



Vurdering af grundvands- forekomsternes kvantitative tilstand

Hans Jørgen Henriksen, Denitza Voutchkova, Maria Ondracek,

Lars Trolborg og Lærke Thorling

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, **GEUS**

hjh@geus.dk

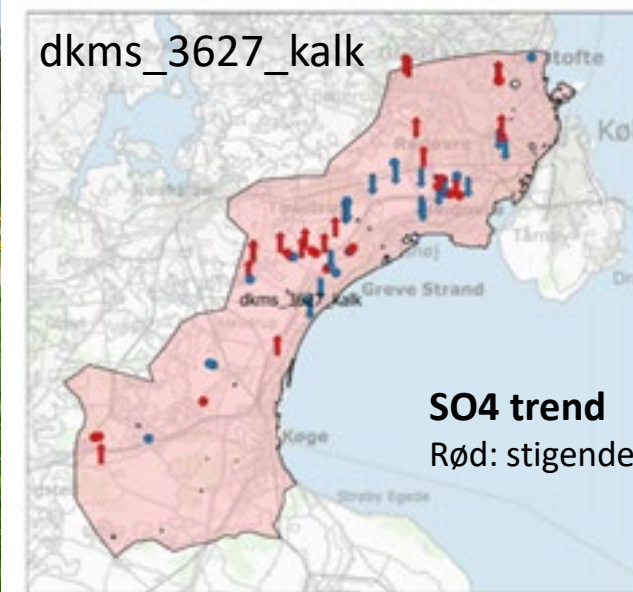
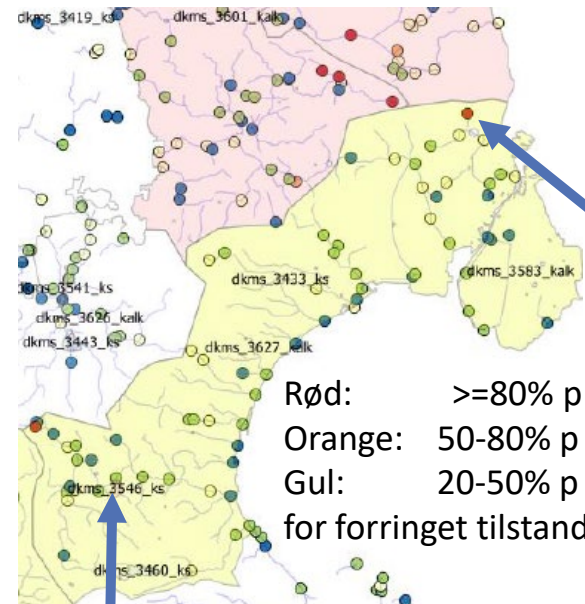



G E U S

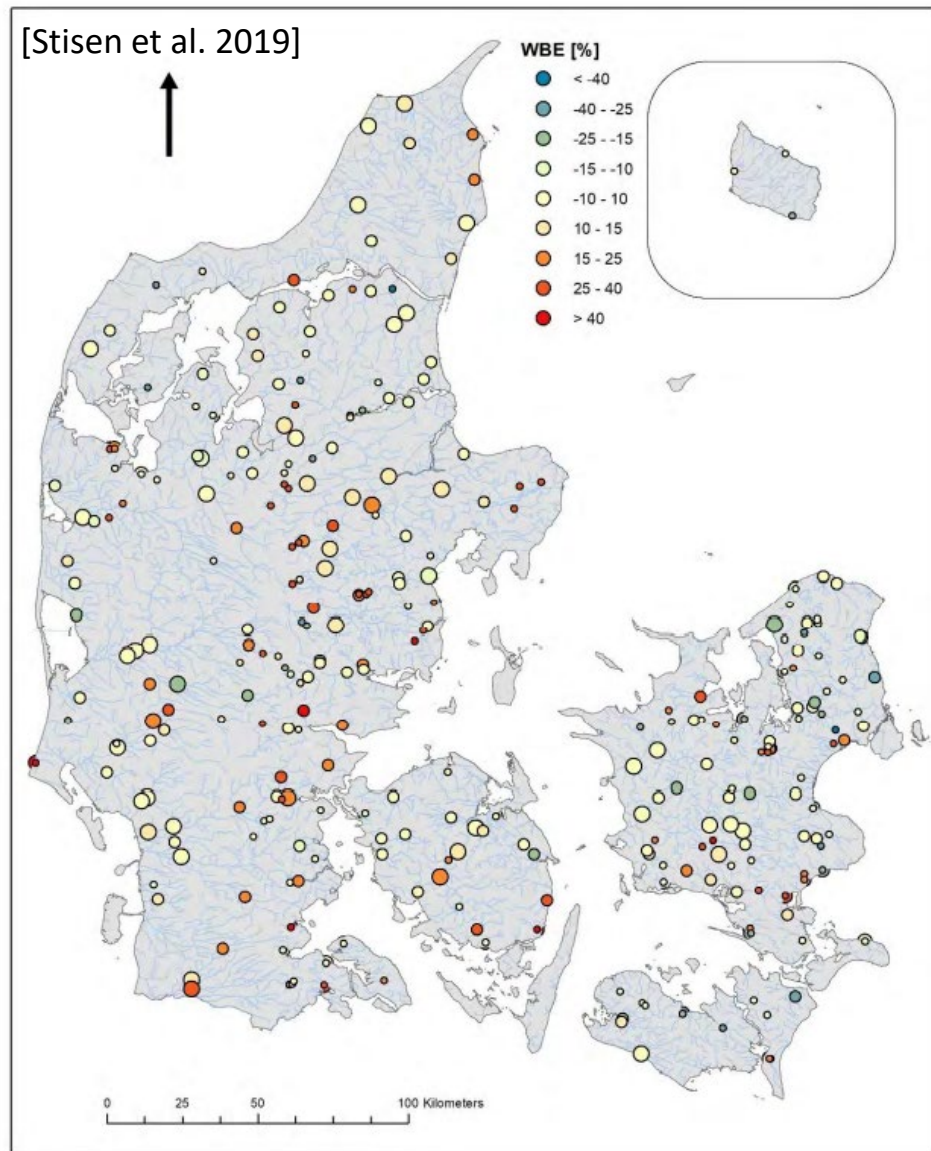
Disposition

- DK model 2019 og ny afgrænsning af grundvands forekomster
- Anvendt metodik til vurdering af kvantitativ tilstand
- Resultater
- Perspektivering

Modelleret DFFVa ændring



DK model 2019 kalibrering



Figur 60. Rumlig fordeling af vandbalancefejlen (WBE) for alle vandføringsstationer i kalibreringsperioden. Cirklernes størrelse angiver oplands-størrelsen, små cirkler < 100 km², mellem cirkler mellem 100-200 km² og store cirkler > 200 km².

Tabel 21. Vægtning inden for og imellem observationsgrupperne

Observations gruppe	Forklaring	Vægtning mellem grupper	Intern vægtning i obs.-gruppe
WBE_1	Vandbalancefejl [%] små stationer	1.0	
WBE_2	Vandbalancefejl [%] mellem stationer	4.0	
WBE_3	Vandbalancefejl [%] store stationer	6.0	
WBE_s_1	Sommer Vandbalancefejl [%] små stationer	1.0	
WBE_s_2	Sommer Vandbalancefejl [%] mellem stationer	4.0	
WBE_s_3	Sommer Vandbalancefejl [%] store stationer	6.0	
KGE_1	Kling-Gupta efficiency [-] små stationer	4.0	
KGE_2	Kling-Gupta efficiency [-] mellem stationer	6.0	
KGE_3	Kling-Gupta efficiency [-] store stationer	8.0	
DK1_w_crps	CRPS fejl [m] DK1	10.0	Efter antal obs.
DK2_w_crps	CRPS fejl [m] DK2	5.0	Efter antal obs.
DK3_w_crps	CRPS fejl [m] DK3	10.0	Efter antal obs.
DK4_w_crps	CRPS fejl [m] DK4	10.0	Efter antal obs.
DK5_w_crps	CRPS fejl [m] DK5	10.0	Efter antal obs.
DK6_w_crps	CRPS fejl [m] DK6	10.0	Efter antal obs.
RMSE_vanding	RMSE på årlige markvanding [mio m ³ /år]	2.0	

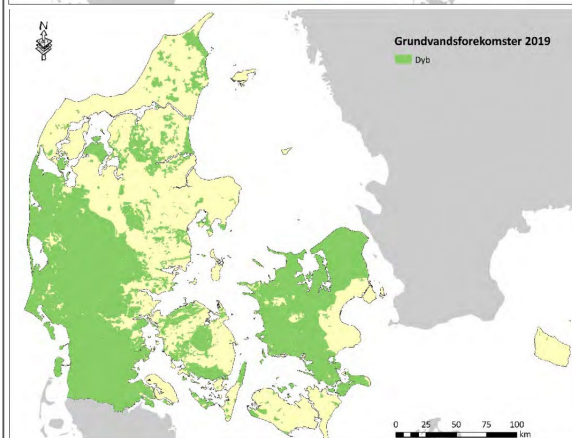
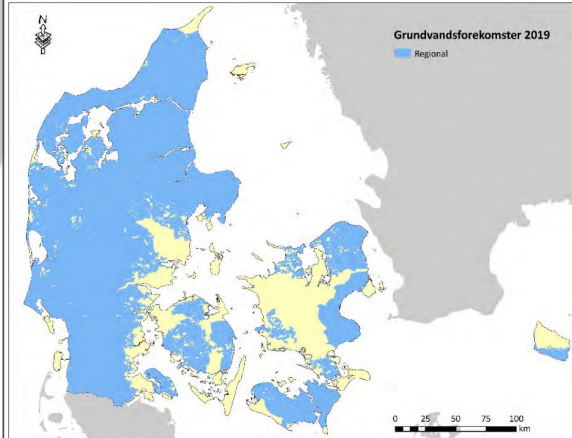
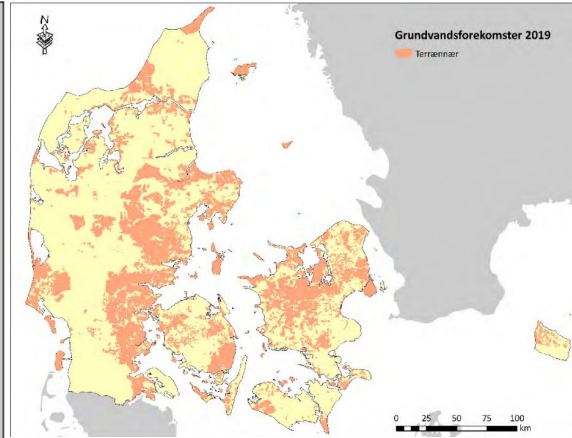
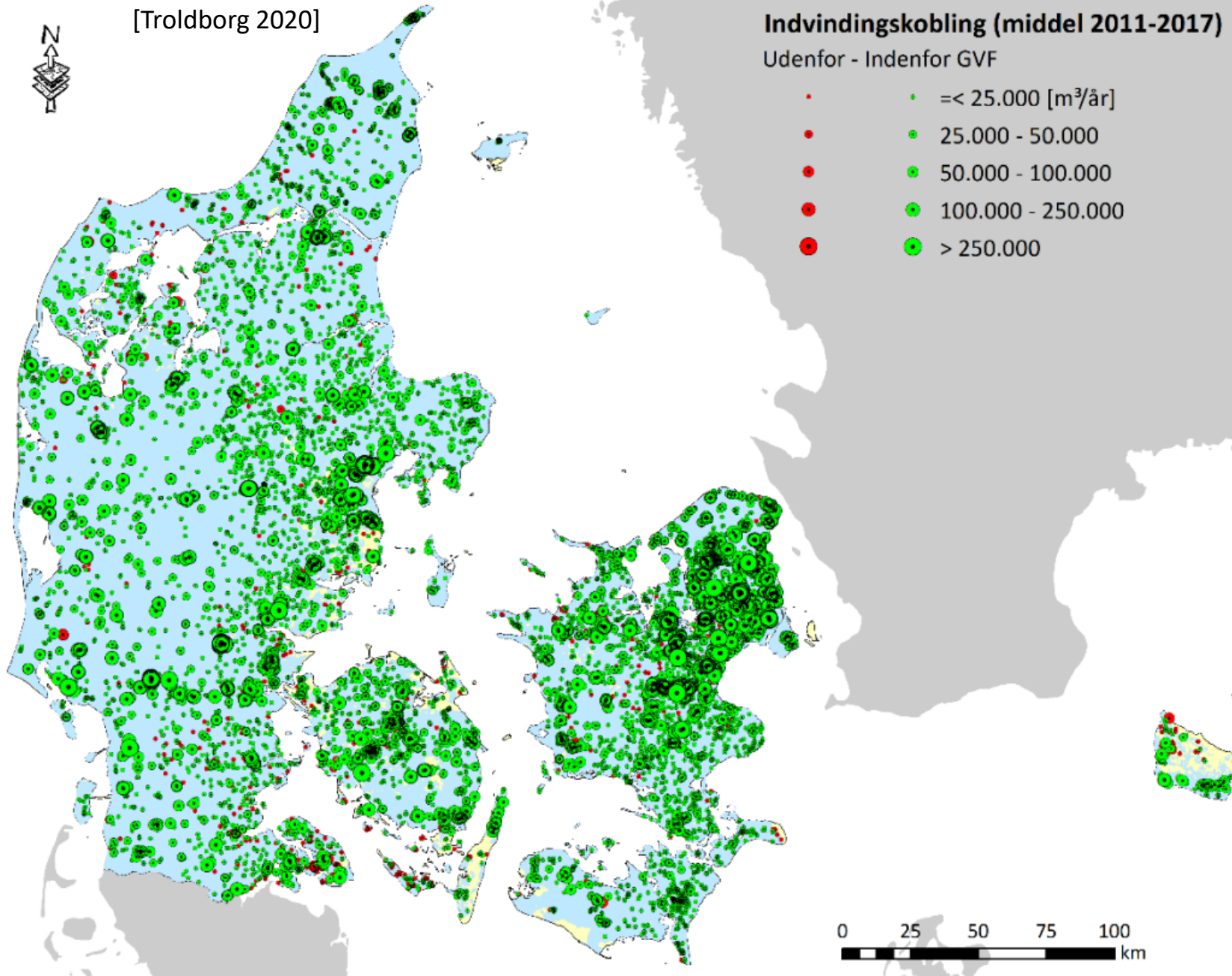
Ny afgrænsning af grundvandforekomster (2050 mod 400 i VP2)

[Troldborg 2020]

Indvindingskobling (middel 2011-2017)

Udenfor - Indenfor GVF

- | | | |
|---|---|---------------------------------|
| • | • | = < 25.000 [m ³ /år] |
| • | • | 25.000 - 50.000 |
| • | • | 50.000 - 100.000 |
| • | • | 100.000 - 250.000 |
| • | • | > 250.000 |



3D FOHM (overlap)
Top af magasin
<25 m.u.t.
(n=1218)

>250 km²
kontakt til vandløb,
søer og
GATØ
(n=106)

'Uden
kontakt'
(n=726)



GEUS

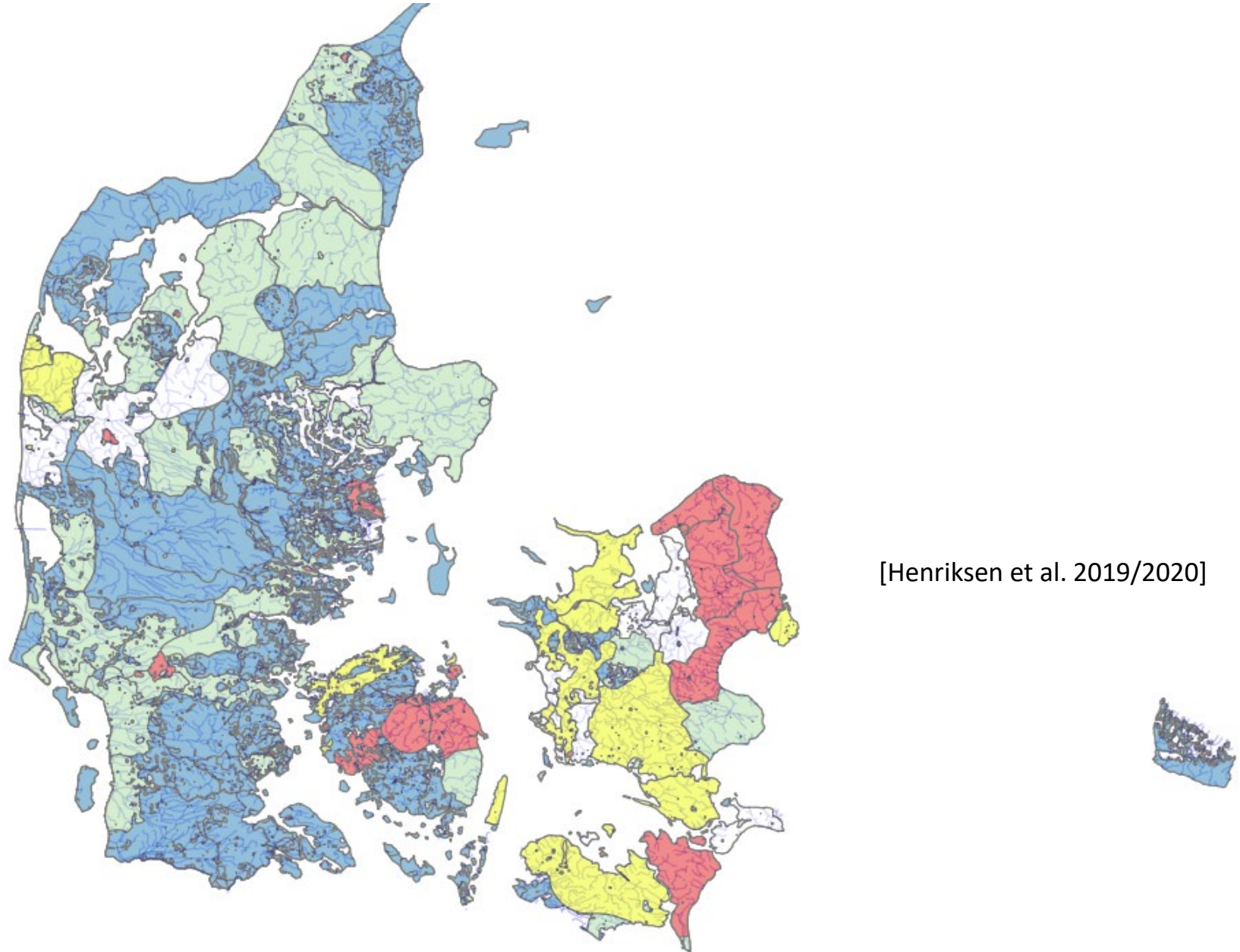
Modelberegnet udnyttelsesgrad

Hele landet/2050 GVF:

- Udnyttelsesgrad for alle forekomster
- Vandløbspåvirkning for ID15 (fisk og smådyr)
- Afsænkning af trykniveau for alle model-lag (KS1-4, PS1-6+kalk)

Ca. 90 forekomster i risiko

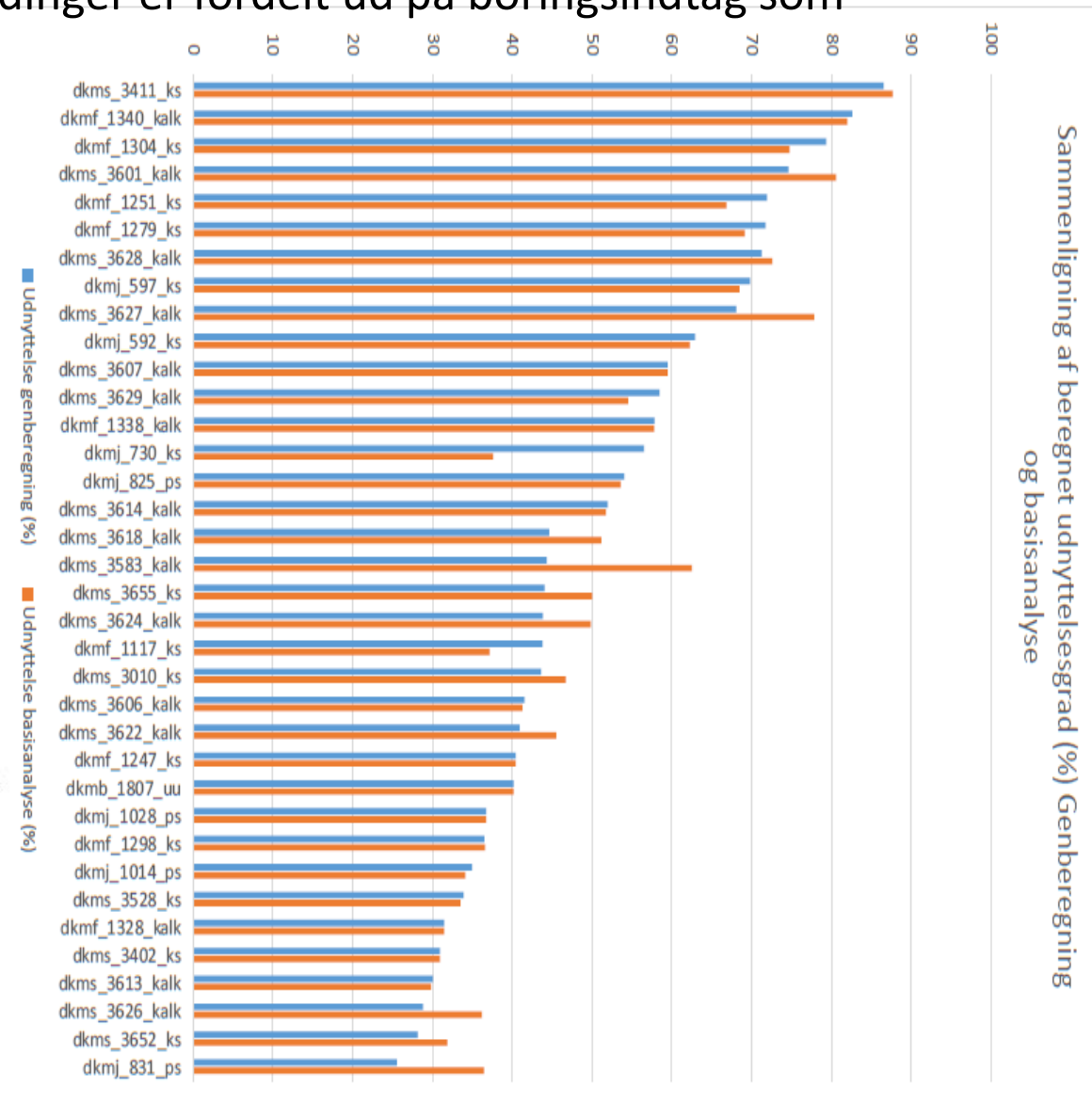
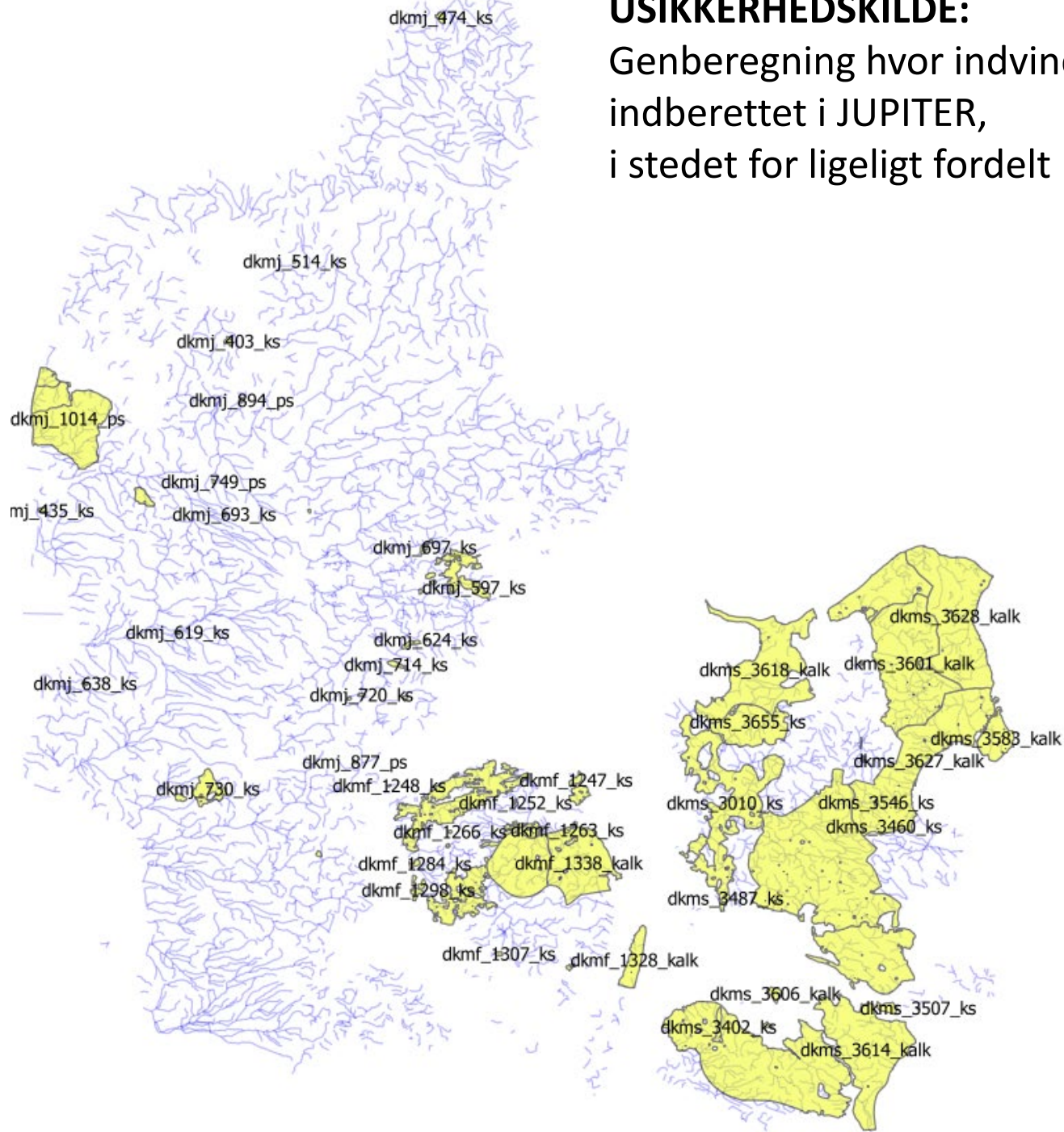
- Trendanalyse (Cl+SO4)
- Indvindingsbetinget forøget indhold af salte & tungmetaller
- GIS kort + dok. ark.
- Ekspertvurdering med konsolideret tilstandsvurdering



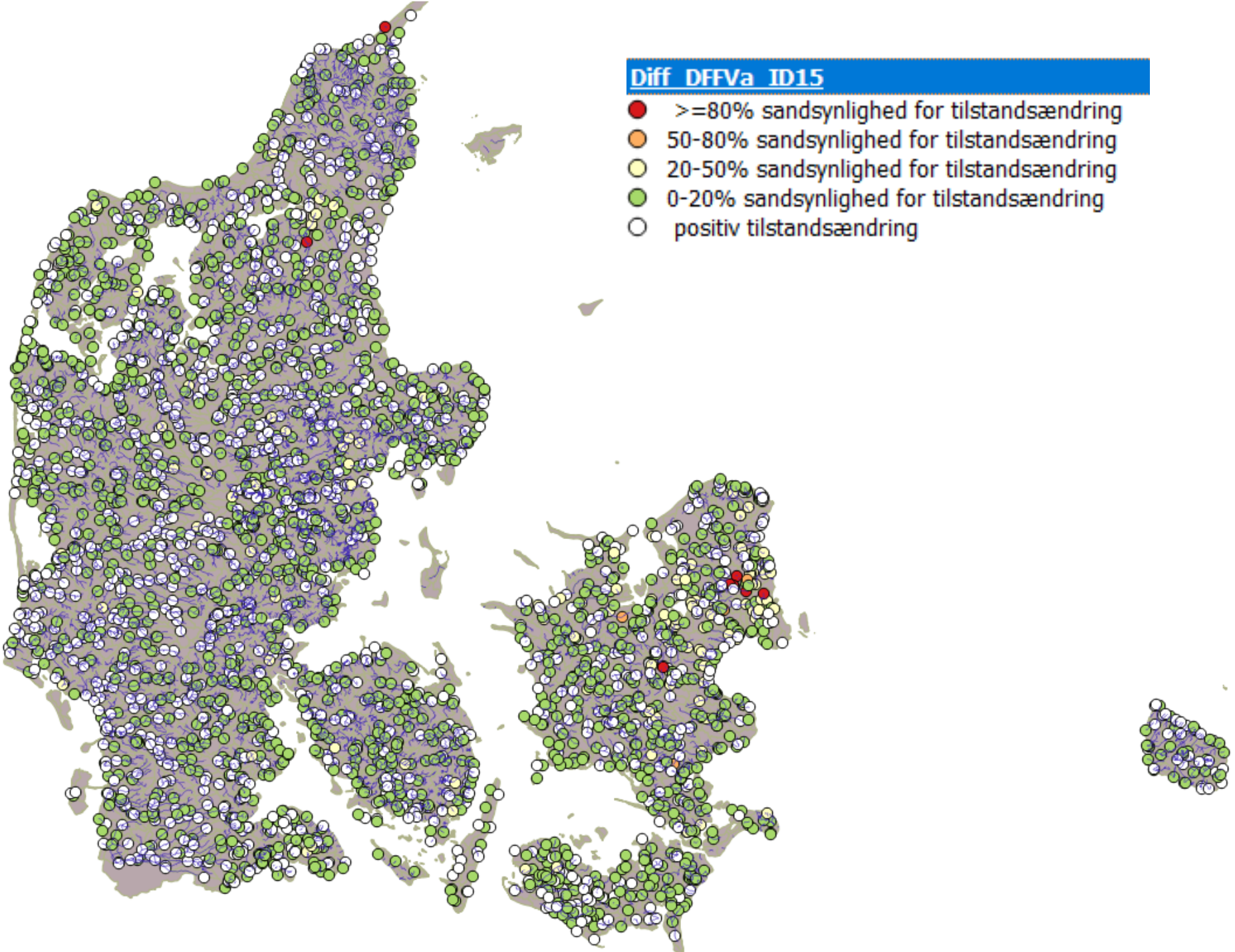
[Henriksen et al. 2019/2020]

USIKKERHEDSKILDE:

Genberegning hvor indvindinger er fordelt ud på boringsindtag som indberettet i JUPITER, i stedet for ligeligt fordelt



[Henriksen et al. 2021]

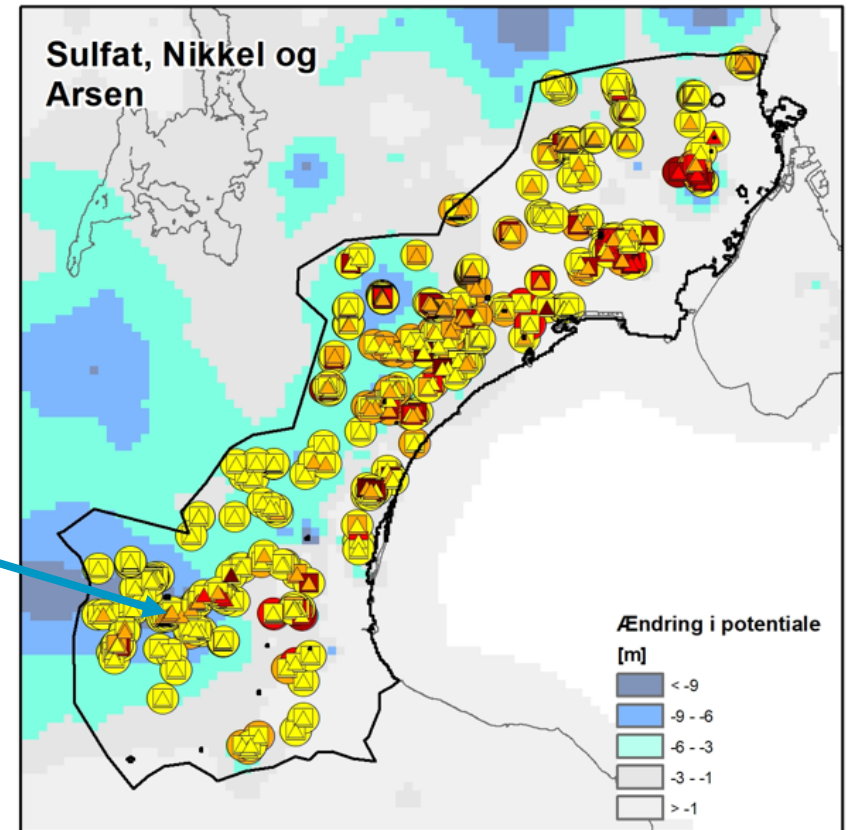
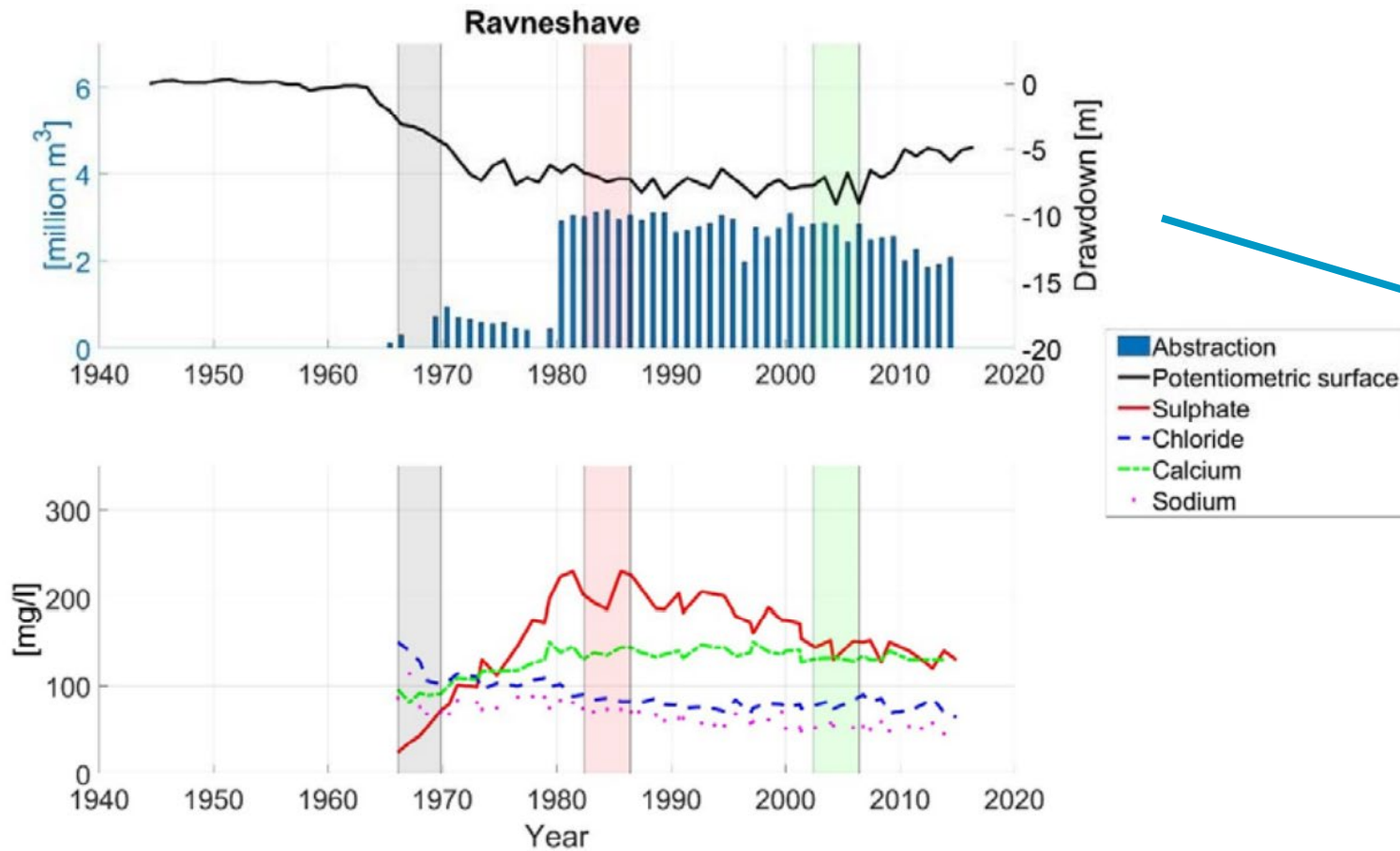


Diff DFFVa ID15

- $\geq 80\%$ sandsynlighed for tilstandsændring
- 50-80% sandsynlighed for tilstandsændring
- 20-50% sandsynlighed for tilstandsændring
- 0-20% sandsynlighed for tilstandsændring
- positiv tilstandsændring

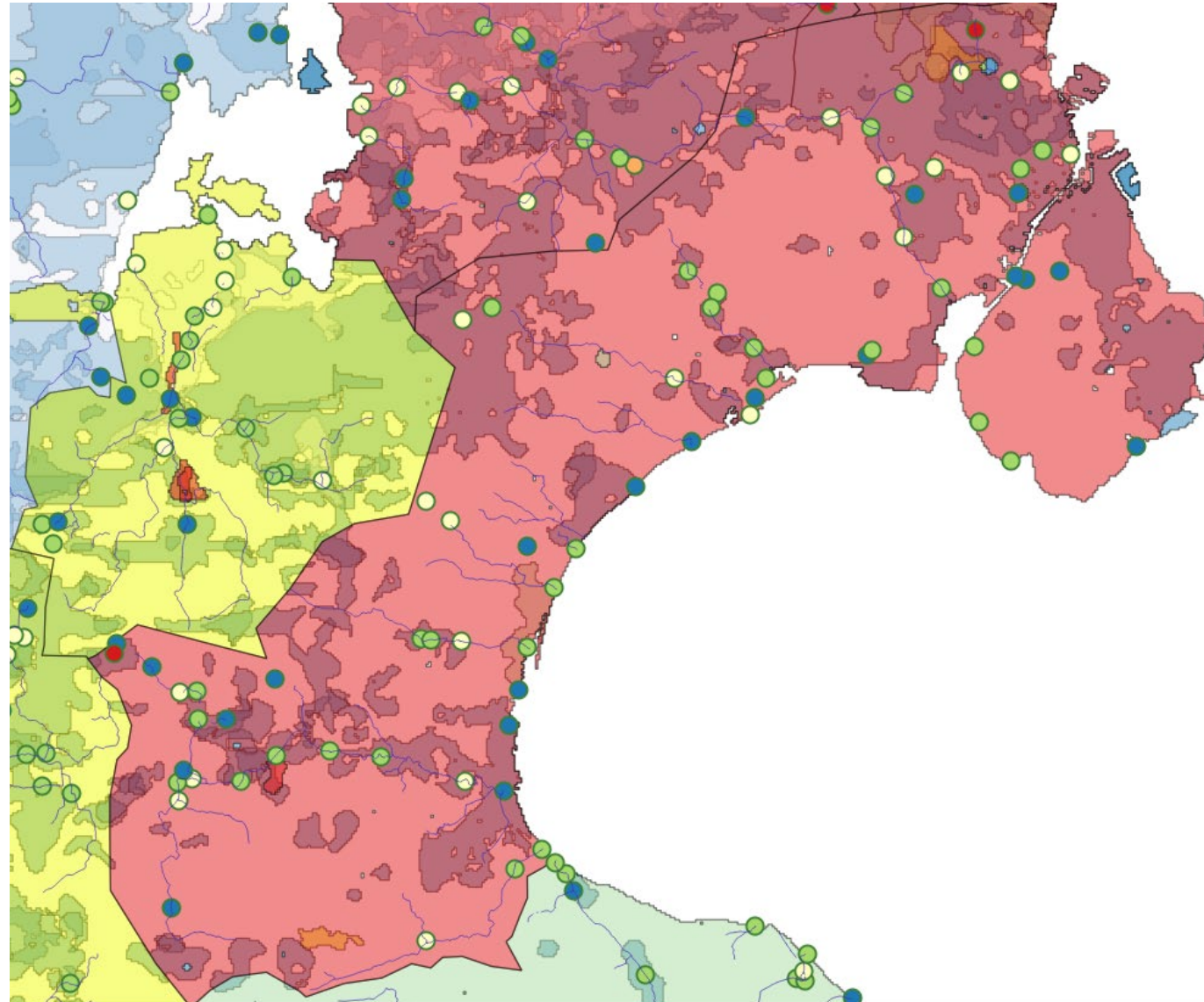
[Henriksen et al. 2021]

Afsækning af trykniveau, pyritoxidation og sulfat

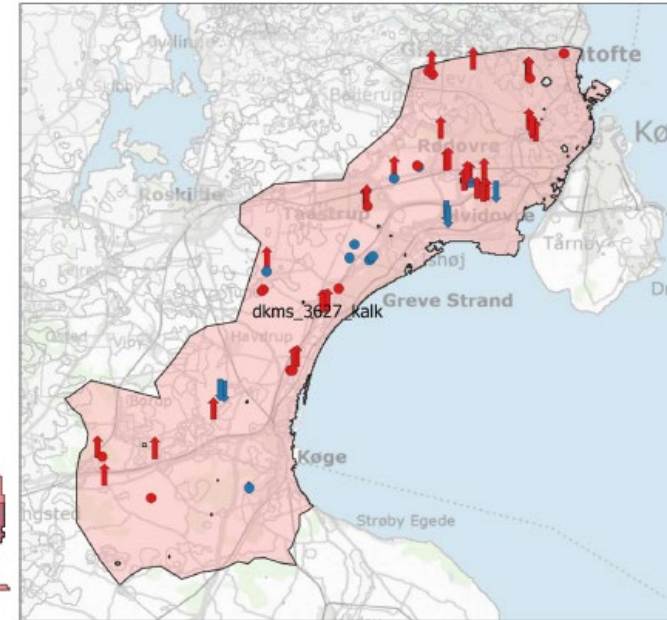


Sulfat	Nikkel	Arsen
▲ < 75	■ 0 - 5	● 0 - 2.5
▲ 75 - 150	■ 5 - 10	● 2.5 - 5
▲ 150 - 250	■ 10 - 20	● 5 - 10
▲ 250 - 350	■ 20 - 40	● 10 - 20
▲ > 350	■ > 40	● > 20

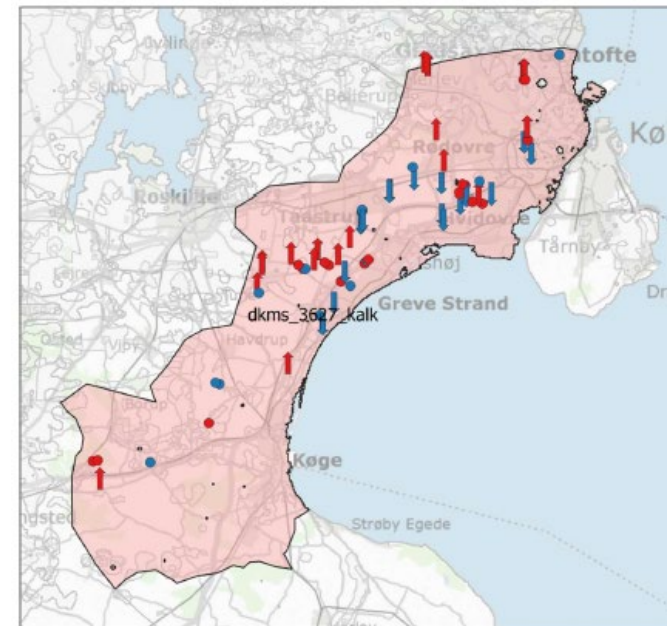
dkms_3627_kalk



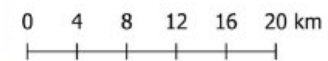
DK204_dkms_3627_kalk



- Chlorid
- ↑ Stigende (signifikant)
 - Stigende (ikke signifikant)
 - Faldende (ikke signifikant)
 - ↓ Faldende (signifikant)
 - Grundvandsforekomsten



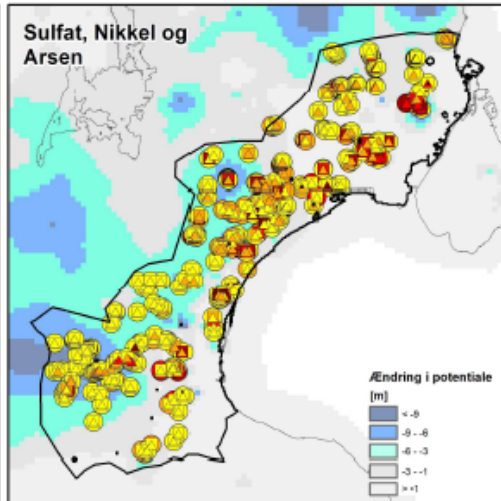
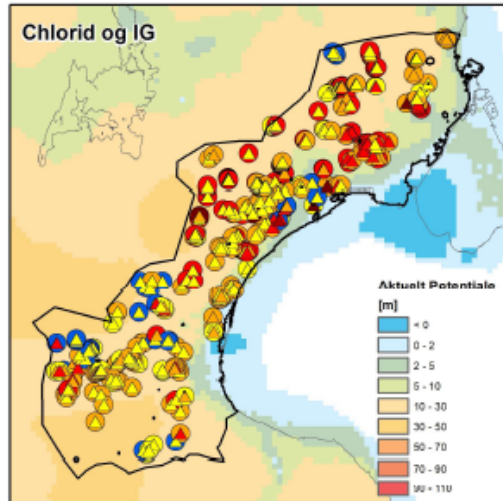
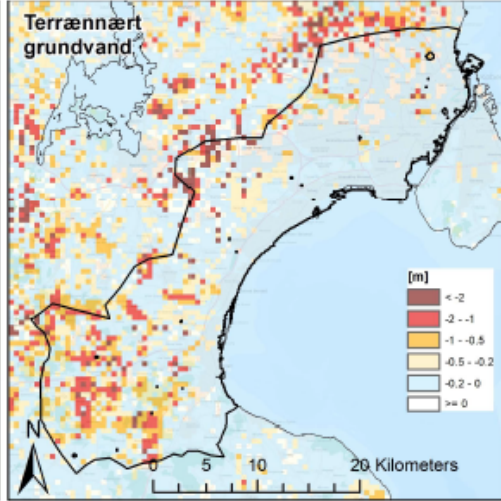
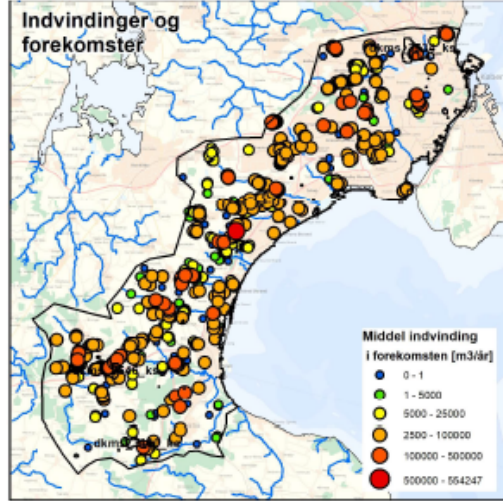
- Sulfate
- ↑ Stigende (signifikant)
 - Stigende (ikke signifikant)
 - Faldende (ikke signifikant)
 - ↓ Faldende (signifikant)
 - Grundvandsforekomsten



dkms_3627_kalk

Oversigt

- Grundvandsforekomsten
- Andre grundvandsforekomster indenfor denne
- Vandplan3 vandløb
- Kystlinje



Chlorid (Cl)

- ▲ < 75 (200)
- ▲ 75 - 125 (54)
- ▲ 125 - 250 (41)
- ▲ 250 - 500 (4)
- ▲ > 500 (3)

IG (Na/Cl)

- 0 - 0.35 (2)
- 0.35 - 0.65 (79)
- 0.65 - 1 (151)
- 1 - 1.15 (38)
- > 1.15 (32)

Sulfat

- ▲ < 75
- ▲ 75 - 150
- ▲ 150 - 250
- ▲ 250 - 350
- ▲ > 350

Nikkel

- 0 - 5 (197)
- 5 - 10 (38)
- 10 - 20 (24)
- 20 - 40 (34)
- > 40 (9)

Arsen

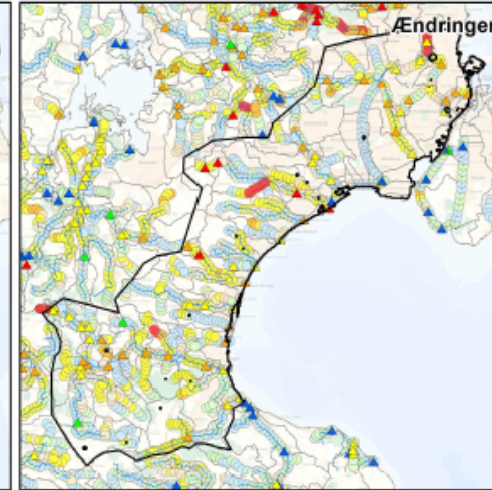
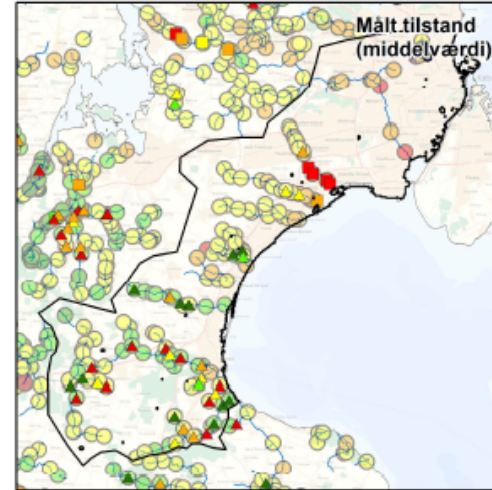
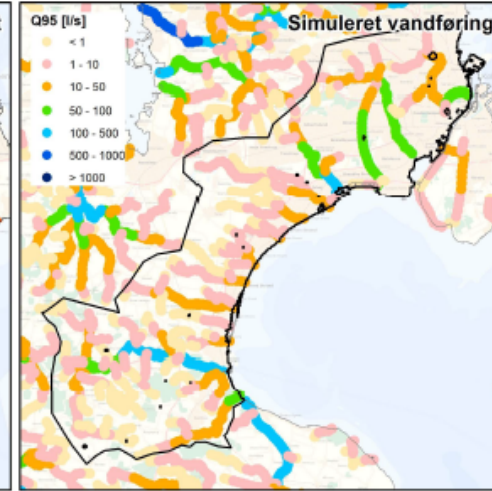
- 0 - 2.5 (245)
- 2.5 - 5 (47)
- 5 - 10 (7)
- 10 - 20 (3)
- > 20 (0)

dkms_3627_kalk

Overfladevandspåvirkning

Oversigt

- Grundvandsforekomsten
- Andre grundvandsforekomster indenfor denne
- Vandplan3 vandløb
- Modelvandløb



EQR DFFVØ

- ▲ < 0.06
- ▲ 0.06 - 0.25
- ▲ 0.25 - 0.5
- ▲ 0.5 - 0.81
- ▲ > 0.81

EQR DFFVa

- < 0.11
- 0.11 - 0.4
- 0.4 - 0.72
- 0.72 - 0.94
- > 0.94

DVFI fauna

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

Forskel Q95 [%]

- ▲ < -45
- ▲ -45 - -25
- ▲ -25 - -10
- ▲ -10 - -5
- ▲ >= -5

Forskel EQR fisk

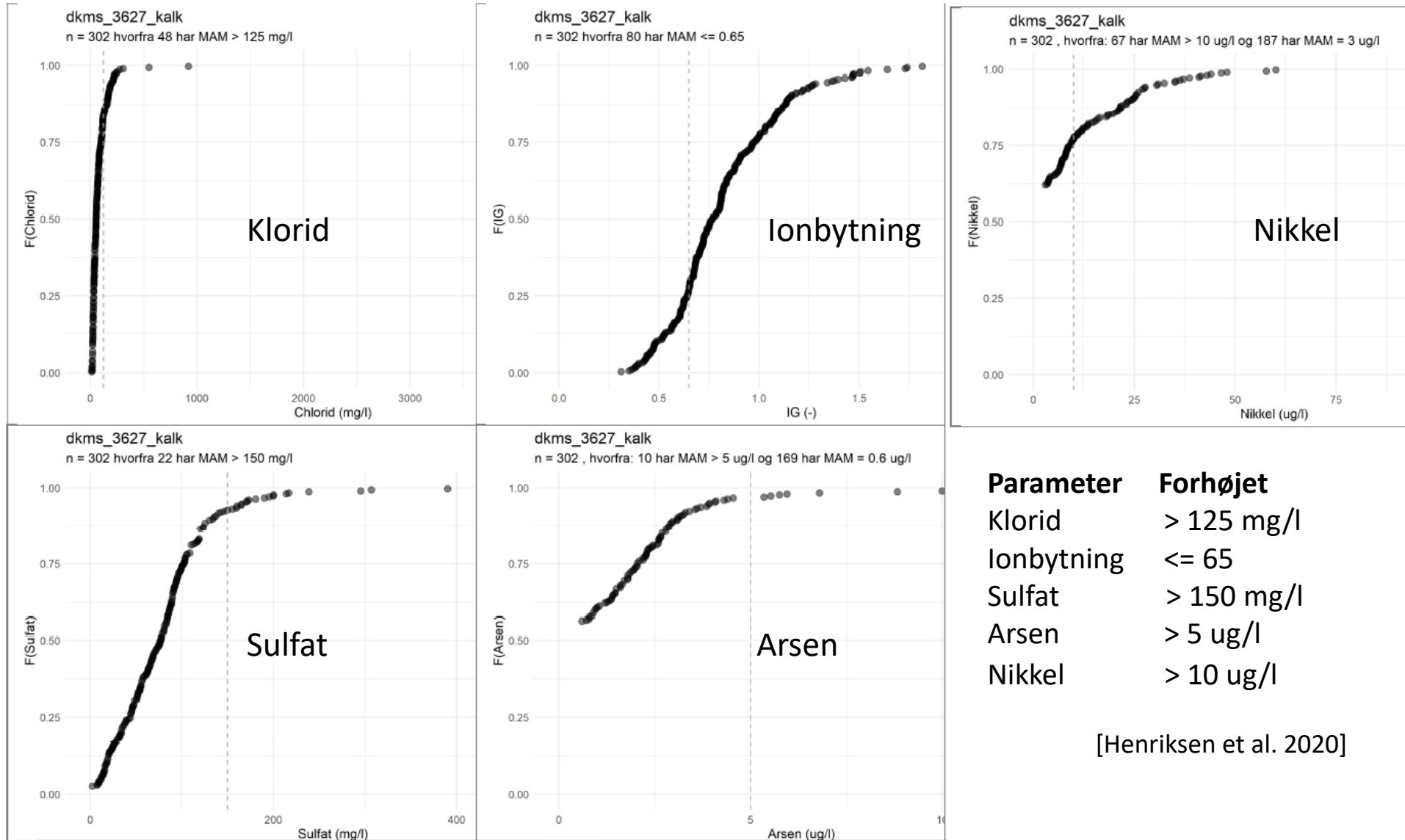
- < -0.22
- -0.22 - -0.16
- -0.16 - -0.05
- -0.05 - -0.025
- -0.025 - 0
- >= 0

GIS Kort

[Henriksen et al. 2020]

Kumulativ fordelingsfunktion MAM (Cl, IG, SO4, As, Ni)

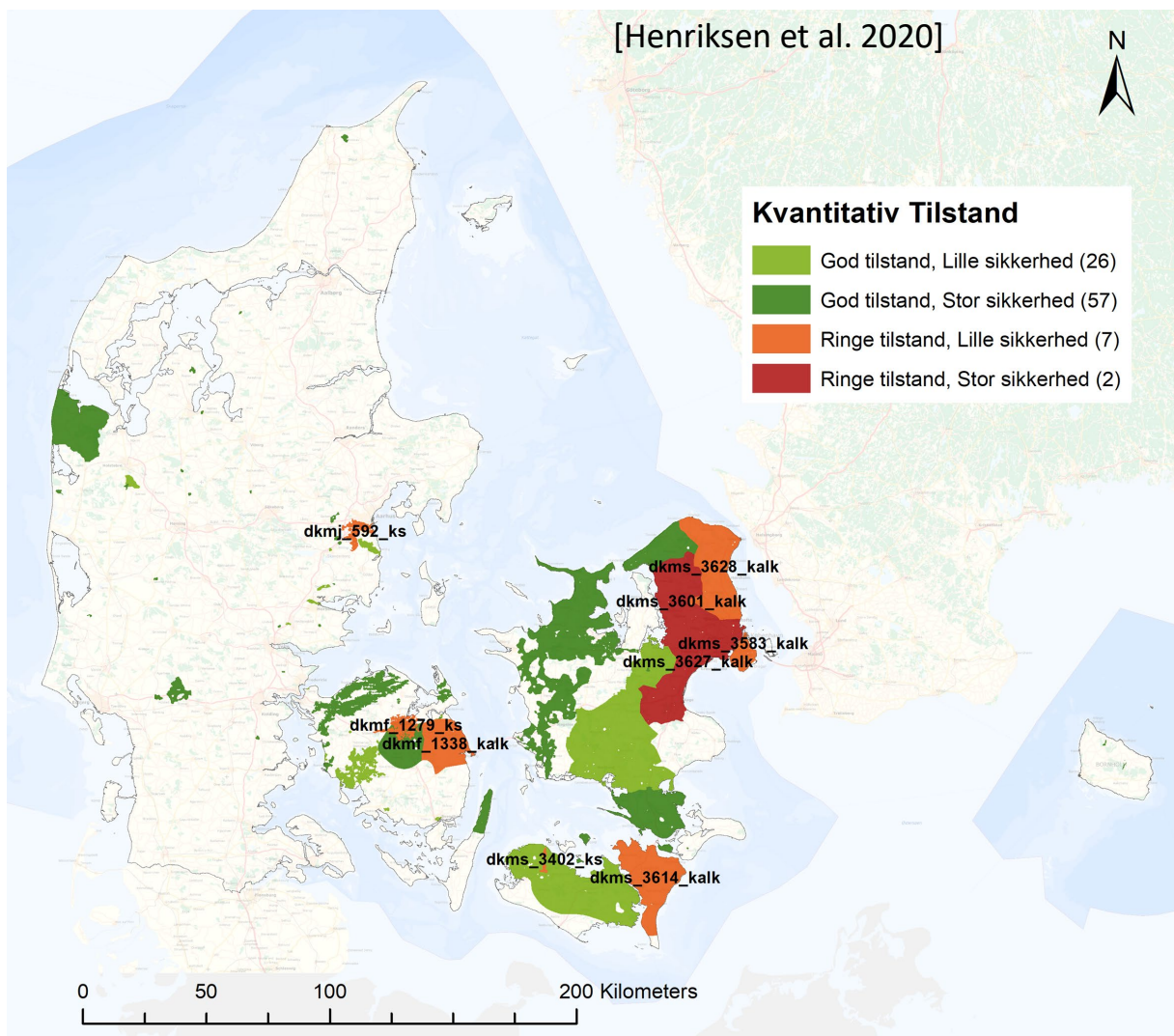
Kumulativ fordelingsfunktion



Parameter	Forhøjet	Overskredet
Klorid	> 125 mg/l	48 af 302
Ionbytning	<= 65	80 af 302
Sulfat	> 150 mg/l	35 af 302
Arsen	> 5 ug/l	10 af 302
Nikkel	> 10 ug/l	67 af 302

[Henriksen et al. 2020]

Tilstandsvurdering af 25 større forekomster



Tabel 1. Forekomst i ringe tilstand efter ekspertvurdering. Henriksen et al. 2021. RLS: Ringe tilstand, lille sikkerhed. RSS: Ringe tilstand, stor sikkerhed. GLS: God tilstand, lille sikkerhed. GSS: God tilstand, stor sikkerhed. Max DFFVg ændring: Blå: 0 % sandsynlighed for negativ tilstandsændring med en klasse. Grøn <= 20% sandsynlighed. Gul 20-50% sandsynlighed. Orange 50-80 % sandsynlighed og Rød >= 80 % sandsynlighed for negativ tilstandsændring med en klasse. Max Q95 reduktions %: Blå < 5%, grøn 5-10 %, gul 10-25 %, orange 25-45 % og rød >=45 % reduktion af minimumsvandføring for Q95.

nr.	FOREKOMST	IG ≤ 0.65	CI >125 mg/l	CI >250 mg/l	SO4 >150 mg/l	SO4 >250 mg/l	As > 5 mg/l	Ni >10 mg/l	Ind- tag	CI +	CI -	all CI	SO4 +	SO4 -	all SO4	Workshop status	Max DFFVg ændring	Max Q95 % reduktion
1	dkmj_592_ks	0	3	0	0	0	16	0	29	6	0	12	5	0	11	RLS	Gul	Gul
2	dkmj_597_ks	0	0	0	0	0	11	0	23	6	0	8	5	0	8	GLS	Gul	Orange
3	dkmf_1304_ks	1	1	0	0	0	12	0	24	2	0	5	1	1	5	GLS	Grøn	Orange
4	dkmf_1279_ks	5	1	0	0	0	16	0	24							RLS	Grøn	Grøn
5	dkmf_1340_kalk	1	1	1	0	0	11	0	13	0	1	3	1	0	3	GSS	Grøn	Gul
6	dkms_3601_kalk	82	8	0	27	0	2	13	244	22	1	41	16	3	38	RSS	Rød	Rød
7	dkms_3628_kalk	30	7	1	0	0	2	1	123	13	0	24	5	1	22	RLS	Rød	Rød
8	dkms_3627_kalk	80	48	7	35	4	10	67	302	36	5	64	19	17	69	RSS	Rød	Rød
9	dkmj_1028_ps	0	0	0	0	0	0	0	2							GSS	Grøn	Gul
10	dkmj_1014_ps	0	0	0	0	0	0	0	9							GSS	Grøn	Grøn
11	dkmj_825_ps	0	0	0	0	0	0	0								GSS	Grøn	Blå
12	dkmj_730_ks	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	2	1	0	1	GLS	Grøn	Blå
13	dkmf_1117_ks	0	1	0	0	0	18	0	38	0	0	1				GSS	Grøn	Grøn
14	dkmf_1251_ks	0	0	0	0	0	0	0	4							GSS	Blå	Grøn
15	dkmf_1328_kalk	0	2	0	0	0	0	0	16	3	1	4	1	0	3	GSS	Grøn	Gul
16	dkmf_1338_kalk	2	8	0	1	0	1	0	30							RLS	Grøn	Gul
17	dkms_3618_kalk	0	14	8	0	0	4	1	66	2	2	10	1	5	10	GSS	Gul	Orange
18	dkms_3629_kalk	2	7	3	0	0	0	0	26	0	2	3	0	0	1	GSS	Grøn	Gul
19	dkms_3655_ks	0	0	0	0	0	17	1	59	2	4	17	5	5	14	GSS	Gul	Gul
20	dkms_3583_kalk	2	11	2	13	0	2	3	20	11	1	18	6	4	18	RLS	Grøn	Gul
21	dkms_3010_ks	0	21	6	2	0	25	1	61	5	0	8	2	0	4	GSS	Grøn	Gul
22	dkms_3613_kalk	3	5	0	0	0	25	4	69	1	1	4	1	0	5	GLS	Gul	Gul
23	dkms_3614_kalk	3	21	7	3	0	0	2	91	9	1	17	4	3	11	RLS	Grøn	Orange
24	dkms_3624_kalk	2	29	12	0	0	36	4	165	5	3	21	3	2	14	GLS	Orange	Rød
25	dkms_3622_kalk	3	9	2	0	0	5	1	80	2	1	6	2	0	4	GLS	Gul	Orange

Perspektivering

Legend

- Model area
- Q-stations

Change in DFFVa [EQR]

- <-0.22
- 0.22 - -0.16
- 0.16 - -0.05
- 0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.16
- 0.16 - 0.22
- 0.22 <

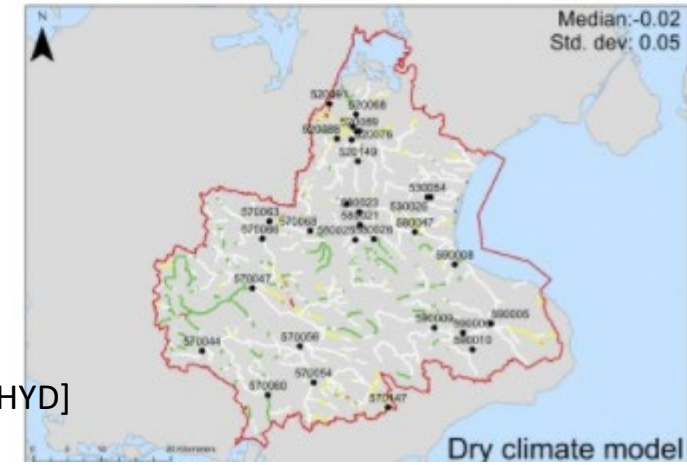
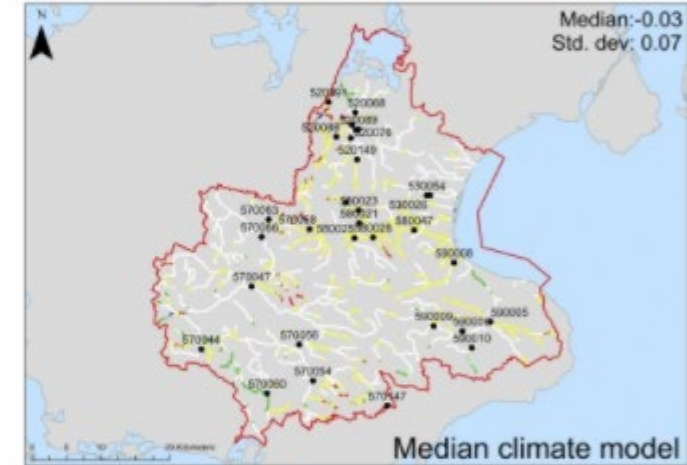
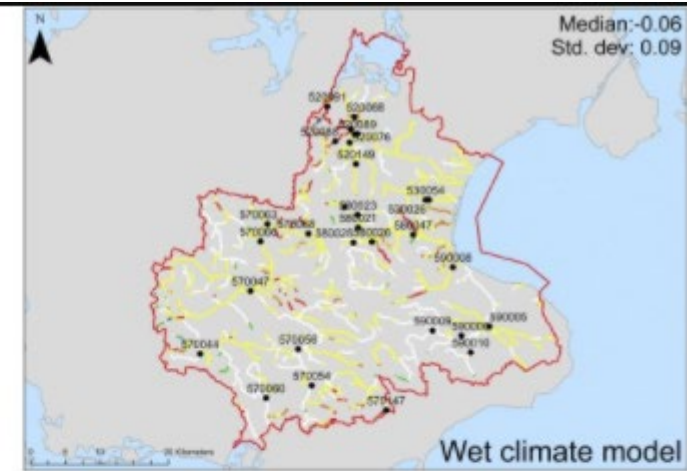


Legend

- Model area
- Q-stations

Change in DFFVa [EQR]

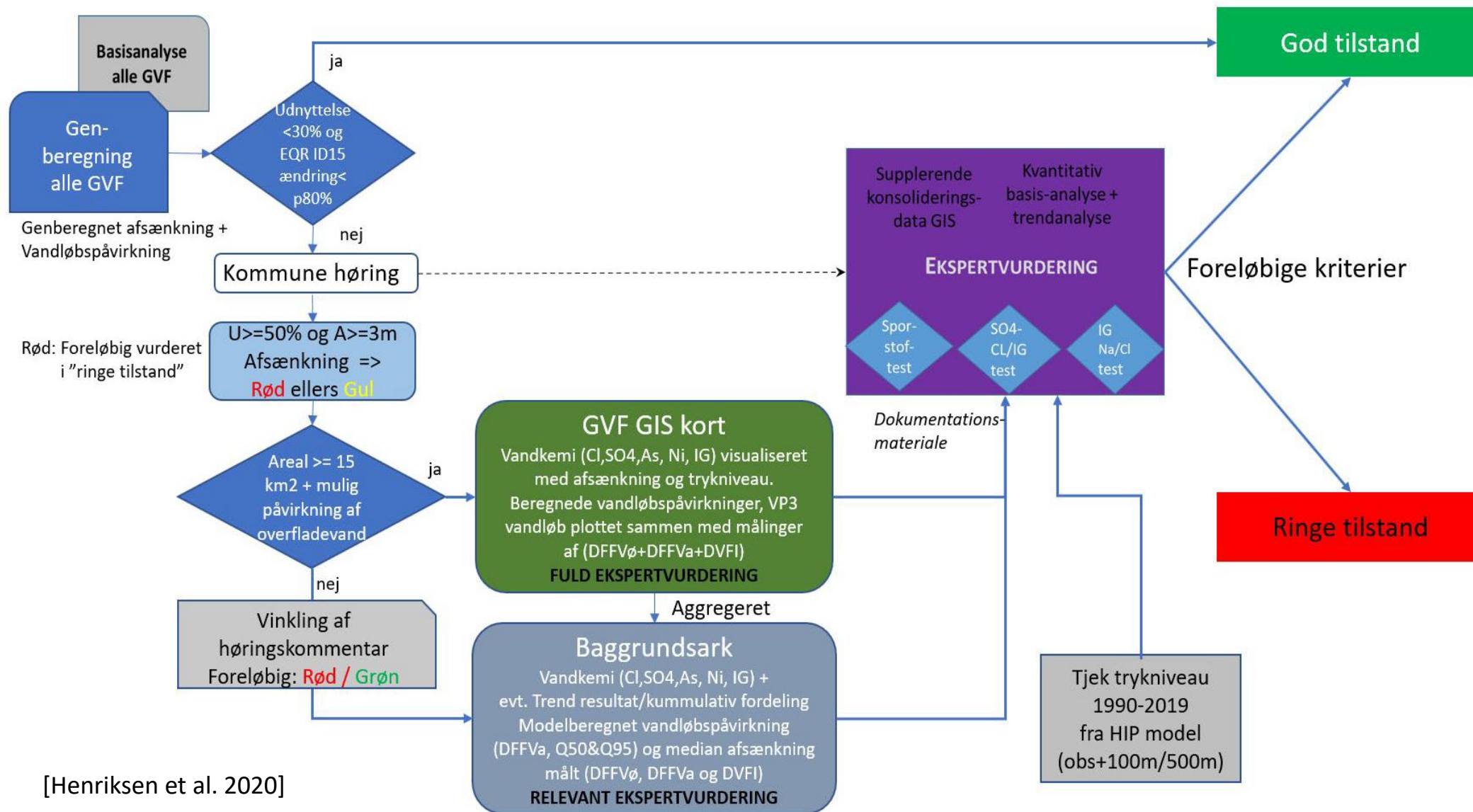
- <-0.22
- 0.22 - -0.16
- 0.16 - -0.05
- 0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.16
- 0.16 - 0.22
- 0.22 <



Vi er udfordret af, at den kvantitative tilstand for mange forekomster er 'på vippen'. Der er ikke plads til nogen markant øget vandindvinding, og vi har ikke råd til at de regionale og dybere forekomster forurenes yderligere . . .

[Henriksen et al. 2021 JHYD]

Konklusion – beslutningstræ anvendt til konsolidering af kvantitativ tilstand



[Henriksen et al. 2020]

Tak for opmærksomheden!

Mere information:

- **National vandressourcemodel**
(www.vandmodel.dk)
- **Grundvandsrapporter** vedr. kvantitativ og kemisk tilstand
(www.geus.dk/vandressourcer/vandforvaltning)
- **Vand og jord nr. 3 2021** (www.vandogjord.dk)
- **NIFA projekt om klimaeffekter Skjern å og Midtsjælland.** Journal of Hydrology. Regional studies:
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581821000276>)
- **Resultater af beregninger** beta version på www.geus.dk (modeldatabasen dkmodel 2019 test)

Henriksen HJ, Voutchkova D, Troldborg L, Ondracek M, Schullehner J og Hansen B (2019). National Vandressource Model. Beregninger af udnyttelsesgrader, afsækning og vandløbspåvirkning med DK model 2019. GEUS rapport 2019/32 .

Henriksen HJ, Ondracek M og Troldborg L (2021) National Vandressource Model. Genberegning af udnyttelsesgrad og vandløbspåvirkning på basis af indberettede fordelinger af indvindinger på boringsniveau i Jupiter. GEUS rapport 2021/1.

Henriksen HJ, Voutchkova D, Ondracek, M, Troldborg L og Thorling L (2021). Konsolidering af kvantitativ tilstandsvurdering for danske grundvandsforekomster i potentiel ringe tilstand på basis af ekspertvurdering. Supplerende vurderinger af kvantitativ tilstand for 90 grundvandsforekomster med modelberegnet udnyttelsesgrad større end 30%. GEUS rapport 2021/2.

Stisen S, Ondracek M, Troldborg L, Schneider RJM, van Til MJ (2019). National Vandressource Model. Modelopstilling og kalibrering af DK-model 2019. GEUS rapport 2019/31.

Troldborg L. (2020) Afgrænsning af de danske grundvandsforekomster. Ny afgrænsning og delkarakterisering samt fagligt grundlag for udpegning af drikkevandsforekomster. GEUS rapport 2020/1.

Gräber, D, Wiberg-Larsen, P, Bøgestrand J og Baattrup-Pedersen, A. (2014) Vurdering af vandindvinding på vandløbs økologiske tilstand Implementering af retningslinjer for effekten af vandindvinding i forbindelse med vandplanlægning og administration af vandforsyningsloven. Notat fra DCE. Nationalt center for miljø og energi. 11. november 2014.

Gejl RN (2019) Assessing sustainable groundwater abstraction: an evaluation of impacts on groundwater quantity and quality Technical University of Denmark.

VandWeb. Tilgængeligt via Vandmodel.dk

Henriksen HJ, Jakobsen A, Pasten-Zapata E, Troldborg L og Sonnenborg TO (2021) Assessing the impacts of climate change on hydrological regimes and fish EQR in two Danish catchments. Journal of Hydrology: Regional Studies. Vol. 34, April 2021, 100798.