DIFFUST FOSFORTAB: MÅLING, TRANSPORTVEJE OG VIRKEMIDLER

BRIAN KRONVANG
SOFIE G. M. VAN'T VEEN*
HANS E. ANDERSEN

INSTITUT FOR ECOSCIENCE,
AARHUS UNIVERSITET
* FRA 1. NOVEMBER,
WSP, DANMARK







DISPONERING AF INDLÆGGET

1. Måling af fosforkoncentrationer og fosfortransport med turbiditets sensor

2. Usikkerhed ved stikprøvetagning for total fosfor – hvor mange prøver skal der udtages for at opnå < 10% usikkerhed

3. Nyt projekt der fokuserer på måling af fosfortransport til Norsminde fjord, kilderne i oplandet og virkemidler (omregningskursen for kvælstof til fosfor i Norsminde fjord er 72:1)

4. Tag med hjem beskeder

BAGGRUND:
HVORDAN BEREGNES FOSFORTRANSPORT I NOVANA?

Vandprøve



Foto: H. Stenholt

N/P koncentrationen måles i NOVANA oftest ved udtag af 12 eller 18 årlige vandprøver:

X

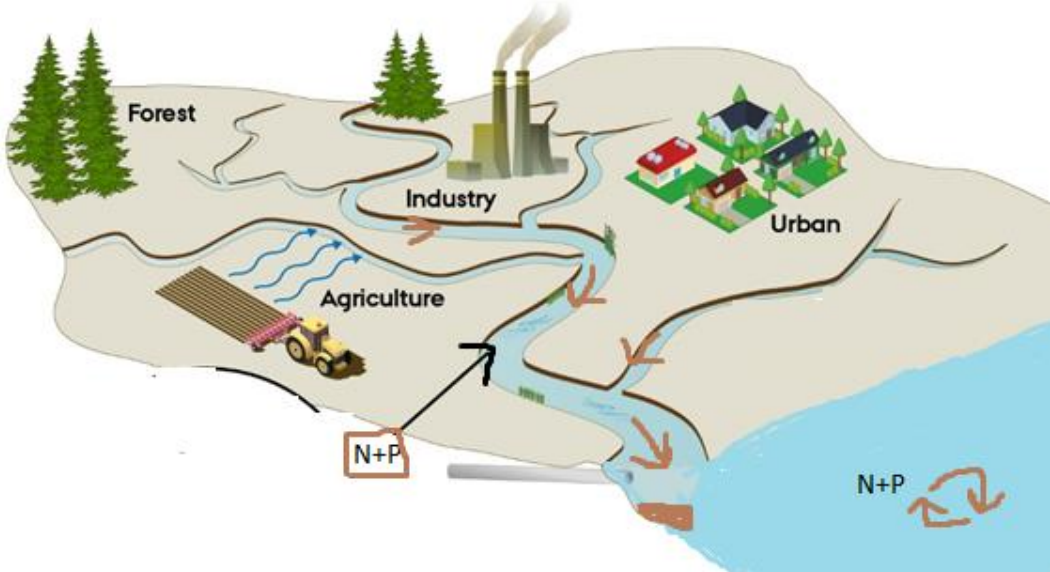
Vandføring



Foto: S. van't Veen

Vandstanden beregnes ud fra vandstand målt tilnærmet kontinuert

➡ **P transport**



Er det nok til at få et rimeligt sikkert transportestimat (år, måned) eller en gennemsnitskoncentration?

HACH SENSOR
TESTET I PHD PROJEKT SENTEM
OG EU PROJEKT ‘ NORDBALT-ECOSAFE’

SOLITAX baseret på infrarødt lys, 90°
(Måler turbiditet i enheden FNU)

Målefrekvens: Hvert minut
Manuel kontrol og rensning:
Typisk månedlig da sensor målehoved har en visker påsat

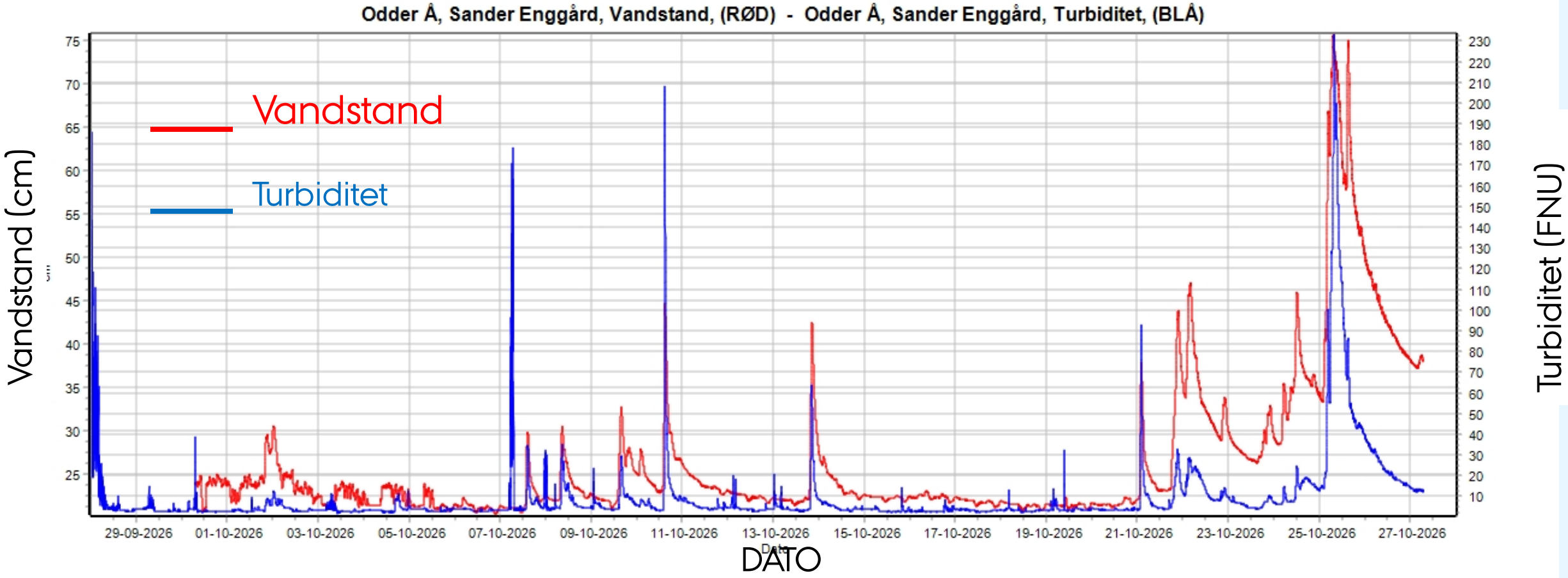


Lyby-Grønning bæk – Foto: S. van’t Veen

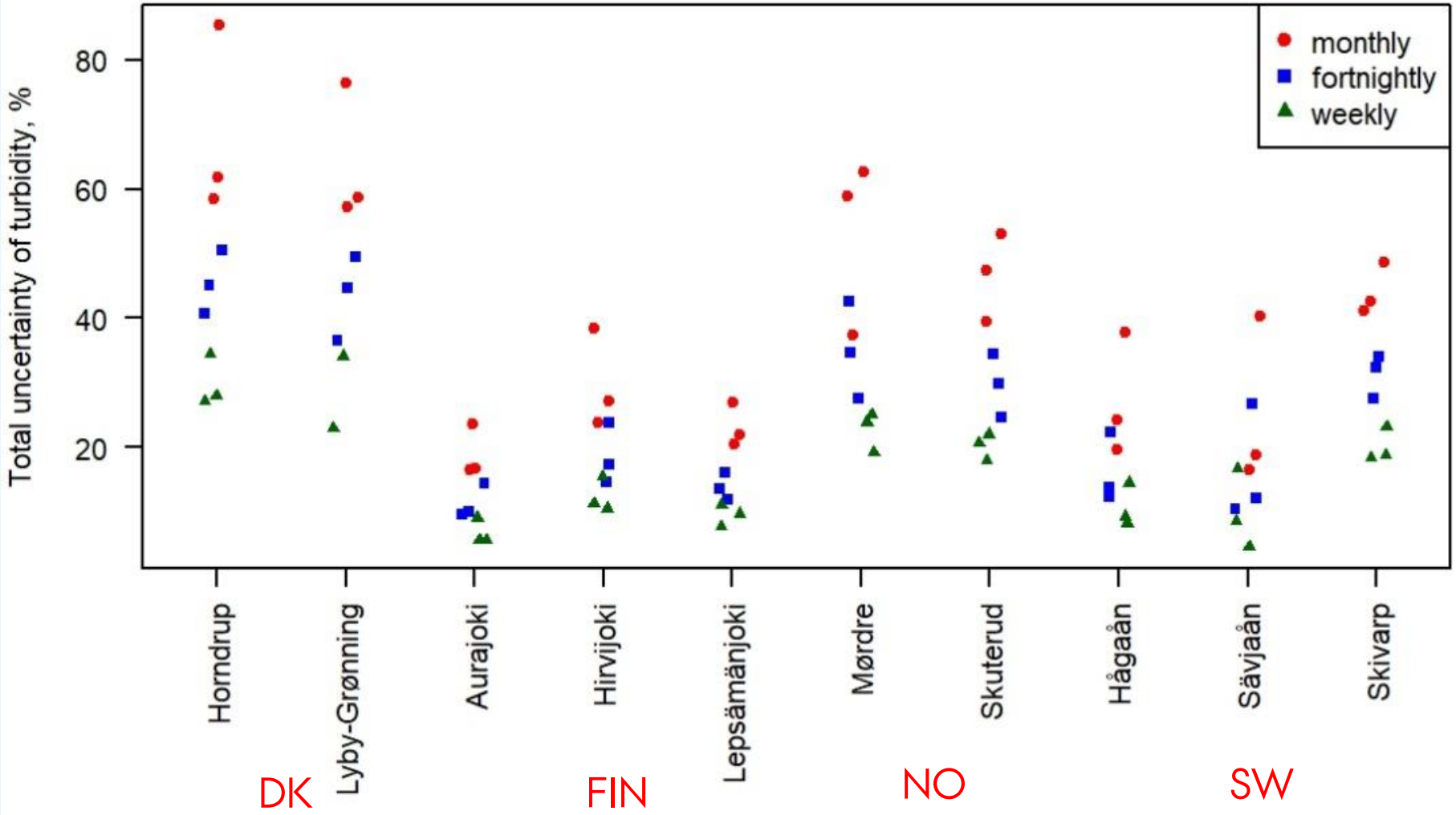
AARHUS UNIVERSITY

NORDBALT ECOSAFE

Eksempel: Sensormåling af turbiditet og vandstand i Odder Å nedstrøms Odder by - 28/9 til 27/10 - 2026 (rådata)



Usikkerhed (RMSE) ved beregning af årlig gennemsnit af turbiditet ud fra tre forskellige prøvetagnings strategier i 10 nordiske vandløb med 3 forskellige år (DK: 2020-2022) (Monte Carlo statistik N=1000) (timekoncentrationer)

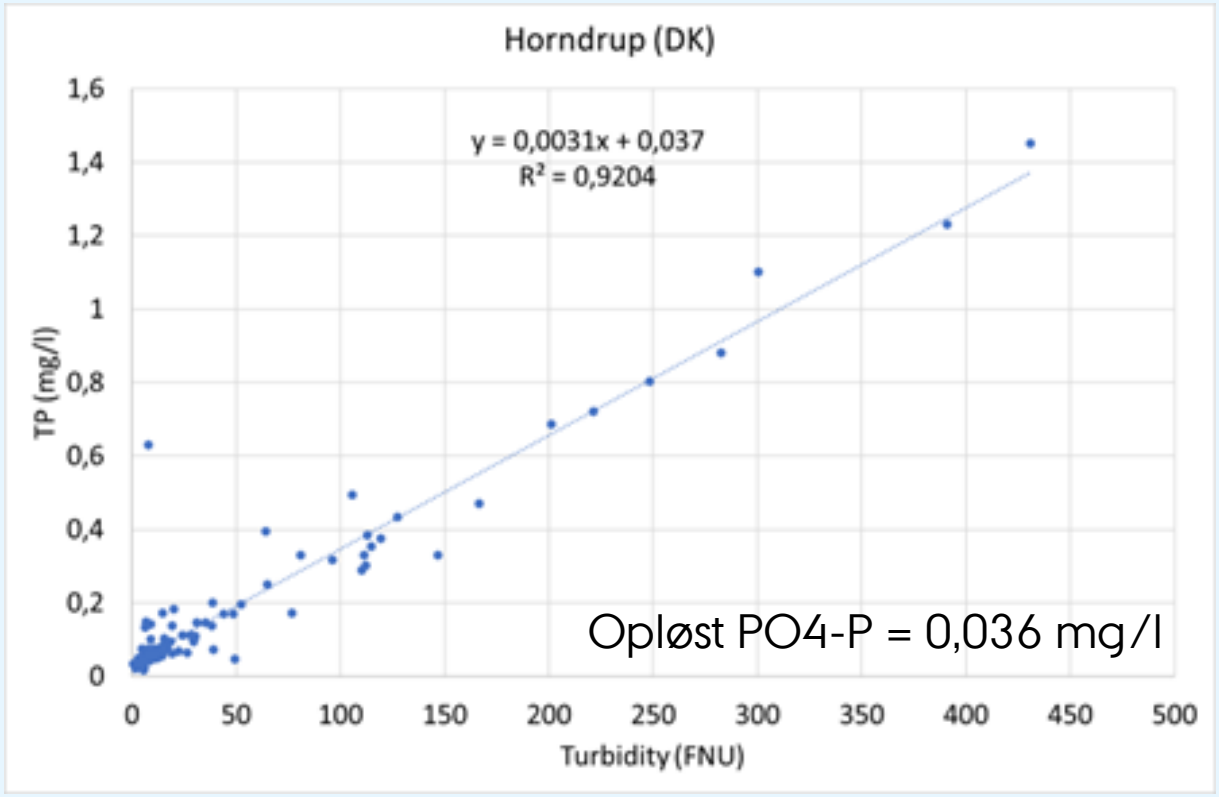


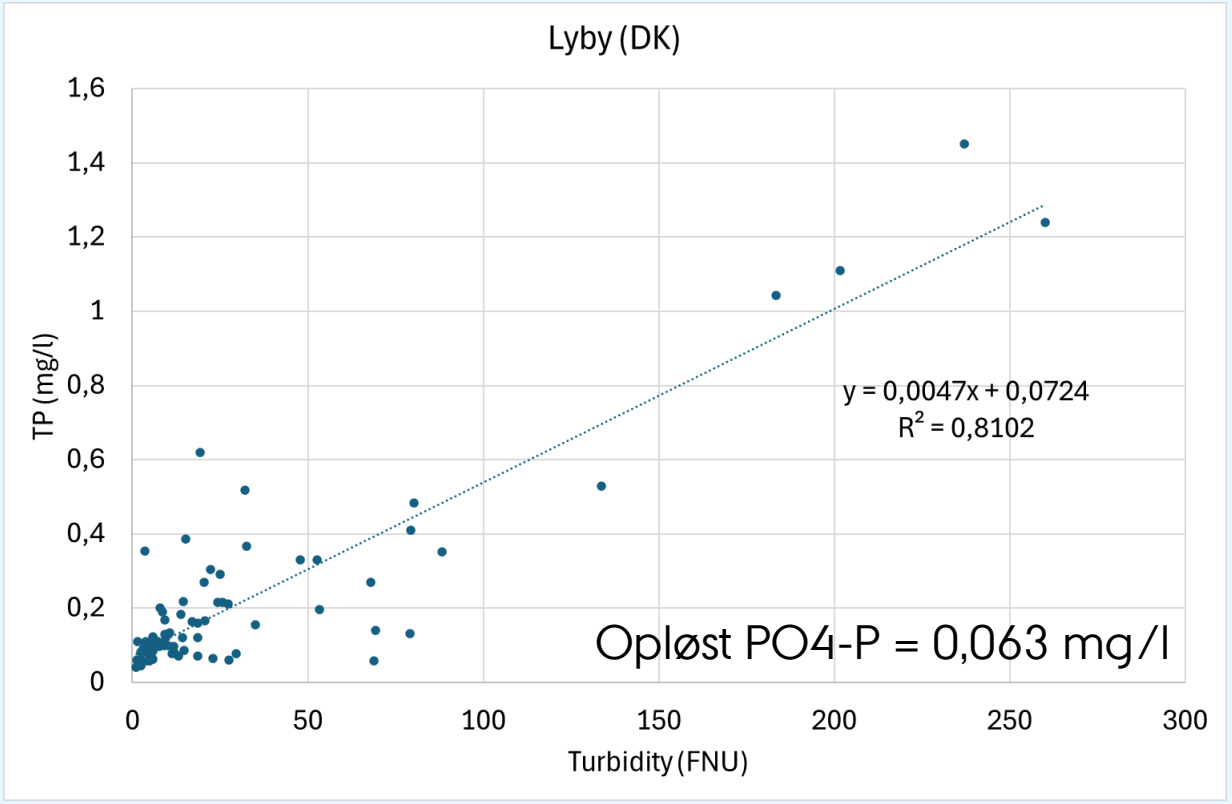
Den årlige gennemsnits turbiditet blev oftest underestimeret for alle vandløb:

	Andel af udfald
Månedlig:	65%
14'ende dag:	60%
Ugentlig:	58%

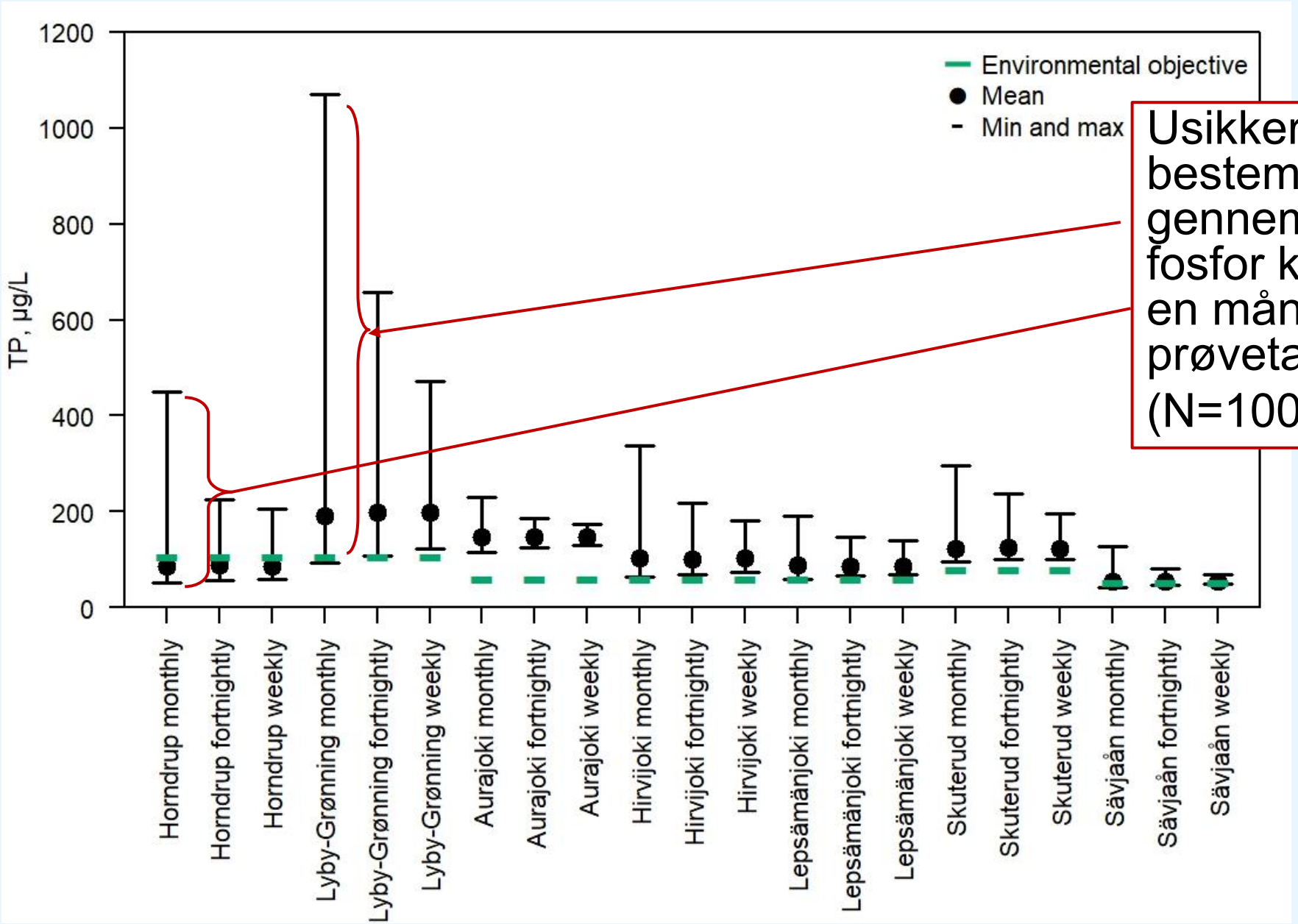
***Source**: Skarbøvik et al. (2026)*

Måling af turbiditet er en god proxy for total P (partikulært P) koncentrationen i vandløb – to eksempler fra danske vandløb





***Source**: Skarbøvik et al. (2026) Research Letter*



Usikkerheds span for bestemmelse af årlig gennemsnitlig total fosfor koncentration ved en månedlig prøvetagning i vandløb (N=1000)

***Source**: Skarbøvik et al. (2026) Research Letter*

Udfordring:

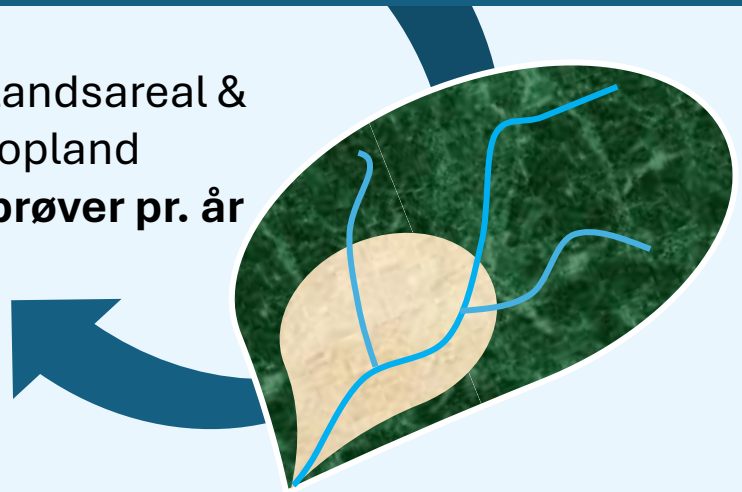
- Usikkerheden ved bestemmelse af årlig gennemsnitlig koncentration af total fosfor (<10%) og dermed også årlig fosfortransport ved anvendelse af stikprøvetagning i vandløb

Example: if the goal is 10% uncertainty in mean annual TP concentration:

10 km^2 oplandsareal &
80% dyrkning I opland
=> **95 vandprøver pr. år**



800 km^2 oplandsareal &
50% dyrket opland
=> **49 vandprøver pr. år**

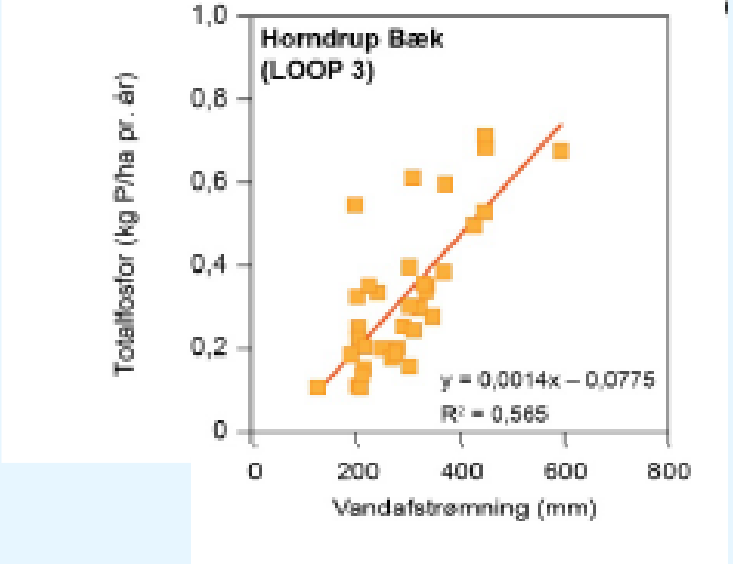


Skov/natur Landbrug

TP: Total fosfor **WFD**: EC Vandramme Direktivet

Model for usikkerhed som funktion af oplandsstørrelse & arealanvendelse

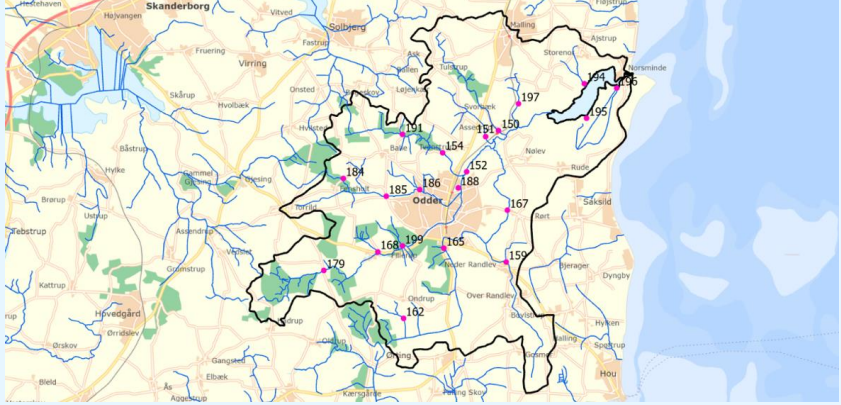
Sammenligning mellem puljet ISCO prøvetagning og punktprøver (14'ende dag) i Horndrup bæk for perioden 1992/93-2023/24 (LOOP3)



Horndrup bæk (LOOP3)	Forskel i årstransport af total fosformellem stikprøvetagning og ISCO prøvetagning	Forskel i årstransport af opløst orthofosfat mellem stikprøvetagning og ISCO prøvetagning
Gennemsnitlig årlig forskel (stikprøve – ISCO prøver)	- 0,19 kg P/ha (-35 %)	0,01 kg P/ha (6 %)

Thorsen, M., Blicher-Mathiesen, G., Wienke, J., Petersen, J., Andersen, H.E., Frederiksen, R.F., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2025 Landovervågningsoplande 2024. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, 316 s. Videnskabelig rapport nr. 680

God økologisk tilstand i Norsminde Fjord – Målrettet fokus på fosforreduktioner



Projekt finansieret af Fjordfonden

Deltagerne:

SEGES,

ECOSCIENCE AU,

Odder kommune &

Landboforening Odder-Skanderborg

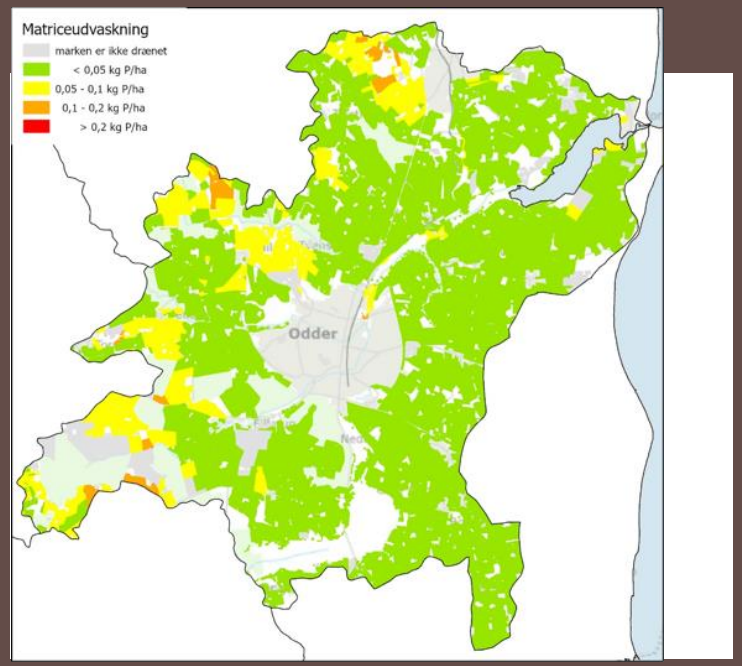
Periode: april 2026 til december 2027

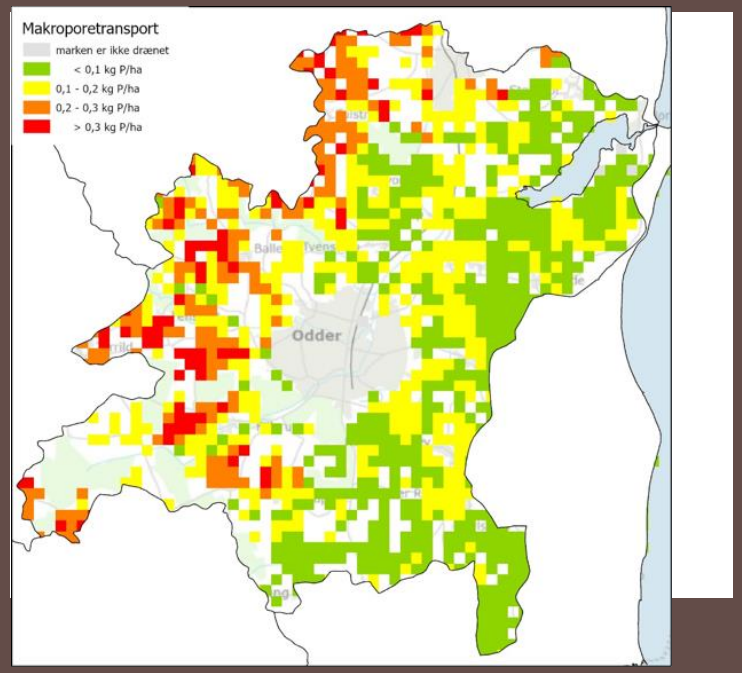
Formål: Sensormåling af tabet af fosfor til Norsminde fjord, samt udpege vigtige kildeområder 'hot spots'.

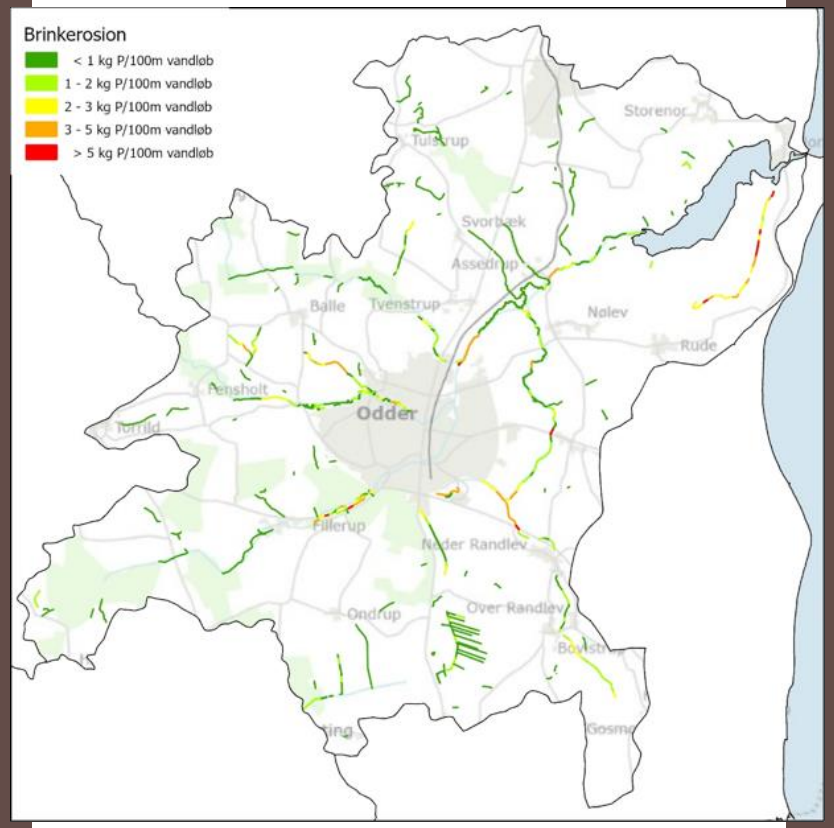
Tabel 5.1. Kildeopsplitning af fosfortilførslen til Norsminde Fjord. Gennemsnit for perioden 2014 – 2023.

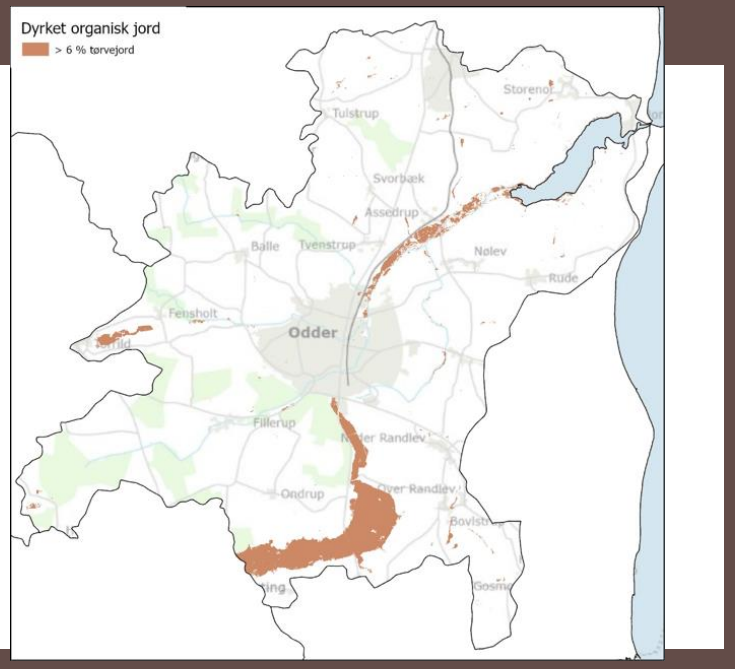
Total tilførsel	**3600 kg P**
Punktkilder	**900 kg P (25 % af total tilførsel)**
	Relativ betydning af de enkelte punktkilder
Dambrug	*0 %*
Industri	*0 %*
Regnvandsbetingede udløb	*51 %*
Spredt bebyggelse	*32 %*
Renseanlæg	*16 %*
Direkte udledninger til kystvande	*2 %*
Diffust bidrag	**2700 kg P (75 % af total tilførsel)**
	Andel af den samlede diffuse tilførsel
Tab via makroporer	*31 %*
Udvaskning	*8 %*
Erosion	*8 %*
Tab fra dyrket, organisk jord	*24 %*
Brinkerosion	*23 %*

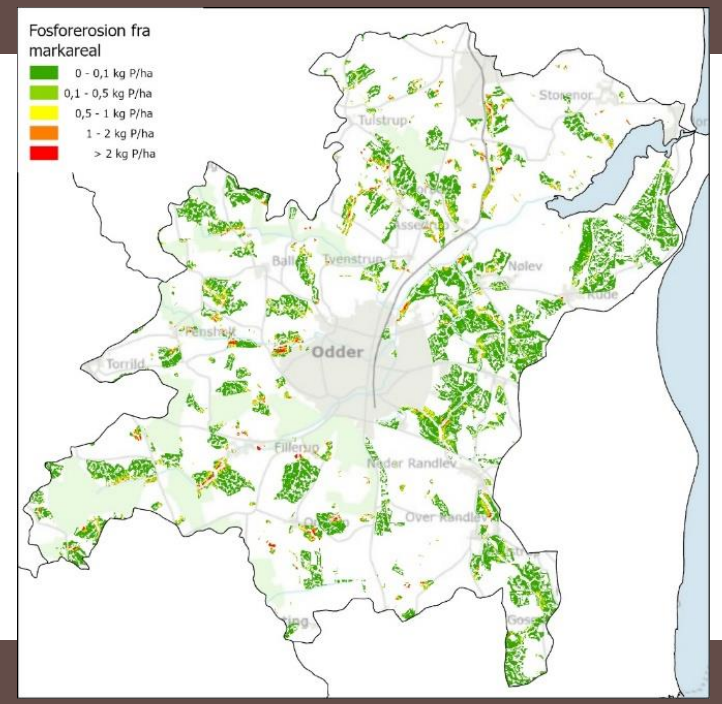
Transportveje for fosfor i Norsminde oplandet











	Udvaskning	Makroporer	Erosion	Dyrket org. jord	Brinkerosion	P-transp. i vandløb
Skovrejsning						
Randzoner langs vandløb						
Vedv. græs på erosionsområder						
GLM5 (delvist forbud mod pløjning)						
Træer på vandløbsbrinken						
Genslyngning af vandløb						
Hævning af vandløbsbunden						
Sandfang i vandløb						
Okkeranlæg i vandløb						
P-ådale/fosforvådområder						
Mini-vådområder						
Integrerede bufferzoner (IBZ)						

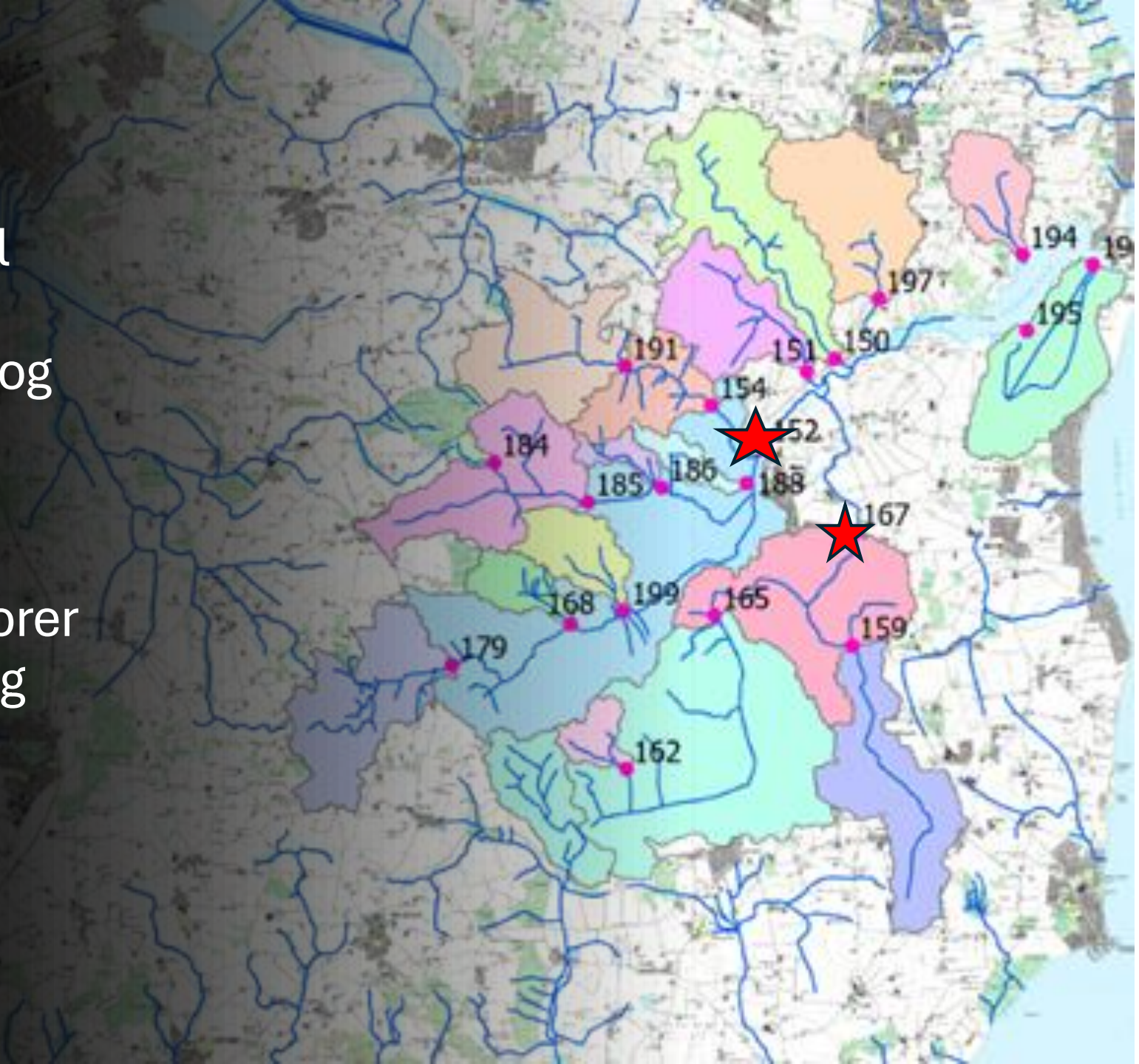
Fosforkortlægningen anviser, hvor bestemte virkemidler kan have en effekt.

Vi kan regne på de virkemidler, hvor der både kendes en effekt, og hvor areal-potentialet for anvendelse af virkemidlet kan bestemmes.

Målestationer i oplandet til Norsminde fjord til sensormåling af transport og stationer til analyse af 'hot spots'.

Hovedstationer med sensorer og automatisk prøvetagning med ISCO under regn:

- nr. 152 (Odder å)
- nr. 167 (Rævs å)



VIGTIGE TAG MED HJEM BESKEDER

1. Målinger med turbiditetsensor, som proxy for total fosfor, viser sig at virke i de fleste især mindre vandløb, hvor diffuse fosforkilder dominerer – skal dog kalibreres i de enkelte vandløb.

2. Resultater viser at måling af total fosfor i vandløb med stikprøvetagning har en stor usikkerhed, oftest med en stor undervurdering af den månedlige og årlige gennemsnitskoncentration og transport.

3. De sidste 10 år har vi på Ecoscience, AU udviklet viden om transportveje for fosfor i landskabet og viden om effekten af en lang række virkemidler knyttet hertil.

4. Vi mangler viden om, hvor det 'umålte' fosfor stammer fra, hvornår det transporteres til søer og fjorde, samt fra hvilke kilder og transportveje?