

Hydrologidag om
Det åbne land, landbrug og hydrologi
27. oktober 2016, Hotel H.C. Andersen, Odense

Fysiske betingelser for
Afledning af vand fra landbrugsarealer
Physical conditions for drainage of agricultural areas

Torben Larsen
tl@civil.aau.dk
Institut for Byggeri og Anlæg
Aalborg Universitet

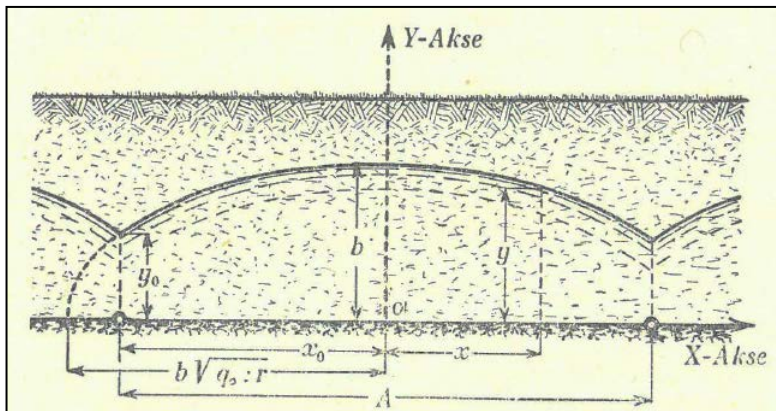
Diskussion af fysiske forudsætninger for
Aflledning af vand fra landbrugsarealer med særlig fokus på
høj vandstand og oversvømmelse



Uggerby Å, Vendsyssel, september 1994

Om dette indlæg:

- lidt om den umættede zone og dræning
- intet om den mættede grundvandszone
- mest om vandløb

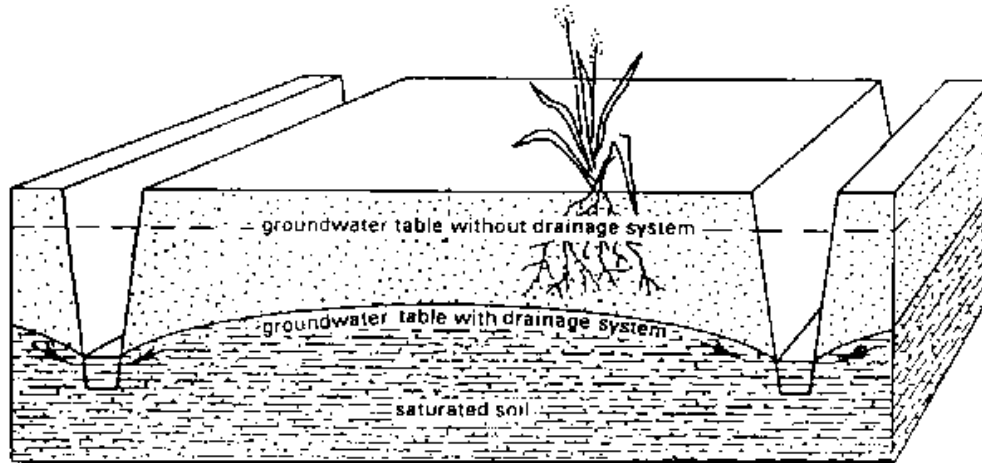


Figur fra Feilberg (1937):
Kortfattet lærebog i Kulturteknisk Vandbygning.

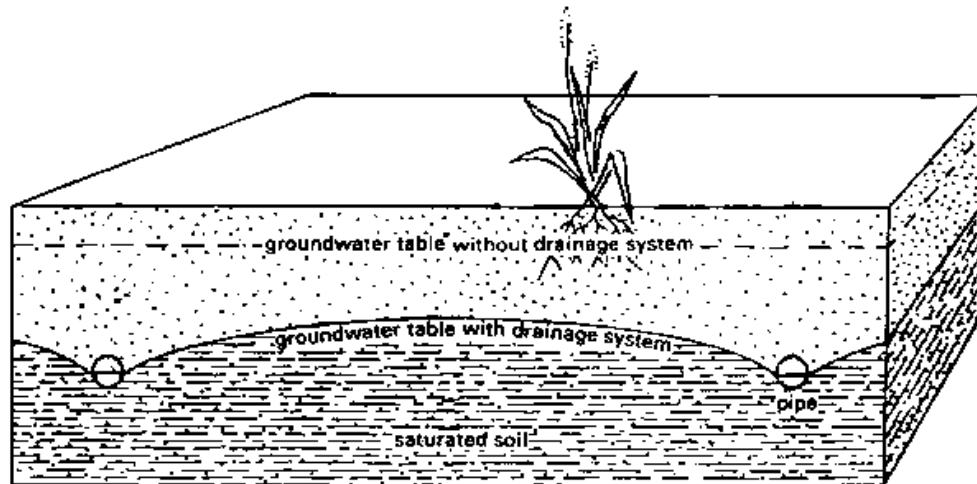
Den nuværende afvandingen af landbrugsarealerne er uforståelig uden det historiske perspektiv. Her har særligt de ændringer der er sket de seneste 200 år haft stor betydning.

Sammen med afvandingen af Danmark 1850 - 1950 er

Det største menneskeskabte indgreb i hydrologien i Danmark er utvivlsomt dræningen af landbrugsarealerne



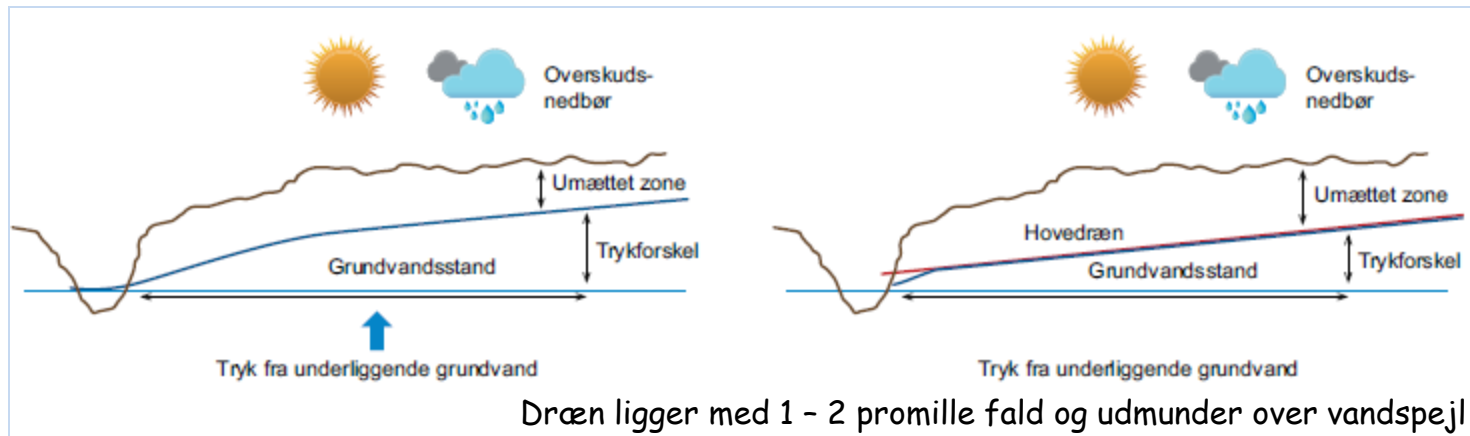
Grøftedræning
Før 1850



Rørdræning
Fra 1850 - nu

Dræningens målsætning er at skabe en afvandingsdybde (dvs. en umættet rodzone) på mindst 1,0 - 1,2 m i vækstperioden.

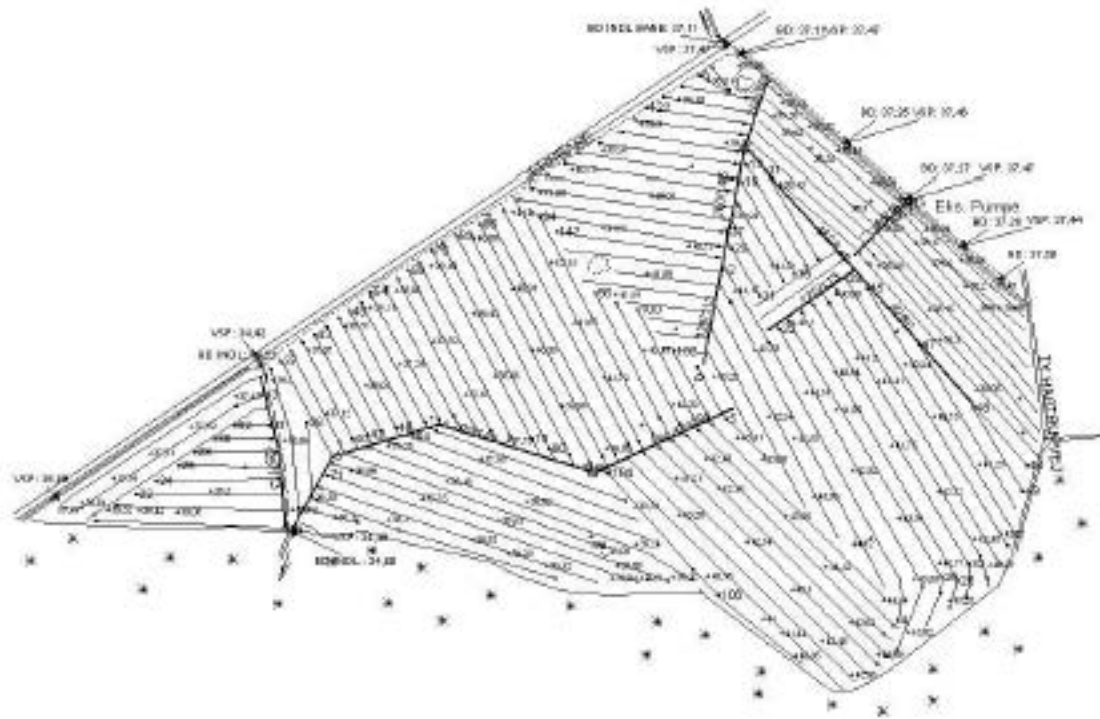
Placering af dræn i det lodrette plan



Figur fra *Faglig redegørelse for grødeskæring i vandløb*, DCE 2016

Placering af dræn i det vandrette plan

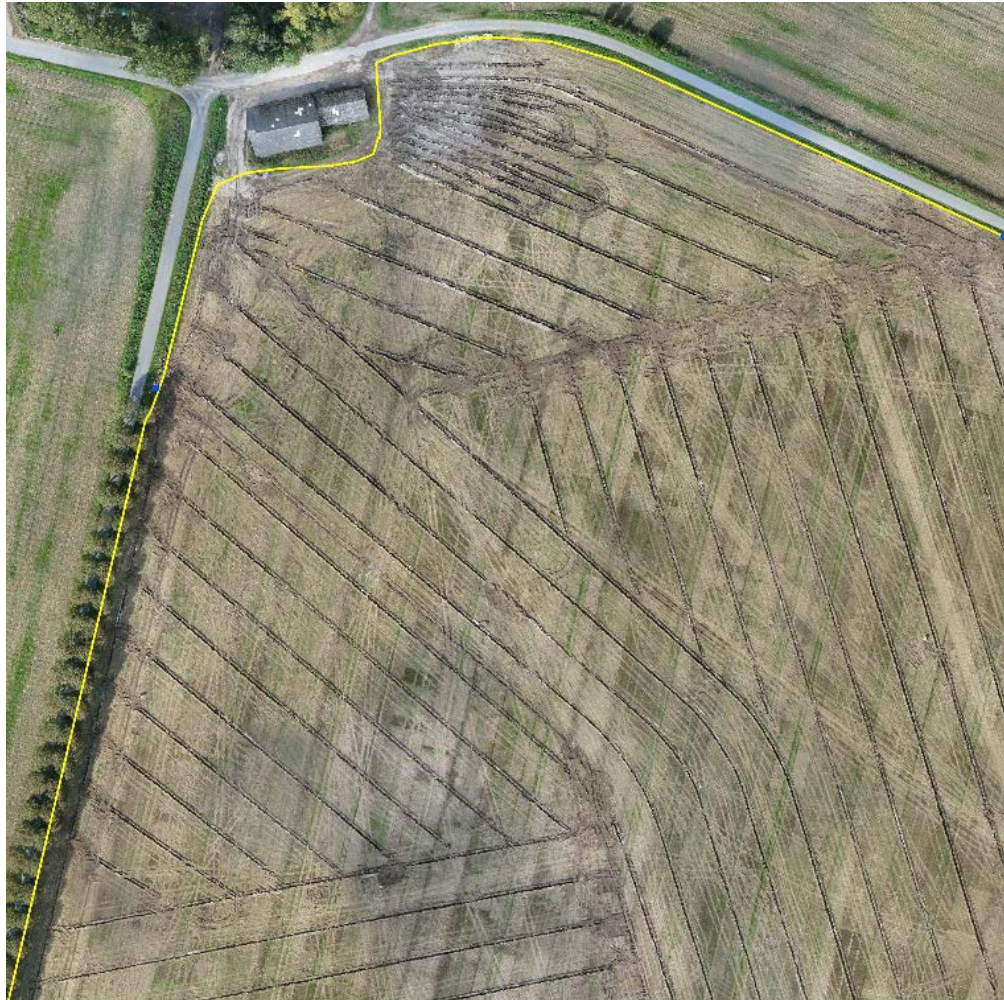
Vandret afstand mellem dræn: ca. 15 - 50 m



Placering af dræn i mark

Figur fra Nielsen, J. A. (2015). Dansk markvandingsguide. Publikation fra SEGES.

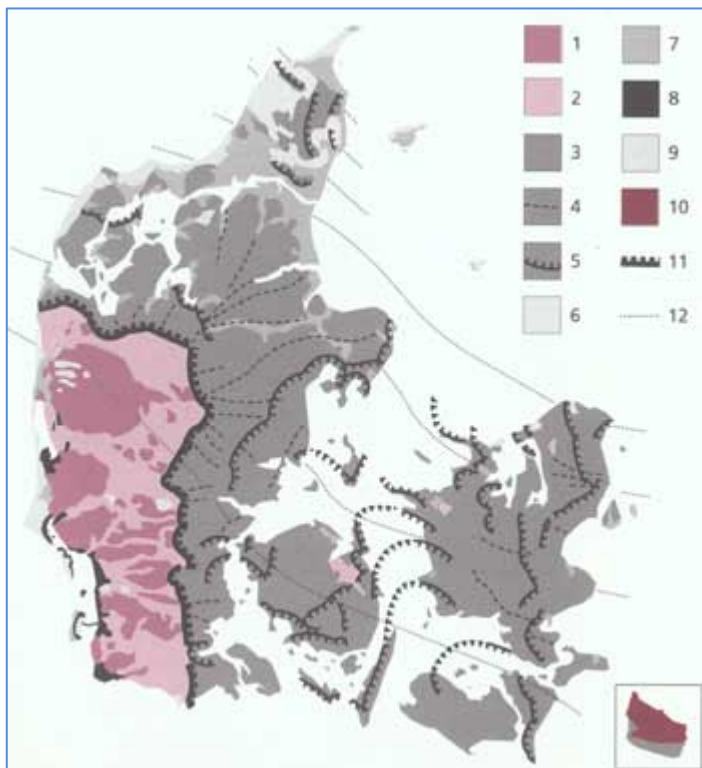
Moderne dræning = højteknologi



Her ses orthofoto optaget fra 100 m's højde af drone og indlagt på Google Earth. Foto viser nydrænet mark hvor dræn er nedpløjet af af en automatisk GPS-styret drænplov.

Geologien har bestemt dræningens geografiske fordeling

62 % af Danmarks areal er landbrugsarealer, heraf er lidt over halvdelen (dvs. 14.000 km²) drænet
Tilskud til dræning ophørte i 1989 hvilket har standset tilvæksten



Hovedstilstandslinien
Figur fra "Historien i Landskabet"
Skov- og Naturstyrelsen



Det potentielle dræningsbehov i Danmark, mørkebrun = 100 %
Figur fra S. Elsnab Olesen (2009). DJF Mark Brug nr. 21
kopieret fra Landbrugsinfo

Fysiske betingelser for Aflledning af vand fra landbrugsarealer

Det var lidt om den umættede zone og dræning
- nu til nogle punkter om vandløb

Vandløb er ikke noget som "er".

Vandløb er et dynamisk element i landskabet som opstår efter behov

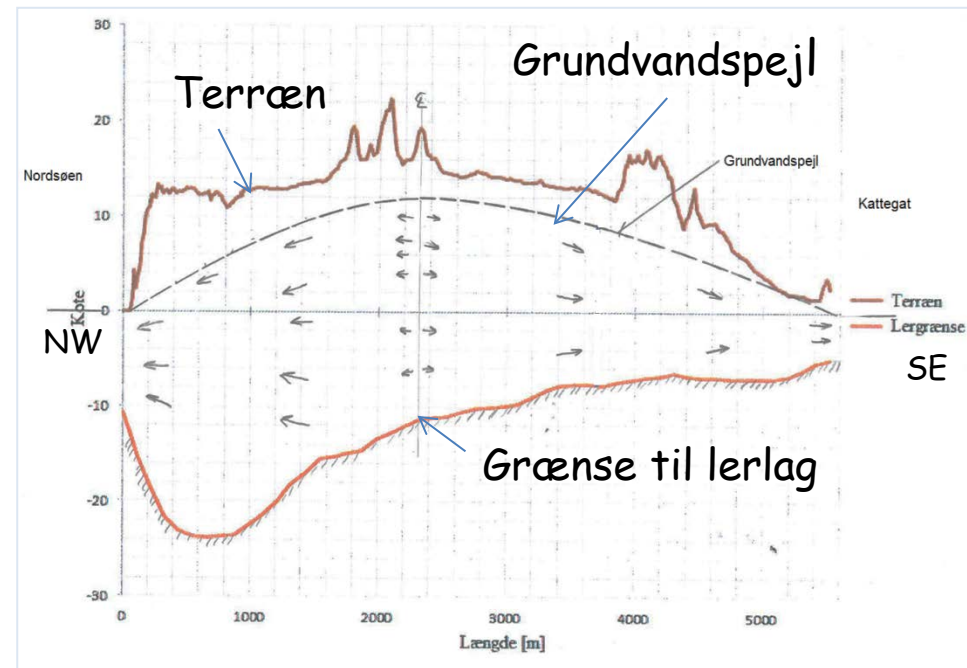
Skagen Odde har pt. ikke behov for vandløb
Hvis nedbøren vokser 20 - 30 % opstår vandløb



Figur fra Vandplan

Vandløb opstår som følge af stor nettonedbør og lille hydraulisk ledningsevne af jordarten

Tværsnit i Skagen Odde ca. 8 km sydvest for Skagen



Hvorfor ser vandløb ud som de gør?

Naturlige vandløb



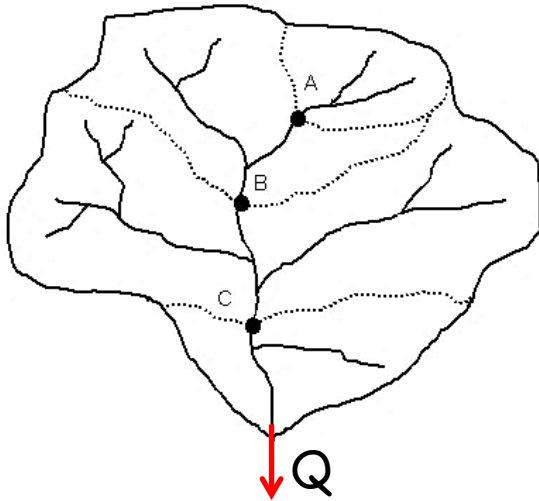
Naturlige vandløb skabes af

- Topografien (terrænets faldlinie)
- Geologien (jordarter og overfladesedimenter)
- Afstrømningen (nedbøren og oplandsarealet)

- Vandløbssengen har altid sandbund, svag sedimenttransport og et bredt tværsnit
- På grund af årstidsvariationen er det naturligt at vandløbet svømmer over tidligt forår hvor afstrømningen er størst.
- Naturlige vandløb vil altid meandrere (meanderne vandrer i strømretningen med 0,1 - 1 m/år)
- Længdeprofilerne sænker sig gradvist (måske ca. 0,1 m/100 år)

Regulerede vandløb

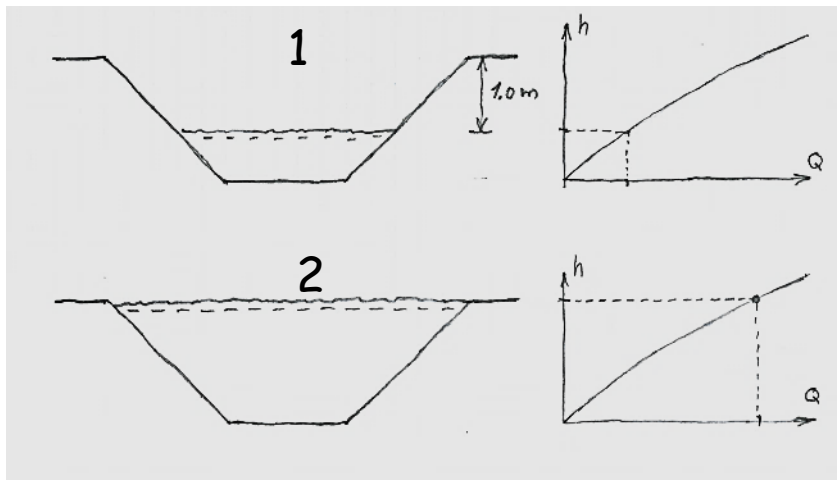
80 - 90 % af alle vandløb er regulerede 1820 - 1950 og har et regulativ som fastlægger vandløbets skikkelse (eller vandføringsevne)



Regulerede vandløb blev dimensioneret på samme måde som kloakker

Vandføring Q = arealspecifik afstrømning · oplandsareal

1. Middelfafstrømning for krav om mindste afvandsdybde på 1,0 - 1,25 m ved marts-middelfafstrømning
2. Maksimal afstrømning ved bredfyldning: ofte 100 l/s/km²

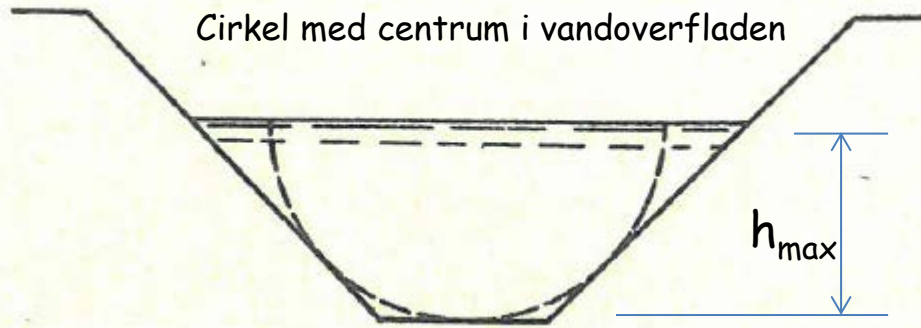


Tværsnittet blev dimensioneret ud fra Manningformlen el.lign.

$$Q = A M R^{2/3} I^{1/2}$$

- A tværsnitsareal
- M Mannigtal
- R Hydraulisk radius
- I vandløbets fald

Regulerede vandløb har ofte Det optimale trapezformede vandløbstværsnit



De fleste af Danmarks vandløb er gravet med hånden



Uddybningen af Haslevgård Å i 1954 blev foretaget med skovl og trillebør, da det var et beskæftigelsesarbejde med statsstøtte. Det ville have været både billigere og mere effektivt at anvende en gravemaskine. Foto: udlånt af Lokalthistorisk Arkiv for den gl. Skørping kommune.

I fortidens afvandingsprojekter var forudsætningen for dimensioneringen at det manuelle gravearbejde skulle minimeres.

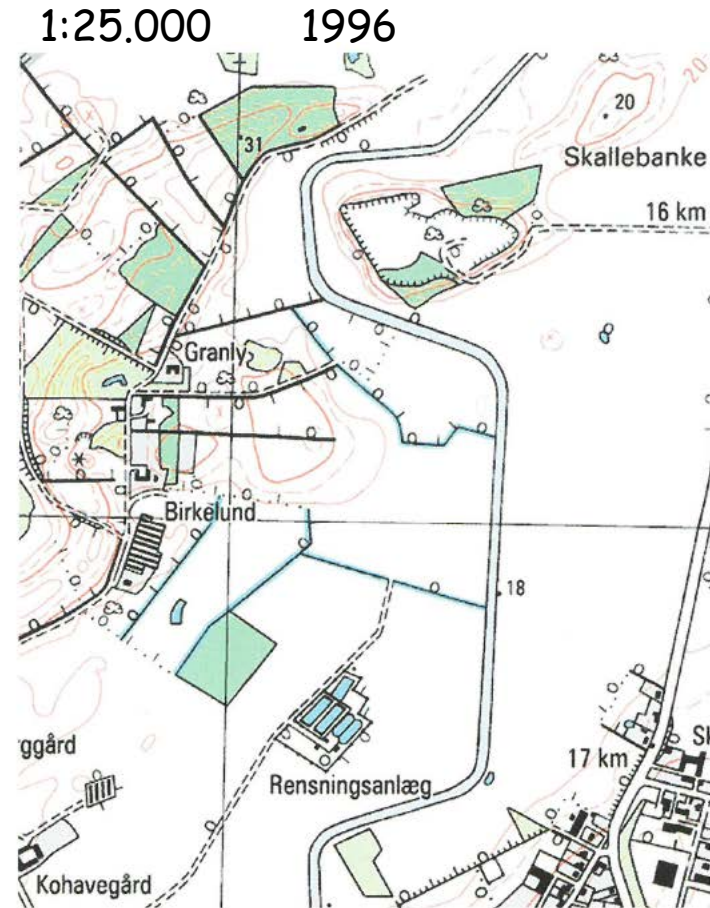
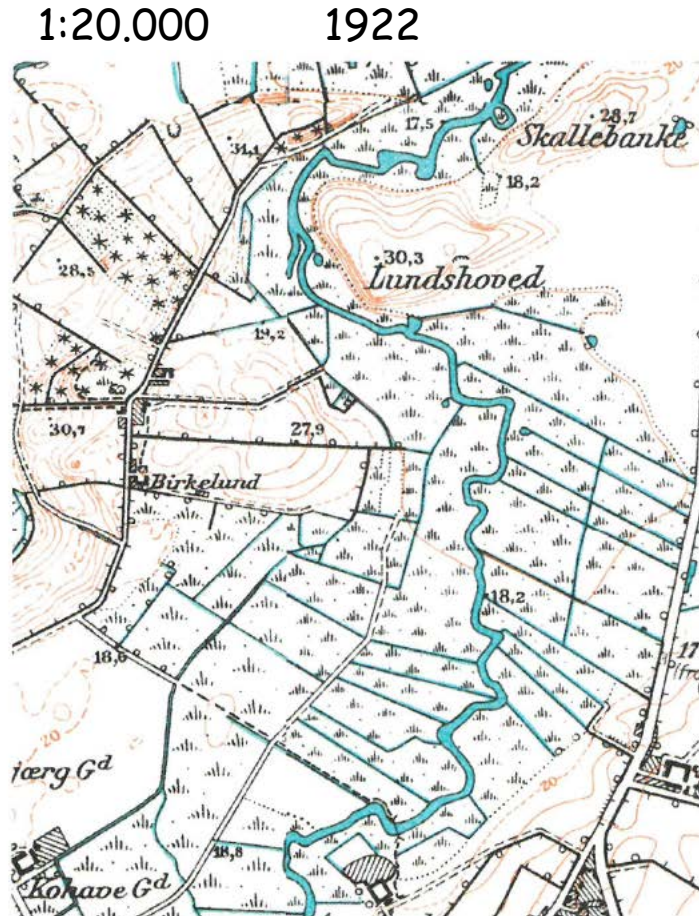
Dette medførte smalle og dybe tværsnit.

Er dette mon den rigtige forudsætning i dag?

Her starter forklaringen på landbrugets betydning for vandløbenes længdeprofil

Før 1820 var 25 % af Danmarks areal vådområder

(I parentes bemærket: Der oprettes nu vådområder i Limfjordsoplandet svarende til 1 % af arealet)



Eksempel fra Odense Å nord for Nørre Broby

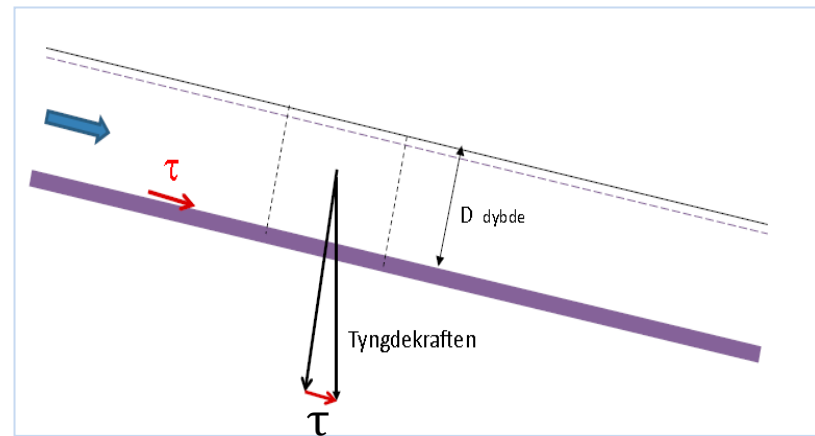
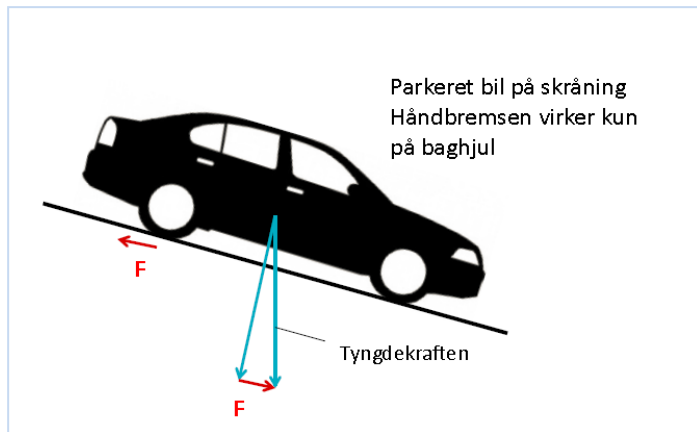
Landbrugets betydning for Vandløbets fald

Den vigtigste fysiske faktor for DVFI (fauna-indeks) er vandløbets fald

Stort fald giver stor hastighed som giver høj bundforskydningspænding som giver grovkornende bundsedimentet som giver strømmende iltholdigt vand i de øverste cm vandløbsbund som giver høj DVFI. (NB: Ekstremt meget vand skyller bare det hele ud).

Lille fald giver blød bund og lav DVFI

Tyngdekraften er den drivende kraft for vandets strømning fordi vandløbet har et fald I

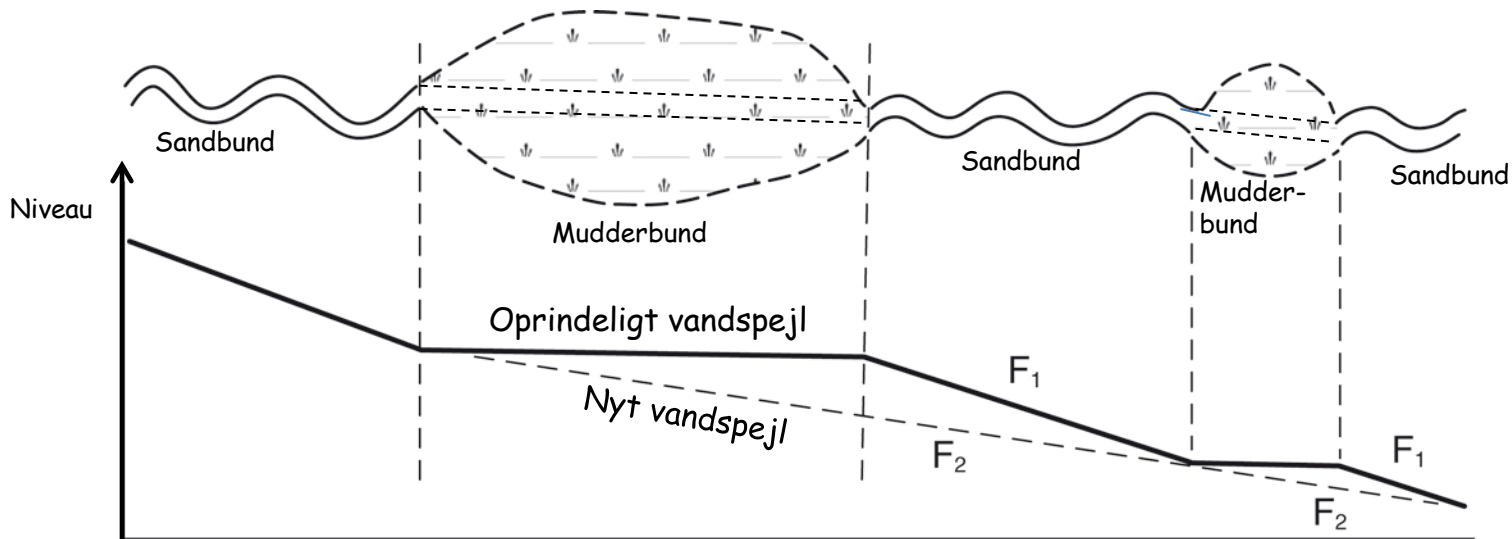


Bundforskydningspændingen $\tau = \rho g D I$

Landbrugets betydning for vandløbenes længdeprofil og fald

Megen god vandløbshædning forsvandt

da vandløbene i 1820 -1950 blev gravet igennem moser og vådområder

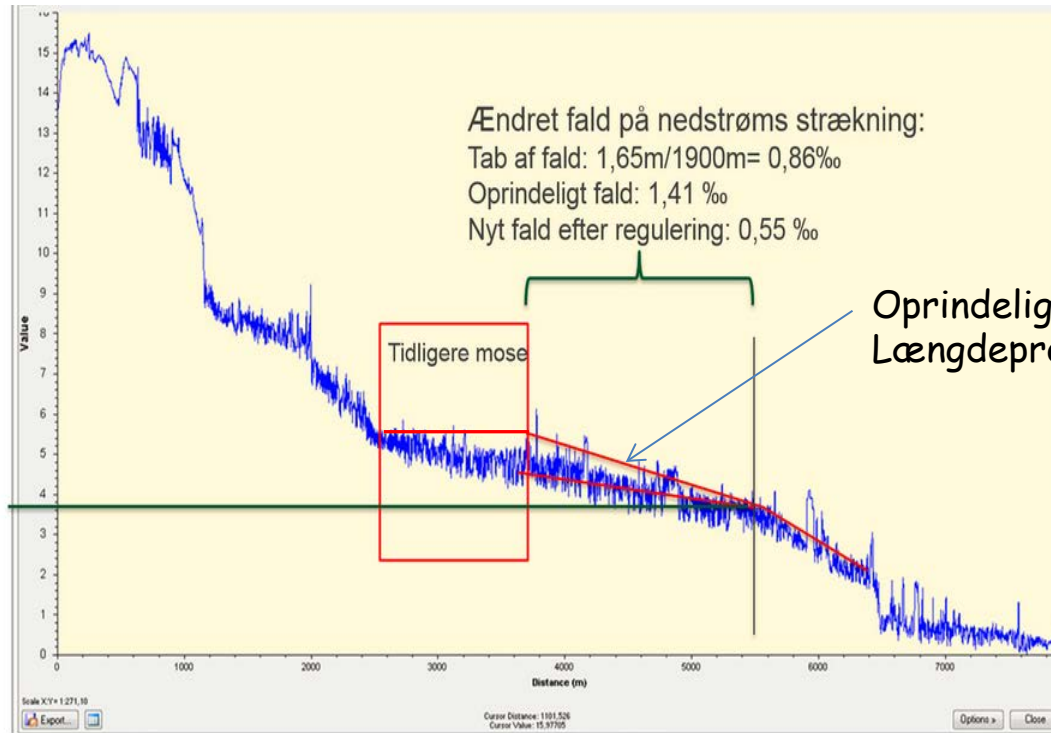


(Figur venligst stillet til rådighed af Bent Lauge Madsen)

Ved afvandingen af vådområderne, forsvandt de strækninger, hvor vandspejlene var vandrette. Derved forsvandt der faldhøjde fra de eksisterende vandløbsstrækninger. Strømhastighederne blev mindre, og de bløde, mudrede vandløbsbunde opstod.

Blød og mudret bund forekommer ikke i naturlige vandløb

Et konkret eksempel på hvorledes Fald i vandløb er forsvundet ved regulering



Malskjær Bæk, Horsens Kommune
Figur fra Flemming Gertz, SEGES

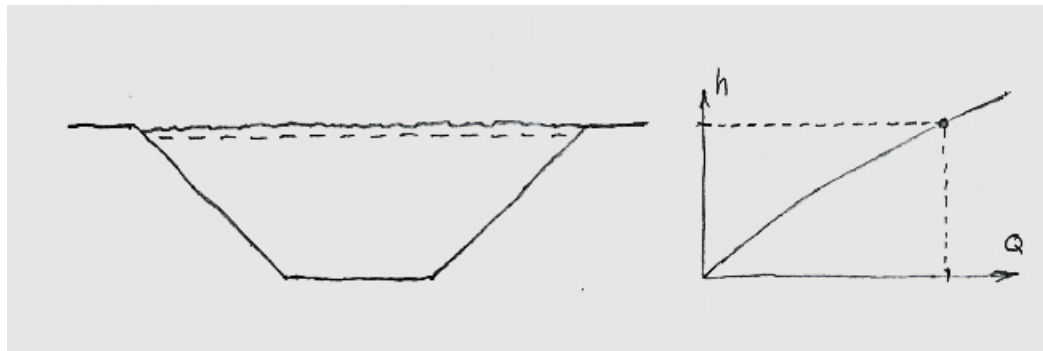
Manningformlen

$$Q = A M R^{2/3} I^{1/2}$$

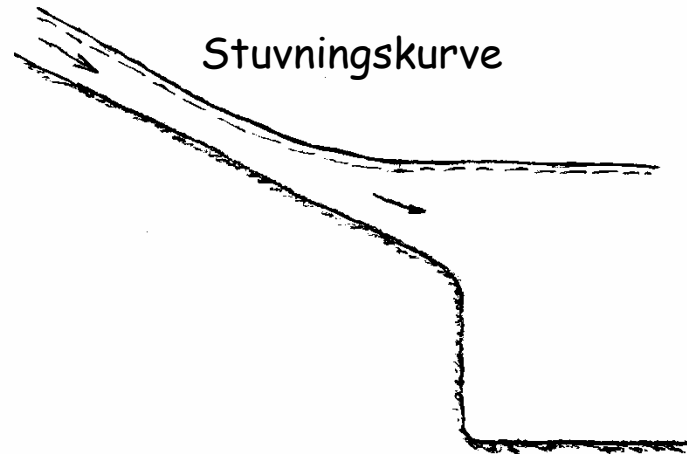
$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

A tværsnitsarealet
M Manningtallet
n Manning's $n = 1/M$
R hydraulisk radius
I vandløbets fald

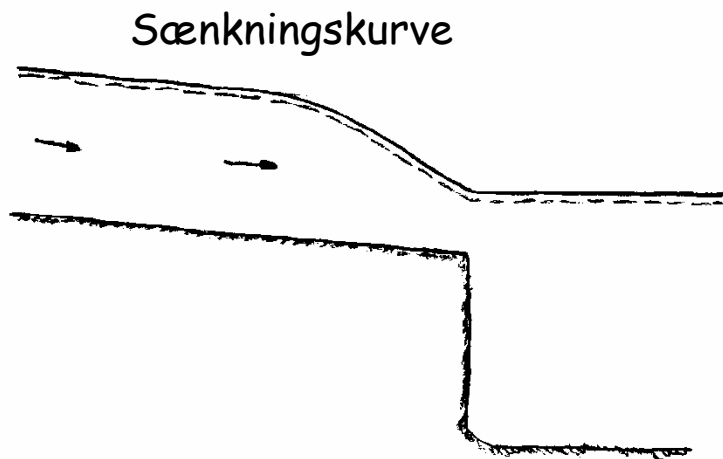
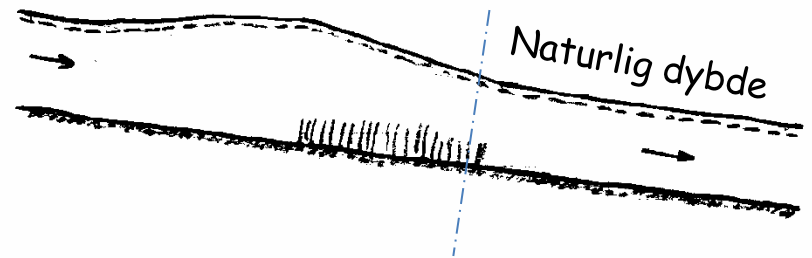
Manningformlen kan benyttes til at finde tværsnittet af et nyt vandløb for en given vandføring, Manningformlen bruges til kontrolberegning af vandføringsevnen jf. regulativer efter det såkaldte princip for "teoretisk skikkelse".



Nogle hydrauliske aspekter af
Strømninger i vandløb og kanaler



Opstuvning sker opstrøms ikke nedstrøms

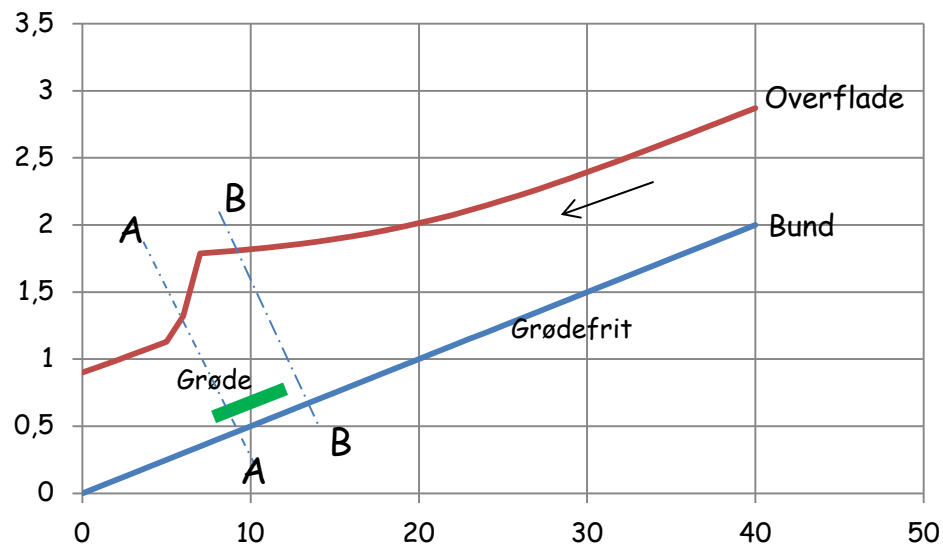


Froudes tal $F = \frac{V}{\sqrt{gD}} < 1$
Strømmende bevægelse

Forandringer forplanter sig opstrøms

Fejl/usikkerhed ved "måling" af Manningtallet

Manningtallet bestemmes ved måling af vandstand, vandføring, vandløbets fald og tværsnitsgeometri.

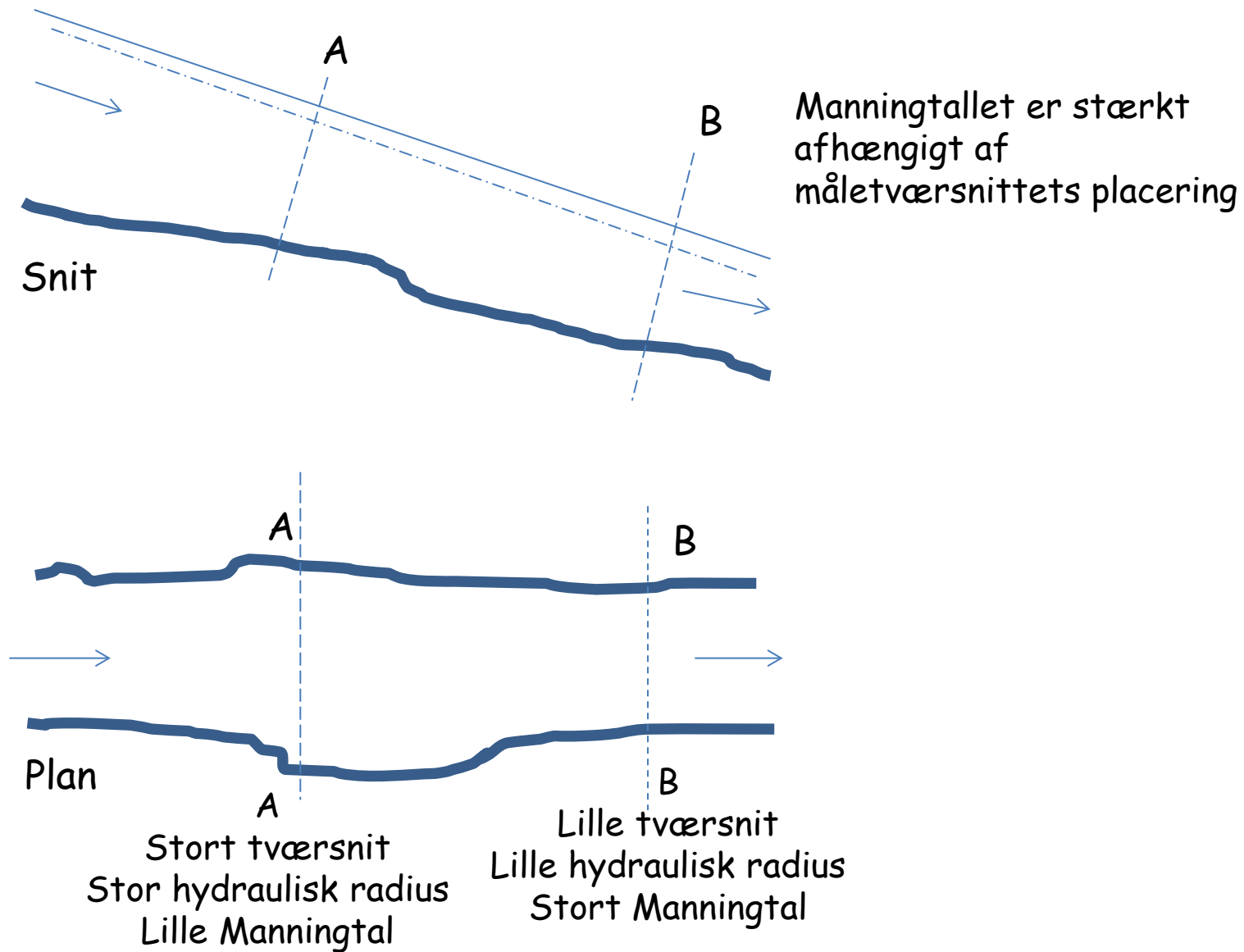


Hvis vandstanden og vandføring måles ved det grødefyldte tværsnit snit A - A fås et Manningtal, der er for stort fordi den målte vandstand er opstået nedstrøms.

Hvis der måles ved snit B - B bliver M for lille.

Vandstanden i et snit er et resultat af hvad der sker nedstrøms

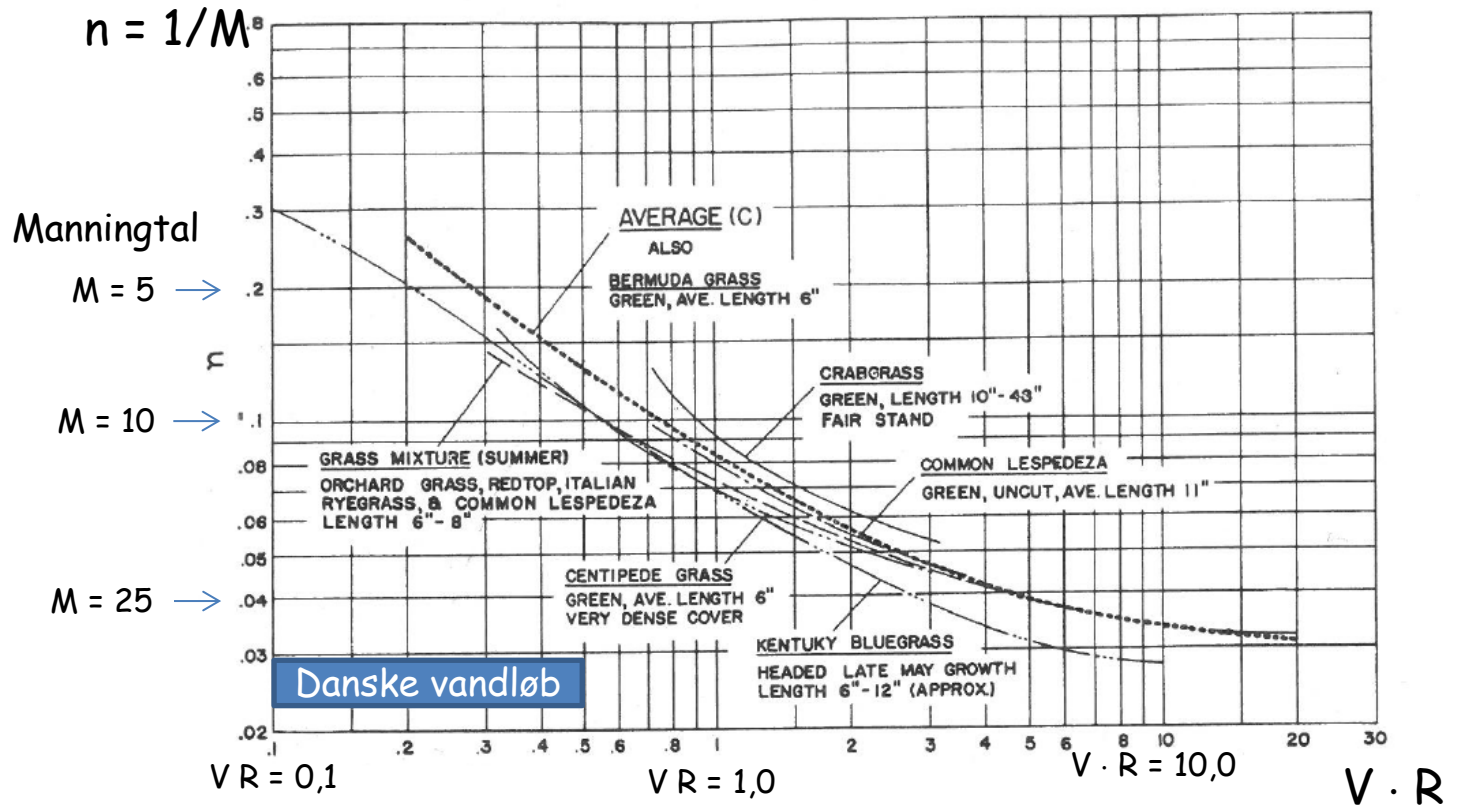
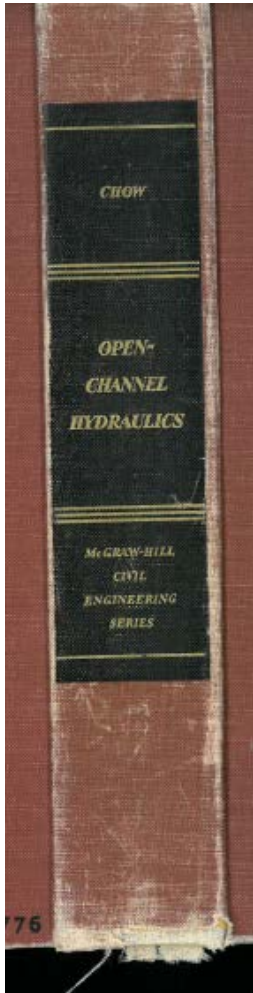
Fejl/usikkerhed ved "måling" af Manningtallet



Intet nyt under solen - litteraturen har beskrevet vegetationen indflydelse i mere end 50 år

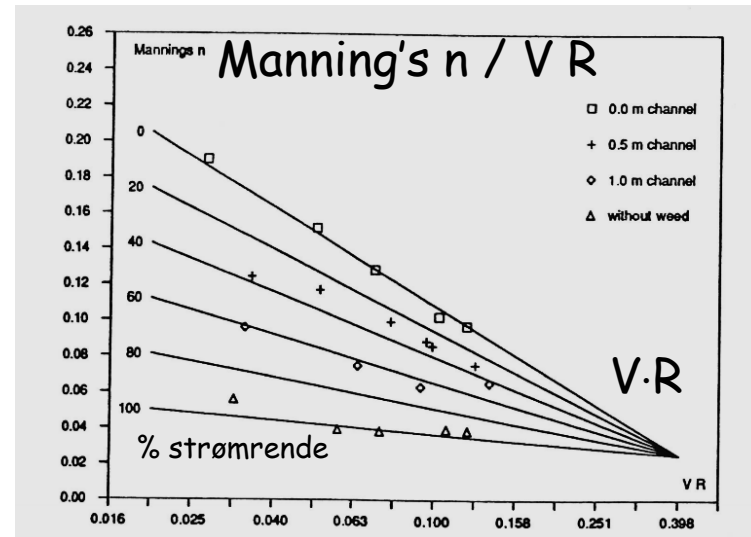
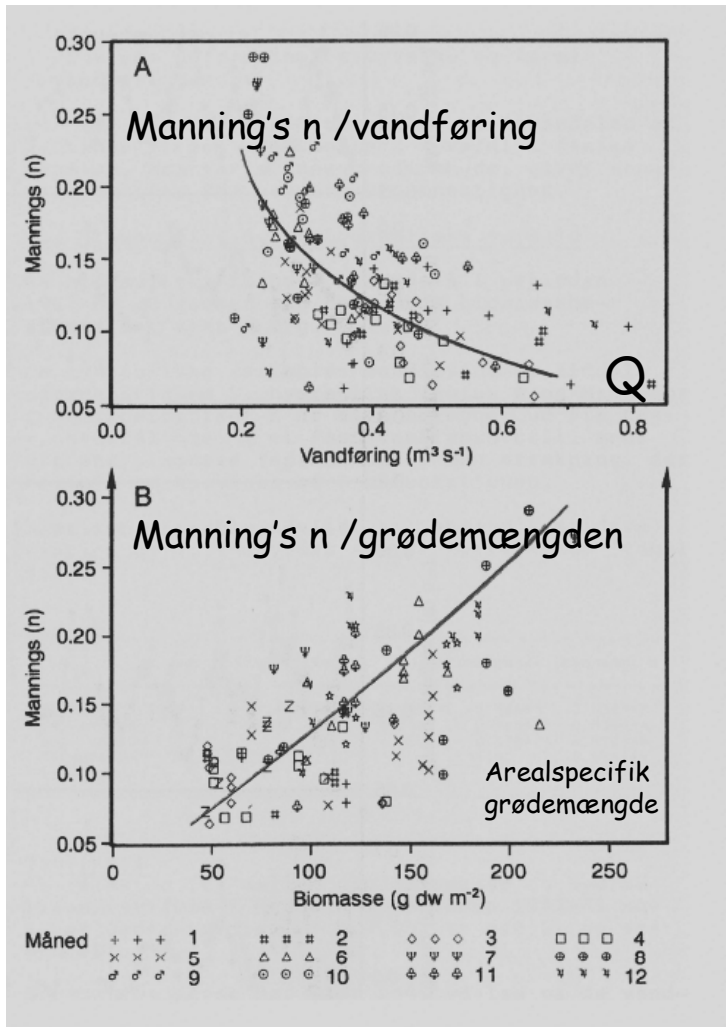
Vandføringsevnen vokser med strømpåvirkningen

Manning's $n = 1/M$ aftager med $V \cdot R$



$V \cdot R =$ middelstrømhastighed · hydraulisk radius

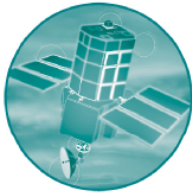


Manningtallet afhænger af strømningen og af mængden af grøde



Manning's n som funktion af $V \cdot R$
for 0, 20, 40, 60, 80, 100 % strømrende
(Larsen, Vestergaard og Frier 1991)

Englænderne har en operationel metode for at medregne grødens strømafhængige indflydelse på Manning's n

**DEFRA/Environment Agency
Flood and Coastal Defence R&D Programme**






**Reducing Uncertainty in River Flood
Conveyance**

Roughness Review

Project W5A-057
July 2003

DEFRA
Department for
**Environment,
Food & Rural Affairs**



ENVIRONMENT AGENCY

Table 2 Summary of equations for floating/submerged vegetation

| Authors | VR (m ² /s) range | Discharge Q (m ³ /s) | Area (m ²) | Equation |
|---------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Pepper (1971) | 0.58 to 8.46 | 2.4 | | $n = 0.06 + 0.17 \frac{K_{sv}}{VR}$ |
| Wessex (1987) | 0.24 to 1.3 | 15 | 43 | $n = 0.032 + 0.027 \frac{K_{sv}}{Vd}$ |
| Wessex (1987) | 0.15 to 1.1 | 15 | 43 | $n = 0.041 + 0.022 \frac{K_{sv}}{Vd}$ |
| Wessex (1987) | 0.15 to 1.1 | 15 | 43 | $n = 0.029 + 0.022 \frac{K_{sv}}{Vd}$ |

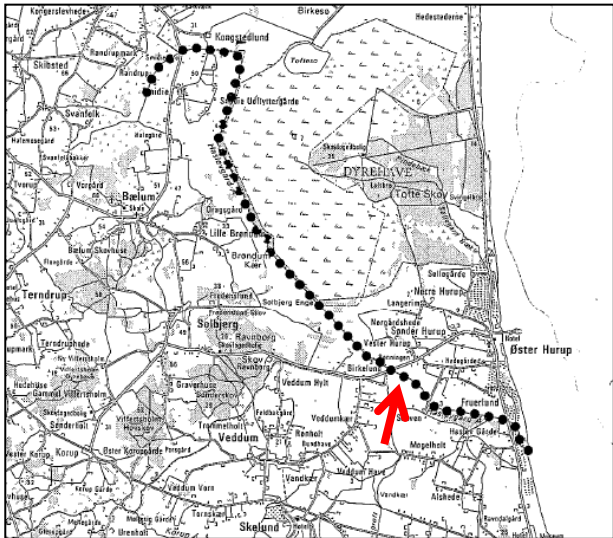
| Authors | VR (m ² /s) range | Discharge Q (m ³ /s) | Area (m ²) | Equation |
|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|
| Marshall and Westlake (1990) | 0.24 to 1.3 | 0.2 | 1 | $n = 0.1 + 0.153 \frac{K_{sv}}{VR}$ |
| Larsen et al (1991, 1990) | 0.025 to 0.15 | 0.1 | 0.7 | $n = 0.057 + 0.0036 \frac{K_{sv}}{VR}$ |
| Hydraulics Research (1992) | 0.04 to 0.11 | 4 | 3.5 | $n = 0.035 + 0.0239 \frac{K_{sv}}{VR}$ |

Model for Manning's n :

$$n = a + b \frac{K}{RV}$$

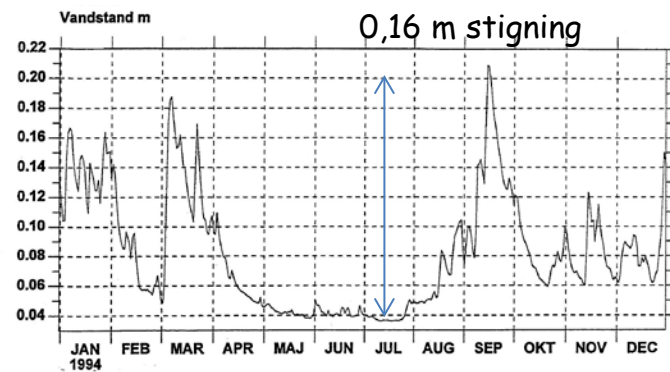
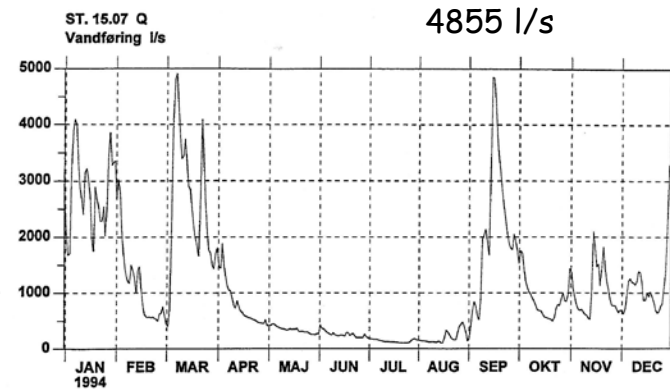
a og b er faste konstanter for strækningen
K skifter med grødetilstanden

Har vi styr på de maksimale sommervandføringer? (bliver de overvurderet?)



Haslevgård Å, Østthimmerland

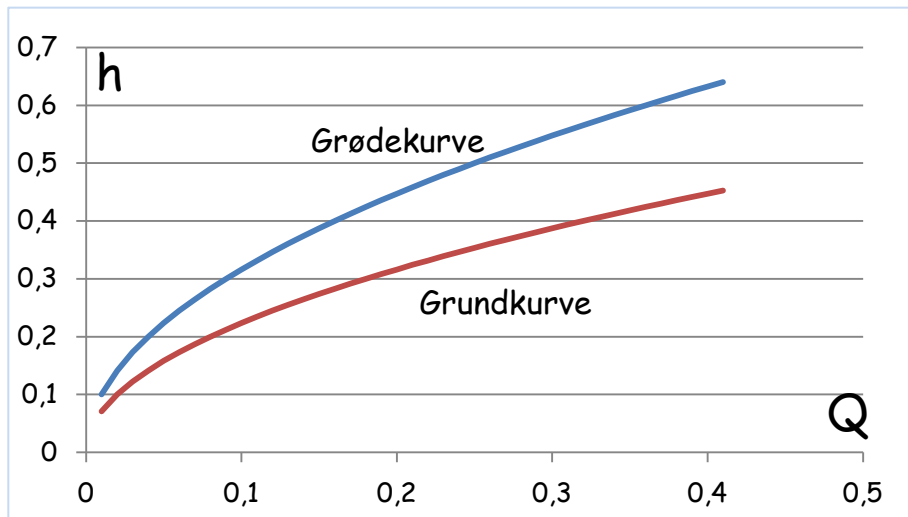
En 50 - 100 års hændelse 15 -16 september 1994 medførte omfattende oversvømmelser



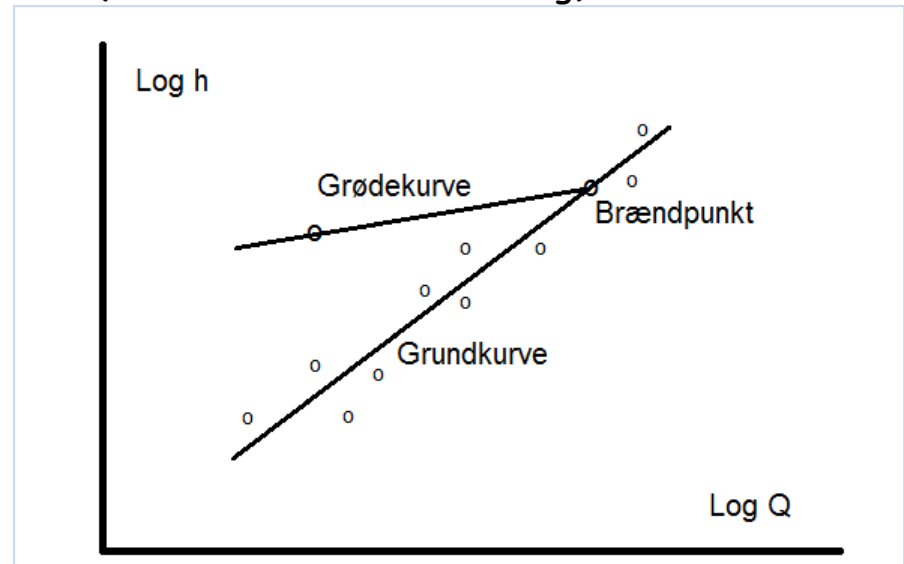
Q/h-måling ved Trepælebro i Haslevgård Å

Er proportionalmetoden for Q/h-kurver optimal når det gælder om at give os de korrekte maksimale sommervandføringer?

Proportionalmetoden
(Fristende EXCEL-venlig)



Brændpunktmetoden
(Irriterende EXCEL-uvenlig)



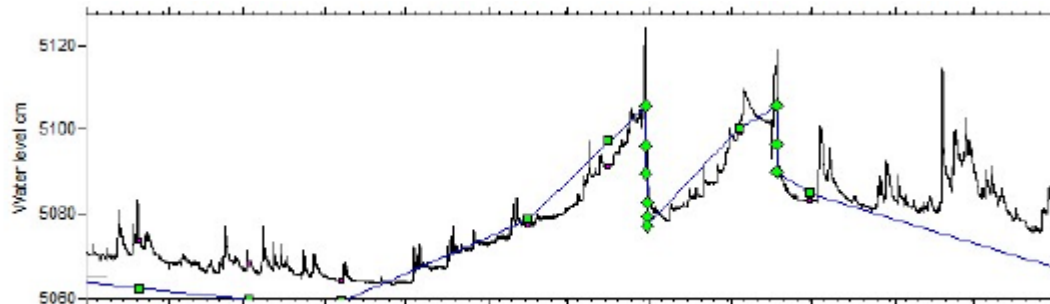
$$Q = K a (h - h_0)^\alpha$$

Hvis/når vi overvurderer de maksimale vandføringer øger vi "lysten" til at skære grøde

Den fysiske effekt af grødeskæring er at

I 75 % af vandløbene falder vandstanden mindre end 20 cm

I vandløb med ringe fald kan vandstanden falde med 70 - 80 cm



Figur 3.7a. Holtum Å, vandføring og vandstand 2009. Blå kurve: Kontrolvandstand ved en konstant kontrolvandføring på 800 l/sek. To grødeskæringer i juli og september sænker momentant vandstanden med 20-30 cm.

Eksempel på effekten af 2 grødeskæringer (DCE, 2016)



Undertegnede's tilføjelse (og konklusion):
Ved de maksimale vandføringer er effekten utvivlsomt mindre end de 20 cm i de 75 % af vandløbene. Derfor kan vi sandsynligvis helt undlade grødeskæring i et større antal vandløb, hvis vi kan identificere disse rimeligt nøjagtigt med bedre vurderinger og beregninger.

Slut

Tak for opmærksomheden