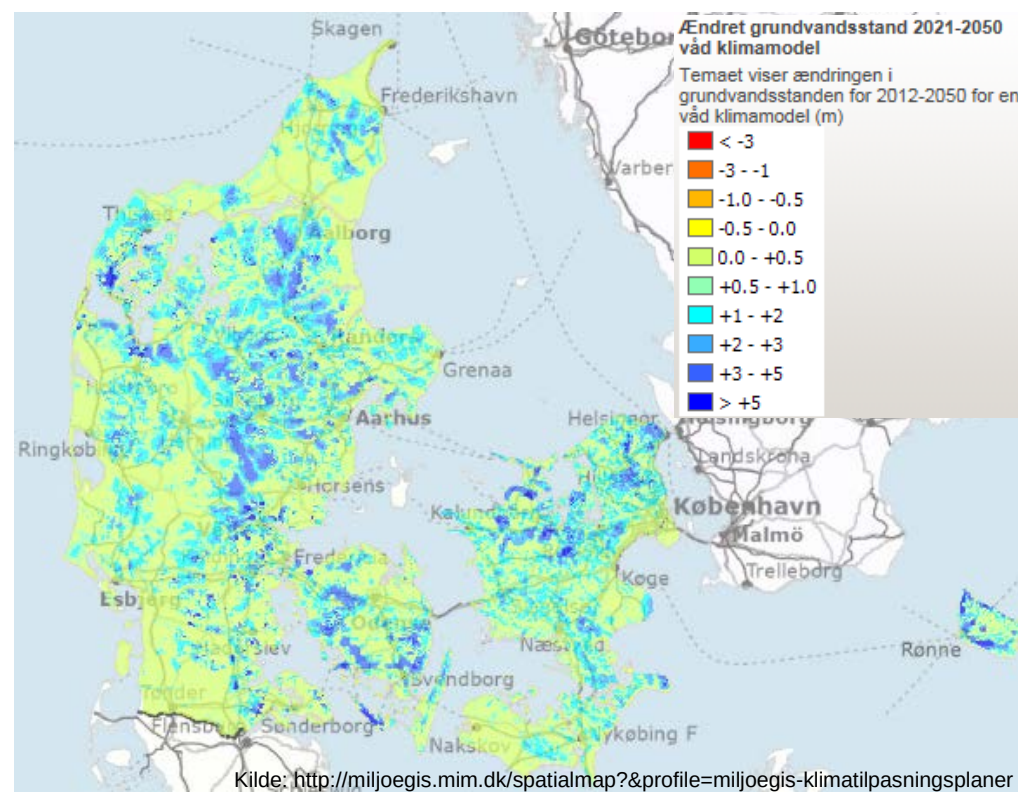
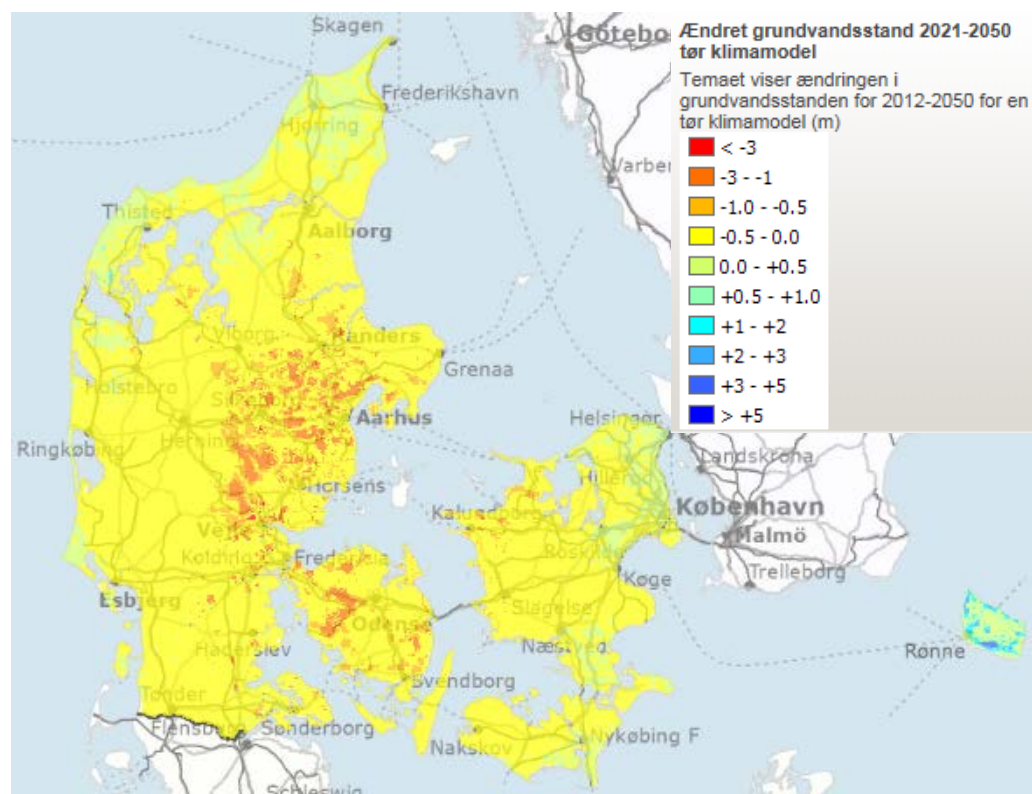


Forventede fremtidige nedbørsændringer



Forventede fremtidige grundvandsstandsændringer

- Det er usikkert, hvorvidt grundvandsdannelsen øges eller reduceres.
- For våd klimamodel vil ca. halvdelen af Danmarks areal få stigninger over en halv meter, mens tør klimamodel peger på en mulig fremtidig sænkning af grundvandspejlet

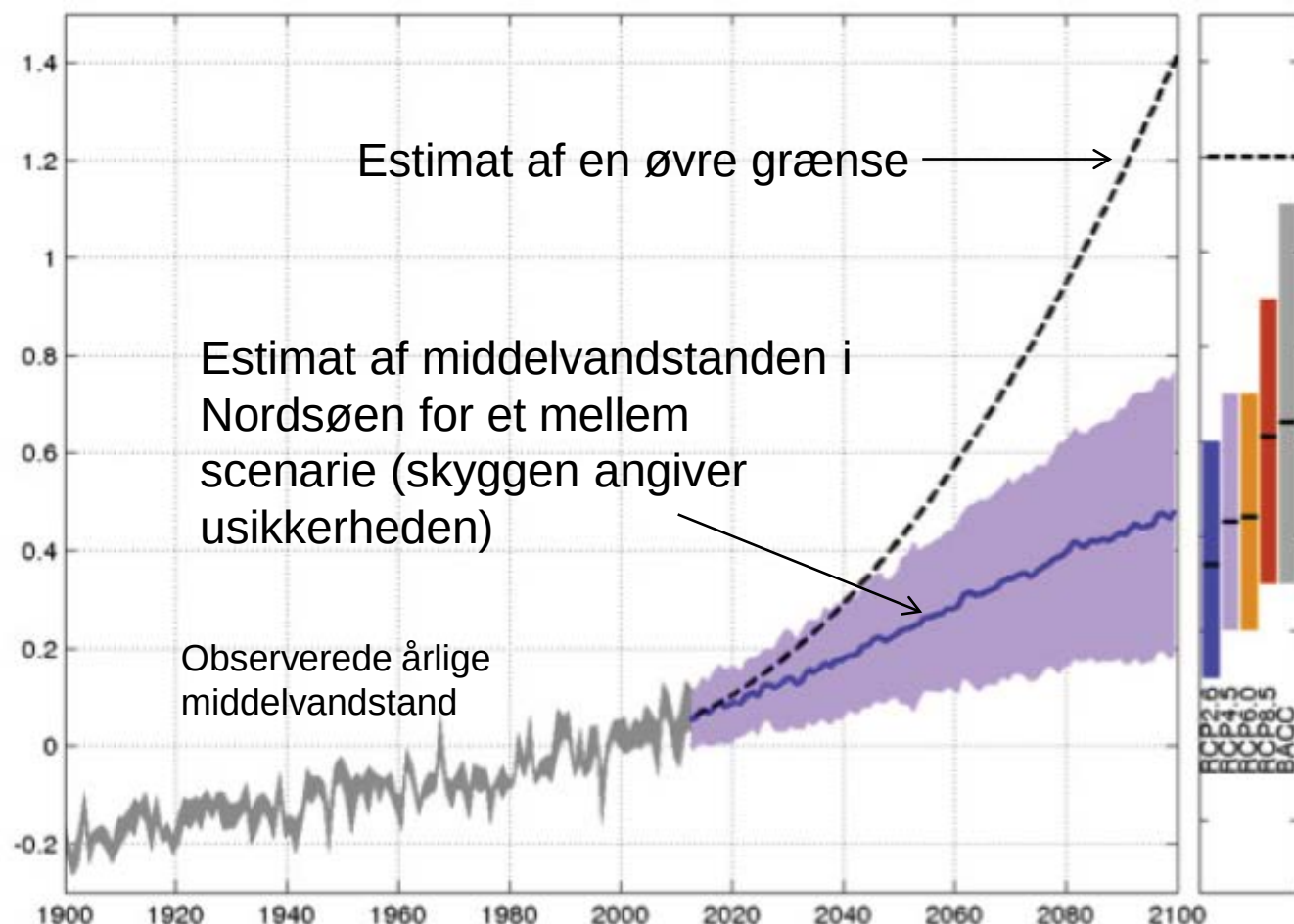


Kilde: <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&profile=miljoegis-klimatilpasningsplaner>

- SEGES** • Øget vinternedbør og mere tørre somre (øget markvanding) vil påvirke grundvandsdannelsen i hver sin retning



Forventede fremtidige havvandstandsændringer



Forventede havvandstandsstigninger i Danmark i 2081-2100:

- Lav scenarie: 0,3 m
- Høj scenarie: 0,6 m
- Vurderet øvre grænse: 1,2 m

Den absolutte middelvandstand [m] for Danmark i perioden 1900 - 2100. (DMI, 2014b)

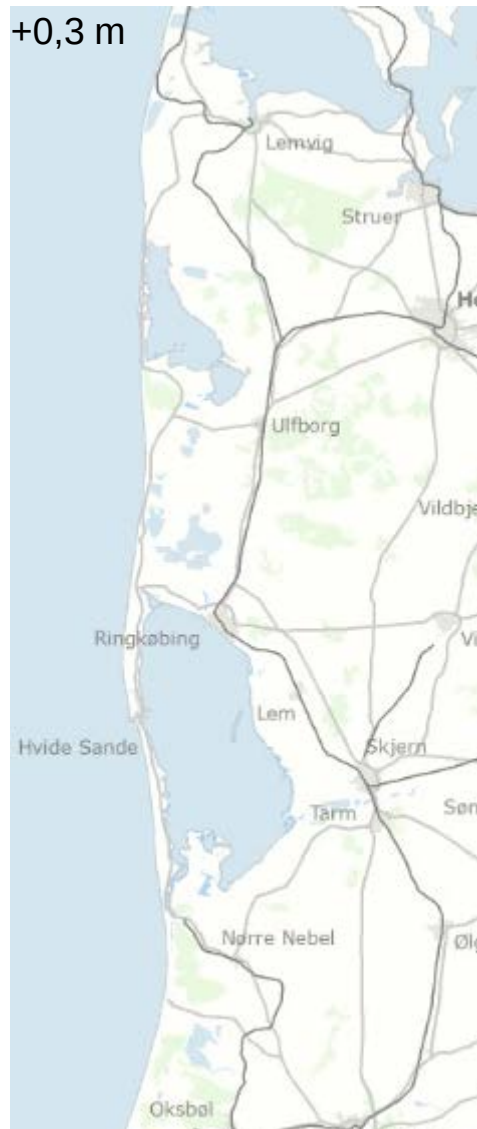
Forventede fremtidige havvandstandsændringer

En nuværende 100-års vandstand på 4,05 meter vil i 2100 med et fremtidigt klima have en gentagelsesperiode på omkring 5 år

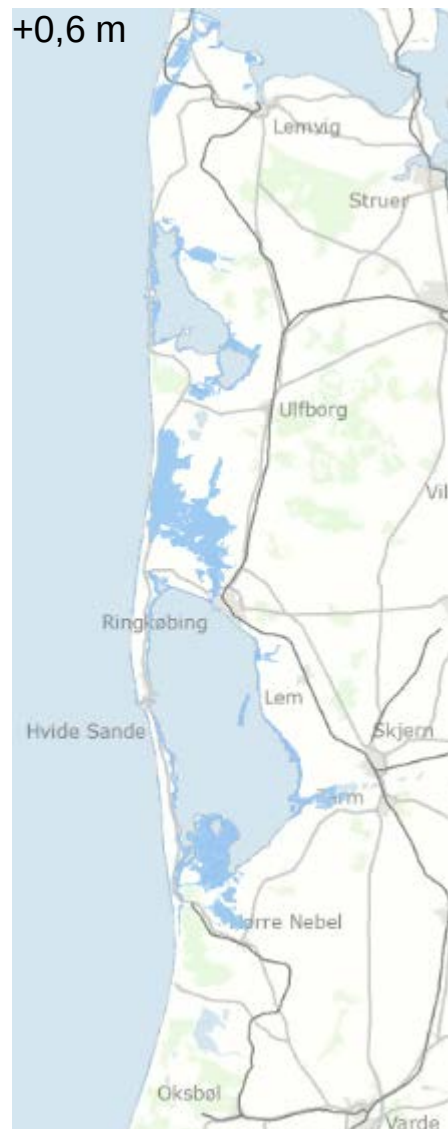
2016



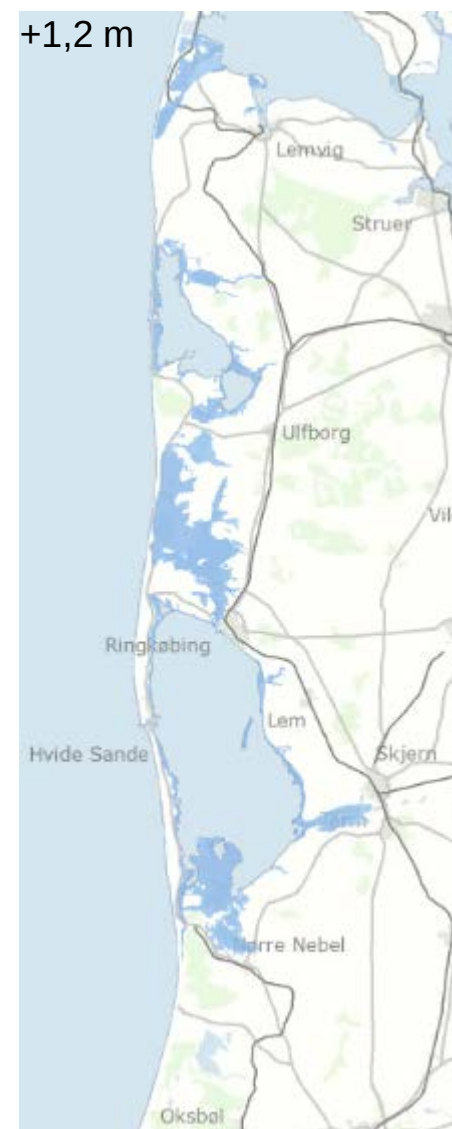
+0,3 m



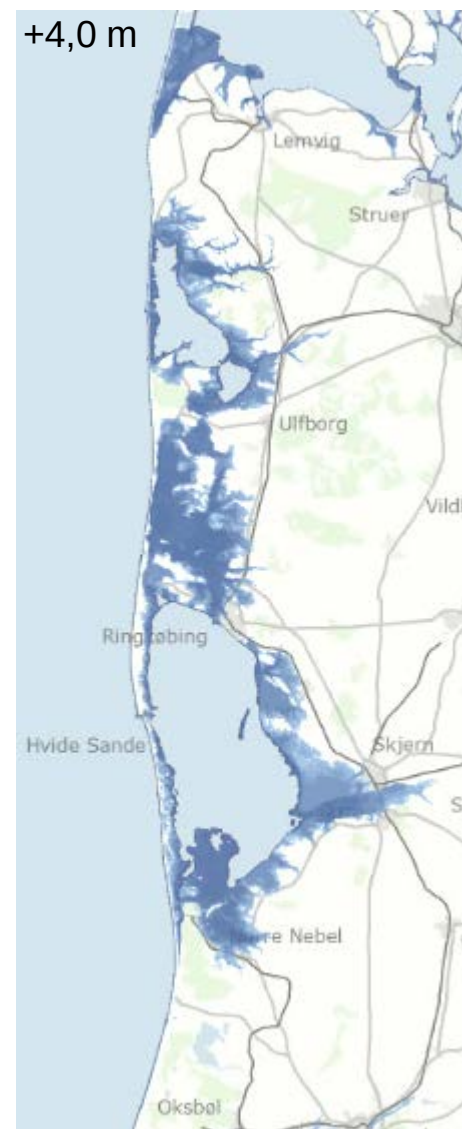
+0,6 m



+1,2 m

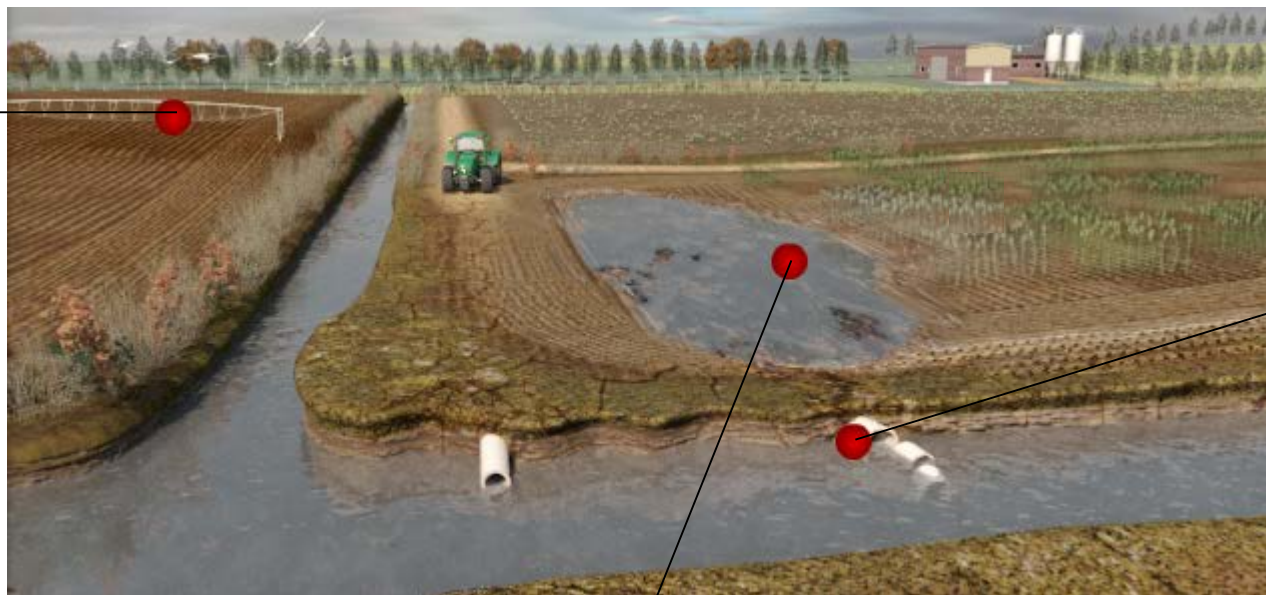


+4,0 m



Konsekvenser af ændrede hydrologiske rammer

Øget behov for markvanding om sommeren pga. risiko for flere perioder med langvarig tørke.



Øget vandføring (brink-erosion) og risiko for, at der i perioder er høj vandstand i vandløb samt højere grundvandsstand (?)



Ringere afvandingsforhold

Flere arealer risikerer at blive oversvømmet i en kortere eller længere periode.

Konsekvenser af ændrede hydrologiske rammer

Risiko for øget
overfladeafstrømning
der medfører jorderosion
og erosionsrender



Havvandstandsstigninger medfører:

- Opstuvning
- Kysterosion

Øget sedimenttransport og
udledning af næringsstoffer

Ændring i vandløbsvedligeholdelse

Vandplanens vandløbsindsats (2009 – 2015)

- Ophør / reduceret vandløbsvedligeholdelse (grødeskæring)
- Vandløbsrestaurering
- Fjernelse af spærringer
- Åbning af rørlagte vandløb



Kilde: <http://silkeborgkommune.dk/Borger/Natur/Vandloeb/Groedeskaering>



Kilde:
<https://www2.blst.dk/udgiv/Publikationer/2008/978-87-7279-794-6/html/kap08.htm>

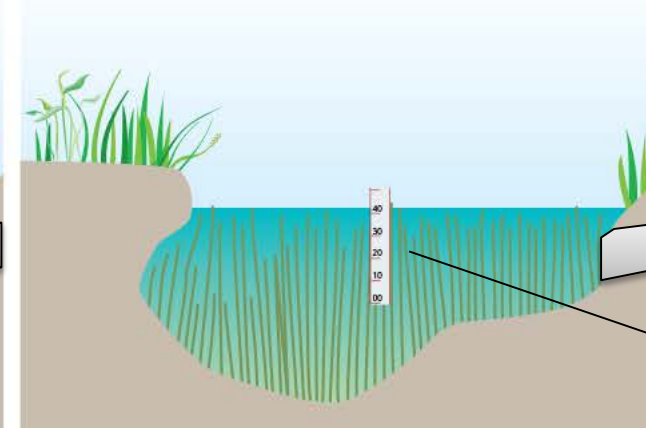
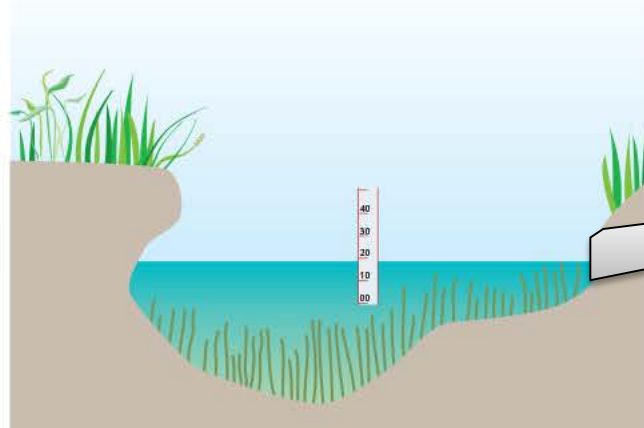
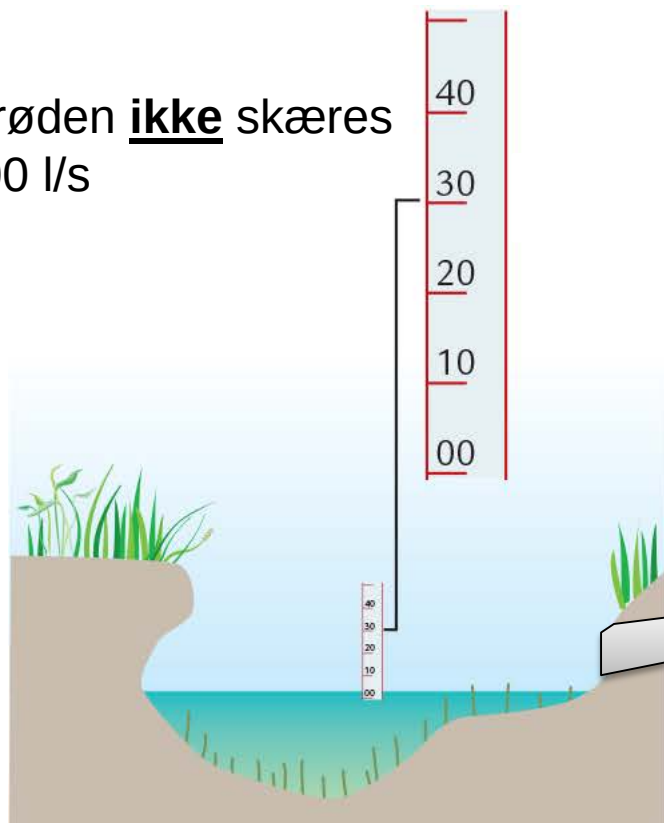


Kilde: <http://slideplayer.dk/slide/1991162/>

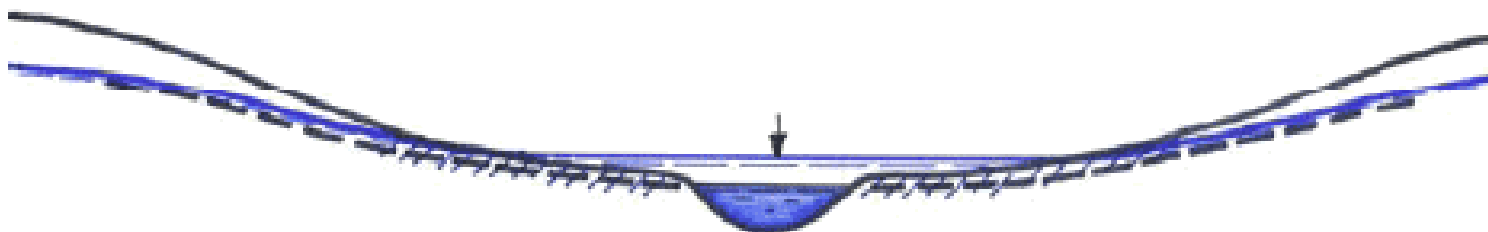


Ændring i grødeskæring

Hvis grøden **ikke** skæres
 $Q = 100 \text{ l/s}$



Betydning for grundvandsstanden:



Typen af grøde og vandløbsprofilen er afgørende for hvor meget vandstanden stiger

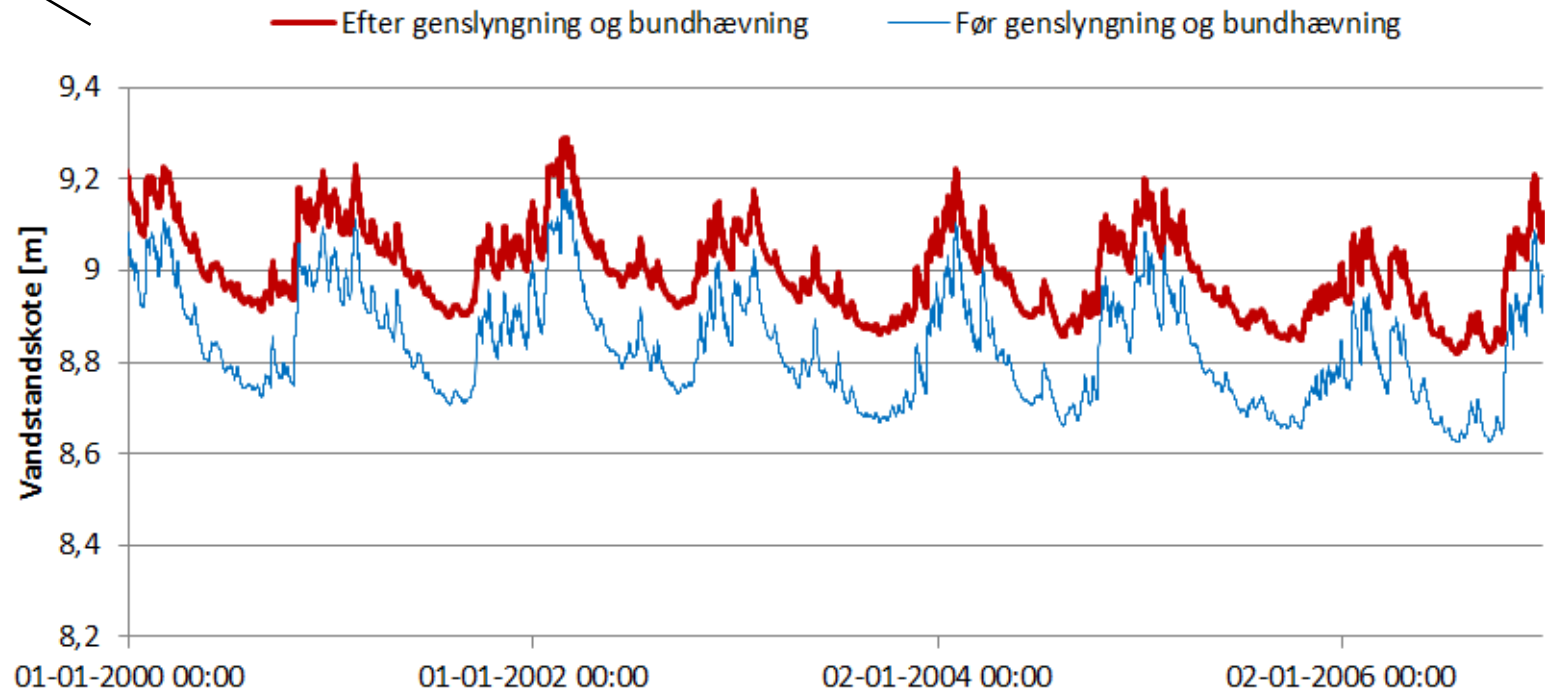
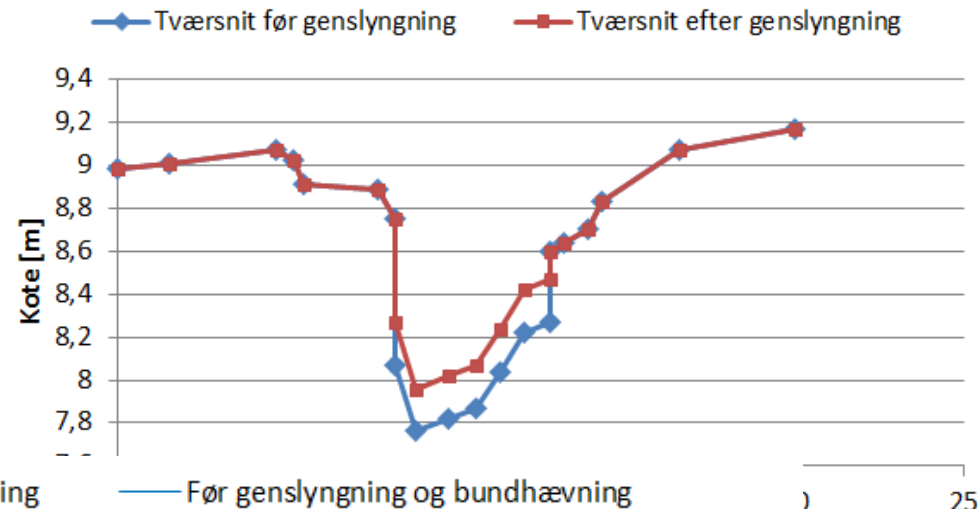
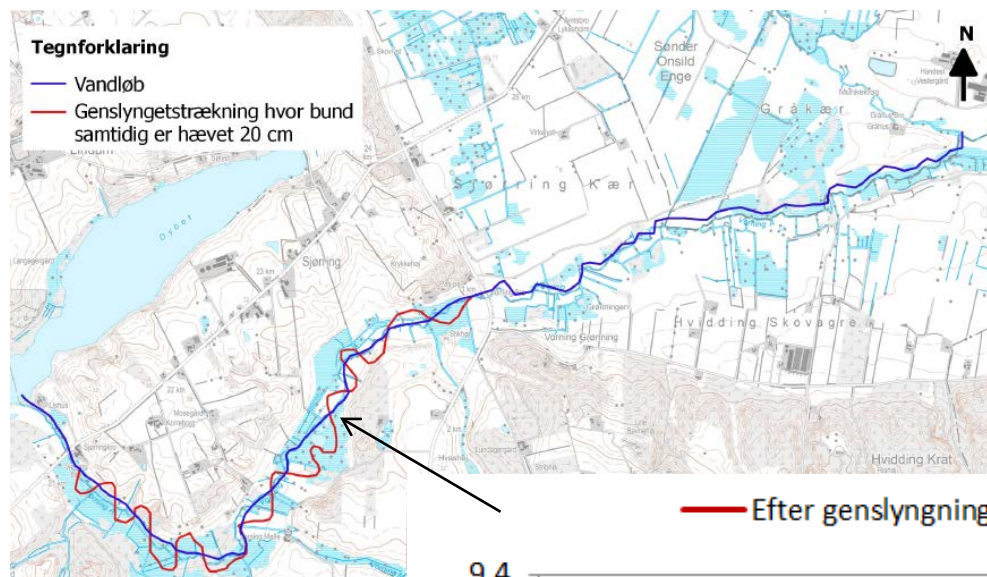
Ændring i grødeskæring

Konsekvenser

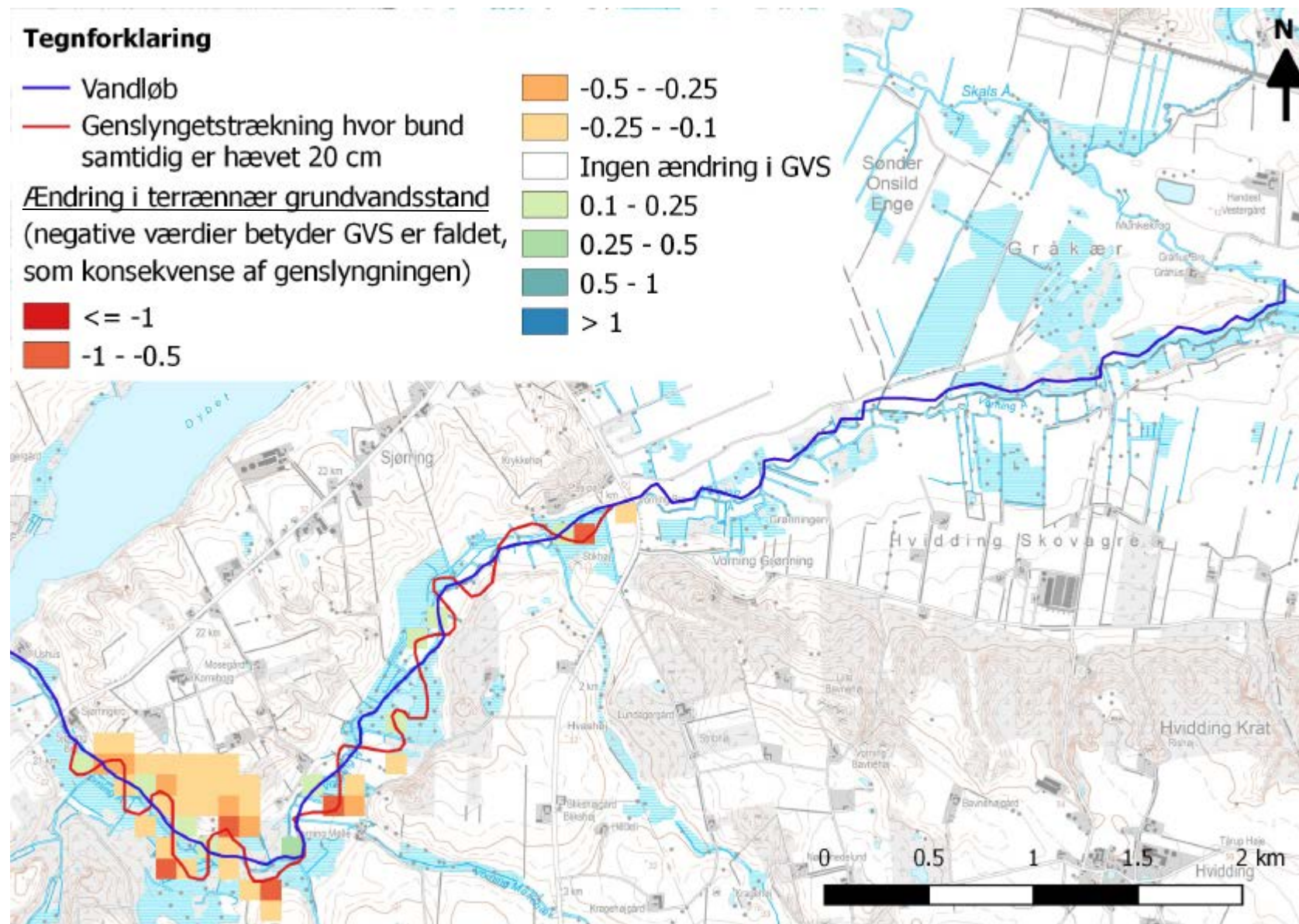
- Vand eller sediment blokerer drænudløbet
- Drænenes vandledningsevne forringes
- Stuvning af drænvand bagud i drænsystemet
- Selvrensningsevnen forringes
- Oversvømmelser (evt. ifm. ekstreme hændelser) vil optræde hyppigere



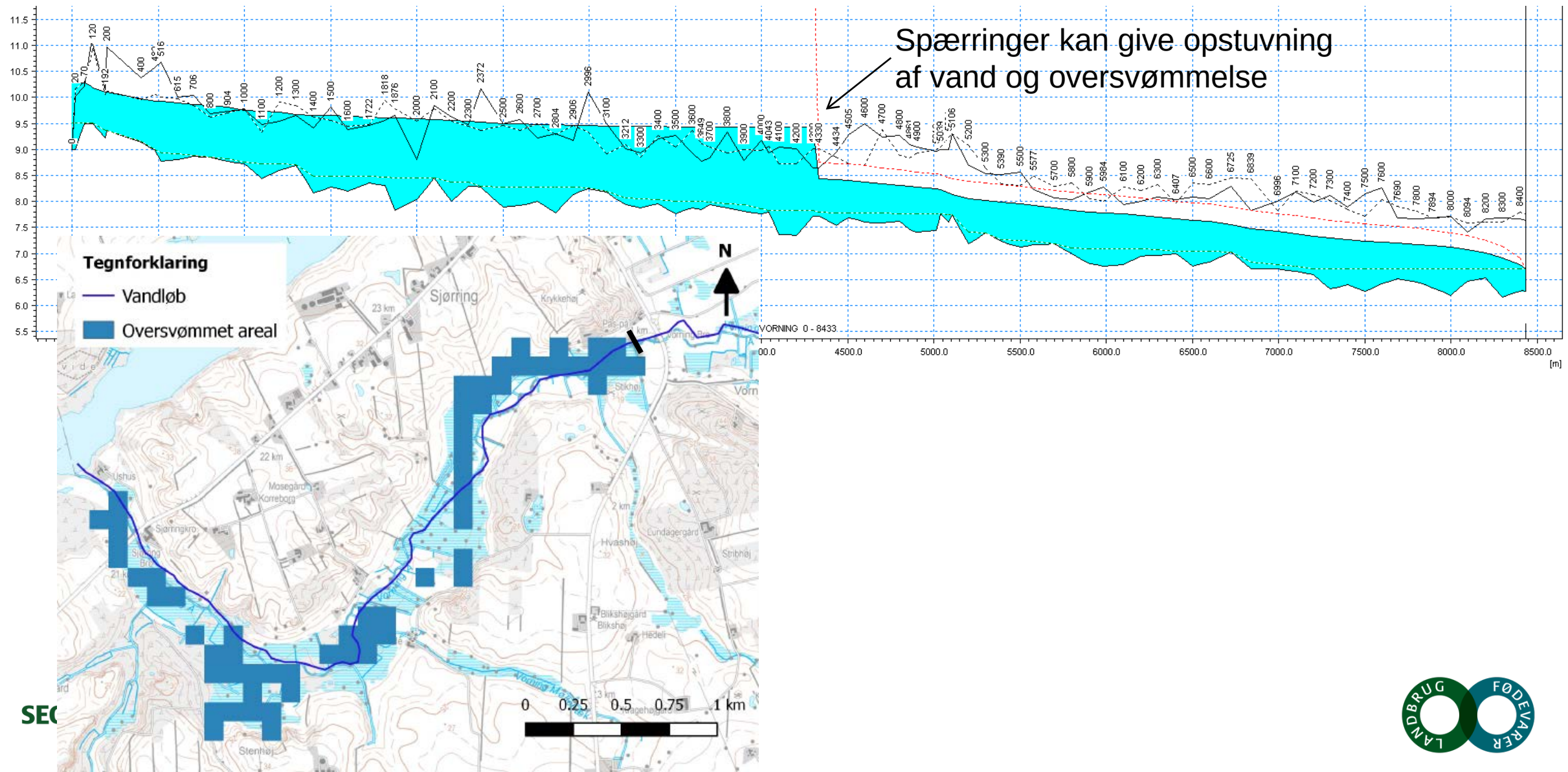
Konsekvens af vandløbsrestaurering: Genslyngning og hævnings af vandløbsbund



Konsekvens af vandløbsrestauration: Genslyngning og hævnig af vandløbsbund



Konsekvens af spærringer



www.klimatilpasning.dk → **Værktøjer**

Klima

- Undersøg forventede fremtidige klima i dit lokalområde (temperatur, nedbør og vind)
- Se om der har været skybrud og hvor meget nedbør der er faldet

Grundvandsstand

- Screeningsværktøj til at undersøge variationer i grundvandsdannelse og dybde til grundvandsspejlet under hensyn til fremtidens forventede klimaudvikling

Havvand

- Undersøg hvilke områder der vil blive berørt af stigende havvandstand

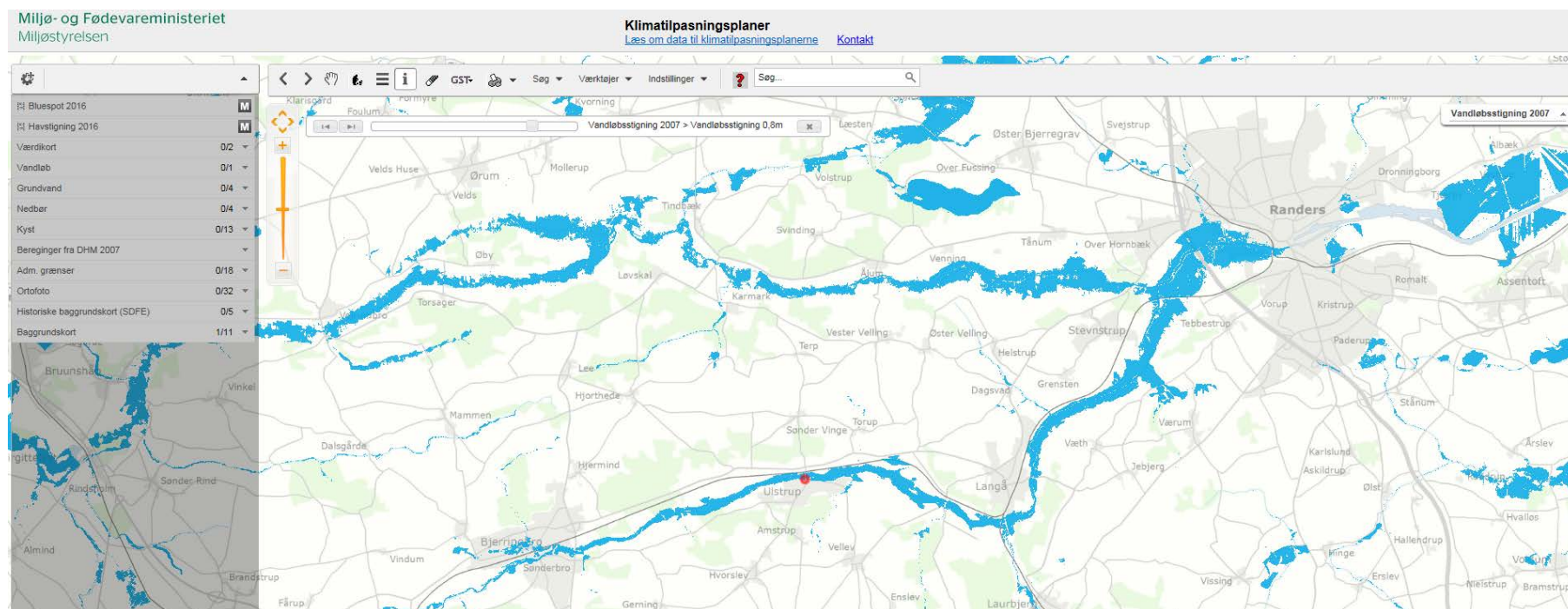
Andre

- Undersøg risiko for lokale sætninger og landhævninger
- Klimaklart Landbrug

Værktøjer

MiljøGIS → <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&profile=miljoegis-klimatilpasningsplaner>

- Bluespotkort
- Ændringer i grundvandsstand
- Vandløbsstigninger
- klimafaktorer
- Havvandstandsstigninger

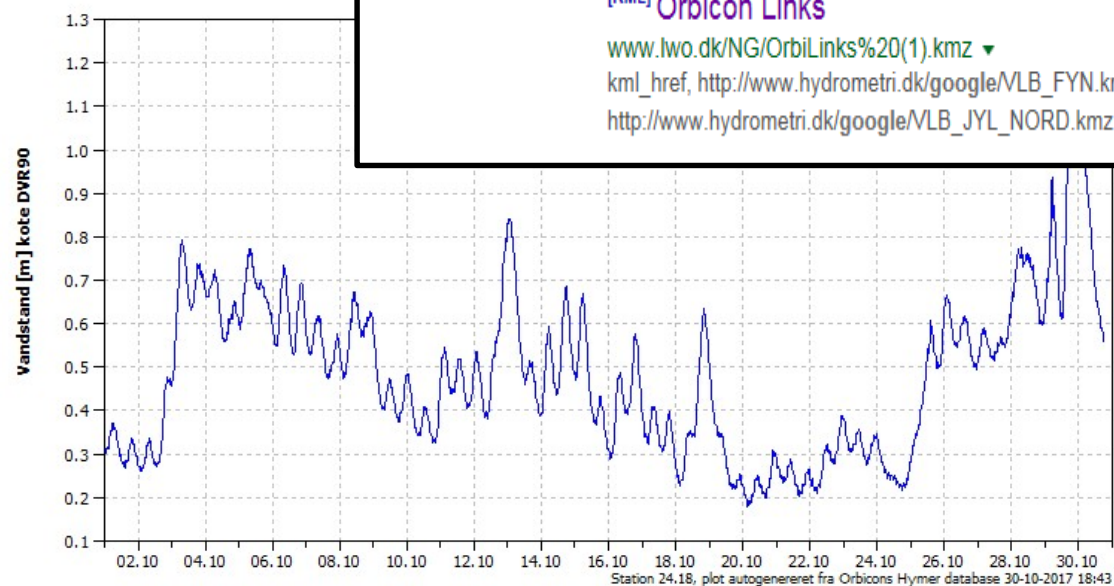


Værktøjer

Hydrometri.dk

Online målestationer

- Aktuelle vandstande
- Evt. nedbør, vandføring, hastighed, vandtemperatur mv.



Google

[KML] Orbicon Links
[www.lwo.dk/NG/OrbiLinks%20\(1\).kmz](http://www.lwo.dk/NG/OrbiLinks%20(1).kmz) ▼
kml_href, http://www.hydrometri.dk/google/VLB_FYN.kmz ... kml_href,
http://www.hydrometri.dk/google/VLB_JYL_NORD.kmz ...

VANDLØBSSIDEN
HYDROMETRI I DANMARK

Oversigtskort | Live Plots | Om Vandløbssiden

24.18 GRENÅ, SØNDERBRO

Drives af Norddjurs Kommune
Opdateret d. 30. oktober 2017 11:04:00

Måleserier:

- Vandstand (0.67 m)
- Vandføring (8930 l/s)
- Vand temperatur (8.1 C)
- Hastighed, middel nederst (0.52 m/s)

Autogenererede plots:

- [Vandstand 30 dage](#)
- [Vandtemperatur 30 dage](#)
- [Vandføring 30 dage](#)
- [Hastighed 30 dage](#)
- [Vandstand 7 dage](#)
- [Vandtemperatur 7 dage](#)
- [Vandføring 7 dage](#)
- [Hastighed 7 dage](#)

[mere info](#)

Vis [alle diagrammer fra Norddjurs Kommune](#) stationer

Værktøjer

Danske vandløb → <http://www.danskevandloeb.dk/faglig-viden/klimatilpasning>

- Simpelt regneark til at beregne vandføring, vandstand, hastighed osv. på et givet sted i en trapezformet/rektangulær kanal

Kalkuler for trapezformet/rektangulær kanal

- beregner vandføringsevne og afvandingskapacitet på et givet sted i kanalen
- beregner vandhastigheden

Senest opdateret

21. marts 2015

Udarbejdet af Danske Vandløb
Helge Danneskiold-Samsøe

Regnearket giver en retningsvisende beregning af:

1. Tværsnitsarealet på den våde del af kanalen og tværsnitsarealet på den slamfyldte del af kanalen
 2. Vandføringsevnen både i m^3/s og l/s
 3. Afvandingskapaciteten både i $l/s/ha$ og mm vand pr. dag
 4. Vandhastigheden både i m/s , cm/s og km/t
- Alt sammen for det tværsnit på åen, som er blevet forudsat

- Regnearket er opbygget relativt simpelt ud fra et ønske om at gøre det let at benytte og overskueligt. Resultatet er således alene retningsvisende, og Danske Vandløb kan ikke drages til ansvar herfor.
- Den "simple" opbygning indebærer bl.a., at beregningerne foretages ud fra en forudsætning om, at kanalen er fuldstændig trapezformet/rektangulær, og der derfor ikke tages hensyn til "udposninger" på brinken/trapezen.

Alt i alt fortæller det således hvor meget vand dit vandløb kan tage på et givet tværsnit af åen, såfremt det har fuldstændig trapezformet

VIGTIGT

- **INDTAST KUN FORUDSÆTNINGER I DE GULE FELTER** (indtastninger i andre end de gule felter kan medføre fejl i regnearket, og skulle det ske, skal man derfor hente regnearket på ny fra Danske Vandløbs hjemmeside og indtaste forfra).*

- Når forudsætninger ændres, ændres også nedenstående profiltægning af vandløbet. Profiltægningen kan således anvendes til at kontrollere at de indtastede forudsætninger giver mening. Når forudsætningerne er på plads, kan nøgletal for vandløbs evne til at bortlede vand ved målestedet aflæses i resultatarket. Dertil kommer tilhørende beregnede Q-h kurver med mere i efterfølgende ark. Husk korrekte resultater kræver korrekte forudsætninger.

God fornøjelse

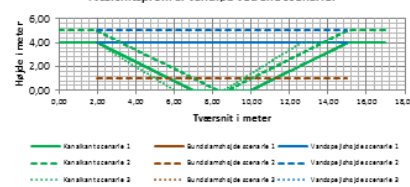
Forudsætninger for trapezformet kanal

Parameter:

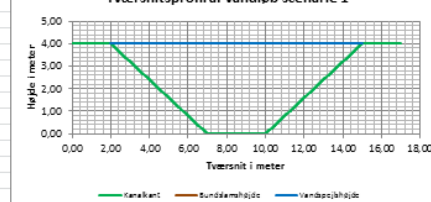
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Enhed
Kanaldybde - lodret højde fra regulativmæssig bund til jordoverflade	4,00	5,00	4,00	m
Vanddybde fra vandspejl til slam (y)	4,00	4,00	4,00	m
Regulativmæssig bundbredde (Bb)	3,00	0,50	2,60	m
Bundslamdybde (Bd)	0,00	1,00	0,00	m
Anlæg (z) i indkast f.eks. er 0 = lodret, 1 = 45 grader hældning på brink	1,25	1,25	1,00	
Fald (I)	0,1654	0,1654	0,1580	promille
Manningstal (M)	5,00	5,00	5,00	$m^{1/3}/s$
Opland frem til målepunkt	5.012,18	5.012,18	3.413,61	ha

I øvrigt giver høj bundslamshøjde dykkede dræn = drænsystemer der ikke virker!

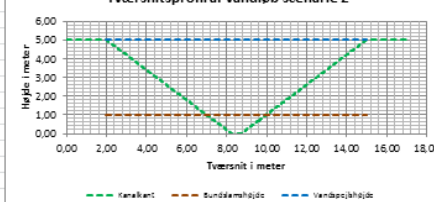
Tværsnitsprofil af vandløb ved alle scenarier



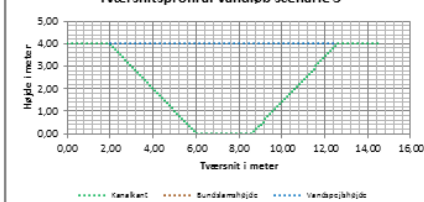
Tværsnitsprofil af vandløb scenario 1



Tværsnitsprofil af vandløb scenario 2



Tværsnitsprofil af vandløb scenario 3



NB!

Beregningerne er baseret på Manningformlen, som ikke er egnet til at beskrive vandføringsevnen (Q/h-kurven) i grødefyldte vandløb og dermed til at forudsige vandstanden i bl.a. oversvømmelsessituationer om sommeren

Værktøjer

JUPITER → <http://www.geus.dk/DK/data-maps/jupiter/Sider/data-dk.aspx>

- Boringsoplysninger, tilladelser, anvendelse, geologi,
- Grundvandskemi,
- Pejleserie osv.

JUPITER

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND

Søgning i boredata

Boringsliste

Vælg Postnr. <Alle postnumre> Kommune <Alle kommuner> eller Region <Alle regioner>

Formål
<Alle formål>
Afværgeboring
Andet
Brunkulsboring
Brønd

Anvendelse
<Alle anvendelser>
Afværgeboring
Andet
Brunkulsboring
Brønd

Vis boringsliste Nulstil

Boringsnavn

Specifikt boringsnummer - DGU-nr 76 853

Kopieret boringsnummer - DGU-nr

Vis boringsdata Nulstil

Boringssted

Navngivne Boresteder

Vis boringsliste Nulstil

Søgning i data fra vandindvindingsanlæg - fx vandværk, markvanding, dambrug etc.

Vandindvindingsanlæg

Kommune <Alle kommuner>

Indvindingsanlægsnavn

Indvindingsanlægsadresse

Tilladt mængde mellem 0 og >3.500.000

Virksomhedstype <Alle virksomhedstyper>

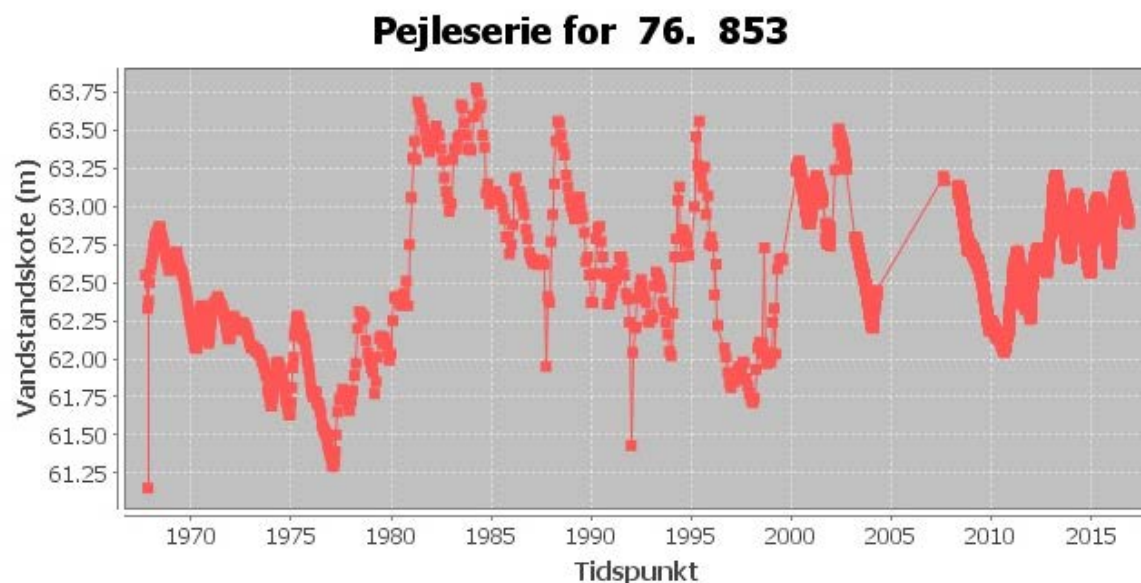
Indvindingsanlægssid 0

Kun aktive ☒

Vis indvindingsanlægsliste Nulstil

Anvend JUPITER data med forsigtighed

- Mange potentielle fejlkilder
- Oftest ikke det helt terrænnære grundvand



Gruppediskussion – ca. 3 personer

Diskuter følgende:

- Skal der tages højde for de fremtidige klimaforandringer i nutidens dræn- og afvandingsløsninger? Hvorfor / hvorfor ikke?
- Hvordan vil vi kunne tage højde for de fremtidige klimaforandringer i nutidens dræn- og afvandingsløsninger?
- Hvordan håndterer vi usikkerhederne?
- Tjek nogle af de nævnte værktøjer ud. Kan nogle af værktøjerne bruges i jeres arbejde med dræning og afvanding?

Referencer

- Bøgestrand, J. (red), 2003. Vandløb 2002. NOVA 2003. Danmarks miljøundersøgelser. Miljøministeriet. Faglig rapport fra DMU, nr. 470. Udviklingen i vandafstrømningen og nedbøren i Danmark de seneste 85 år. Larsen, S. E., Kronvang, B. og Ovesen, N. B. Afdeling for ferskvandsøkologi. s. 49 – 59.
- DMI, 2014. Mere nedbør i Danmark. Danmarks klimacenter rapport 14-06. Faktaark.
- DMI, 2014a. Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Danmarks Klimacenter rapport nr. 6 2014.
- DMI, 2014b. Vandstanden omkring Danmark stiger. Danmarks klimacenter rapport 14-06. Faktaark
- Larsen, S. E., Kronvang, B., Ovesen, N. B., Christensen, O. B., 2005. Afstrømningens udvikling i Danmark. Vand & Jord. 12. årgang nr. 1, s. 8 – 13.
- Thorling, L., Hansen, B., Larsen, C.L., Larsen, F., Mielby, S., Johnsen, A.R., & Trolborg, L. 2016. Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2015. Teknisk rapport, GEUS 2016.