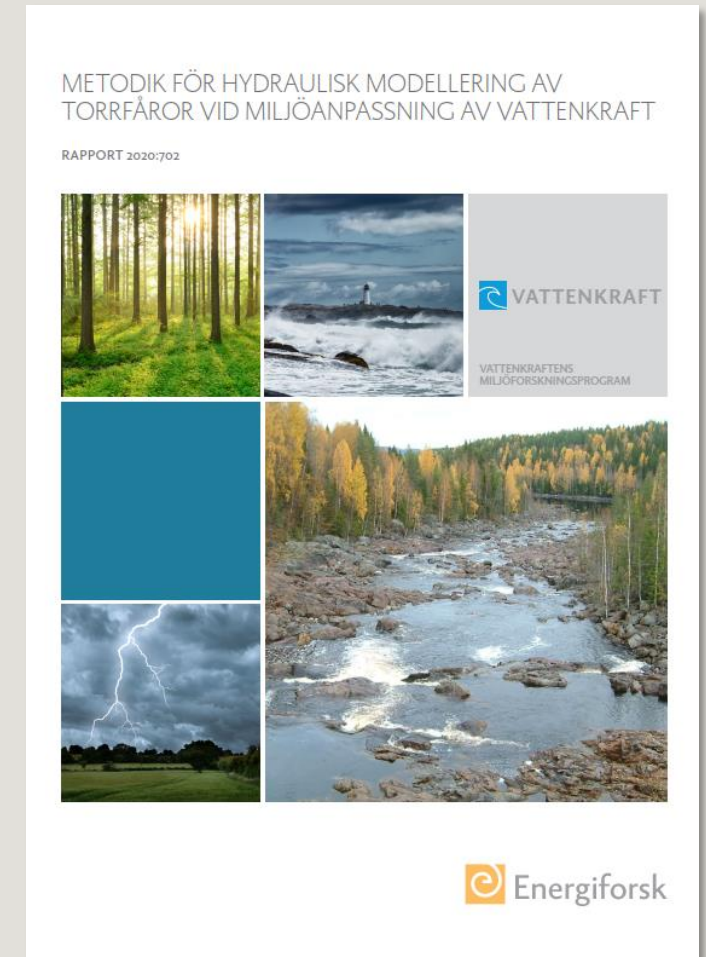


METODIK FÖR HYDRAULISK MODELLERING AV TORRFÅROR VID MILJÖANPASSNING AV VATTENKRAFT

Del 2: Hydraulisk modellering

Pierre-Louis Ligier, 2022-06-08



Pierre-Louis Ligier, Sweco
Anders Söderström
Dag Cederborg
Sandra Boström

Innehåll

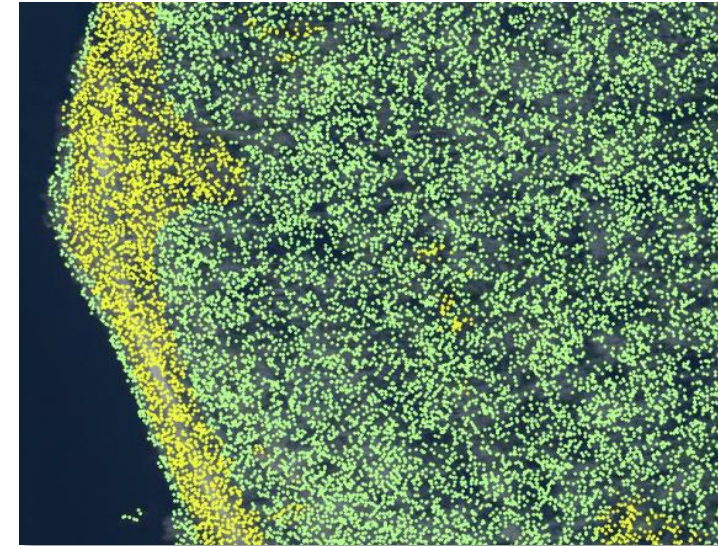
- Datafångst (geometri)
- Hydraulisk modellering:
 - Underlag
 - Modelltyp
 - Modelluppbyggnad
 - Osäkerheter och kalibrering
 - Resultatredovisning
- Slutsatser



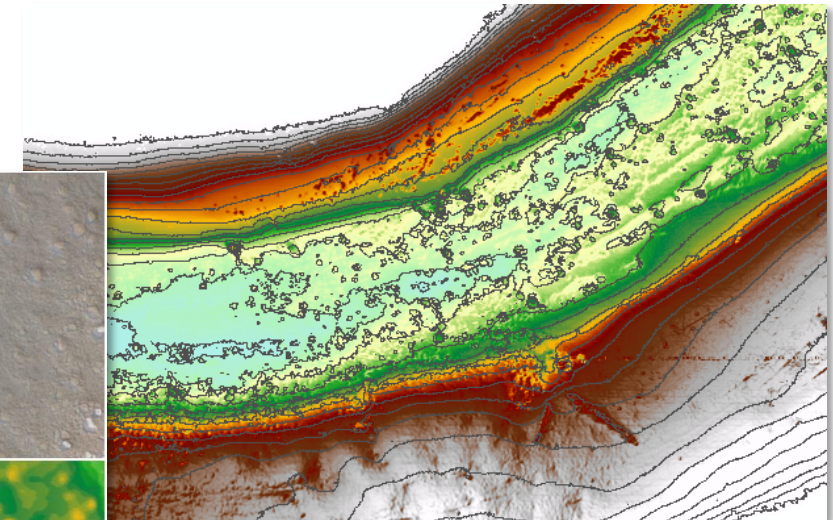
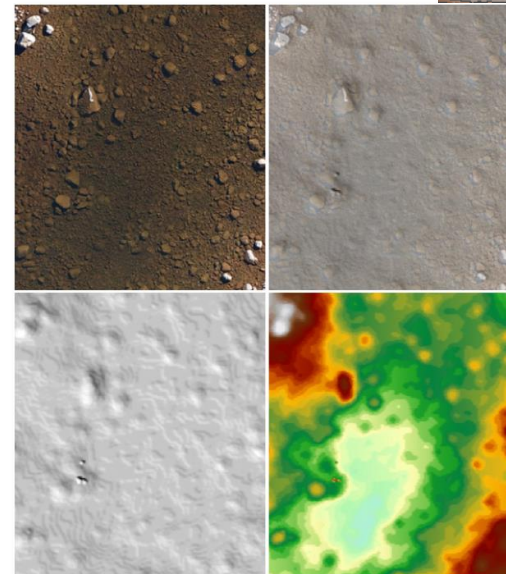
Datafångst: geometri

- MÅL: ta fram en terrängmodell över både land och botten
- LAND:
 - Utgå i princip från **LiDAR-data** (Lantmäteriets LAS-data, drönarflygning).
 - Undvik färdigbearbetade grid-modeller, eftersom viss viktig information kan ha filterats bort.
- BOTTEN:
 - Vid tillfällig torrlagd torrfåra: LiDAR-data
 - Områden som kan trafikeras med båt: **Multibeam-ekolodning rekommenderas**, kan ev. ersättas med Single beam och/eller GPS / Nätverks-RTK beroende på platsförhållanden
 - Luftburna metoder:
 - **Fotogrammetri** (från drönare) + kontrollpunkter
 - Grön laser (generellt svårt p.g.a. dåligt siktdjup)

LiDAR



Fotogrammetri

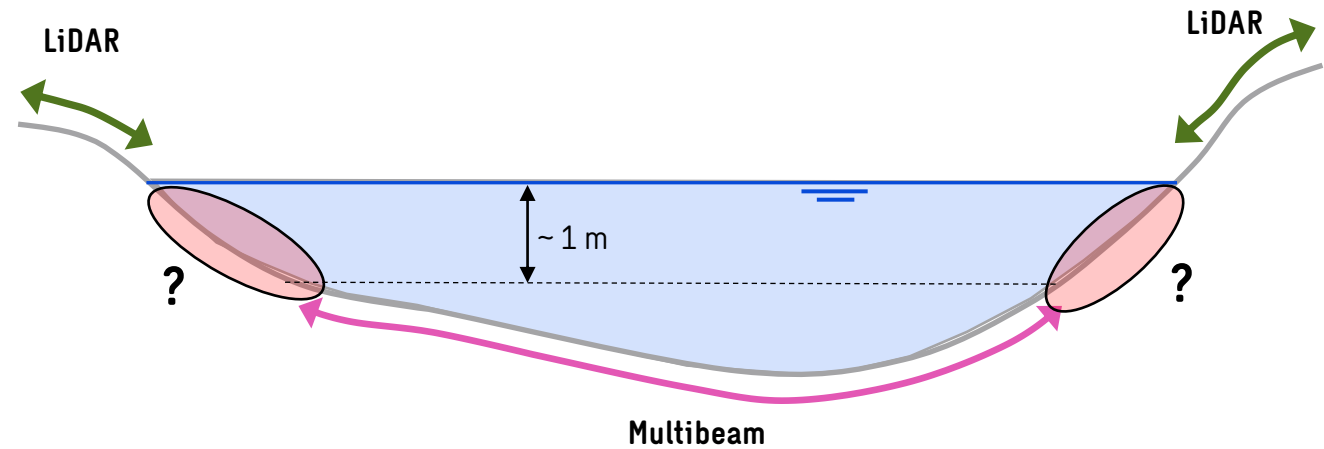


Multibeam

Datafångst: geometri

- STRANDZONEN:
 - Område som är svårt att mäta med båtburna metoder
 - Komplettera med GPS / Nätverks-RTK beroende på platsförhållanden
 - Använd fotogrammetri om möjligt

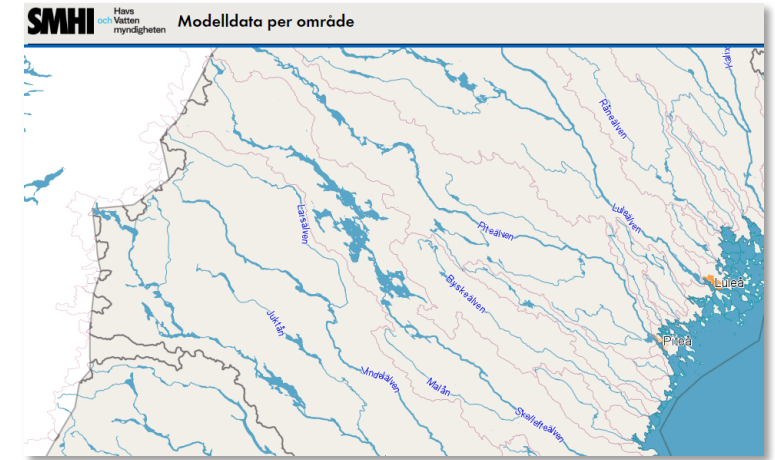
- ALLMÄNT:
 - Vanliga felkällor: mätning i ett givet höjdsystem vs. mätning av djup relativt VY...
 - **Mätningens noggrannhet** ska alltid anges
 - Det är alltid bra att dokumentera aktuell vattennivå vid olika platser (kalibrering)
 - Dokumentera datum och klockslag vid mätning



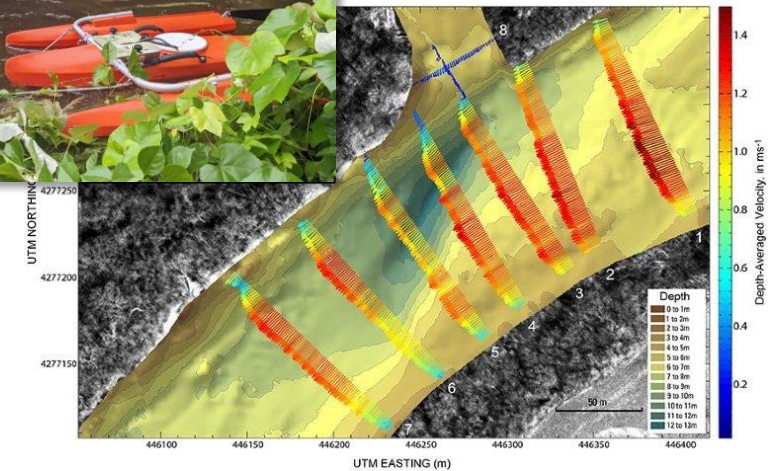
Hydraulisk modellering: underlag

- TERRÄNGMODELL:
 - OBS: vald interpoleringsmetod kan påverka resultatet
- HYDROLOGI:
 - Identifiera lämpligt flödesintervall
 - Vattenweb, modellering, mätstation (OBS: se upp för osäkerheter)
 - Behov för högupplöst data (< dygn, t.ex. korttidsreglering / tappning)?
- KALIBRERING:
 - Vattennivåer (Nätverks RTK...)
 - Vattenföring (t.ex. ADCP)
 - Ev. observationer om strömningsmönster eller lokala hastigheter (ADCP, flygelmätning, apelsinkast...)

Vattenweb

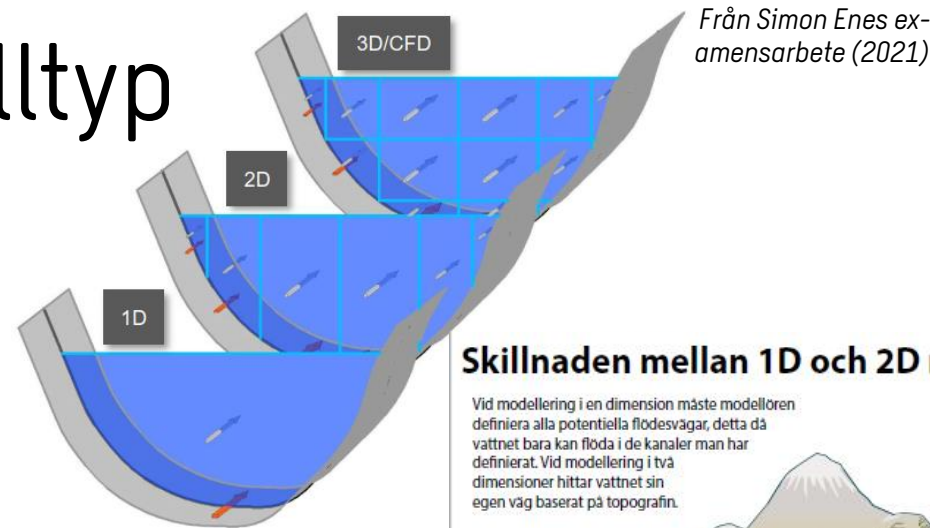


ADCP



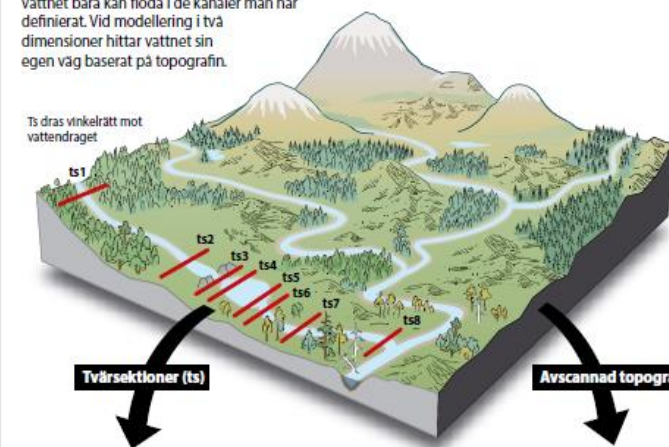
Hydraulisk modellering: modelltyp

- Klassiska typer av hydrauliska modeller:
 - 1D, 2D, 3D/CFD
- **Vid hydraulisk modellering av torrfåror rekommenderas 2D-modeller:**
 - Utnyttja terrängmodellens detaljeringsgrad
 - Noggrann simulering av strömningsförhållanden
 - Flera olika lämpliga programvaror
 - Rimlig beräkningskraft
- Nackdelar med 1D-modeller:
 - Endast resultat vid tvärsektionernas läge, interpolering
 - Konstant vattenhastighet och vattennivå (stor förenkling för torrfåror)
- Nackdelar med 3D/CFD-modeller:
 - Extra detaljeringsgrad sällan motiverad
 - Mycket krävande beräkningskraft



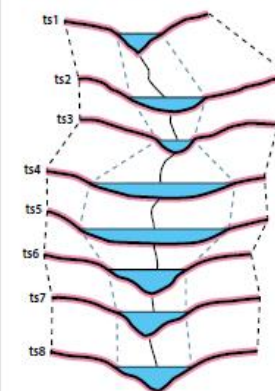
Skilnaden mellan 1D och 2D modellering

Vid modellering i en dimension måste modellören definiera alla potentiella flödesvägar, detta då vattnet bara kan flöda i de kanaler man har definierat. Vid modellering i två dimensioner hittar vattnet sin egen väg baserat på topografin.



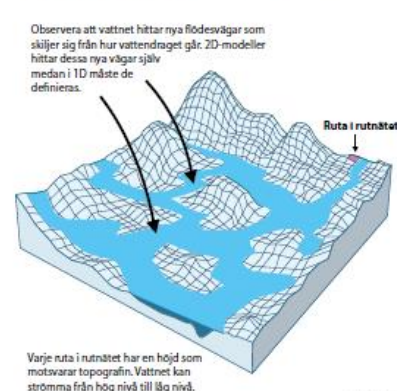
En dimension – 1D

Vattnet kan bara strömma vinkelrätt mot den definierade tvärsektionen



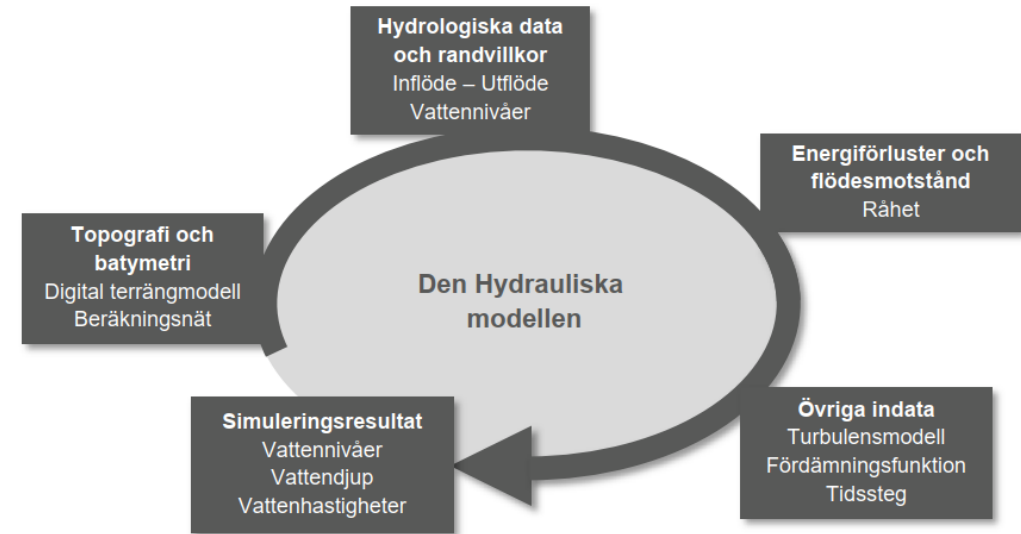
Två dimensioner – 2D

Vattnet hittar sin egen väg. Det kan liknas vid effekten av att halla vatten på ett tillknycklat papper.



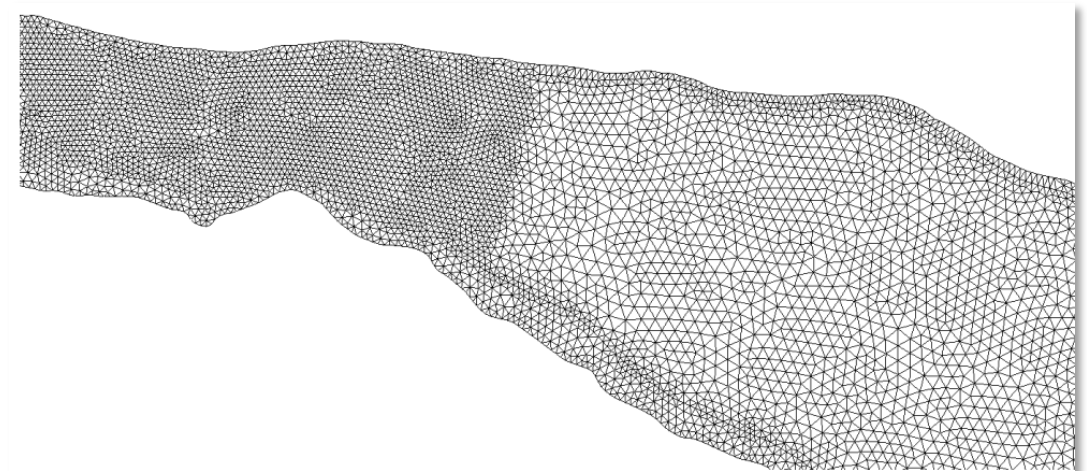
Hydraulisk modellering: modelluppbyggnad (2D)

- En 2D-modell består av följande ingångsparametrar:
 - Ett **beräkningsnät** som beskriver modelldomänens geometri
 - **Randvillkor** för inflöden och vattennivåer
 - **Friktionskoefficienter** för att beskriva inverkan av bottenfriktion
 - Numeriska inställningar (tidssteg, turbulensmodell, mm.)



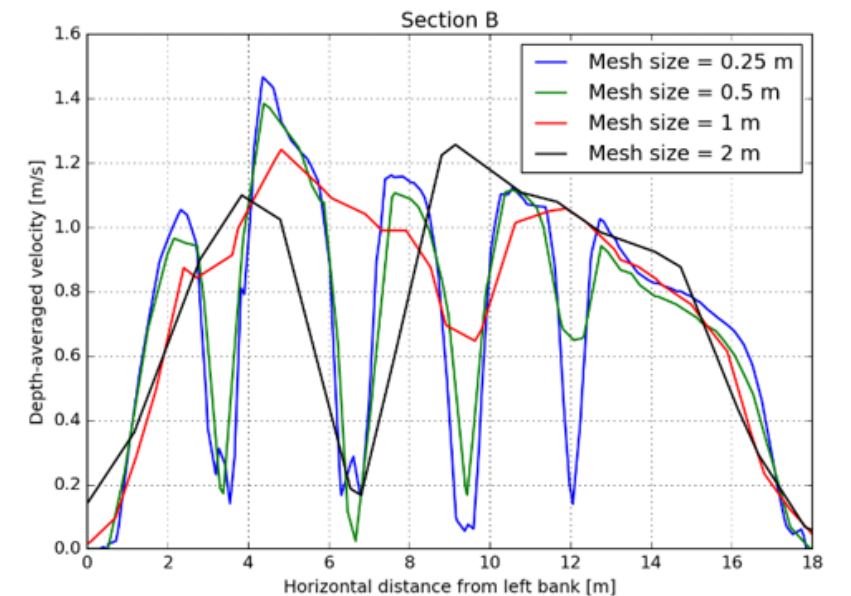
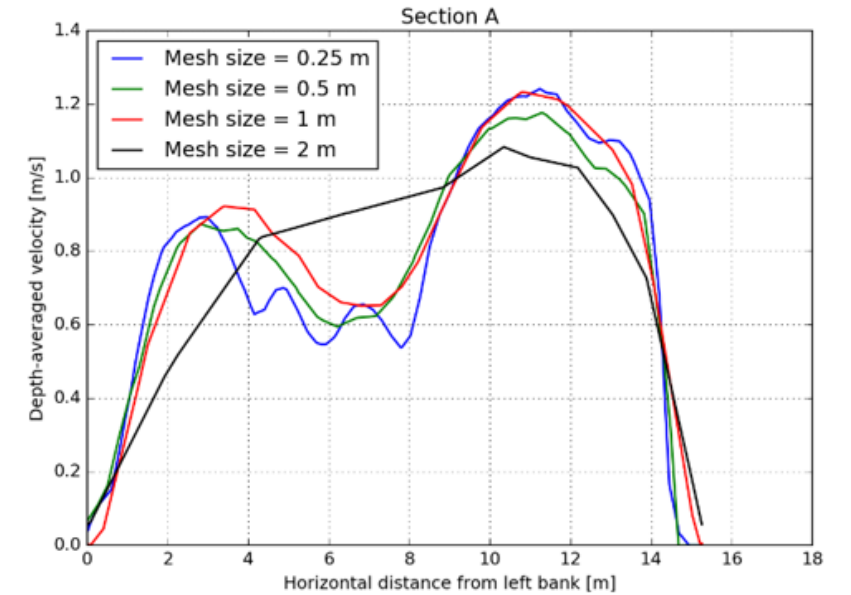
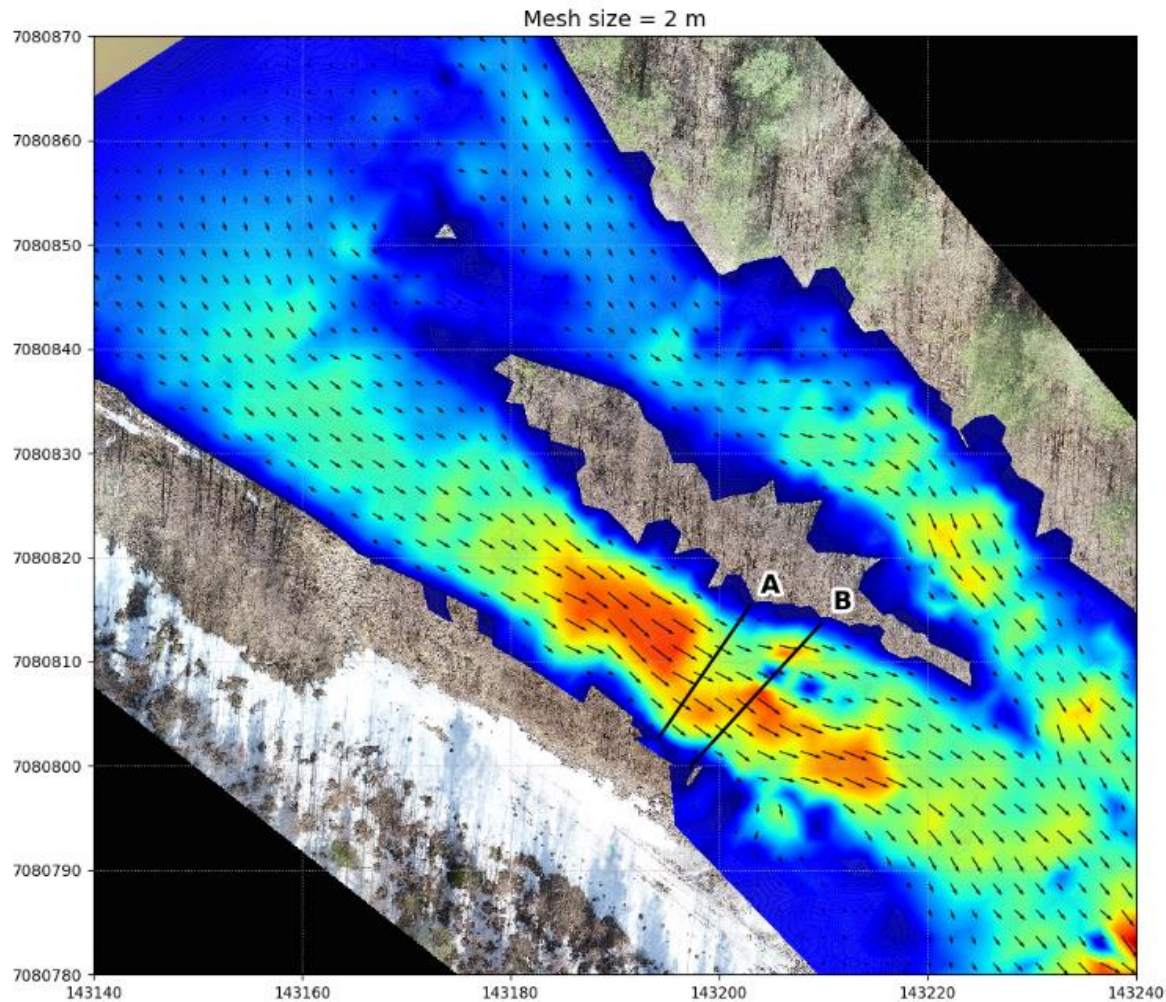
Från Simon Enes examensarbete (2021)

- Resultat är kraftigt beroende av **beräkningsnätets upplösning**:
 - Ingen regel för val av upplösning
 - Bör anpassas till:
 - Terrängmodellens upplösning
 - Syfte med modellering / ekologisk funktion



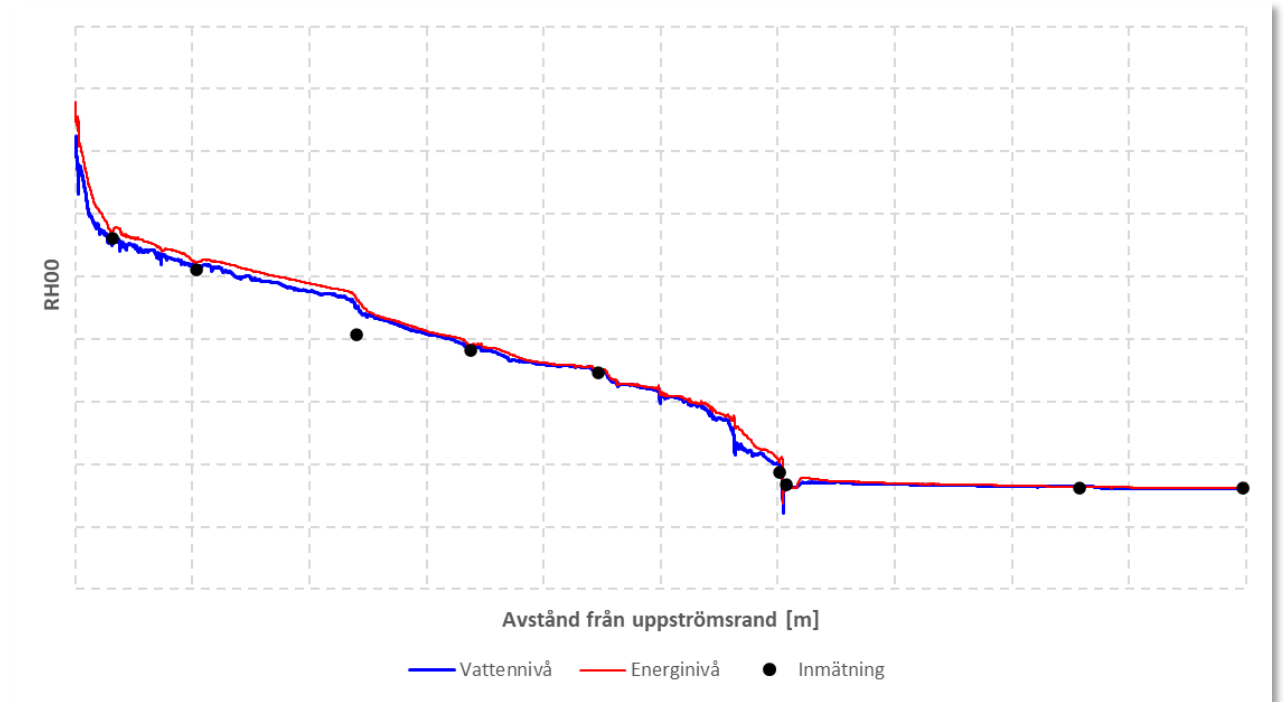
Hydraulisk modellering: modelluppbyggnad (2D)

- Inverkan av **beräkningsnätets upplösning**



Hydraulisk modellering: osäkerheter och kalibrering

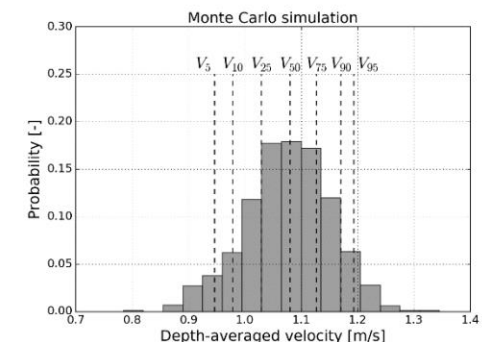
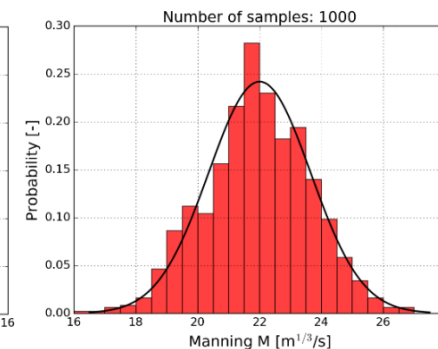
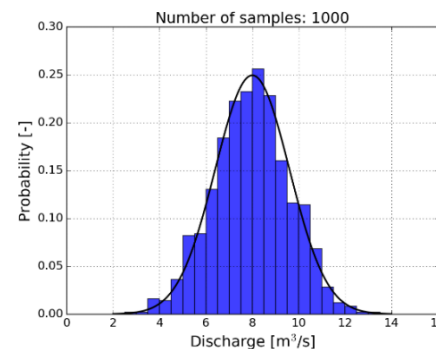
- Modellens resultat är beroende av **osäkerheter i ingångsparametrar**, främst:
 - Geometri och upplösning
 - Randvillkor (flöden och vattennivåer)
 - Friktionskoefficienter
- Det finns även **modelltekniska osäkerhetskällor**:
 - Friktionskoefficient (ex. Mannings tal) kan variera mellan 1D och 2D
 - Inverkan av turbulens, mm.



- **Det är mycket viktigt att kalibrera beräkningsmodeller mot mätningar!**

- Vid behov kan även detaljerade osäkerhetsanalys utföras (Monte-Carlo mm.)

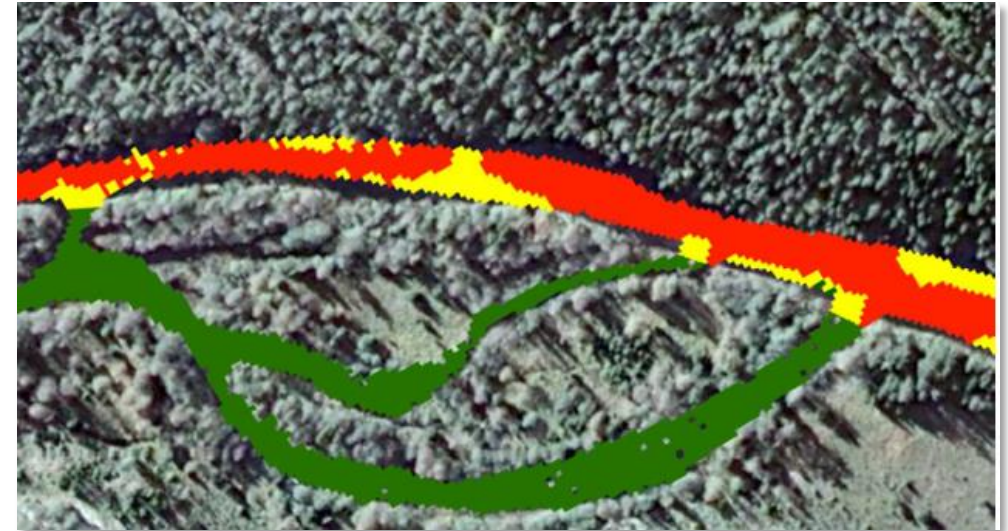
Se även Simon Enes examensarbete "Analys av osäkerheter vid hydraulisk modellering av torrfåror" (Uppsala Universitet, 2021)



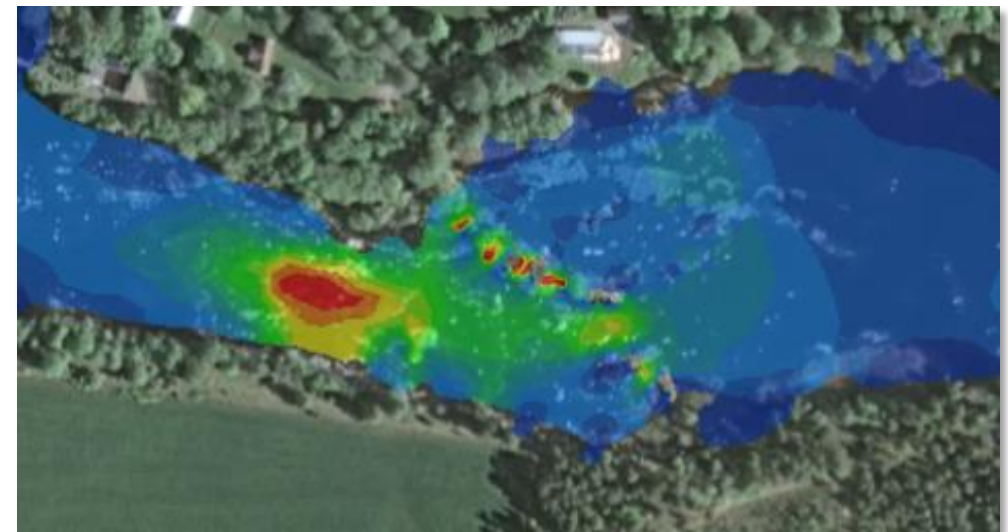
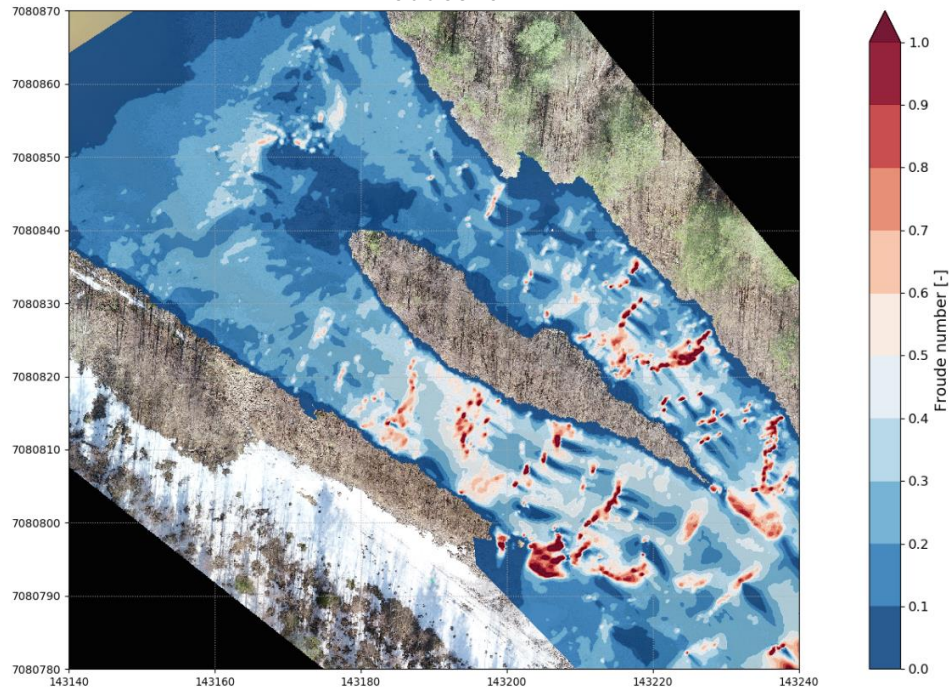
Hydraulisk modellering: resultatredovisning

- Resultat ska kunna användas för att uppskatta områdets potential m.h.t. habitat, fiskvandring mm.:
 - Vattennivåer / vattendjup
 - Vattenhastigheter
 - Froudes tal
 - Flödeseffekt mm.

Utbredning vid olika flöden



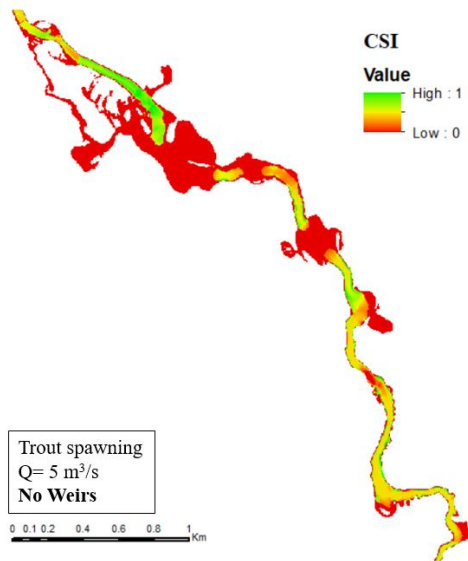
Froudes tal



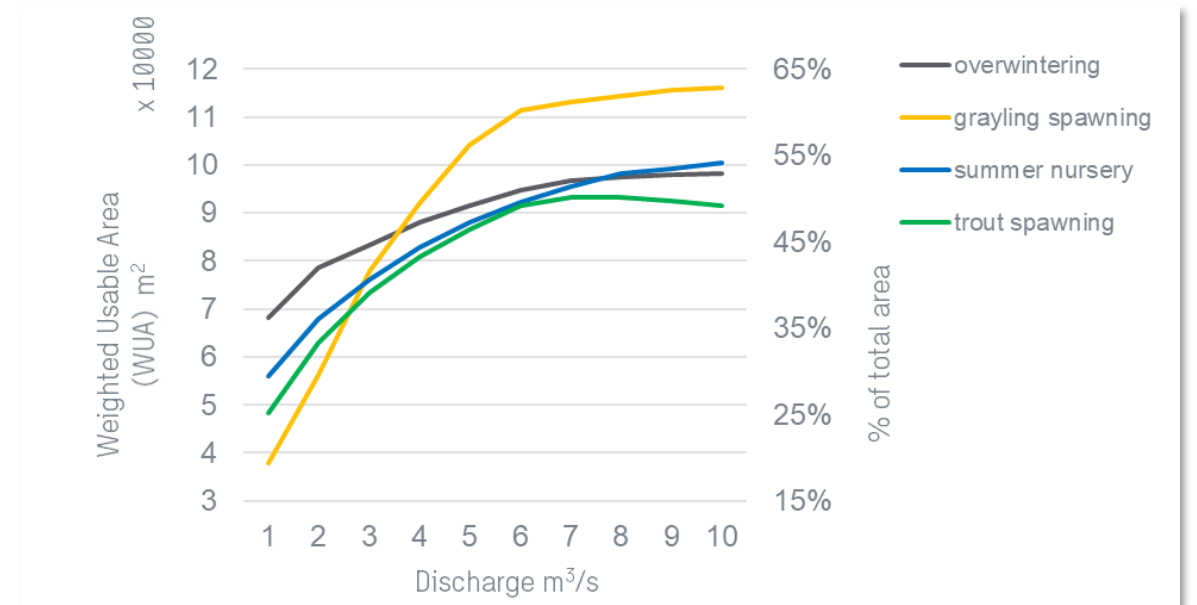
Vattenhastigheter

Hydraulisk modellering: resultatredovisning

- Analys av:
 - Vattenutbredning vid olika flöden (identifiering av **tröskeeffekter**)
 - Dynamiska effekter (varaktighet för visst flöde / vattendjup under tappningssekvens, osv.)
 - Sedimenttransport / morfologi
- Habitat-modellering:



Composite Suitability Index (CSI)



Slutsatser

- **Miljöanpassning av torrfårar** kan leda till **ekologiska vinster**, men **brist på erforderligt underlag** för att kunna utforma funktionella åtgärder
- Åtgärder i de flesta fall måste genomföras med **bibehållen elproduktion** vilket ställer **höga krav** på många plan
- Det finns alltid **platspecifika förutsättningar** som gör varje projekt unikt
- **Hydraulisk modellering (2D) kan användas för att erhålla erforderligt underlag**
 - Tänkbara åtgärder behöver identifieras i förväg för att erhålla rätt fokus på underlag och modell från början
 - Noggranna inmätningar och kalibrering säkerställer god kvalitet tidigt i processen, lönsamt på sikt
- **Rekommendationer** från vår rapport kan användas som **vägledning**:
 - Kartläggning av *best-practice*
 - Relevant i alla skede
 - Metoder och omfattning bör dock anpassas till varje projekt (platspecifika och ekonomiska förutsättningar)