



# Hur fungerar ett vattendrag?

Johan Kling, DHI Sverige AB



# Hydromorfologi

- Nytt begrepp som kom med Ramdirektivet för vatten eller... (ordet hydromorfologi fanns redan före Ramdirektivet inom jordartsläran)
- Kombinerar hydrologi med geomorfologi
- Omfattar
  - konnektivitet för organismer, sediment och organiskt material
  - Hydrologisk regim eller hydrografiska villkor i kusten
  - Morfologiskt tillstånd
- Är en del av naturgeografin, men även väg- och vatten, hydrologin, ekologin.

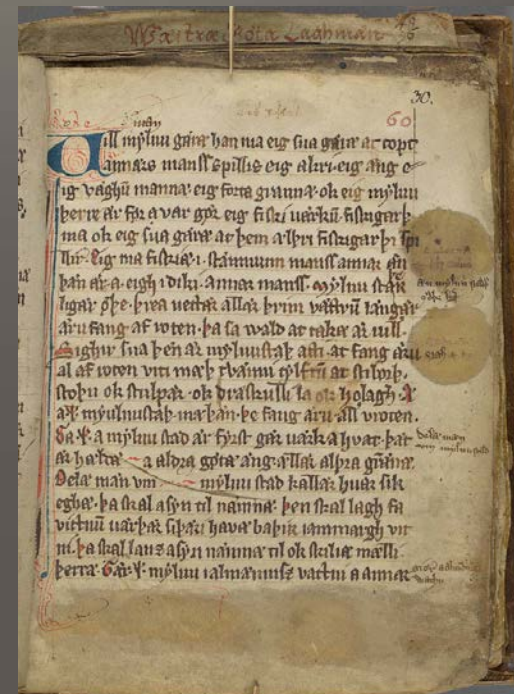
...med först en tillbakablick!



# Fysisk påverkan/hydromorfologi – inte helt nytt problem

- Kring 1050 kristnades Sverige
- Cistercienserkloster etablerar sig under 1000 till 1100-talet, t.ex. Gudhems kloster, som hämtar hit kompetens från mellan- och södra Europa
- Klostren köper upp forssträckor och börjar bygga vattenkvarnar vilket ger en mycket lönsam verksamhet. Pengar används bla. till att köpa upp gårdar.
- Kvarnar påverkar hydromorfologin vilket leder till bristande konnektivitet för laxartade fiskar, en viktig basföda för många svenskar på medeltiden fram till 1800-talet.
- 1220-talet: Lagman Eskil Magnusson skriver Äldre västgötalagen vars Miölnarbalk reglerar minimitappningskrav och konnektivitetsfrågan så att fiskbestånden säkerställs.

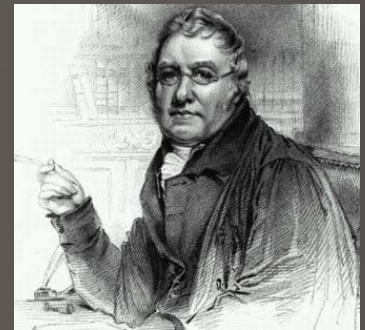
En av våra första miljölagar är relaterad till hydromorfologi!



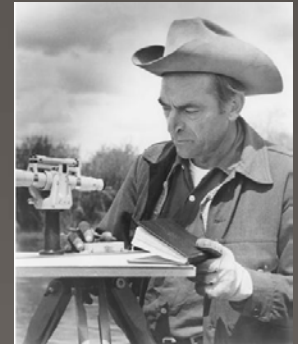
Äldre västgötalagen  
Från år 1228

# Hydromorfologi

- Under 17/1800-talet utvecklas två forskningsdiscipliner hydrologi/hydraulik samt geomorfologi.
- **John Playfair, 1802:**
  - publicerar 1802 första teorierna hur vattendrag omformar landskapet och är en del av ett avrinningsområde.
  - Studerade sedimenttransport och konstaterade att transportkapaciteten är proportionell med kvadraten på flödes hastigheten
- **Grove Gilbert, 1875:**
  - Konstaterar att det finns en kontinuerlig förändring i ett avrinningsområde avseende vattendragets lutning, sedimenttransport och jämviktsförhållande mellan sedimenttransporten och morfologin.
- **McGee, 1888:**
  - Myntar begreppet geomorfologi



- Fram till 2:a världskriget, mest observationer i fält och lite förståelse för de hydromorfologiska processerna
- **Robert Horton: 1945:**
  - Visar på samband mellan vattendragens dräneringsnät, ytavrinning, erosion och deposition.
  - För ihop hydrologisk forskning med geomorfologisk forskning
- **Luna Leopold, 1953:**
  - Publicerar en banbrytande artikel om sambandet mellan vattendragsfårans geometri och dess hydrologi
  - Publicerar en bok 1964 som tar upp de flesta processer som skapar, bevarar och utvecklar vattendrag inklusive svämplanets funktion och processer
- **Åke Sundborg, 1956**
  - The River Klarälven: a study of fluvial processes. Gör att Klarälven blir ett världskänt vattendrag i internationella sammanhang.





## Vattendrag

- Ett naturligt koncentrerat flöde av vatten som drivs genom landskapet av gravitationen och som rinner i en av vattnet formad kanal eller flera parallella kanaler som divergerar och konvergerar, samt på ett av vattendraget bildat svämplan.
- Vattendrag ingår i ett dräneringsnät som avgränsas av ett avrinningsområde

## Vattendragsfåra

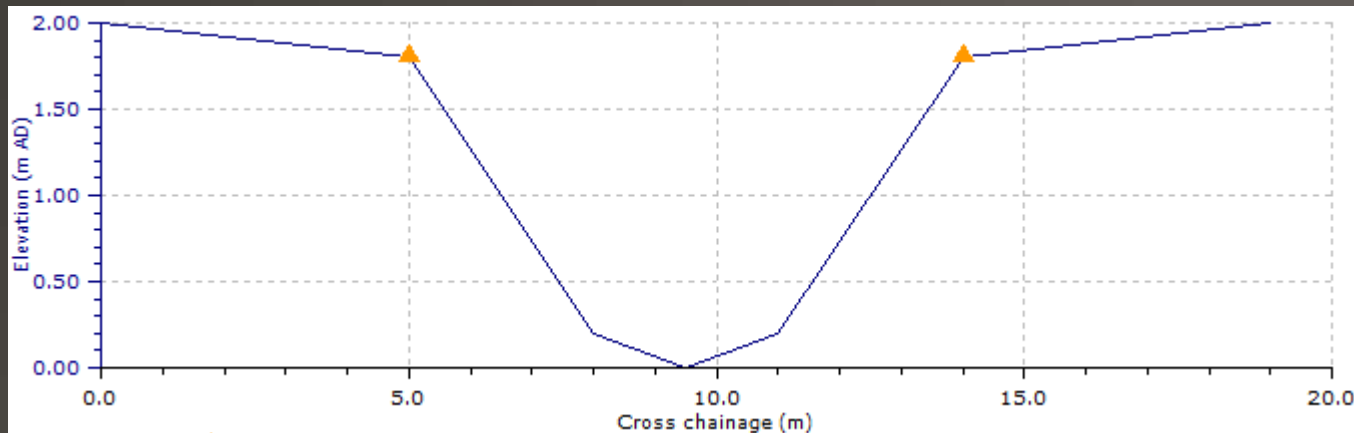
- Den av naturen skapade kanal som vattnet i vattendraget rinner i upp till breddflödet. Vattendragsfåran behöver inte vara vattenfylld kontinuerligt, men det ska vara tillräckligt frekvent för att bilda en morfologi som skapats genom rinnande vatten.
- Vattendragsfåran består av vattendragsfårans botten och vattendragsfårans kanter.

## Svämplan

- En av vattendraget bildad nästan platt landyta i direkt anslutning till vattendragsfåran och som är bildad genom avsättning av sediment i samband med översvämningar samt genom förflyttning av vattendragsfåran i sidled eller nedströms.

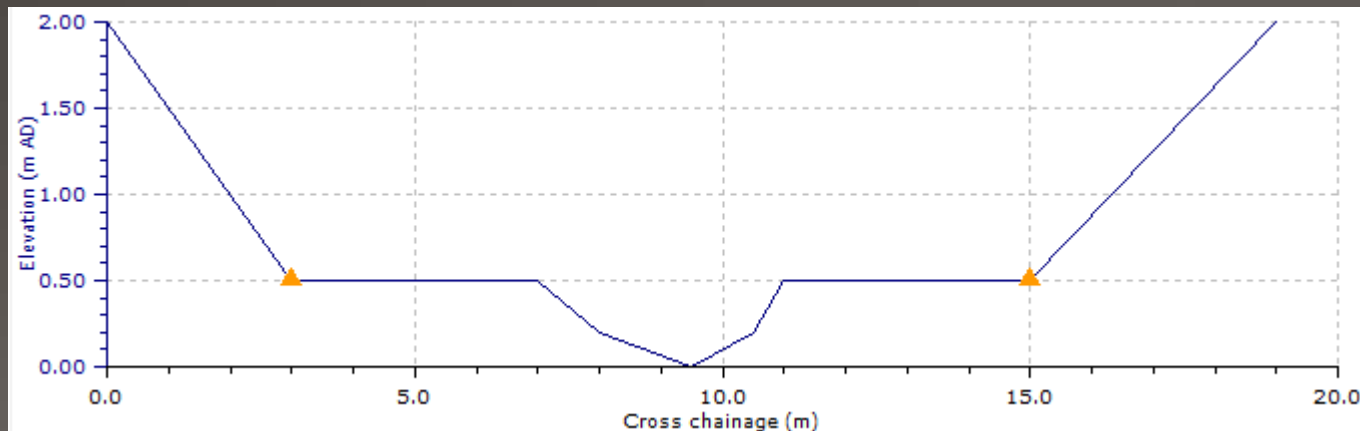
# Två typer av vattendrag

Vattendrag innesluten i sin dalgång

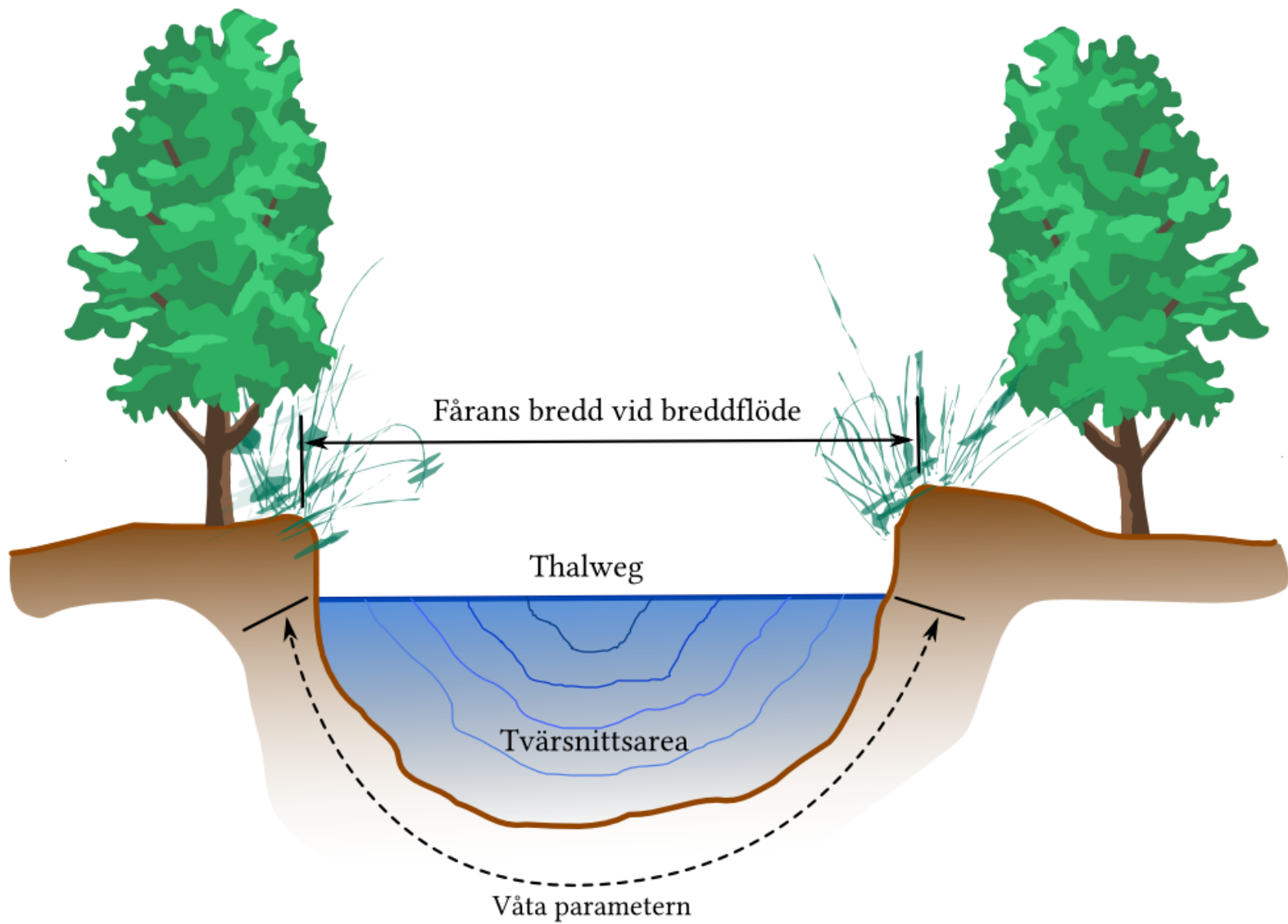


Vattendragsfåran kan inte rör sig i sidled. Sediment kommer från sluttningar

Vattendrag med låg inneslutning av dalgången = svämplan



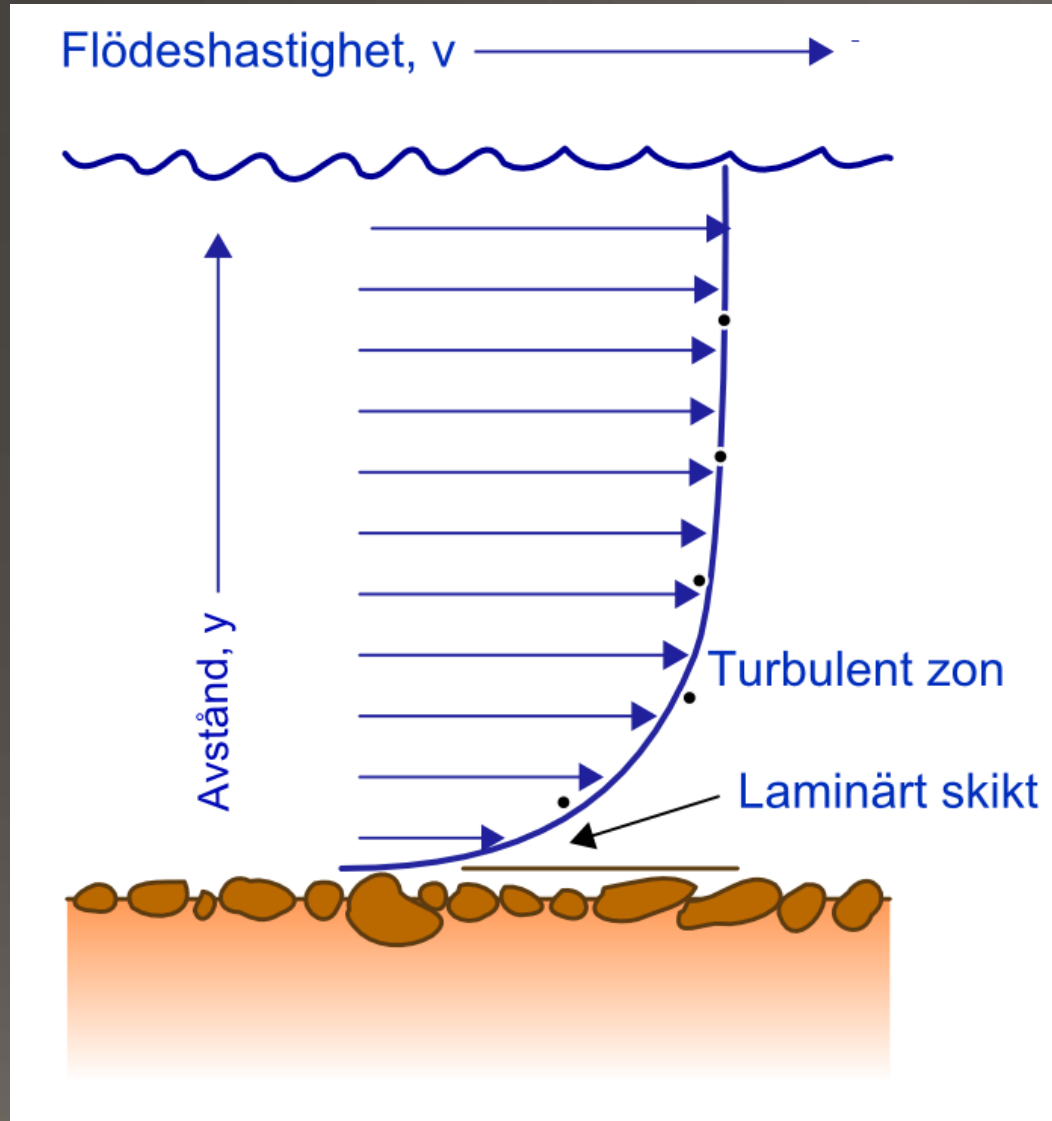
Vattendragsfåran kan röra sig i sidled. Sediment kommer från svämplanet



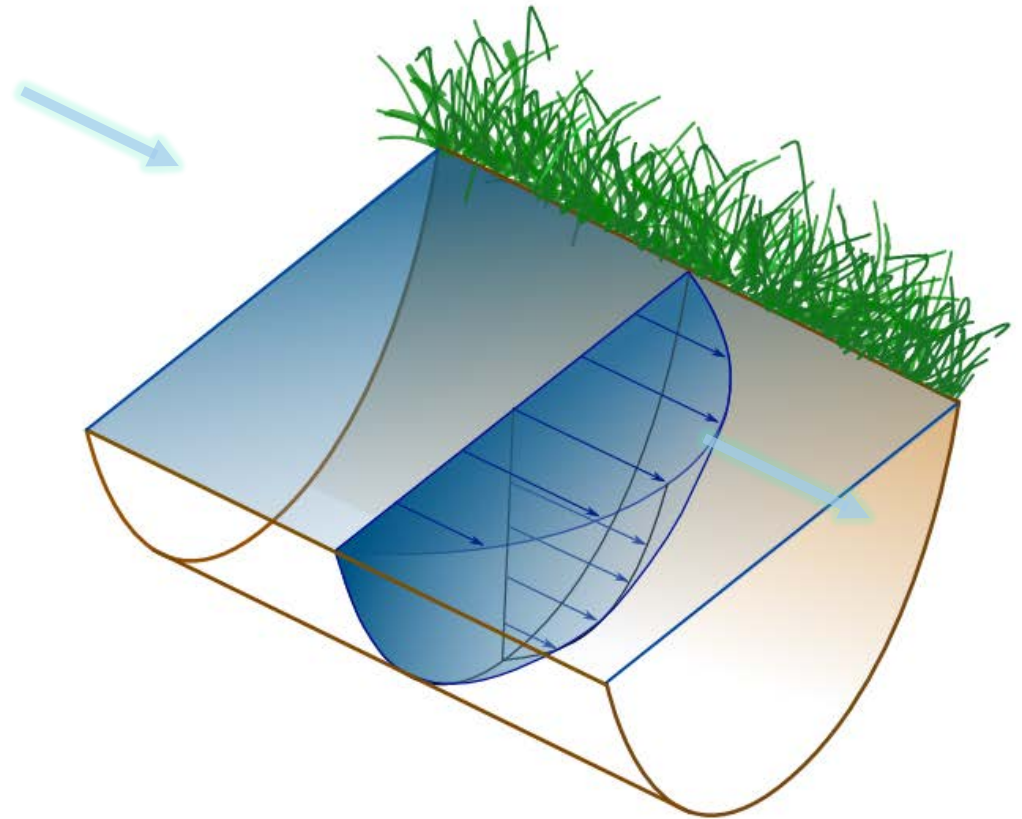
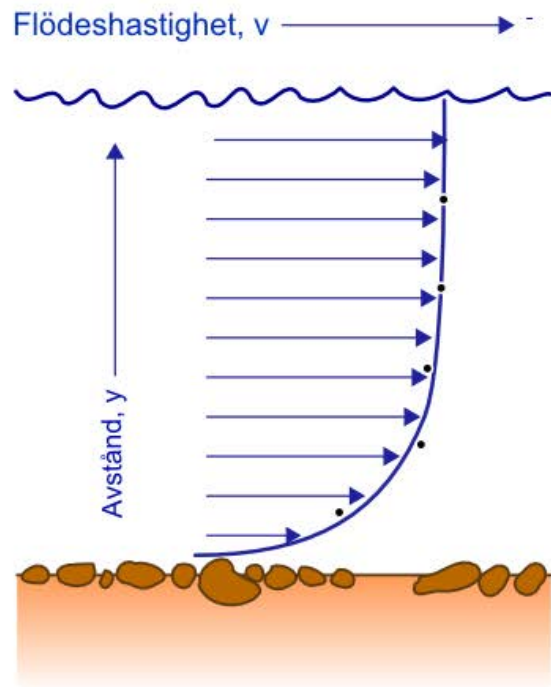
$$\text{hydraulisk radie} = \text{Tvärsnittsarea} / \text{våta perimetern}$$



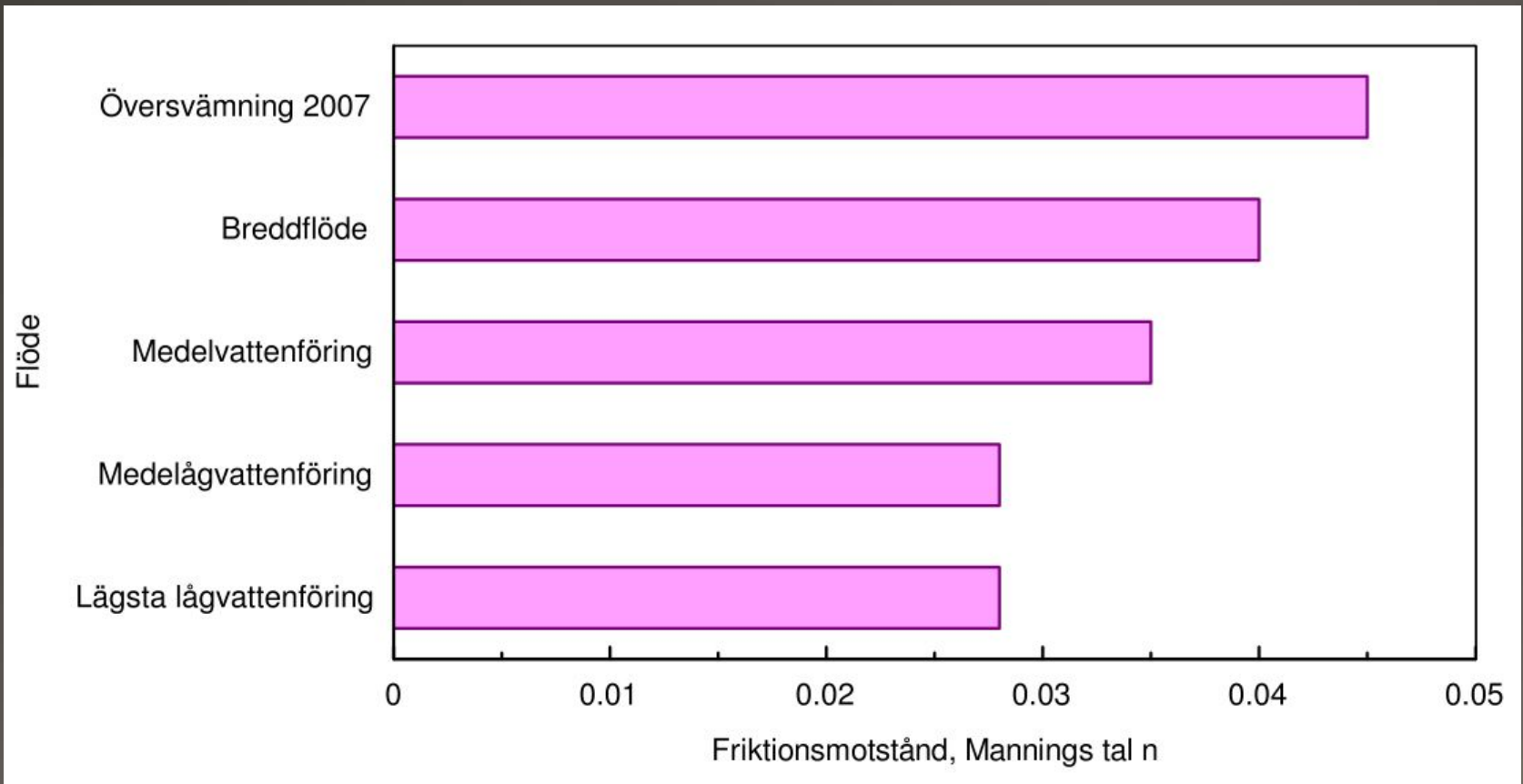
# Vattnets strömning i ett vattendrag



# Vattnets strömning i ett vattendrag

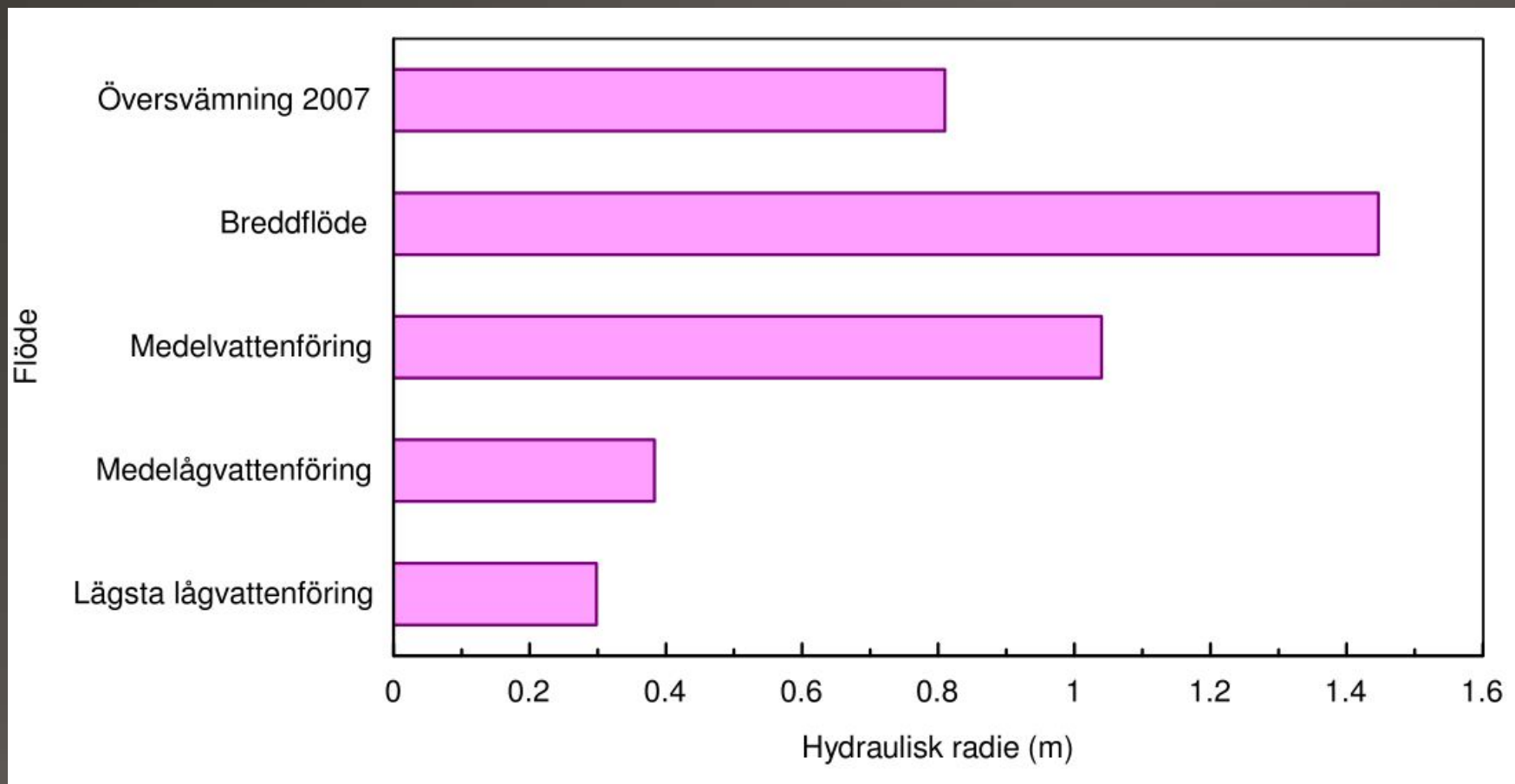


# Friktionsmotståndet varierar med vattenstånd



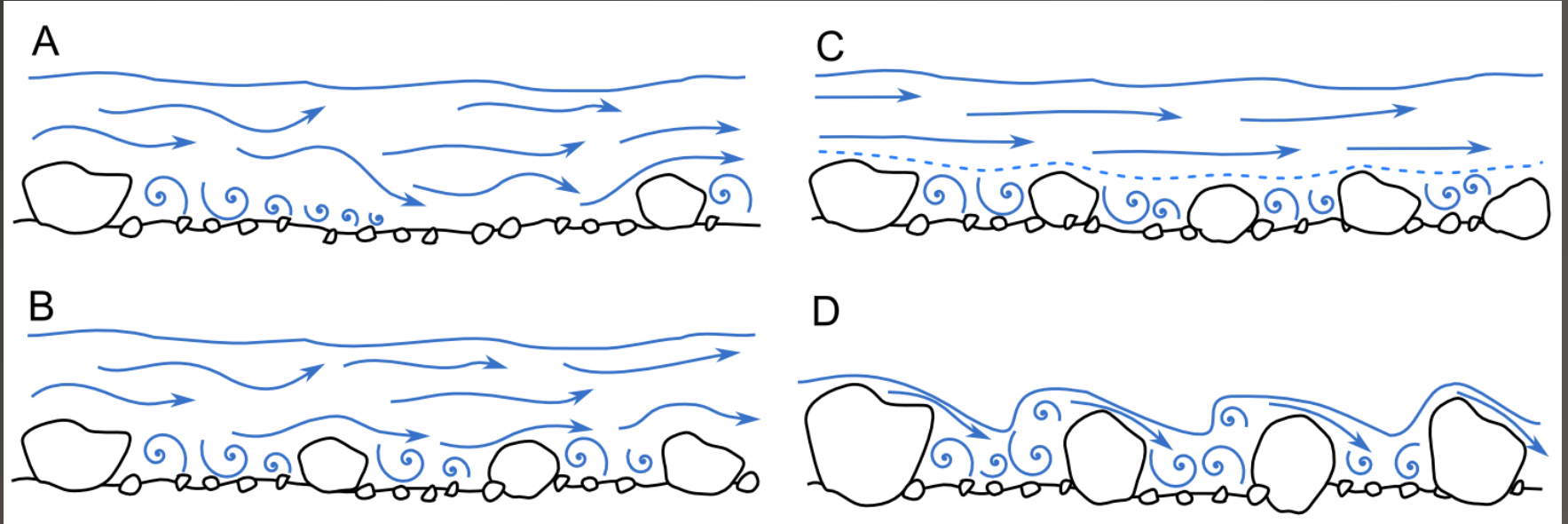
# Hydraulisk radie

*Tvärsnittsarean / våta kontaktytan*





# Det laminära skiktets tjocklek och skjuvspänningen varierar



Det laminära skiktets tjocklek beror på bottenstrukturernas storlek, avstånd men även turbulensen.

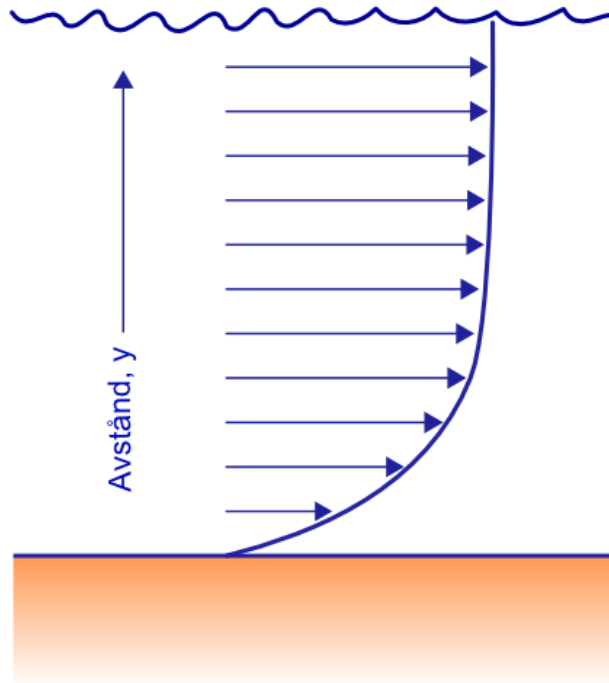
# Läeffekt bakom stenar



# Turbulens är också viktigt!

Laminär strömning

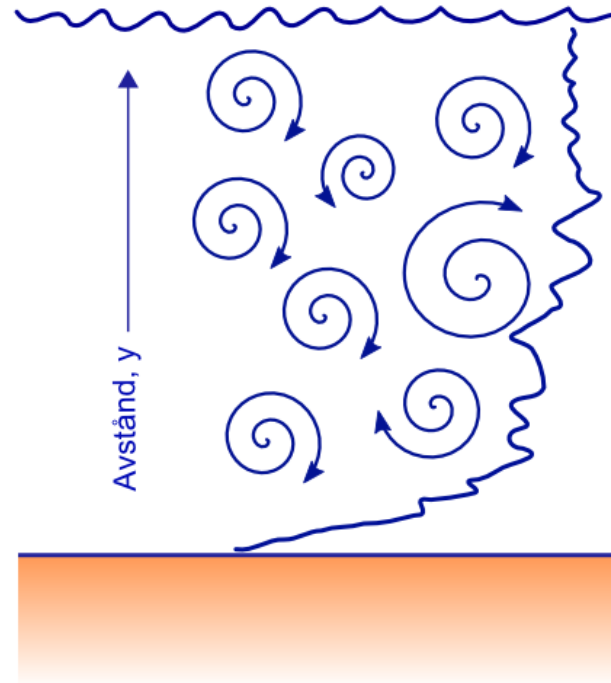
Flödeshastighet,  $v$  →



$Re = 400$

Turbulent strömning

Flödeshastighet,  $v$  →



$Re = 2500$

Turbulens mäts med Reynolds tal



# Några exempel...



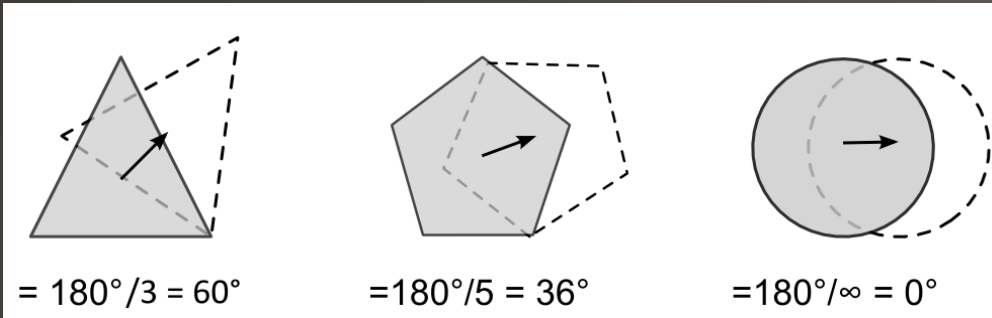
Froudes tal = 1,2  
Flödesenergi = 16,2 W/m  
Reynolds tal = 45 000



Froudes tal = 0,05  
Flödesenergi = 0,07 W/m  
Reynolds tal = 13 000

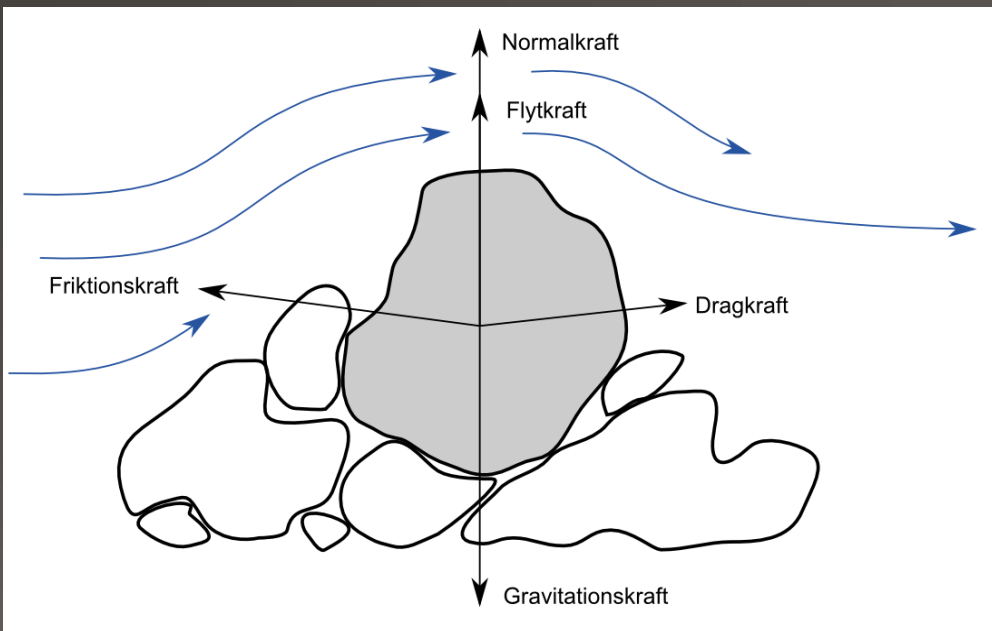
# Erosion av sediment

## Rasvinkeln



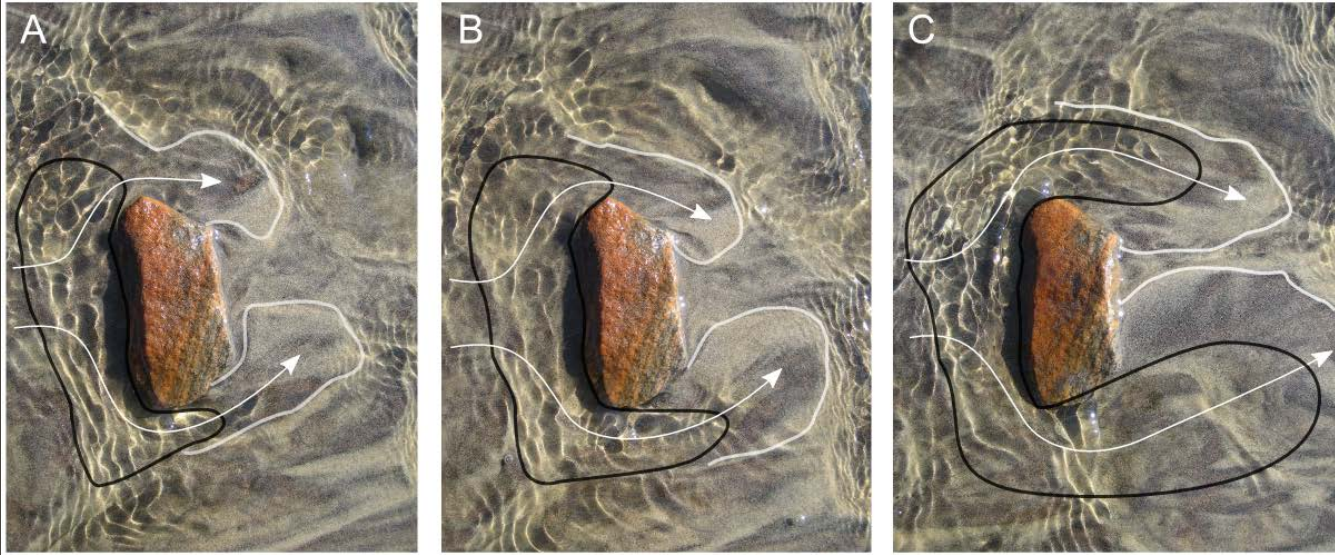
Ett sedimentkorn börjar röra på sig när (lyftkraft+dragkraft) är större än (friktionskraft+gravitationskraft)

Kan också uttryckas som  
Skjuvspänning > kritisk  
skjuvspänning för sedimentkornen



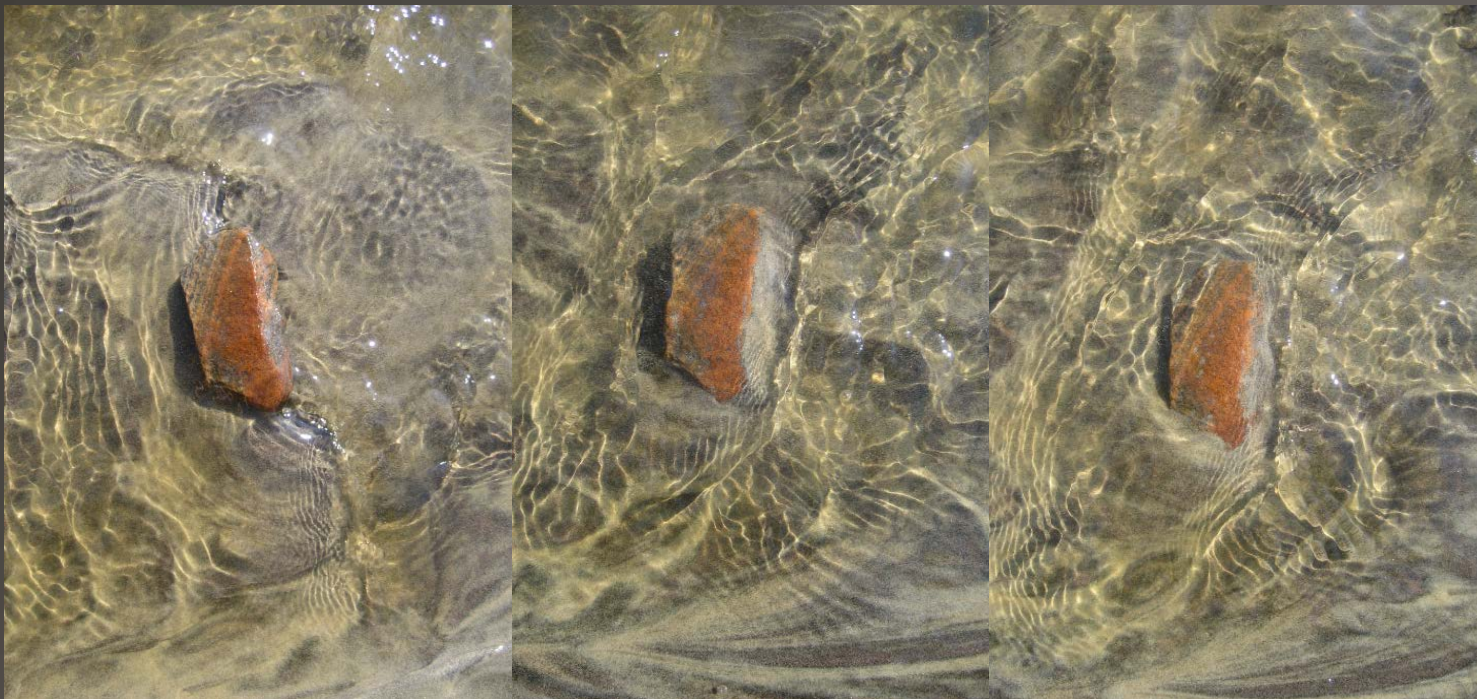


# Strömningen runt sten och block





# Block i finkorniga vattendrag

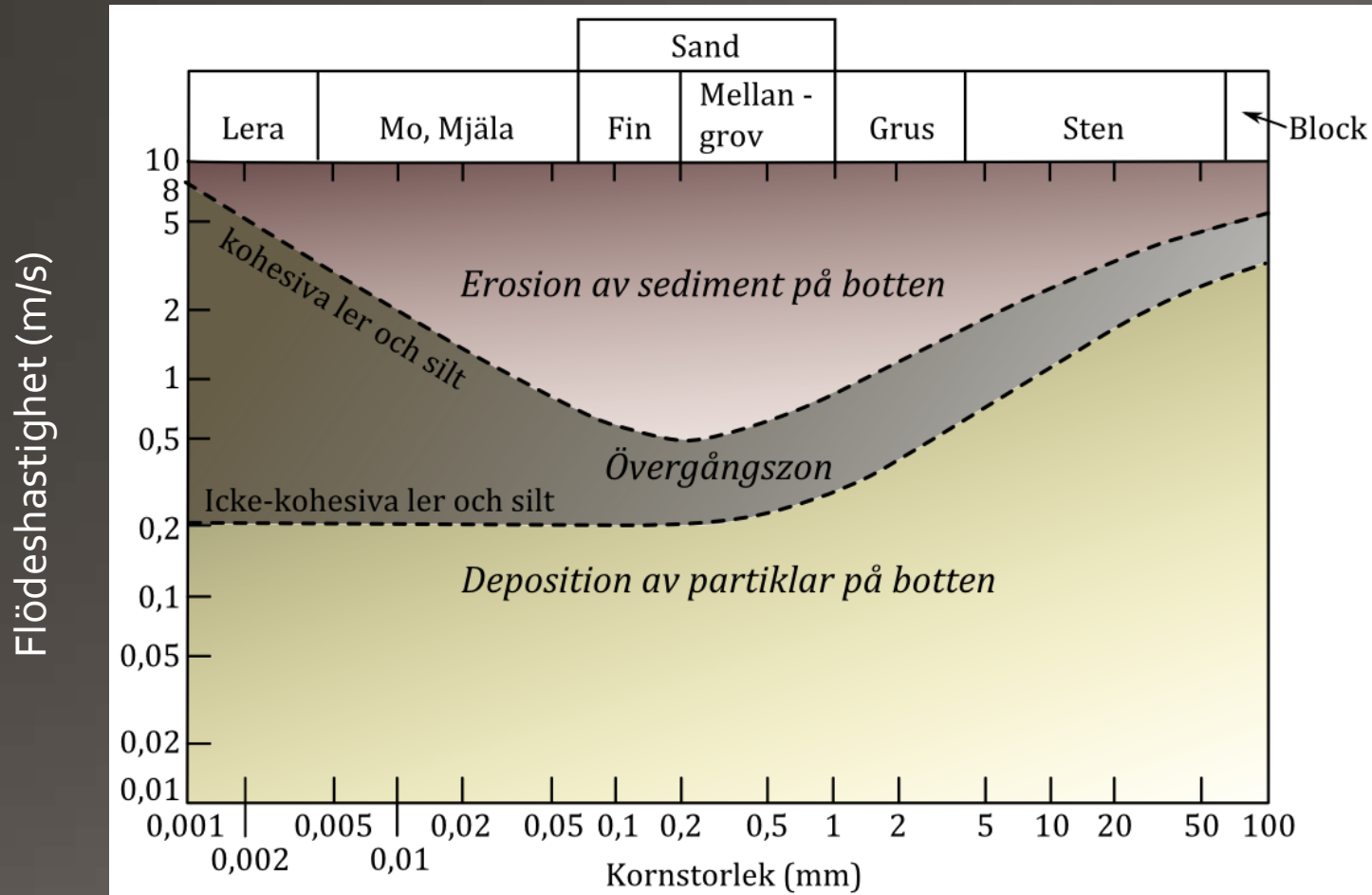


Block och sten bör inte läggas i finkorniga vattendrag om dessa inte naturligt har förekommit på platsen. Kan orsaka instabilitet och leda till att åtgärden inte uppnår sitt syfte

# Hjulströms diagram

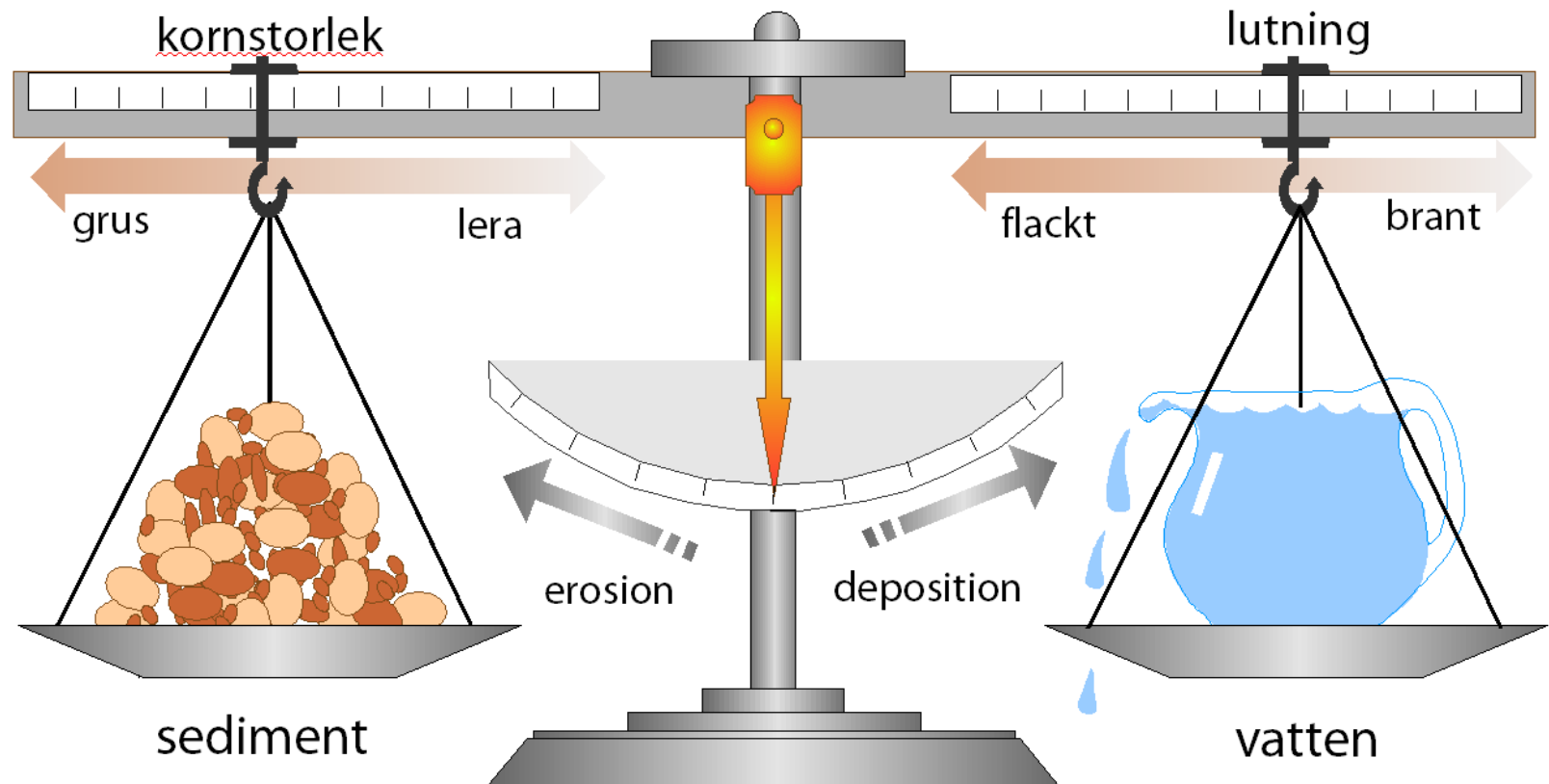


Filip Hjulström  
1902-1982



# Samband mellan hydrologin och morfologin

Balansen i ett vattendrag





# Det finns olika typer av vattendrag



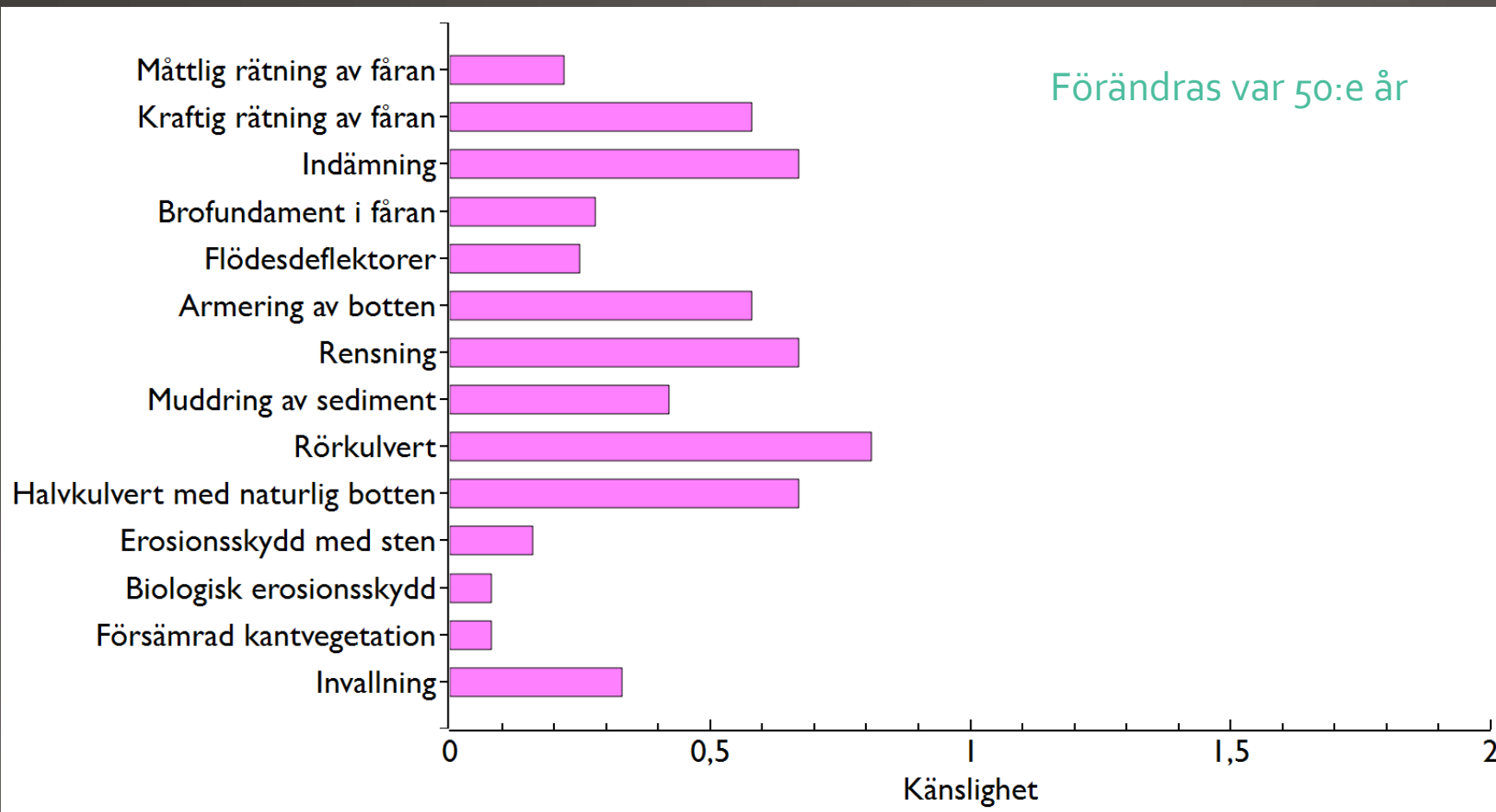


Denna typ finns inte i naturen!



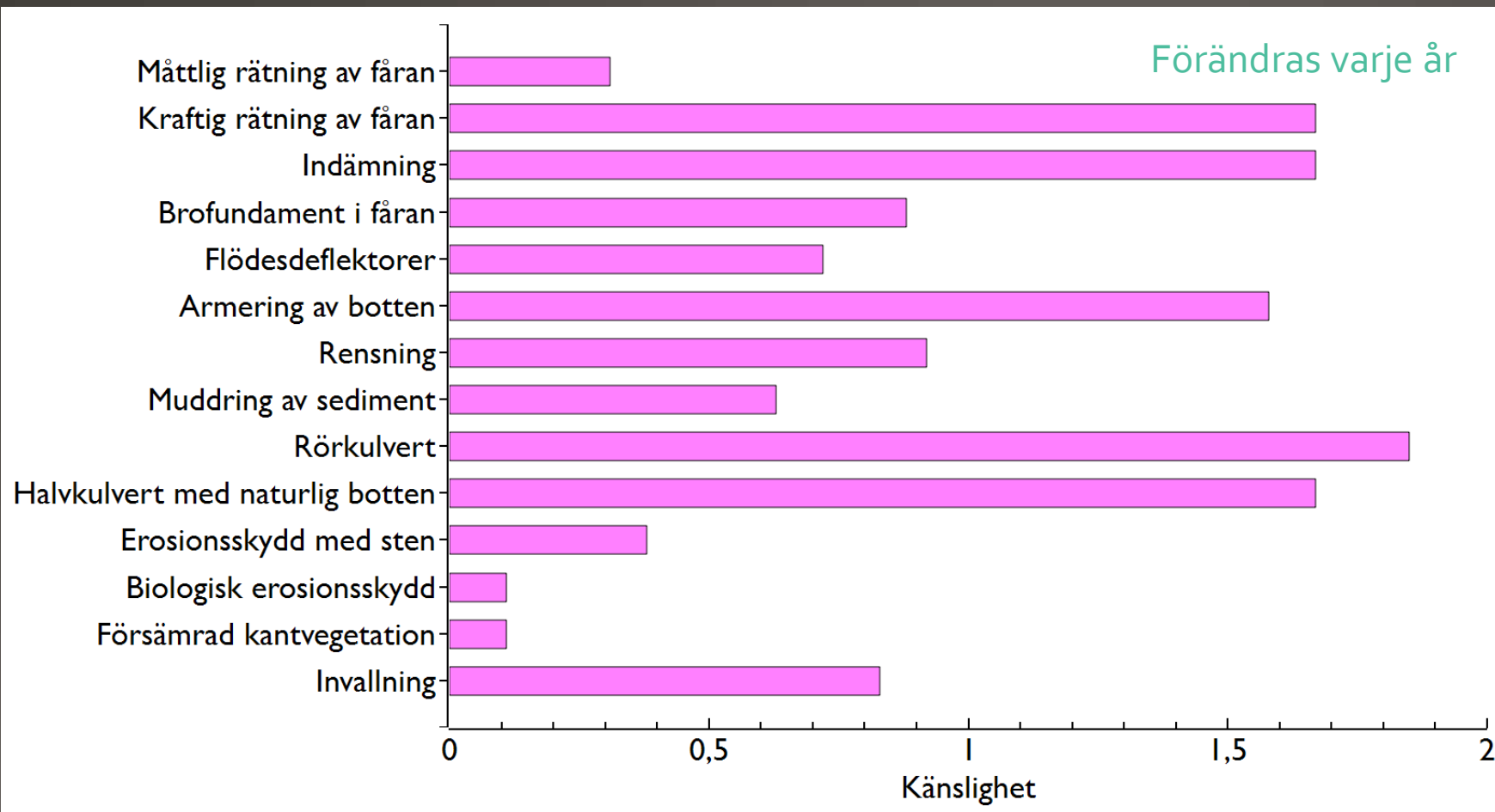
# Olika typer av vattendrag har olika morfologisk känslighet

Brant vattendrag med block och sten



# Olika typer av vattendrag har olika morfologisk känslighet

Vattendrag med växelvis riffle-pool system i grus och sand



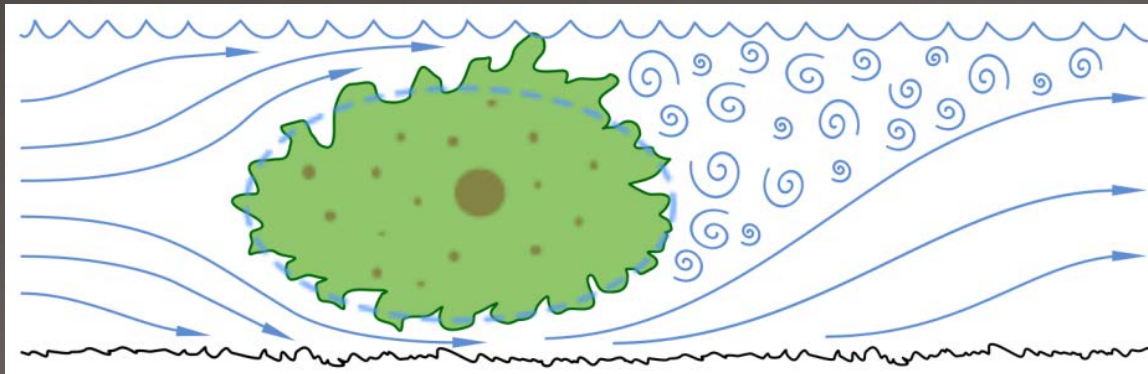
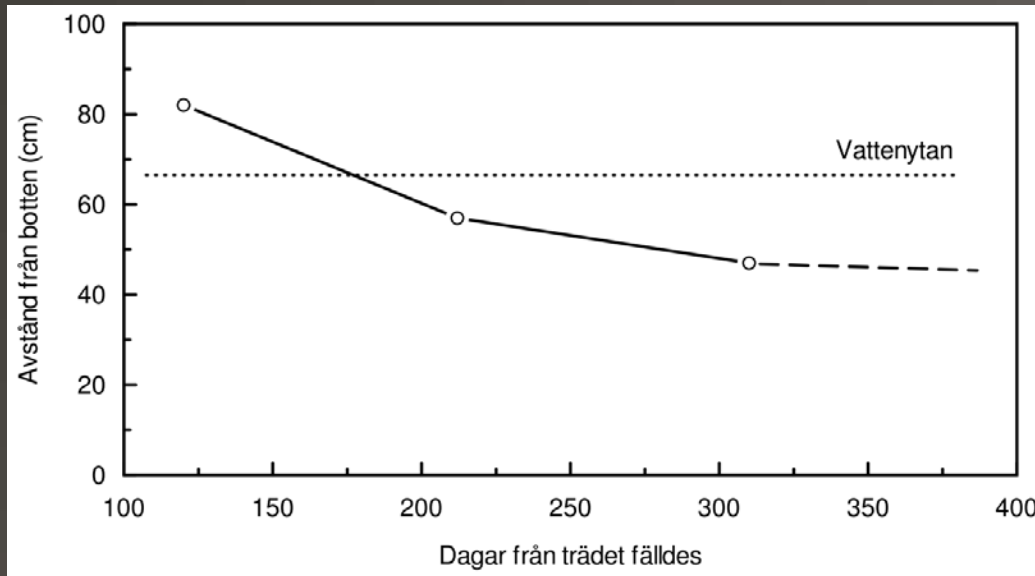


# Död ved och träd



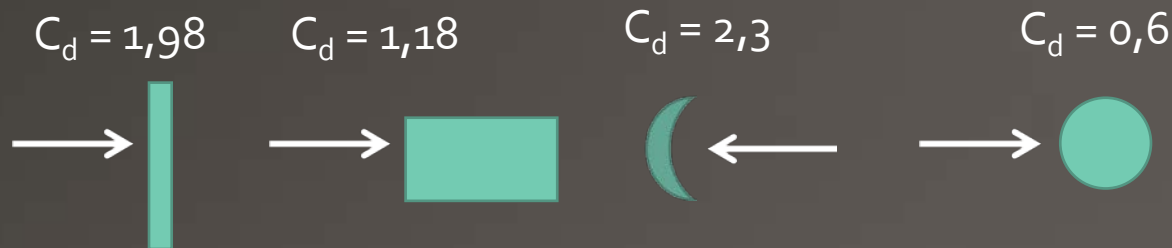


# Vad händer när trädet faller i vattnet ?



# Trädstammar och strömningen

Fannings friktionsfaktor



Trädstammar i vattnet är som en golfboll.  
Skrovligheten ger ett tunt skikt som övrigt vatten  
strömmar mot = Mycket lågt friktionsmotstånd

Försök simma bröstsim med knuten näve!

# Träd i vattnet

- Friktionsmotståndet överskattas ofta i jämförelse med hela fårans friktionsmotstånd
- Friktionsmotståndet minskar snabbt när löv och grenar försvinner. Efter ca 5 år bara stamved och större grenar kvar
- Om mindre än 10 % av tvärsnittsarean är täckt av död ved kan dämningseffekten försummas
- Dämningseffekten minskar snabbt med minskad vinkel ut i fåran.



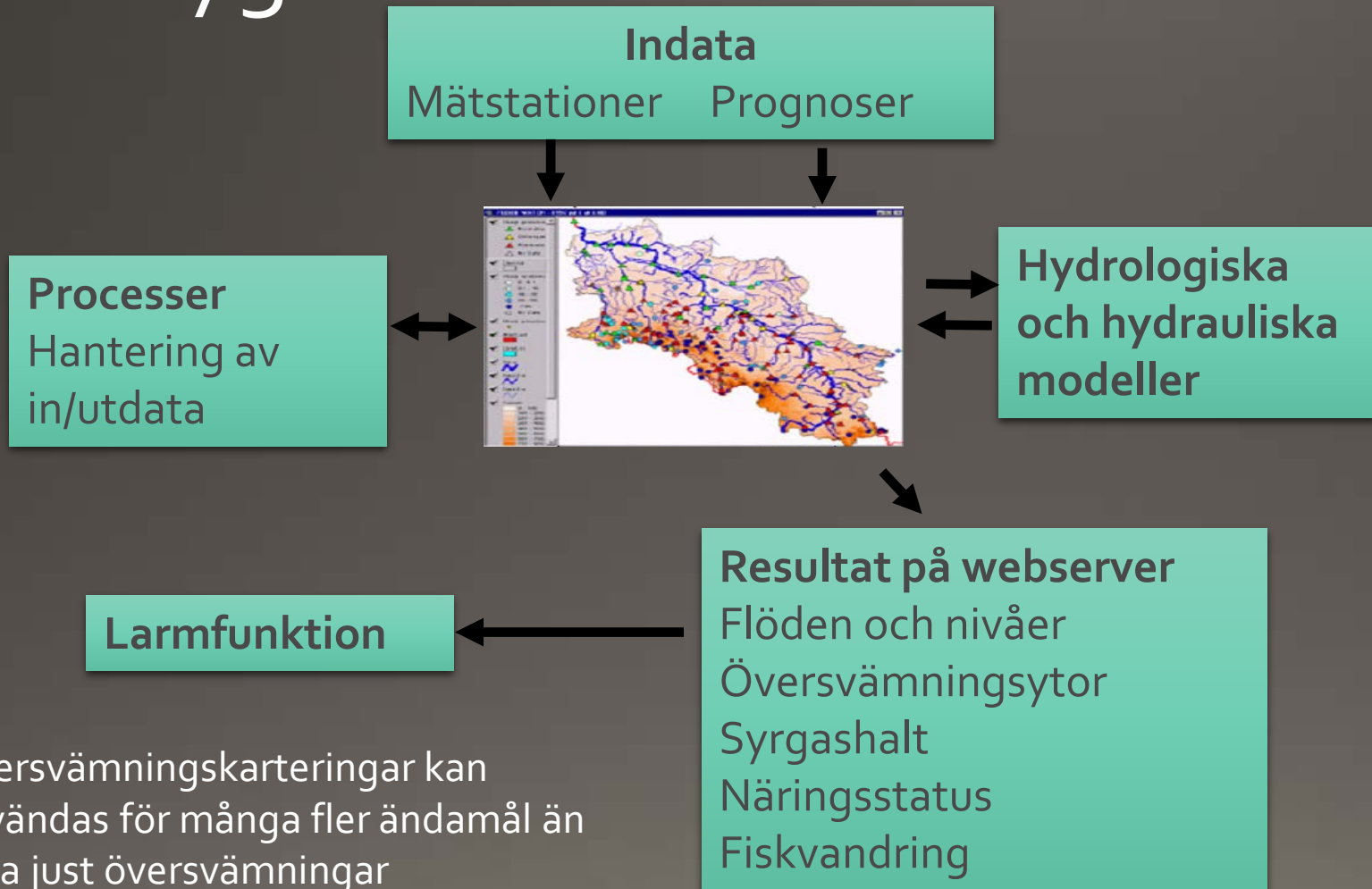
# Träd längs kanterna

- Krävs ett närområde på över 30 m för att ha en effekt på vattentemperatur. Vattentemperatur styrs till 70-80 % av lufttemperatur/lokalklimat.
- I finkorniga vattendrag med liten turbulens kan grundvatteninströmning ha betydligt större effekt på vattentemperatur.
- Rotsystemen, framförallt al är mycket effektiva erosionsskydd, men....
- Finkorniga vattendrag med skog i närområdet kan vara upp mot dubbelt så breda som de med gräsvegetation





# Modeller som arbetssätt och verktyg



# Tack!

Johan Kling

DHI Sverige AB

Tel. 070-999 69 40

Epost: [johan.kling@dhi.se](mailto:johan.kling@dhi.se)

