

Hydrologi og virkemidler

**Gudenåkomiteen
Brædstrup 24. juni 2016**

Kristian Vestergaard

Civilingeniør, Ph.D.

KV MiljøFormidling

(Lektor ved Ingeniørhøjskolen, Århus Universitet)

Kornblomstvej 13, 8680 Ry

Tlf. 21170095

kvmf@mail.dk eller kv@ase.au.dk



Kristian Vestergaard

- Civilingeniør, Ph.D indenfor miljøteknik fra Aalborg Universitet
- Løjtnant, kaptajn og major af reserven i Forsvaret (1980-2007)
- Adjunkt og ekstern lektor på AAU (1988-1996)
- Kursusudvikler og kursuschef på Ferskvandscentret, Silkeborg (1993-2001)
- KV MiljøFormidling (2001-)
- Ekstern lektor Ingeniørhøjskolen i Århus (2003-2011)
- Specialist i hydrauliske beregninger, Orbicon (2008-2011)
- Lektor, Aarhus Universitet, Ingeniørhøjskolen (2011-)
- **Hydrauliske beregninger – vandløb/afløbssystemer/vandforsyning mv.**
- Modelværktøjer – MOUSE, Mike Urban, **VASP, Mike 11, Mike 21, Mike Flood**, EPANET
- Ferskvandsrecipienter, specielt **vandløb**
- Afløbssystemer, spildevandsbehandling, vandforsyning, **klimatilpasning**
- Undervisning og videnformidling

Gudenåen



Udspring Tinnet Krat

Udløb Randers Fjord

Længde 160 km

Større tilløb:

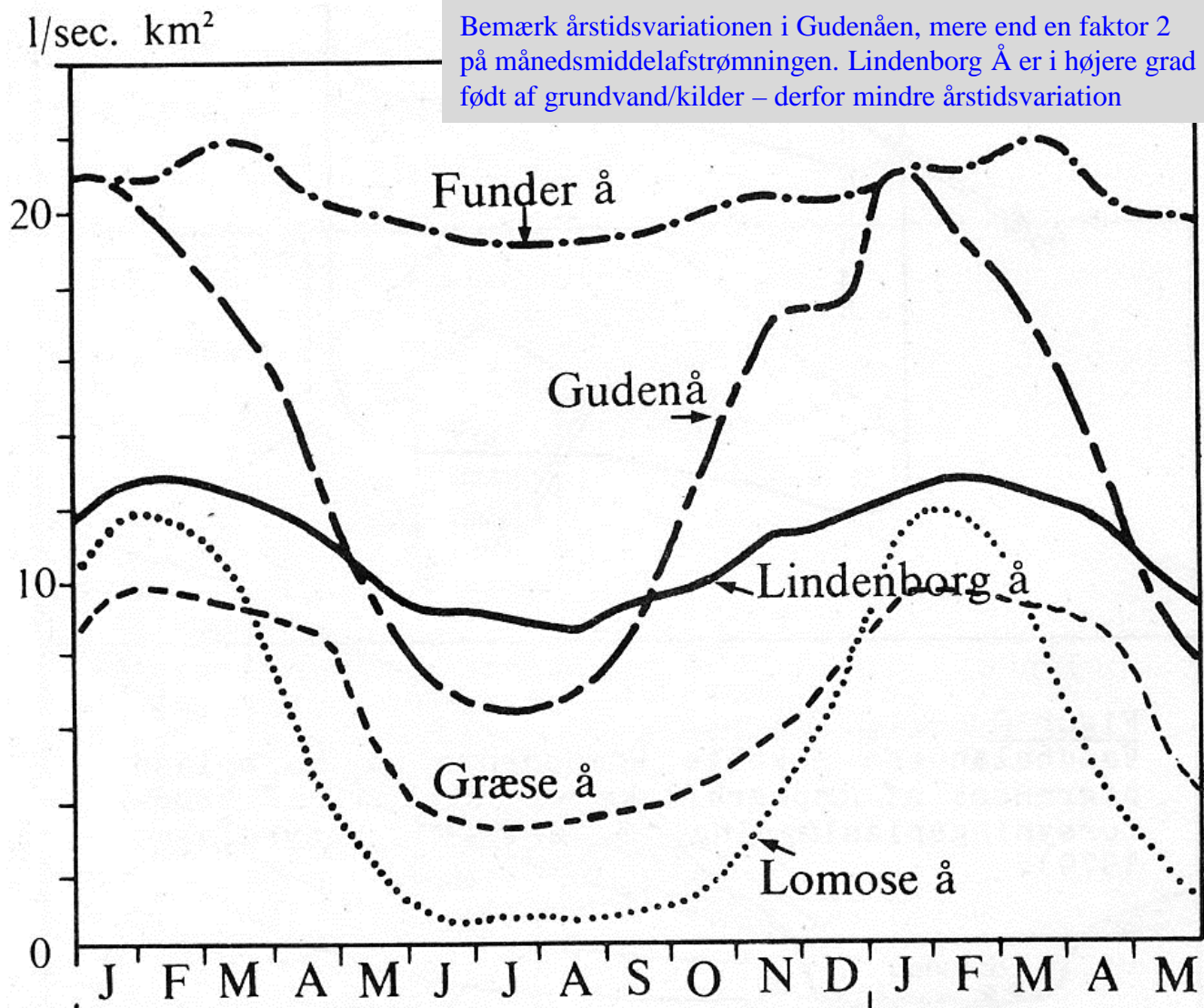
- Mattrup Å
- Tåning Å & Illerup Å
- Salten Å
- Knud Å
- Funder Å
- Gjern Å
- Hinge Å
- Tange Å
- Lilleå
- Nørre Å

Opland 2600 km²

Fra: "Landmanden som vandforvalter"



Afstrømning pr. oplandsareal



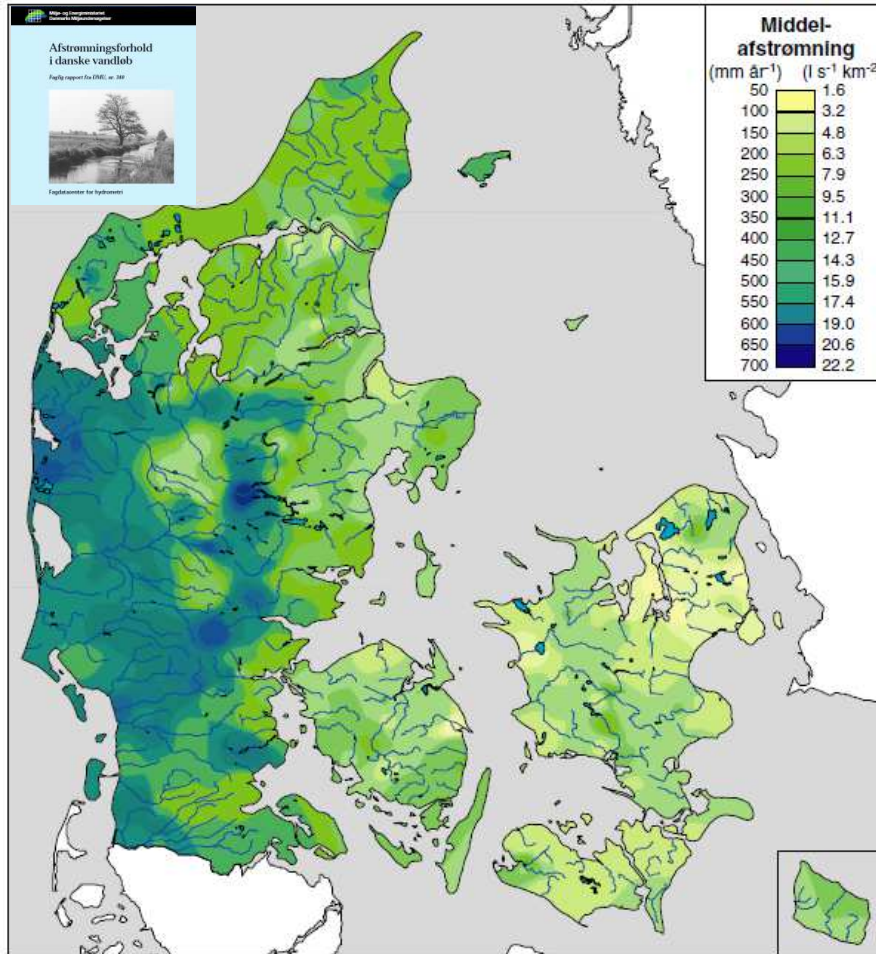
Med **specifik afstrømning** menes der afstrømning per areal der afvander til vandløbsstationen.

Enheden er normalt liter per sekund per kvadratkilometer

Er oplandet på **10 km²** og den specifikke afstrømning er **15 l/sek/km²**, da kan vandføringen beregnes som **10 x 15 = 150 l/sek**

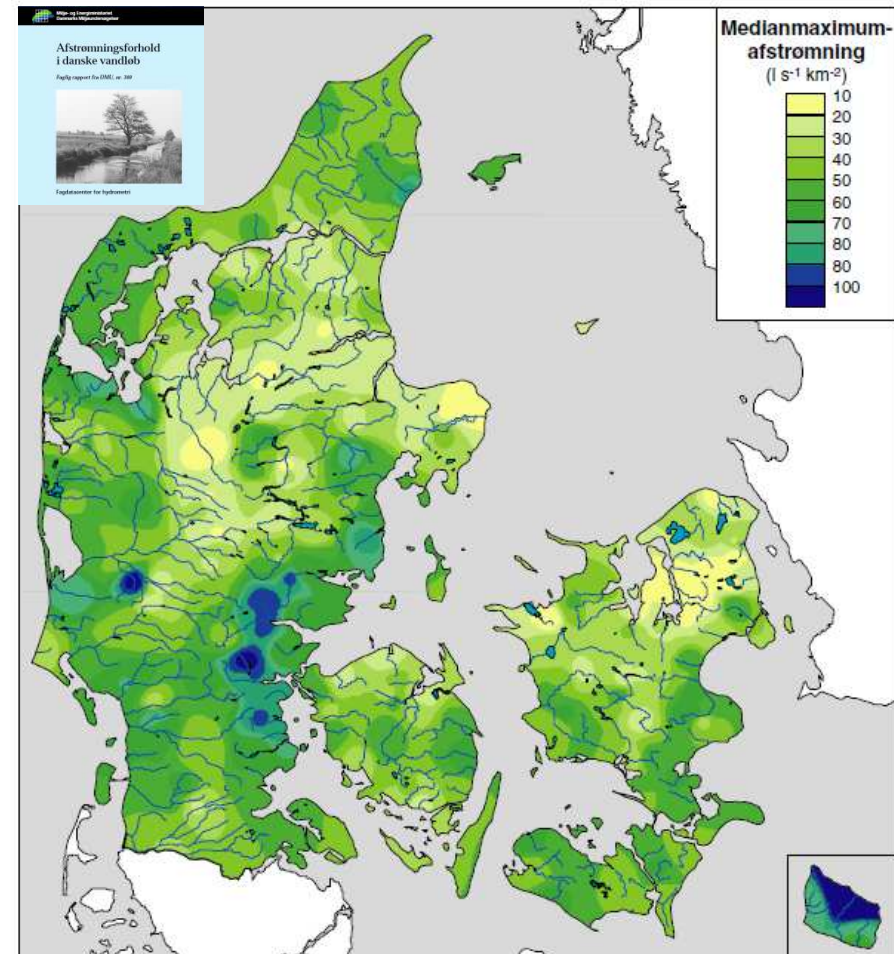
Vandløbsafstrømning

Disse kort viser den geografiske variation i dels årsmiddelafløb, dels medianmaksimum, som lidt populært fortalt er den afstrømning som man i gennemsnit målt over en længere årrække vil overskride hvert andet år. Afstrømningsværdier angives normalt som 24 timers middelværdier



B. Mid delafstrømning

Årsmiddelafløb for perioden 1971 - 98. Data fra 243 målestationer, der er angivet i bilag 1. Kortet giver et regionalt billede af middelafløbets mængde og geografiske variationer. For de ca. 45 % af landet, der ikke er dækket af målestationer, er kortlægningen usikker, og der er lokale forhold, der ikke er indarbejdet i kortlægningen. Specielt for de kystnære områder og de mindre øer er kortlægningen usikker. Kortet bør således ikke anvendes til aflæsning af lokale værdier for middelafløb (jf. 6.1).



D. Medianmaksimumafstrømning

Medianmaksimumafstrømning for perioden 1971 - 98. Data fra 243 målestationer, der er angivet i bilag 1. Kortet giver et regionalt billede af medianmaksimumafstrømningens mængde og geografiske variationer. For de ca. 45 % af landet, der ikke er dækket af målestationer, er kortlægningen usikker, og der er lokale forhold, der ikke er indarbejdet i kortlægningen. Specielt for de kystnære områder og de mindre øer er kortlægningen usikker. Kortet bør således ikke anvendes til aflæsning af lokale værdier for medianmaksimumafstrømning (jf. 6.1).

Gudenåens vandføring



Afstrømningsværdier:

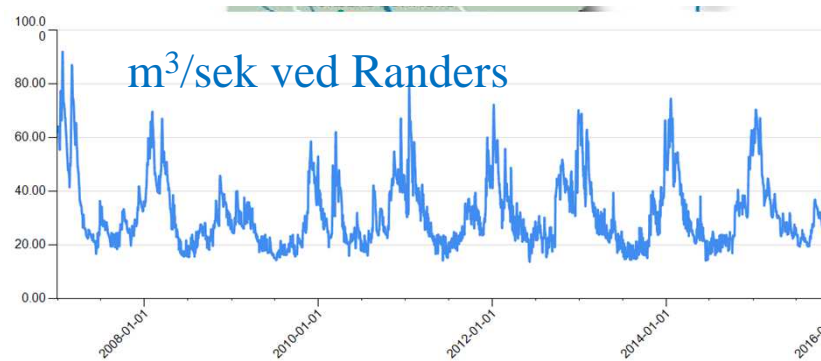
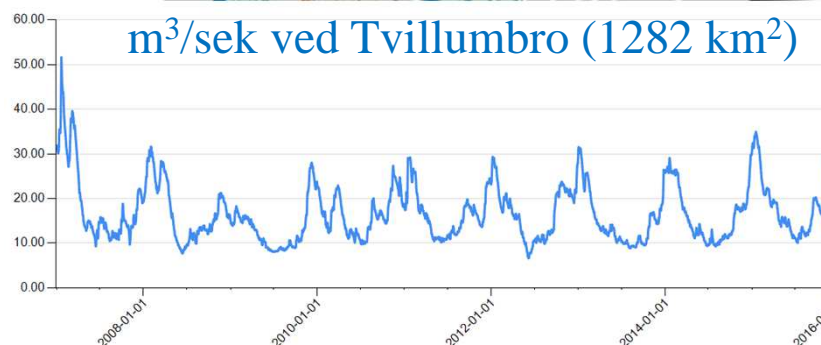
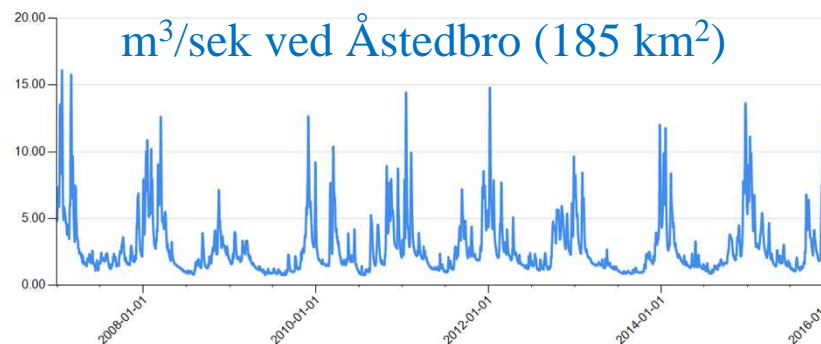
Åstedbro:

- Oplandsareal 185 km²
- Medianminimum 4,6 l/s km²
- Årsmiddel 13,8 l/s km²
- Medianmaximum **65 l/s km²**

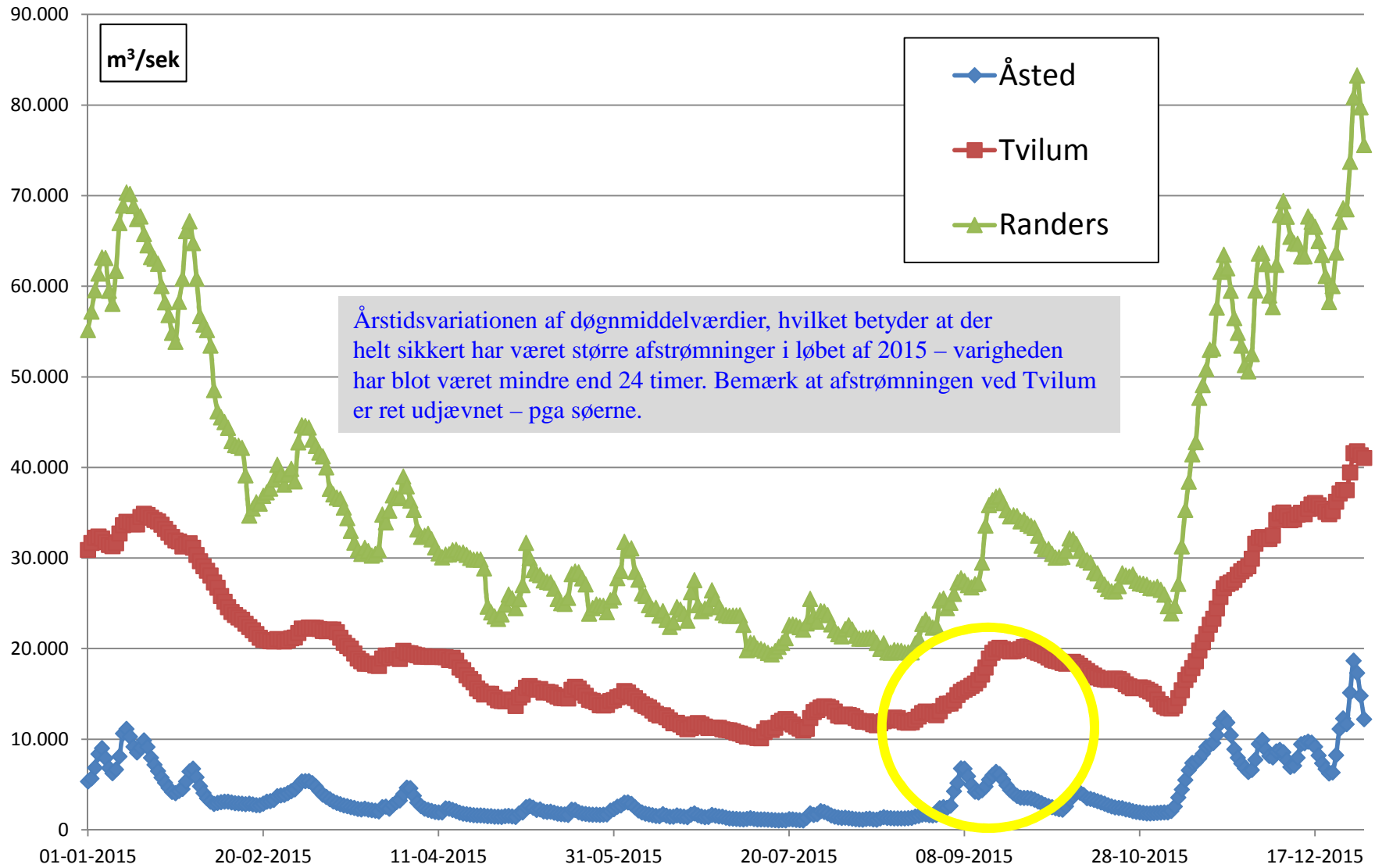
Tvilumbro:

- Oplandsareal 1282 km²
- Medianminimum 6,0 l/s km²
- Årsmiddel 12,5 l/s km²
- Medianmaximum **26 l/s km²**

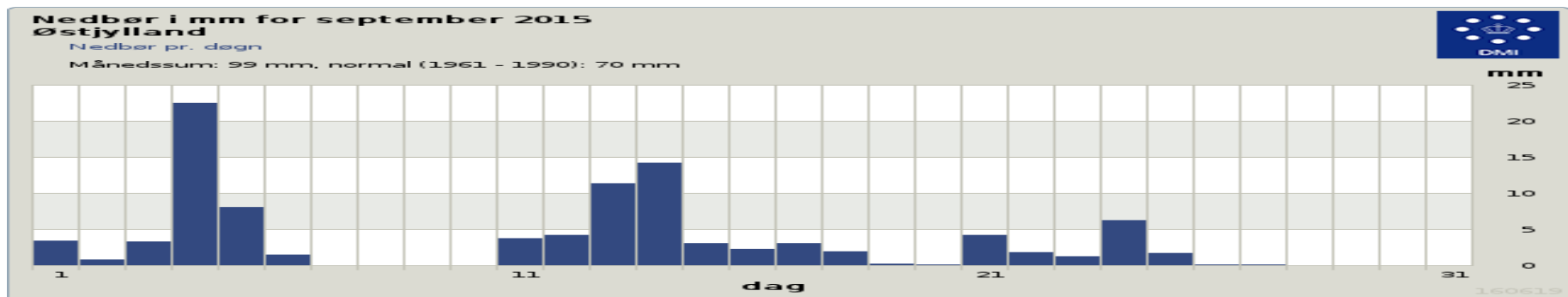
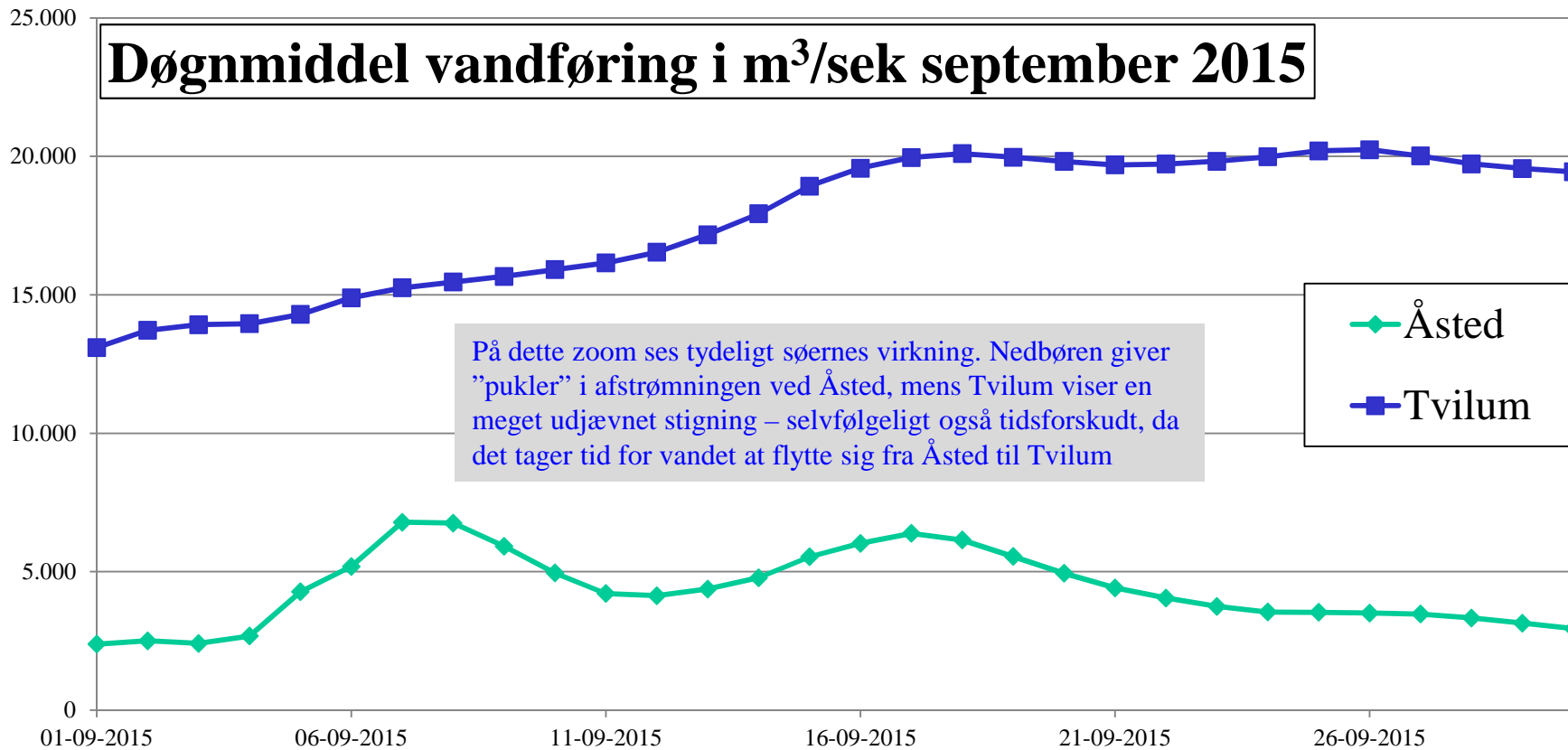
Vandføringen stiger selvsagt ned gennem Gudenåsystemet, men målingerne vider også tydeligt at der er store udligningsmagasiner (søer) indskudt imellem de to stationer – bemærk at medianmax er mere end halveret pga udligning. Man kan også se det rent visuelt



Døgnmiddel vandføring i 2015



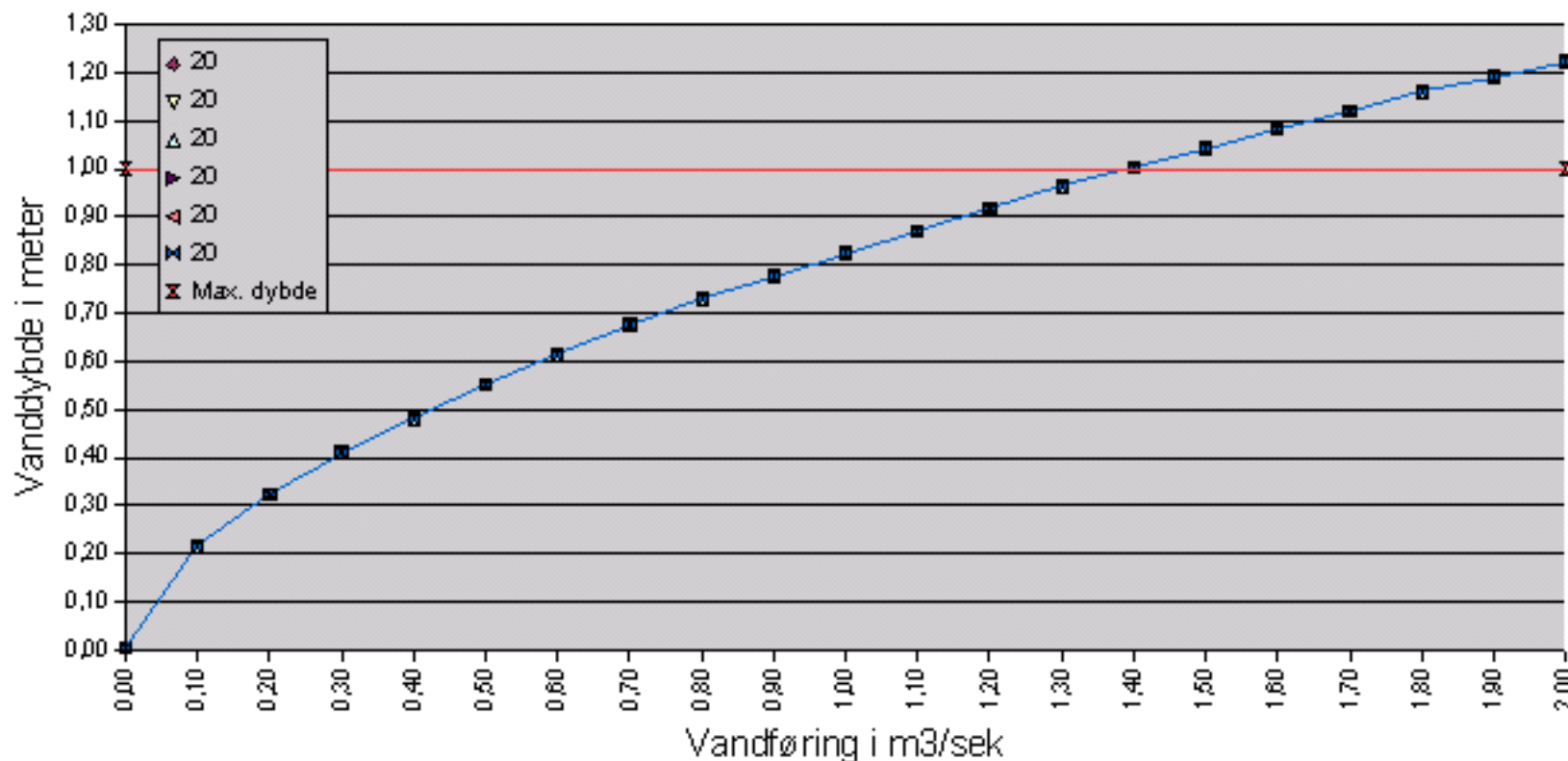
Søernes udjævnende virkning



Sammenhæng mellem vandstand og vandføring



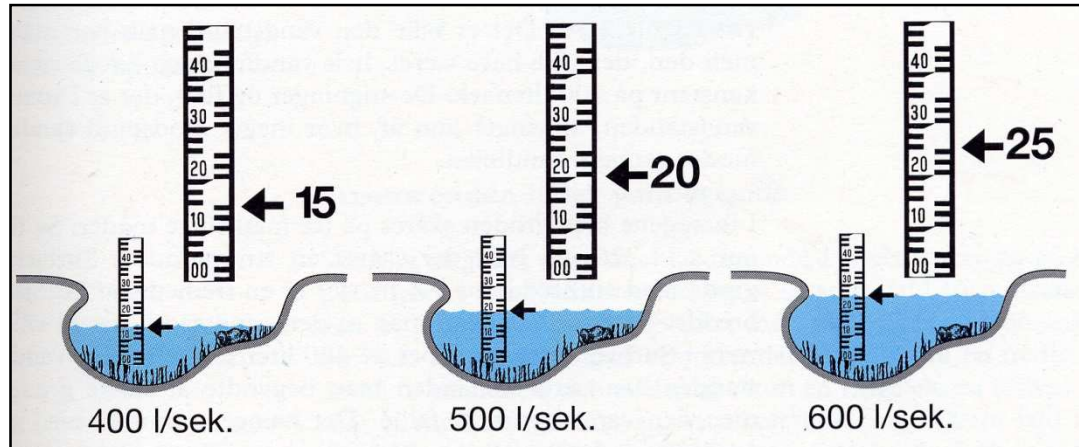
Q-h kurve for et vandløb med 3 meters bundbredde, skråningsanlæg 1:1 og et vandspejlsfald på 0,5 o/oo



Sammenhængen mellem vandføring (afstrømning) og vandstanden på en given vandløbslokalitet vises ofte som en Q-h kurve. Ovenstående kurve er beregnet teoretisk, men Q-h sammenhænge kan også måles. I teorien afhænger vandstanden af følgende: Vandføringen, tværnsgeometrien (tværnsareal og formen), vandspejlsfaldet (hældningen på vandspejlet), strømningmodstanden. En ofte anvendt formel er den såkaldte Manningformel.

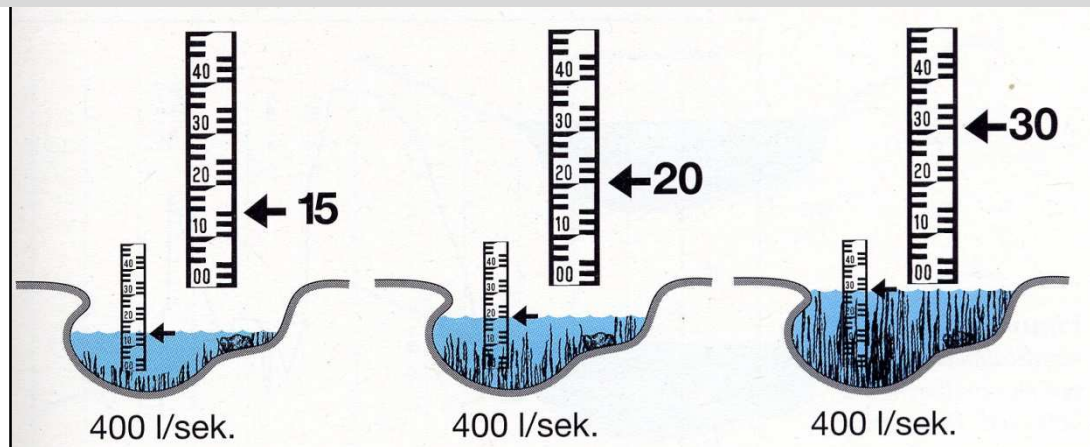
Vandstand afhænger af vandføring og grødemængde

stigende vandføring
=
stigende vandstand

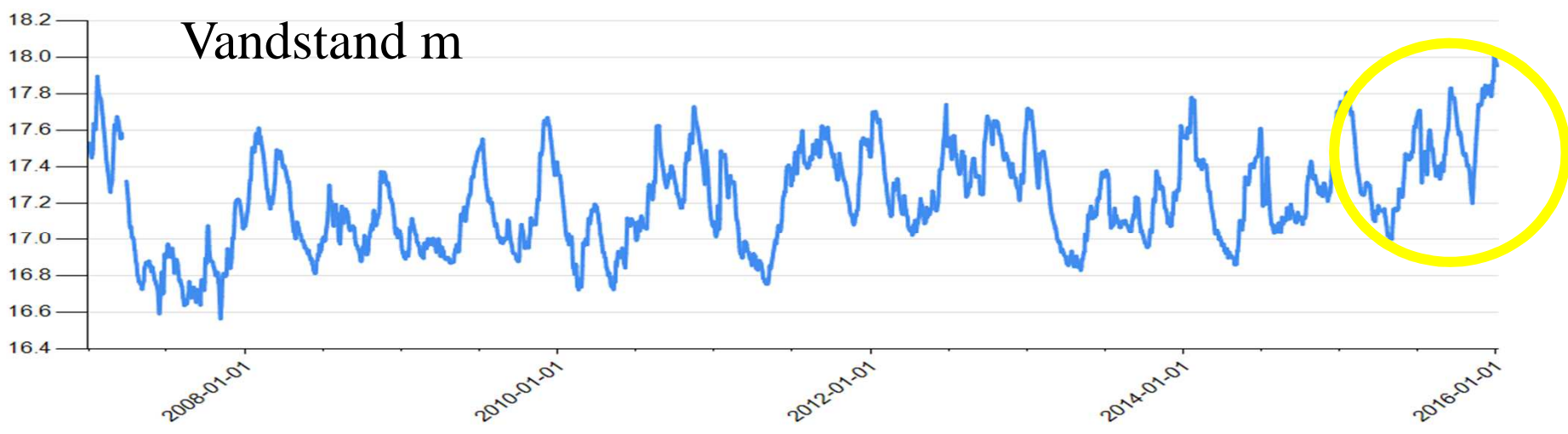


I f.eks. en betonkanal er strømningsmodstanden konstant (konstant Manningtal), hvorfor der fås en entydig sammenhæng mellem vandstand og vandføring (kun én Q-h kurve). Men i vandløb varierer strømningsmodstanden med mængden af grøde, dvs at Manningtallet ikke er en konstant. Mængden af grøde, typen af grøde (noget er bøjeligt) og fordelingen af grøde er alle vigtige. Ydermere vil variation af kantvegetation op ad brinken også give en variation af strømningsmodstanden med dybden, så Q-h sammenhængen er ikke eentydig i et vandløb

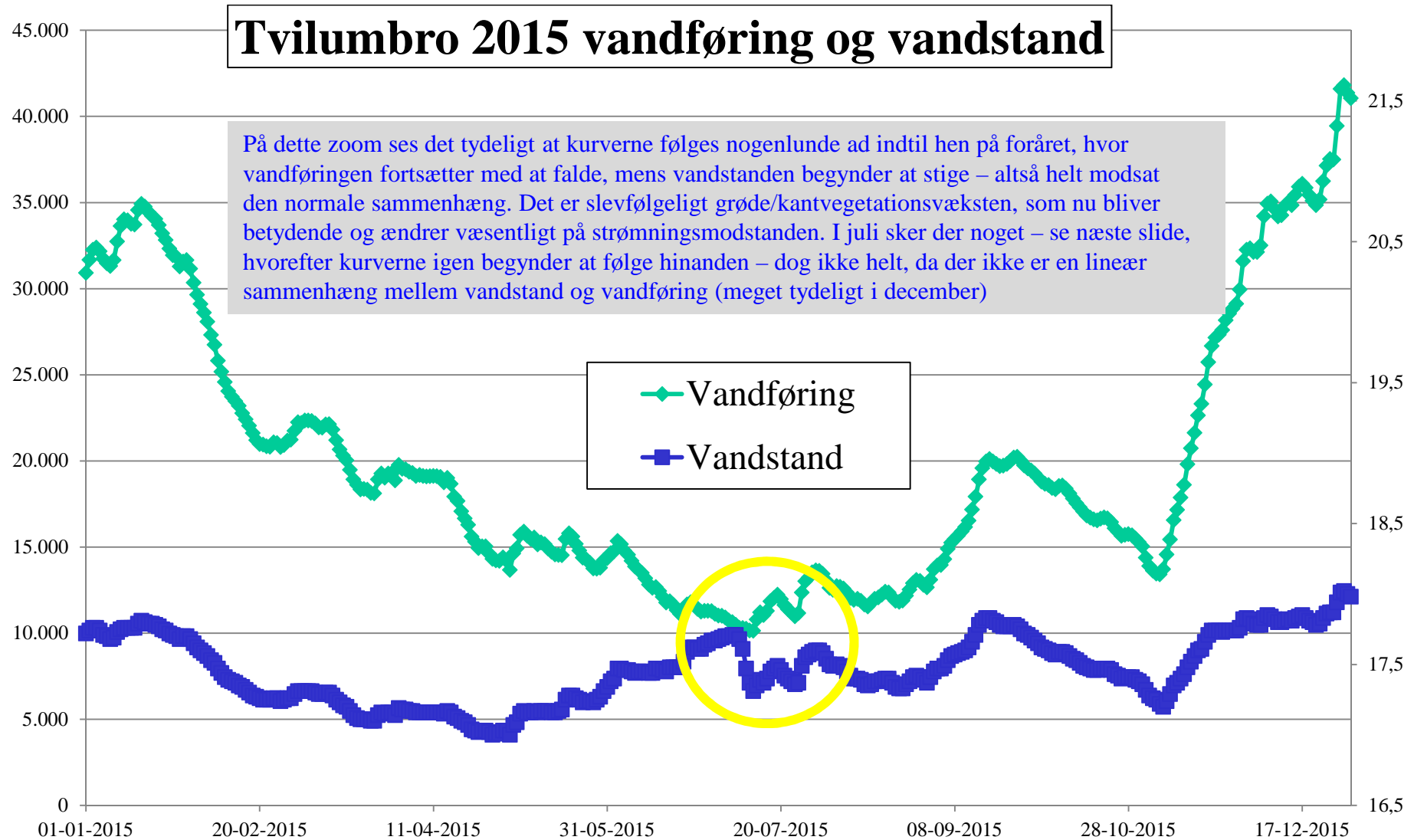
stigende grødemængde
=
stigende vandstand



Vandføring & Vandstand Tvilumbro 2007-2015



Variation i vandstand og vandføring

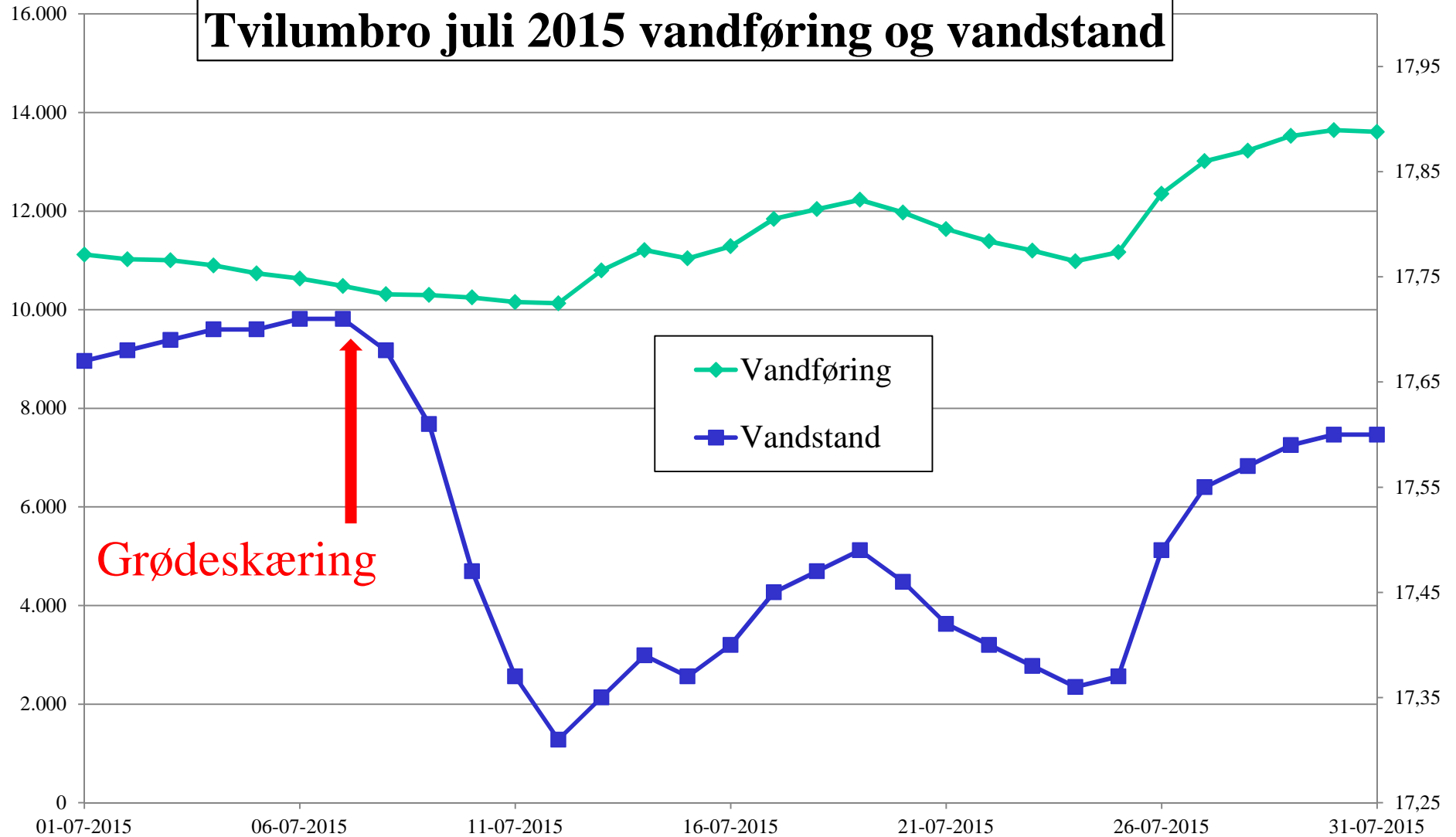


Grødeskæring

Her ses et pludseligt drop i vandstanden, mens vandføringen er uændret – tydeligvis er der foretaget en grønnskæring (en pludselig ændring i strømningsmodstanden). I dette tilfælde falder vandstanden ca. 40 cm. Og reduktionen i strømningsmodstand er stort set permanent resten af sommeren (meget lille genvækst), men sådan er det langtfra altid



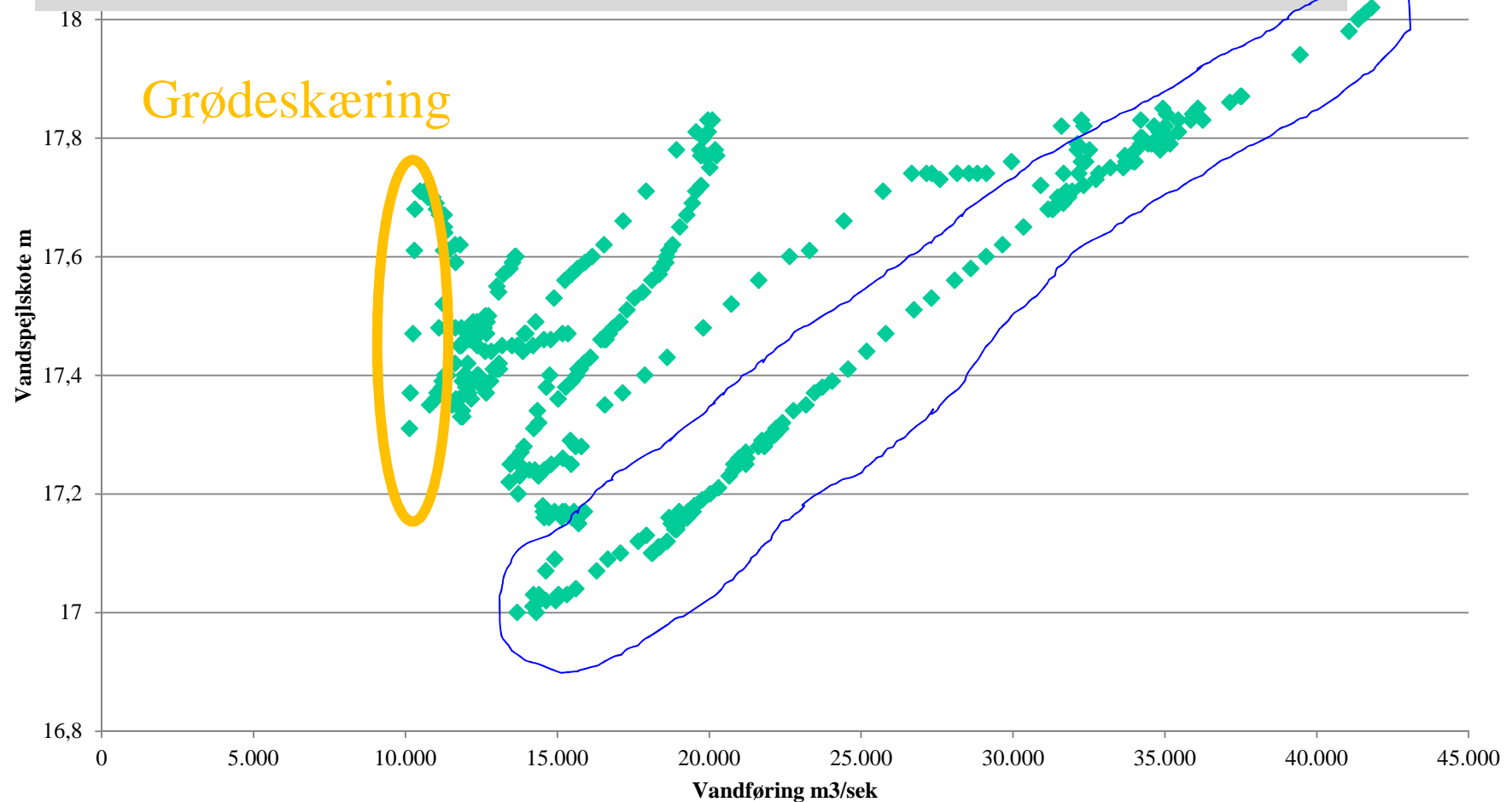
Tvilumbro juli 2015 vandføring og vandstand



Vandføringsevnen ved Tvilumbro 2015



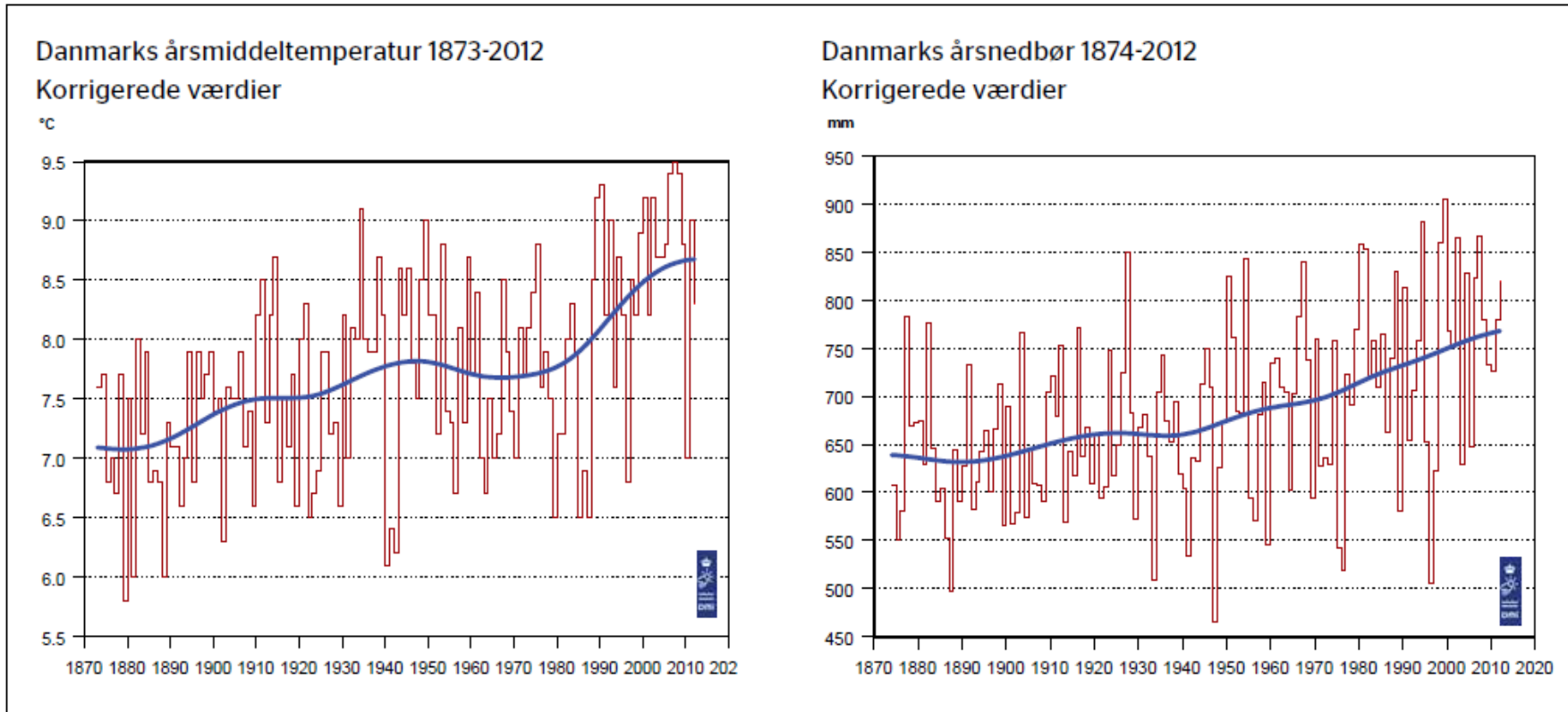
Dette plot viser nøjagtigt de samme data som sliden på side 12 – nu er vandstand og vandføring blot plottet mod hinanden. Plottet viser dermed vandføringsevnen ved Tvilum gennem 2015. Det pludselige drop i vandstand ses her markeret med orange, men mere interessant er, at der kan erkendes nogle kurver, f.eks. den markeret med blå. Denne kurve er et udtryk for vintervandføringsevnen, altså Q-h kurven når der ikke er væsentligt grøde i vandløbet. De højere liggende Q-h kurver viser den reducerede vandføringsevne i forskellige perioder med vekslende grøde.



Klimaudvikling i Danmark indtil i dag



En tydelig stigende tendens i målingerne frem til i dag både for temperatur og nedbør, men bemærk de store variationer fra år til år



Den årlige middeltemperatur siden 1873 og årsnedbøren siden 1874. Værdierne er beregnede landsgennemsnit på basis af et antal udvalgte målestationer. Den blå kurve repræsenterer gennemsnittet over 9 år. Kilde: Cappelen, J. (ed) (2013): Denmark - DMI historical Climate Data Collection 1768-2012 - with Danish Abstracts. DMI Technical Report 13-02. Danish Meteorological Institute. Copenhagen.

Fremtidig udvikling i nedbør jf. DMI



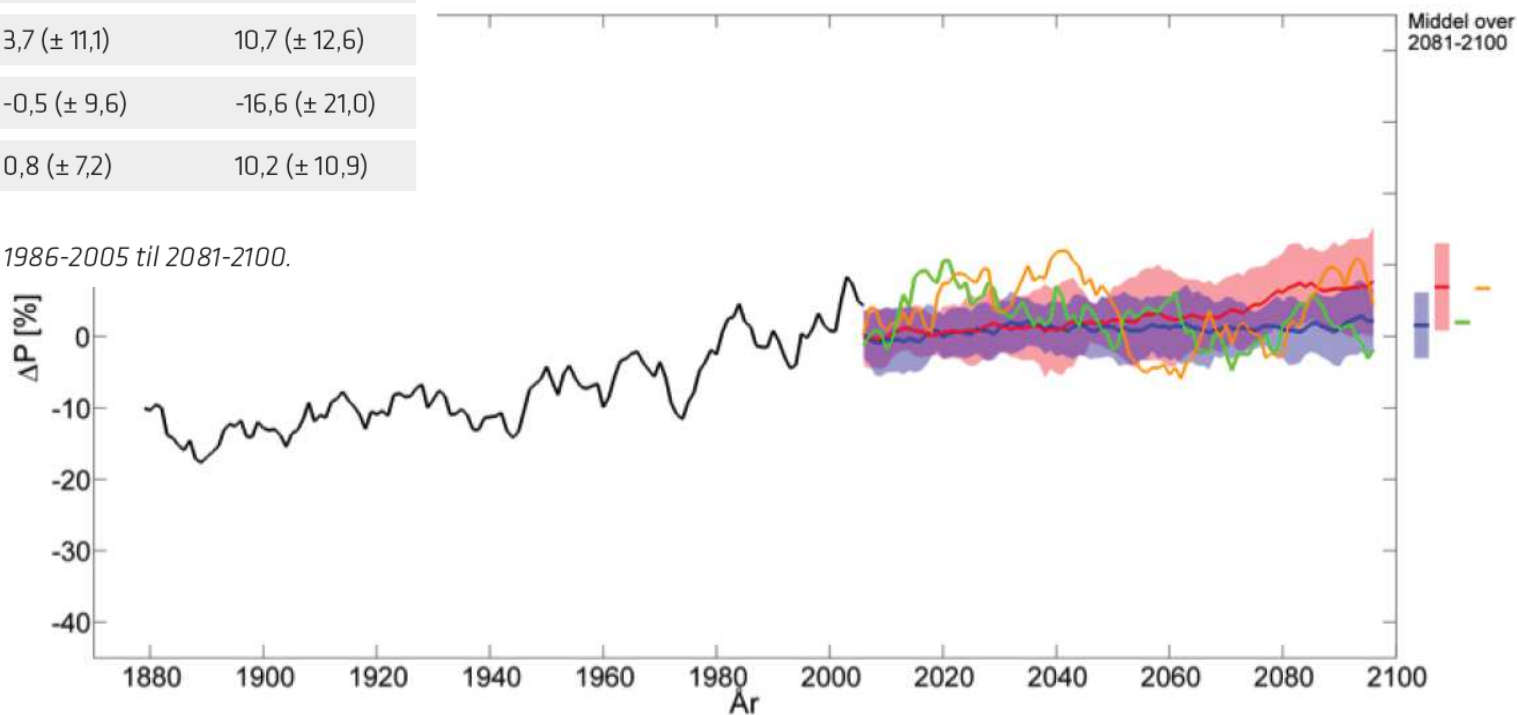
Mere nedbør i Danmark

Den gennemsnitlige årlige nedbør i Danmark er på 150 år steget omkring 100 mm og forventes fortsat at stige i løbet af dette århundrede.

Nedbør [%]	RCP2.6	RCP8.5
Årlig	1,6 (± 4,6)	6,9 (± 6,1)
Vinter	3,1 (± 7,9)	18,0 (± 12,0)
Forår	3,7 (± 11,1)	10,7 (± 12,6)
Sommer	-0,5 (± 9,6)	-16,6 (± 21,0)
Efterår	0,8 (± 7,2)	10,2 (± 10,9)



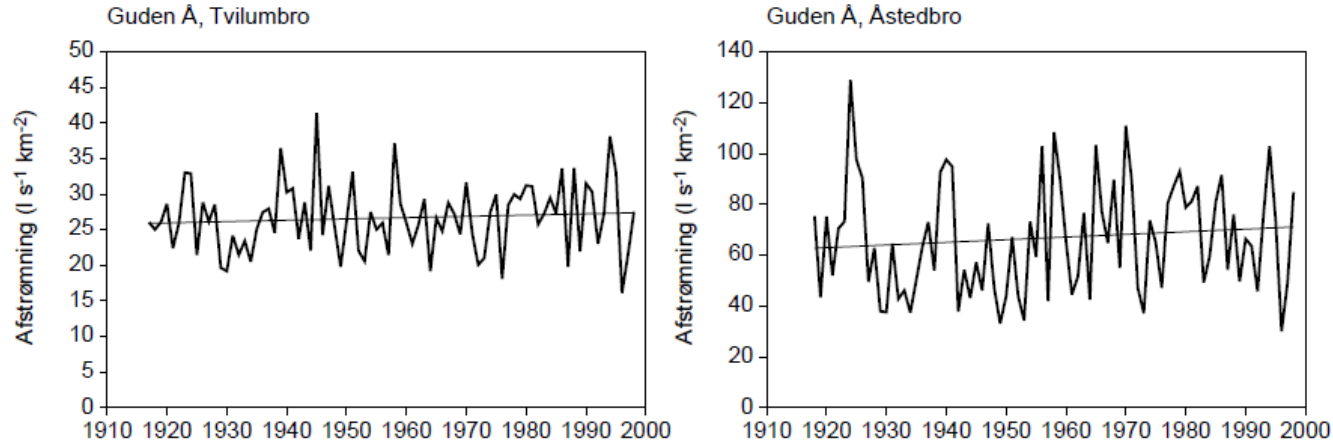
Nedbørændringer fra 1986-2005 til 2081-2100.



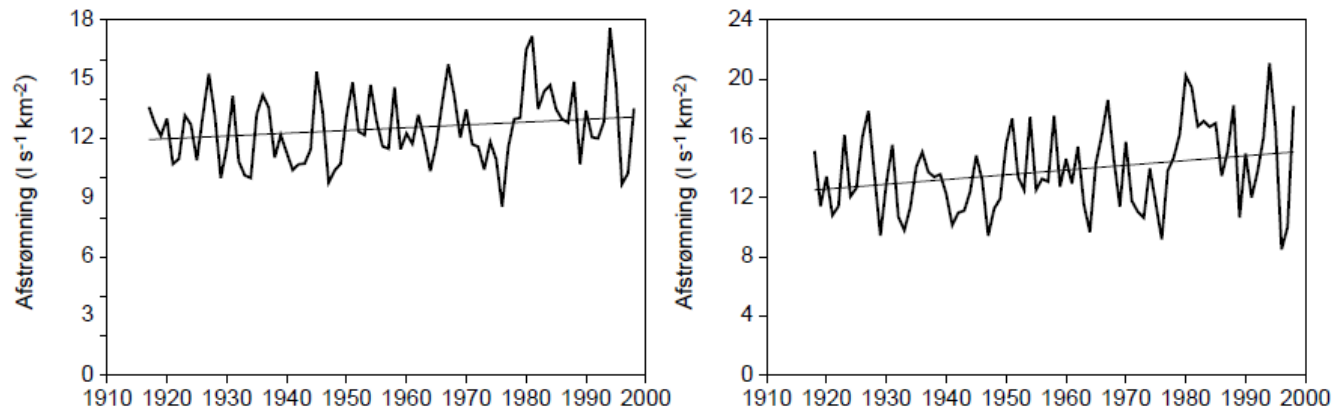
Udvikling i afstrømningen

Hvis nettonedbøren stiger, da er der en god chance for at afstrømningen i vandløb også stiger, da vandløb er sat i verden til at bortlede nedbørs-overskuddet. Dette er også vist i DMU-rapport 340, men bemærk de store variationer fra år til år

Årsmaksimumafstrømning



Årsmiddelfafstrømning



Hvad kan man gøre?



1. Ændre arealanvendelsen
2. Forøge vandføringsevnen/kapaciteten
3. Formindske tilstrømningen
4. Forsinke/udjævne tilstrømningen

Dette er de fire principielle strategier, som naturligvis kan kombineres, og som i flere år har været anvendt ved optimering og klimatilpasning af afløbssystemer. Man kan opgive de truede arealer eller anvende dem på en måde som ikke er i konflikt med de ændrede vandstandsforhold. Man kan forøge vandføringsevnen, enten ved at grødeskære eller ved at grave vandløbsprofilen større, hvilket dog kun virker såfremt der fortsat kan etableres et tilstrækkeligt vandspejlsfald. Det kan være vanskeligt ligefrem at formindske tilstrømningen, men man udjævne den i ved tilbageholdelse i oplandet eller i oversvømmelsesområder, i lighed med Den naturlige udligning der allerede sker i dag i søerne i Gudenåsystemet. Men vi taler om meget store vandvolumener.

Regnvandsbassiner

Det bliver ofte hævdet at oversvømmelsesproblemer skyldes udledning af uforsinket regnvand fra byerne. Dette kan være tilfældet nogle steder, Men langt fra alle steder. I dag etableres mange regnvandsbassiner bl.a. til Forsinkelse – læs eventuelt mere herom i de sidste EVA-blade (www.evanet.dk)



Landmanden som vandforvalter



Indhold

Baggrund	5
Sammenfatning	6
1 Indledning	7
2 Virkemidler med landmanden som vandforvalter	8
2.1 Tekniske virkemidler	9
2.2 Naturlige virkemidler	11
2.3 Bedriftsorienterede virkemidler	12
2.4 Eksempel fra Brendstrupkilen	13
3 Beskrivelse af case-områderne og de belyste virkemidler	15
3.1 Storåen - case-området	16
3.2 Hansted og Bygholm Å - case-området	21
3.3 Gudenåen - case-området	26
4 Forretningen for landmanden	35
5 Forretningsmodeller	37
5.1 Kompensationsmodellen	37
5.2 Udbudsmodellen	38
5.3 Samspil mellem de to modeller	39
6 anbefalinger	40
7 Konklusion	43
8 Referencer	44
Bilag	45

Virkemidler (fra: ”Landmanden som vandforvalter”)



Tabel 1. Oversigt over de udarbejdede virkemidler.

Alle disse virkemidler kan kategoriseres efter de fire overordnede strategier på sliden side 18

Virkemiddel	Beskrivelse	Type
Søer og reservoirer	Søer eller andre opstrøms områder med opmagasineringskapacitet kan benyttes til at tilbageholde vand via regulering af vandstanden.	Teknisk
Ådale/barrierer	Ådales vandtilbageholdelskapacitet kan udnyttes som opmagasineringsbassiner ved etablering af barrierer på tværs af ådalen.	Teknisk
Dæmninger	Opstrøms dæmningsanlæg med sluseporte kan benyttes til opstuvning af vand under store afstrømningshændelser.	Teknisk
Dobbeltprofiler	Dobbeltprofiler etableres i vandløbet ved at den øvre del af brinkzonen udvides. Kan være med til at sikre hurtig vandafledning.	Teknisk
Grødeskæring	En målrettet ændring/ophør af grødeskæring kan skabe periodevise oversvømmelser på udvalgte landbrugsarealer.	Naturlig
Vandløbsrestaurering	Restaurering af vandløb nedsætter vandføringsevnen og medfører periodevise oversvømmelser, hvorved vand tilbageholdes.	Naturlig
Vådområder	Forbindelsen mellem vandløb og omgivelser kan forbedres ved etablering af vådområder, som periodevist kan opmagasinere vand.	Naturlig
Terrænbestemte lavninger	Allerede eksisterende lavninger i landbrugslandskabet kan udnyttes som terrænbestemte retentionsbassiner.	Naturlig
Intelligent udlagte randzoner	Markdræn udmunder i en forgrøft/vådområde inden randzonen. Kan forsinke drænvandets afstrømning til vandløbet.	Bedriftsorienteret
Kontrolleret dræning	Ved kontrolleret dræning kan vand potentielt tilbageholdes i det ellers dræned jordvolumen, hvorved afstrømningen formindskes eller forsinkes.	Bedriftsorienteret
Ændring i arealanvendelse/jordbearbejdning	”Peak flow faktoren” kan formindskes ved at ændre arealanvendelse og jordbearbejdning, hvorved max. afstrømningen formindskes.	Bedriftsorienteret

Oversvømmelsesområder & fugtighedsforhold



LANDMANDEN SOM VANDFORVALTER

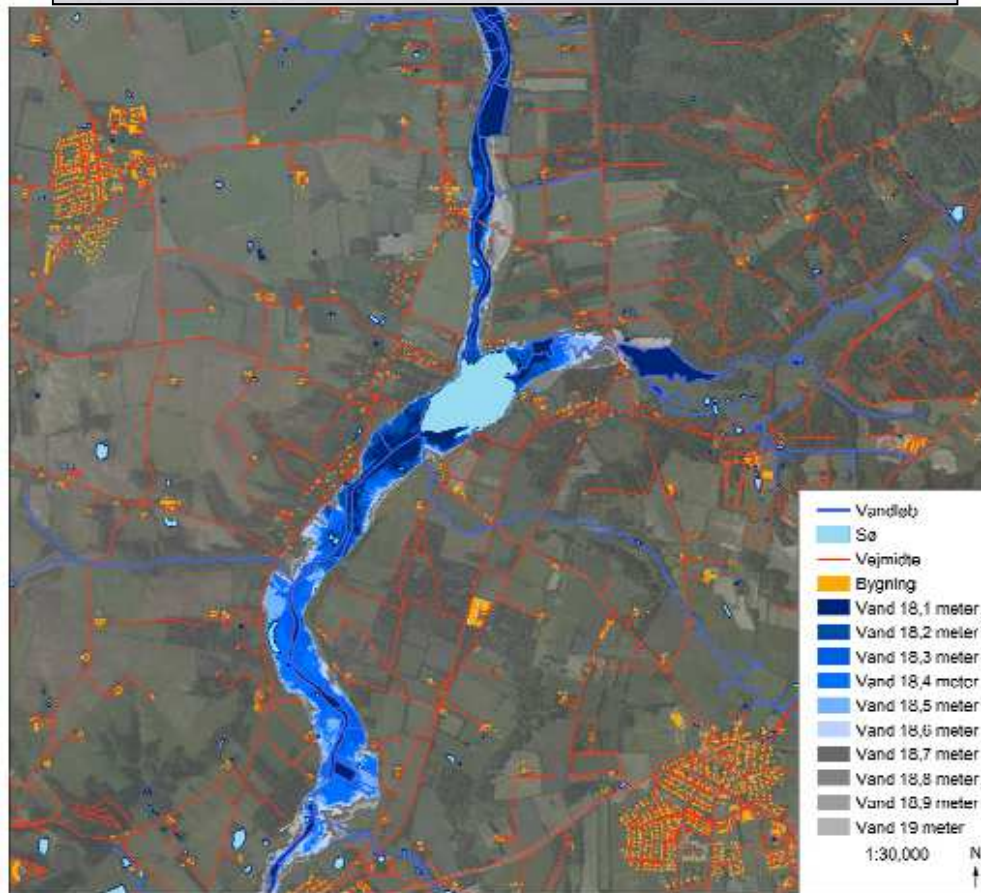
Løsningsmodeller for klimatilpasning – kommunale inspirationsværktøjer og nyt forretningsområde for landbruget

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

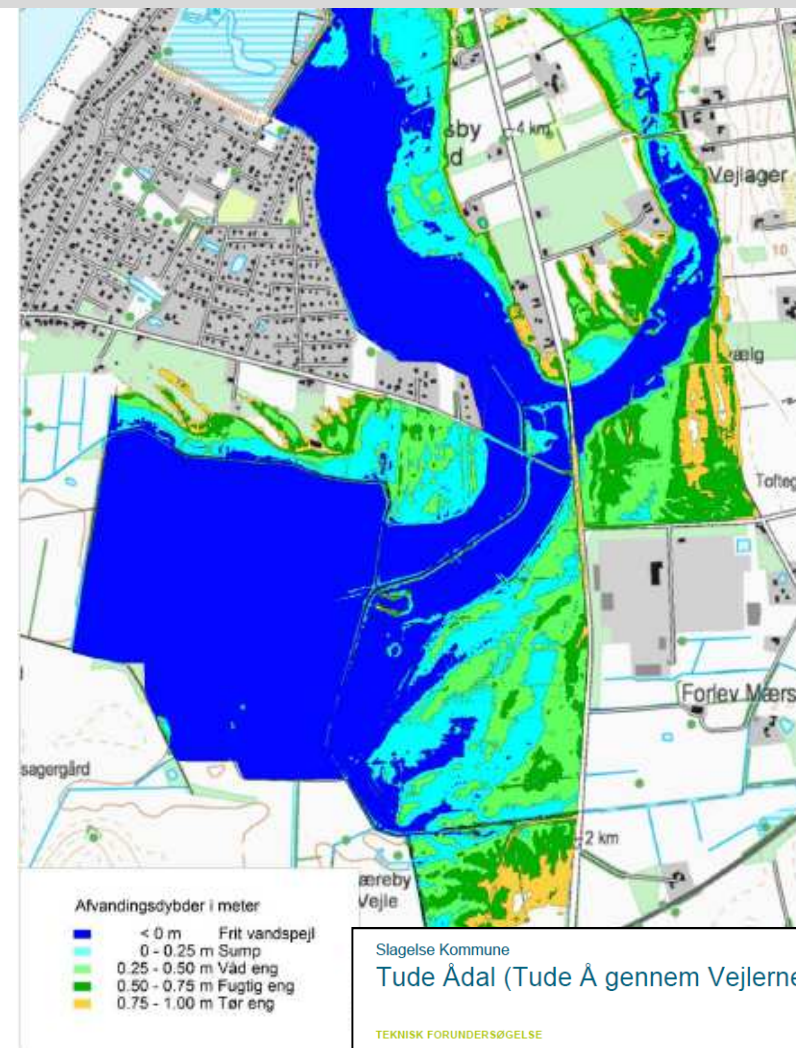
nr. 42

2014

Vi har stor erfaring i at anvende vandspejlsberegninger og GIS til at regne på konsekvenserne af stigende vandstand. Men lad være med at overvurdere nøjagtigheden af disse kort

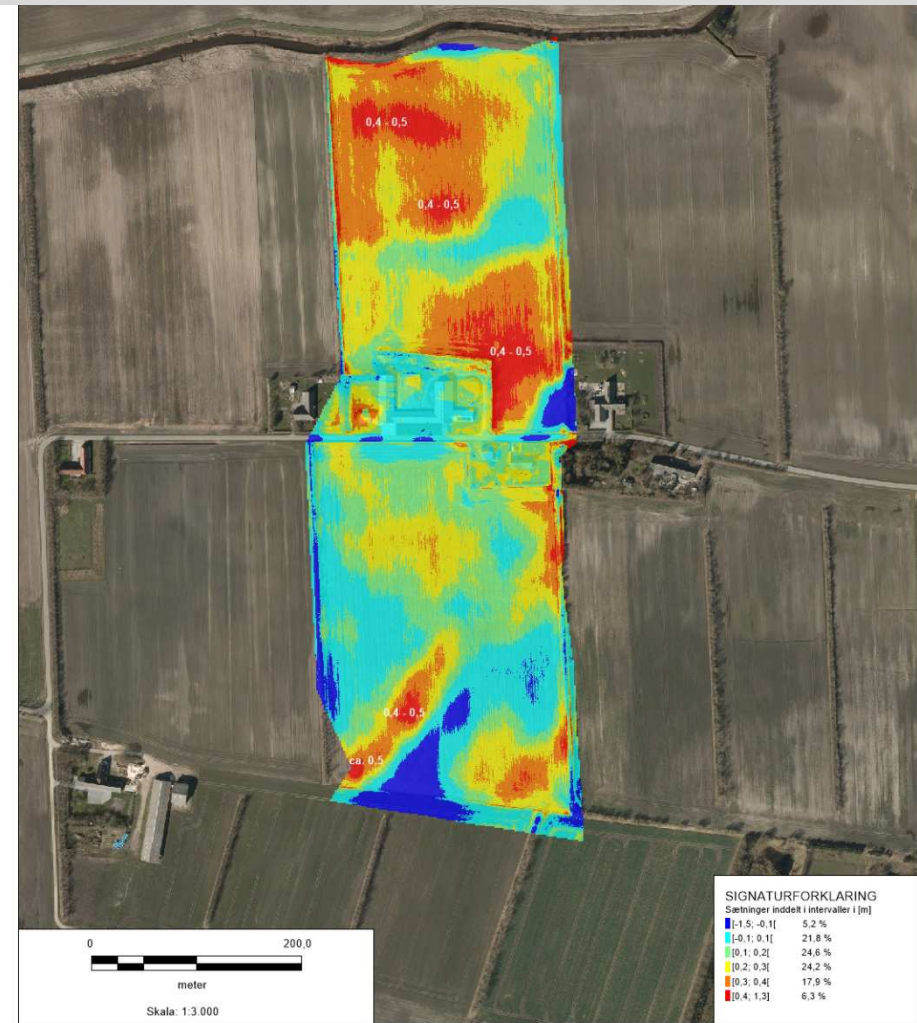
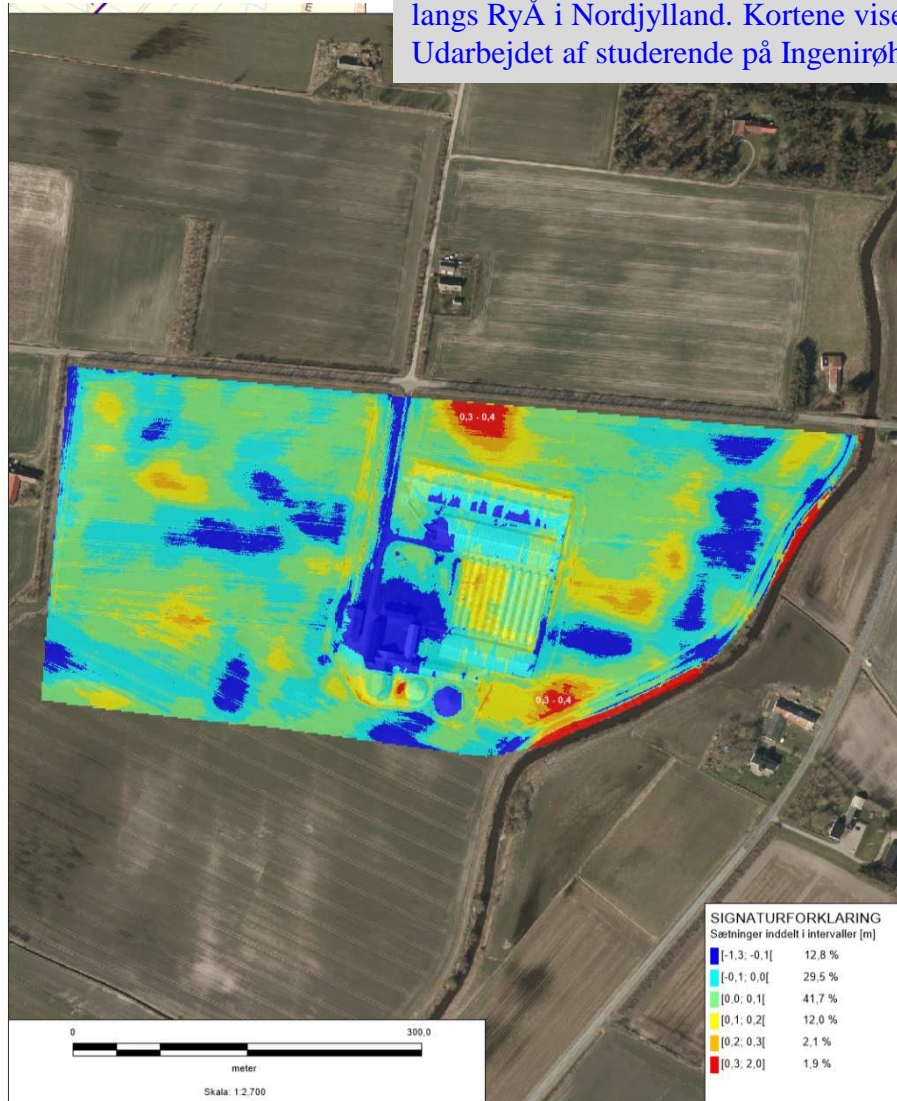


Figur 10. Kort der viser berørte arealer ved forhøjet vandstand i Sminge Sø.



Sætninger

En joker kan være sætninger i lavbundsråder. Hvis jorden har et højt indhold af organisk materiale Og den så drænes, da vil der i den drænedede del af jorden (umættet zone) ske en sammensynkning af jorden, dels i form af en hurtig konsolidering, men også i form af en årlig mineralisering af det organiske materiale. Det er ikke usædvanlig at sådanne drænedede lavbundslande synker 1 cm om året, hvilket naturligvis år for år gør jorderne vanskeligere at afvande. Nedenfor er vist et par nyligt udarbejdede sætningskort fra områder langs RyÅ i Nordjylland. Kortene viser ændringen i terrænkoten siden dræningen blev gennemført. Kortene er Udarbejdet af studerende på Ingeniørhøjskolen, Århus Universitet 2016



Spørgsmål

