

Eurofimodellen:

Grovsimulering av påvirkning på
oksygenforhold i resipienters dypvann

av Christian Vogelsang

(christian.vogelsang@niva.no)



- Behovet for en enkel eutrofimodell
- Hvordan modellen er bygget opp
- Hva modellen kan brukes til, og ikke brukes til
- Eksempel

Behovet for en enkel eutrofimodell

- Mange norske vannforekomster har allerede god økologisk tilstand
- **Usikkerhet om eutrofieringsrisiko**
- Krever relativt mye data av riktig type, fra riktig sted til riktig tid over flere år (mangler spesielt data for biota)

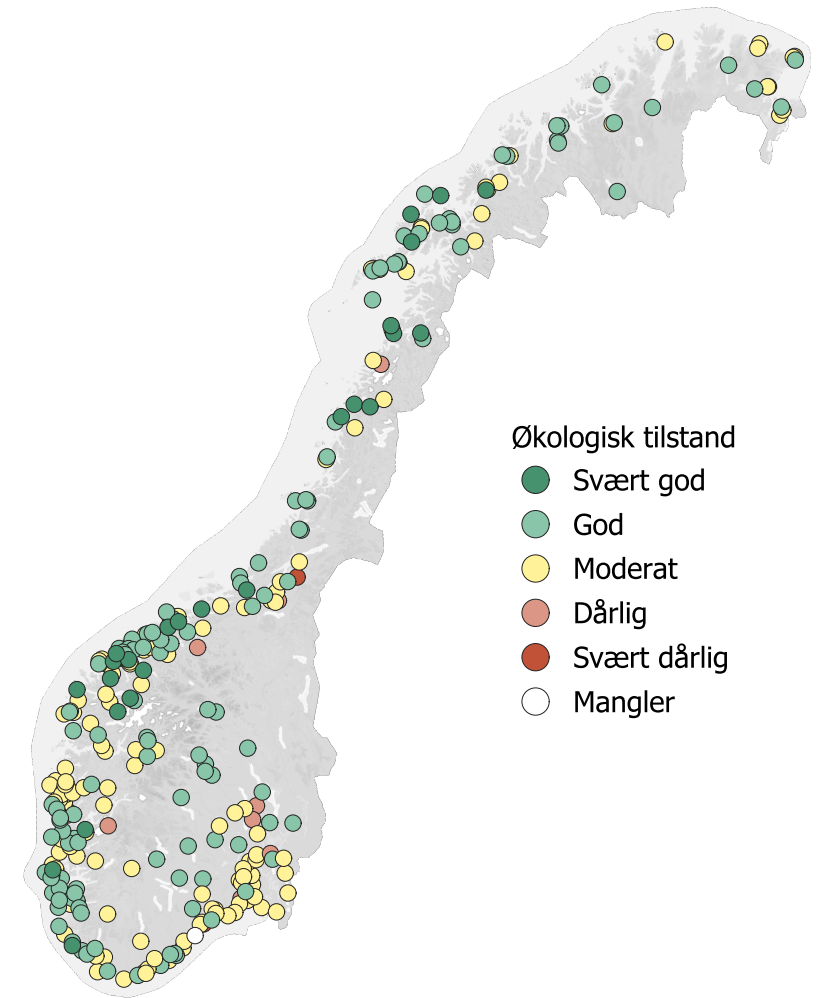

8095-2025
Identifisering av vannforekomster sensitive for eutrofi

152 vannforekomster* påvirket av tettbebyggelser >10 000 PE undersøkt:
➤ **Ingen med nok data til å konkludere**

*) 5 innsjøer, 11 elver, 136 kystvann



Økologisk tilstand i vannforekomstene tilknyttet avløpsrenseanlegg $\geq 1\ 000$ pe



Kommunen/Statsforvalter som forurensningsmyndighet

- Hva er den **reelle** belastningen på resipienten i dag?
- Hvor mye større belastning **tåler** den?
- Hvordan ta hensyn til tilførsler fra kilder som ikke krever utslippstillatelse?
- Hvor stor **sikkerhetsmargin** bør man operere med?
- Hva er **effekten** ute i resipienten av ulike tiltak?
- Hvordan kan denne effekten **predikeres**?
- Hvordan vurdere betydningen av **utslippssted**?
- Kan/bør utslippstillatelsene skreddertilpasses resipientens behov?
- Hvordan sørge for forutsigbarhet og likebehandling?

Modellering:

- Datakrevende
- Tidkrevende
- Kostnadskrevende

- Ca. 34 000 vannforekomster i Norge
 - 2 300 kystvann
 - 6 800 innsjøer
 - 23 300 elver
 - 1 400 grunnvann

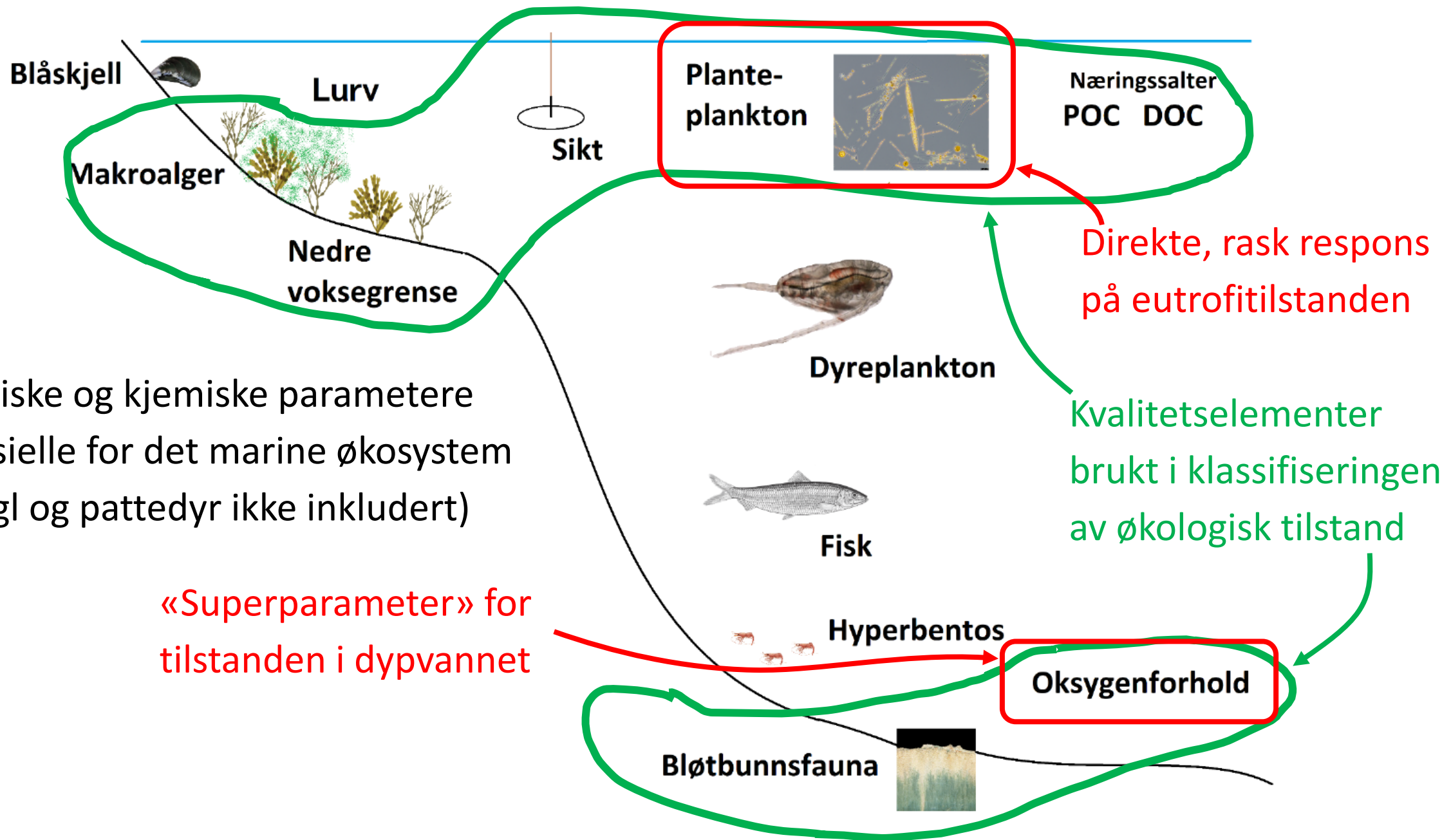


KS

Nytteverdi av skjerpede utslippskrav i revidert avløpsdirektiv

Vurdere den samfunnsøkonomiske nytteverdien av skjerpede rensekrav i revidert avløpsdirektiv, og hvordan disse varierer mellom ulike typer vannforekomster

NIVA: Utviklet grovkalibret modellverktøy for screening av vannforekomstenes sårbarhet for eutrofiering og effekt av tiltak



Biologiske og kjemiske parametere essensielle for det marine økosystem (sjøfugl og pattedyr ikke inkludert)

Vektet risikomatrixe

$$R_{eutrofi} = K_{\text{\textcircled{O}kologi}} \cdot V_{\text{\textcircled{O}kologi}} + K_{\text{oksygen}} \cdot V_{\text{oksygen}} + K_{\text{plankton}} \cdot V_{\text{plankton}}$$

Økologisk tilstand (red) Oksygentilstand i bunnvannet (blue) Tilstand planteplankton (nEQR) (green)

Klassifiseringsscore (under $K_{\text{\textcircled{O}kologi}}$) Relativ vekting (under $V_{\text{\textcircled{O}kologi}}$)

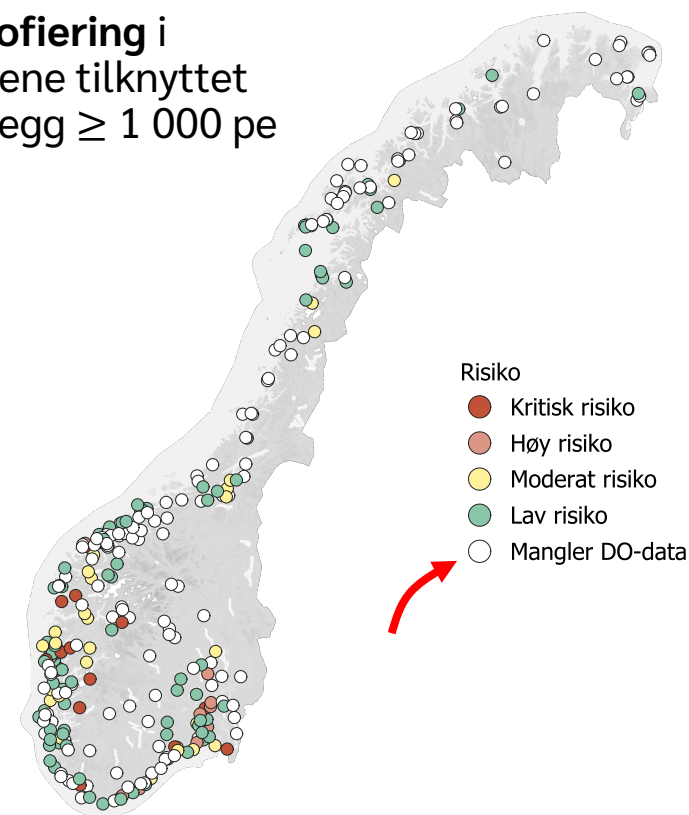
Tillegg grunne vannforekomster (<15 m) (under K_{plankton} and V_{plankton})

Klassifisering	Økologisk tilstand	Oksygen i bunnvann	Planteplankton nEQR	Makroalger nEQR	Makrofytter nEQR
	$K_{\text{\textcircled{O}kologi}}$	K_{oksygen}	K_{plankton}	-	-
Svært god	0,00	0,00	0,00	-0,05	-0,05
God	0,25	0,25	0,25	-0,05	-0,05
Moderat	0,50	0,60	0,50	0,00	0,00
Dårlig	0,75	0,85	0,75	+0,05	+0,05
Svært dårlig	1,00	1,00	1,00	+0,10	+0,10
Vekting	0,2	0,5	0,3	-	-

$R_{eutrofi}$	Risikoklasse	Tolkning av behov for tiltak
0,00 - <0,25	Lav risiko	God robusthet. Liten sannsynlighet for at O ₂ -tålegrense overskrides.
0,25 - <0,45	Moderat risiko	Begrenset sikkerhetsmargin. Nye/økta tilførsler bør vurderes kritisk.
0,45 - <0,65	Høy risiko	Reell fare for O ₂ -svikt. Tiltak bør vurderes/iverksettes.
≥0,65	Kritisk risiko	Tålegrensen er overskredet eller svært nær. Tiltak er nødvendige.

- Mangler nEQR planteplankton?
 - antar moderat tilstand
- Mange vannforekomster mangler oksygendata
 - Modellering

Risiko for eutrofiering i
vannforekomstene tilknyttet
avløpsrenseanlegg ≥ 1 000 pe



[OsloEconomics 2026]

Data fra MilDir's
FORURENSNING
-database

Rense-
anlegg

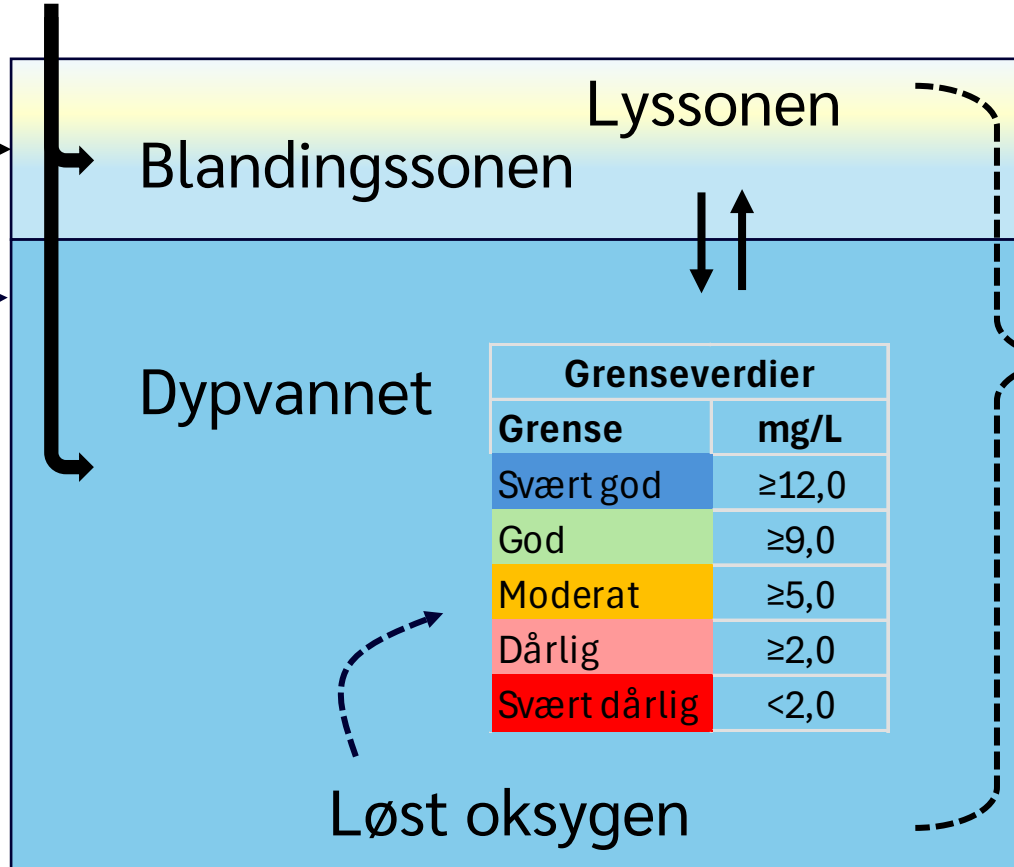
Innsjøvannforekomster

Diffuse
tilførsler*

*)

- Landbruk
- Spredt avløp
- Akvakultur
- Industri
- Urban
- Skog
- Fjell
- Innsjø

➤ Data fra TEOTIL

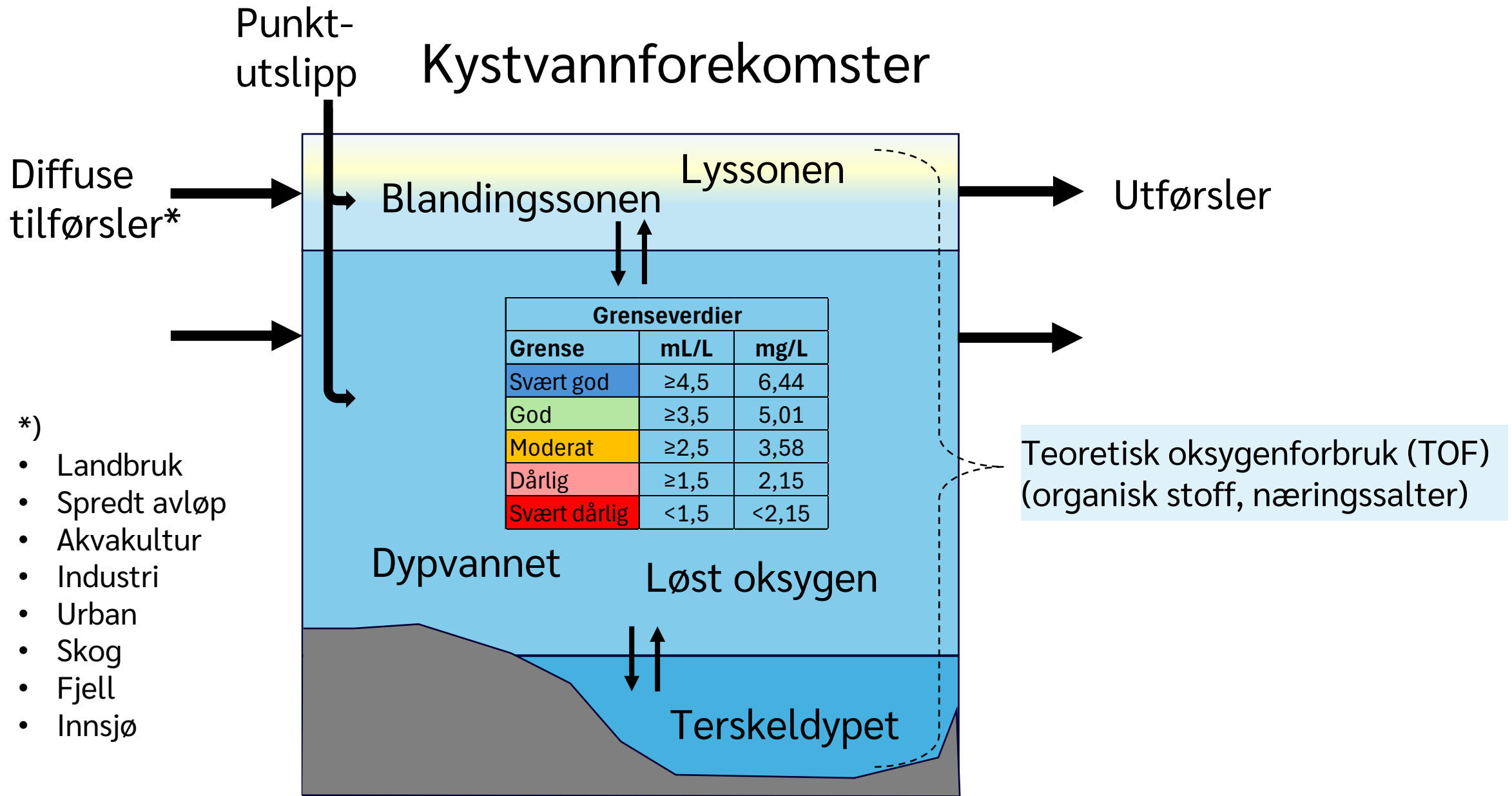


Utførsler

Teoretisk oksygenforbruk (TOF)
(organisk stoff, næringsalter)

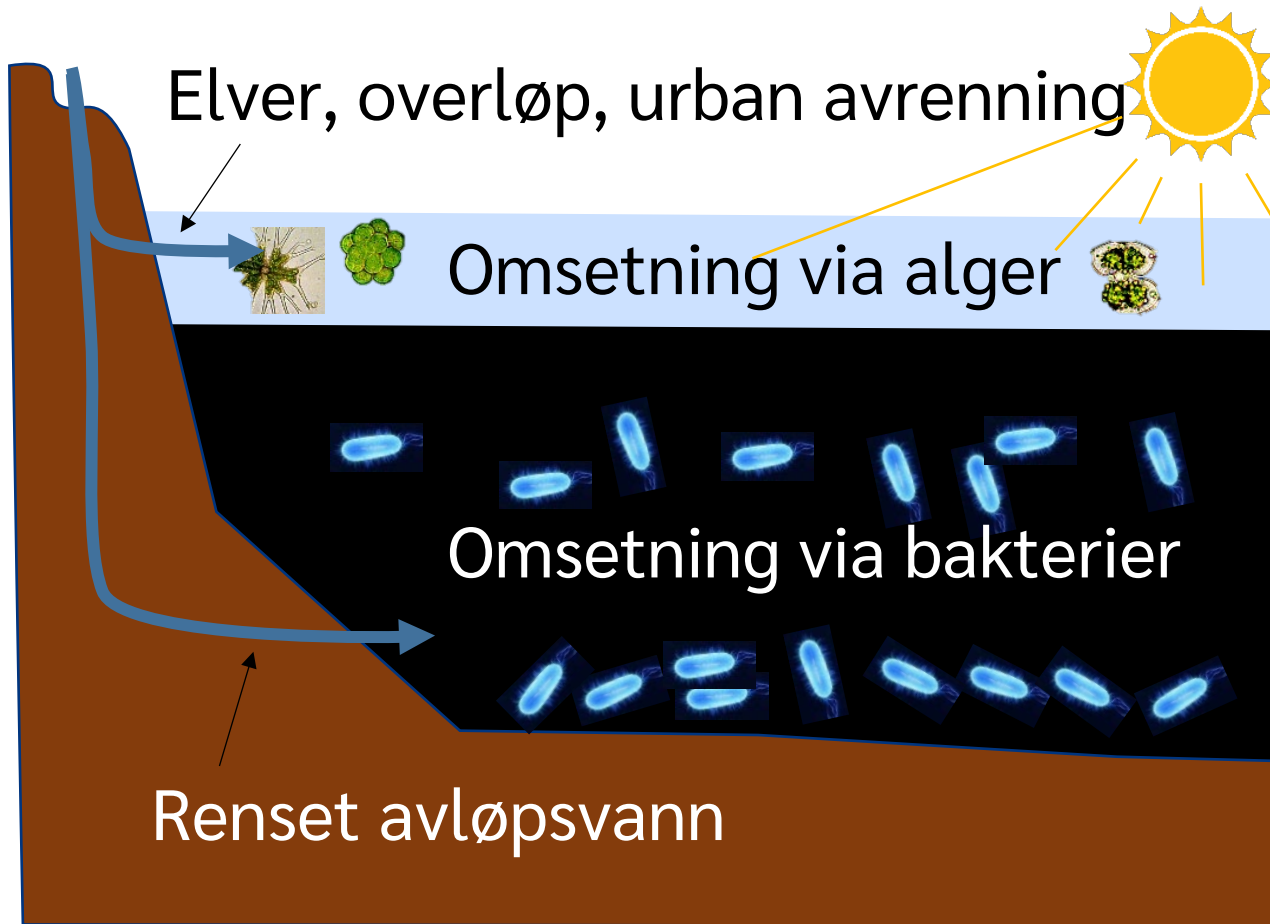
- Effektiv dybde, volum og omtrentlig oppholdstid fra vann-nett.no/geonorge.no
- Sjiktning:
 - Temperatur (ferskvann)
 - Salinitet (marint)

Kystvannforekomster



- *)
- Landbruk
 - Spredt avløp
 - Akvakultur
 - Industri
 - Urban
 - Skog
 - Fjell
 - Innsjø

Primær- og sekundærbelastning



NB: Gjelder ikke alle renseanlegg med direkte utslipp til fjorden

Organisk stoff

Nitrifikasjon

$$TOF_{ferskvann} = BOF5 + 4,57 \cdot NH_4 + 1528 \cdot TDP \cdot T_f$$

$$TOF_{marint} = BOF5 + 4,57 \cdot NH_4 + \left(143 \cdot TDP \cdot (1 - f_N) + 20 \cdot DIN \cdot f_N \right) \cdot T_f$$

➔ Sekundærbelastning ved nedbrytning av døde alger

Sesongvariasjoner:

- Temperatur
- Lysforhold

T_f : andelen at N/P som kommer opp i lyssonen
 f_N : andelen av tiden algeveksten er begrenset av DIN

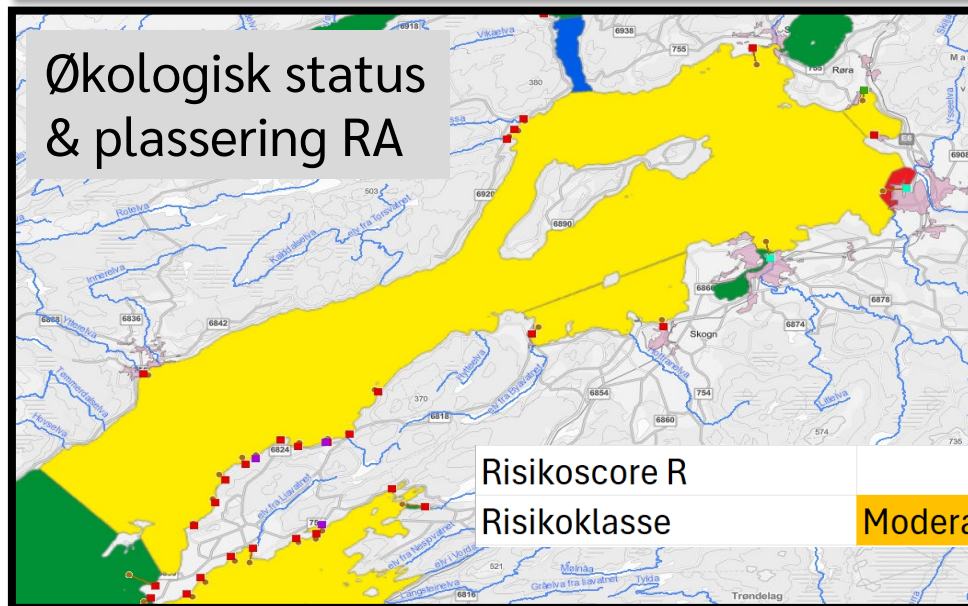
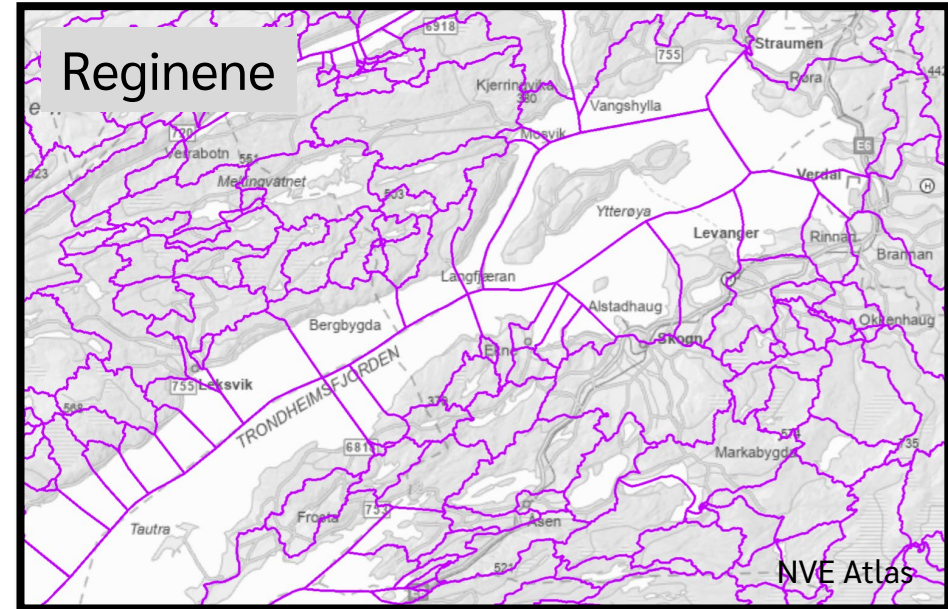
Svakheter og begrensinger i modellen

- Må anses som en beta-versjon
- Forenklet tilnærming og svakere forklaringskraft enn detaljerte økologiske, hydrodynamiske eller biogeokjemiske modeller.
- Tar ikke hensyn til:
 - næringssaltkonsentrasjonene (krever finere tidsoppløsning)
 - oksygenproduksjon og forbruk knyttet til planteplankton
 - vannkvaliteten til innkommende vann fra nabokystvannforekomst
- Resultatene følsomme for antakelser om oppholdstid, vannutskifting og omsetningshastigheter.
- Vannforekomsten må ha et visst dypvannsvolum ($z_{\text{eff}} > 30 \text{ m}$)

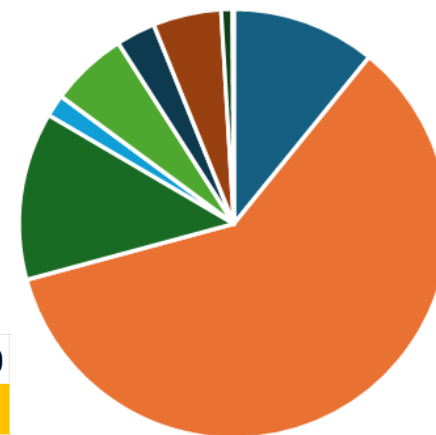
Hva modellen kan – og ikke kan – brukes til

- ✓ Estimere tålegrensen (O_2)
 - ✓ Koble tilførsler → oksygen
 - ✓ Vurdere sårbarhet
 - ✓ Teste «hva-hvis»-scenarier
-
- ✓ Presise prognoser
 - ✓ Lokal detaljoppløsning
 - ✓ Korttidseffekter
 - ✓ Vurdering av effekter på biologi

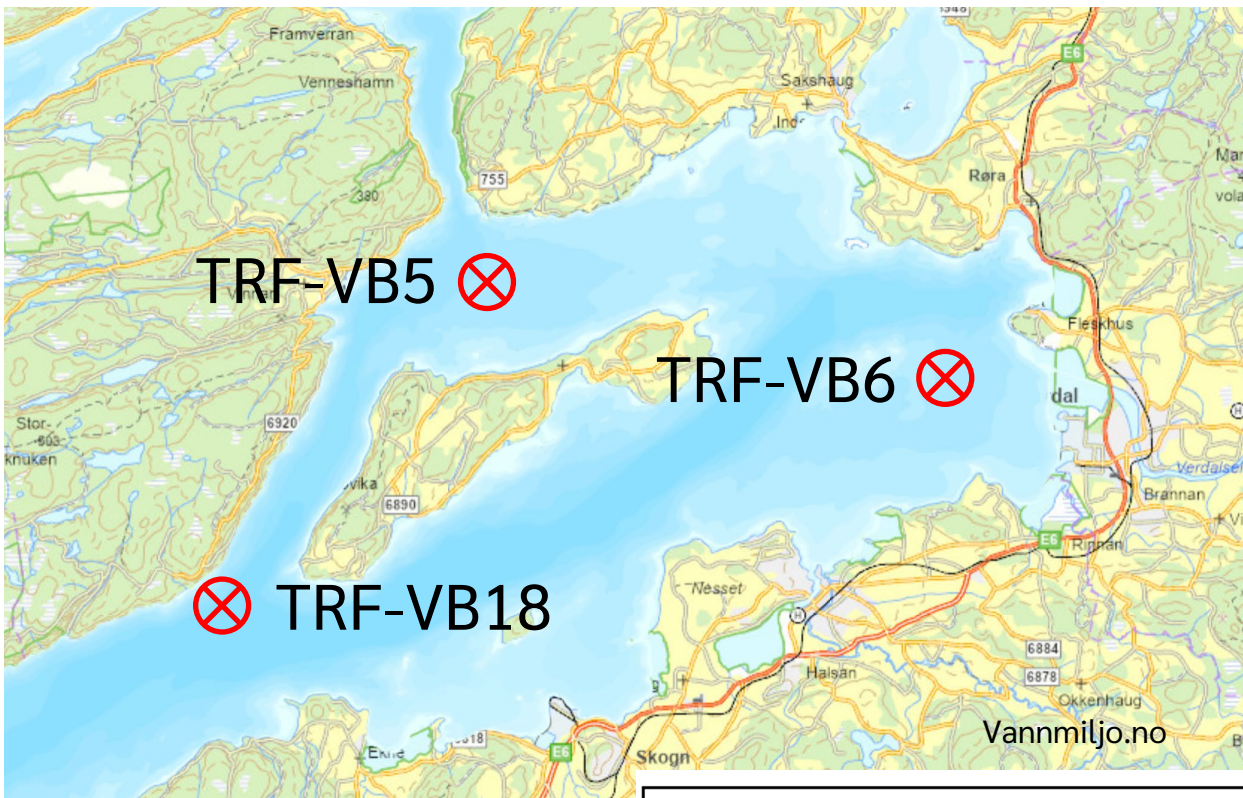
Eksempel: Trondheimsfjorden - Levanger



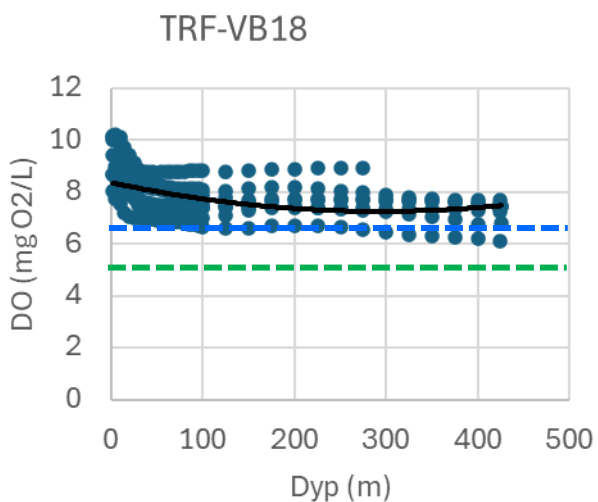
TOF-potensial



- Landbruk bakgrunn
- Landbruk
- Store rensanlegg
- Spredt avløp
- Akvakultur
- Industri
- Urban
- Skog
- Fjell
- Innsjø



Grenseverdier		
Grense	mL/L	mg/L
Svært god	$\geq 4,5$	6,44
God	$\geq 3,5$	5,01
Moderat	$\geq 2,5$	3,58
Dårlig	$\geq 1,5$	2,15
Svært dårlig	$< 1,5$	$< 2,15$

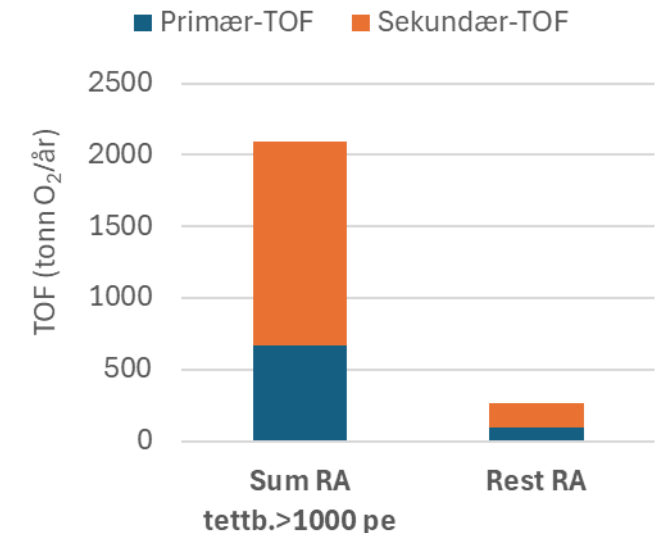


Stasjon	DO (mg O ₂ /L)		
	Q10	Q5	Min
TRF-VB5 (BT112)	6,91	6,83	6,62
TRF-VB6	6,88	6,63	6,35
TRF-VB18 (TRH-6)	6,92	6,70	6,13

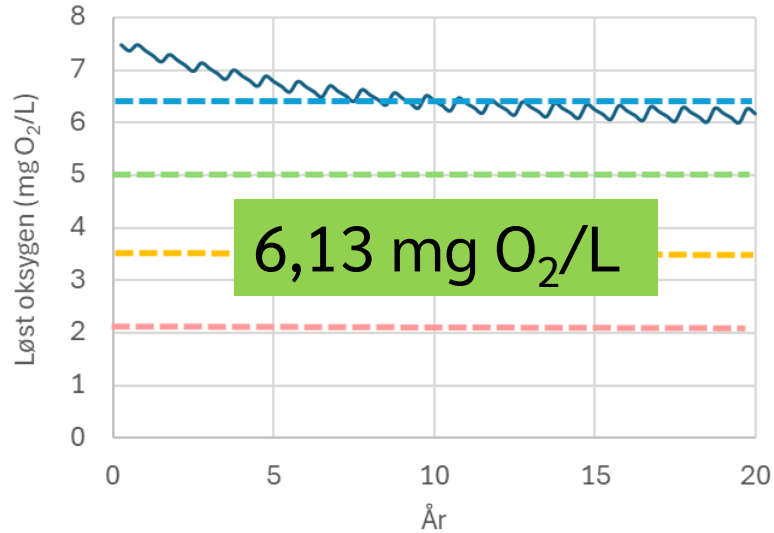
Kommunale avløpsrenseanlegg tilknyttet tettbebyggelser ≥ 1000 pe

Renseanlegg	Type renseanlegg	Tettbebyggelse Navn	Størrelse	BOF-belastning pe	Rensegrader (snitt 2021-2023)		
					BOF5 %	TOT N %	TOT P %
Skogn avløpsanlegg	Mekanisk - sil/rist	Skogn	2 872	2 885	20 %	15 %	15 %
Havna renseanlegg	Kjemisk	Levanger	12 733	12 991	74 %	20 %	92 %
Ørin renseanlegg	Kjemisk	Verdalsøra	33 599	32 757	78 %	20 %	92 %
Straumen renseanlegg	Mekanisk - sil/rist	Straumen i Inderøy	1 577	1 577	20 %	15 %	15 %
Leksvik RA	Mekanisk - sil/rist	Leksvik	1 783	1 746	20 %	15 %	15 %

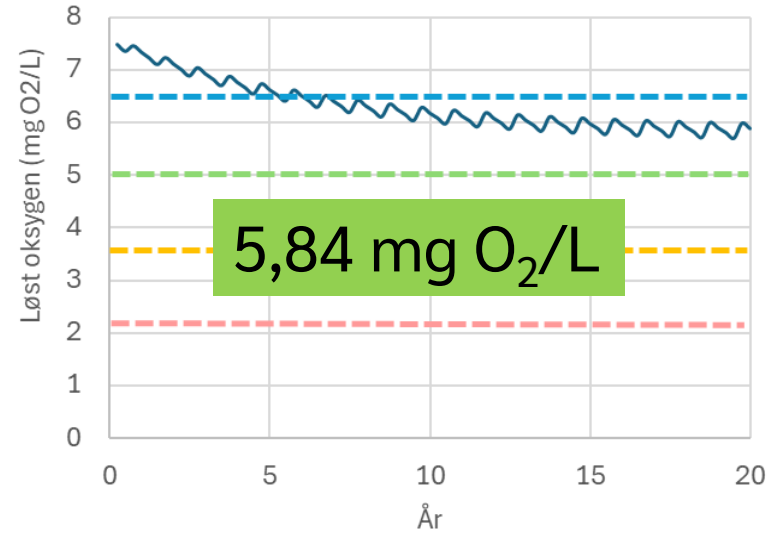
Renseanlegg	Utslippsdyp m	Andel opp i blandingssonen/lyssonen			
		Vinter	Vår	Sommer	Høst
Skogn avløpsanlegg	-19	1,00	1,00	0,00	1,00
Havna renseanlegg	-20	1,00	1,00	0,00	1,00
Ørin renseanlegg	-35	0,00	0,00	0,00	0,00
Straumen renseanlegg	-15	1,00	1,00	0,42	1,00
Leksvik RA	-7	1,00	1,00	1,00	1,00



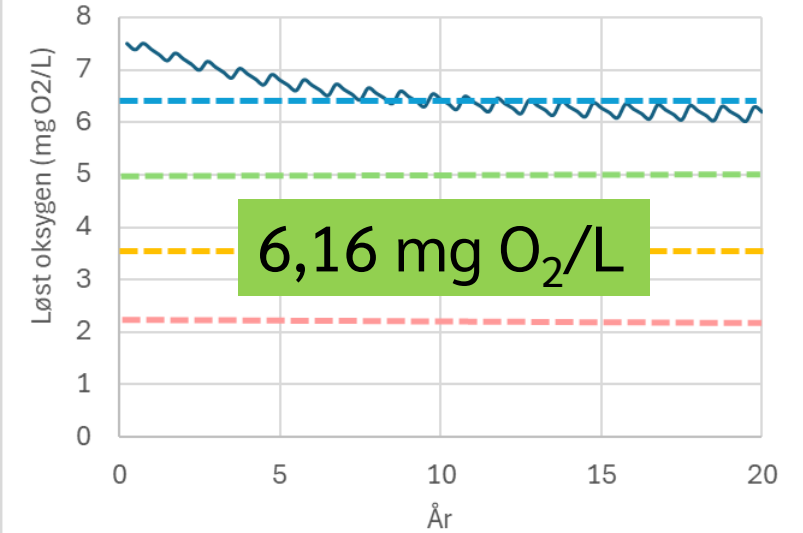
Dagens rensing



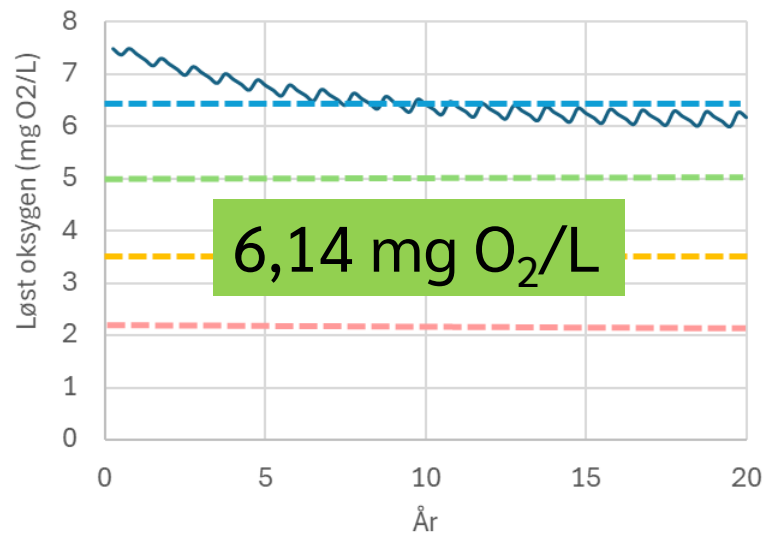
Ingen rensing



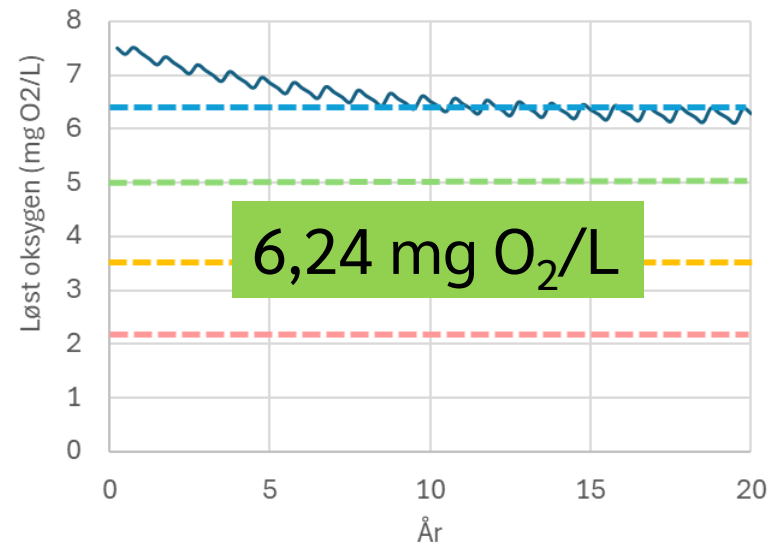
Overholdelse sekundærkravet



Overholdelse tertiærkravet for P



Overholdelse tertiærkravet for N



- Tilstanden god allerede
- Tilsynelatende liten effekt av å redusere tilførslene fra avløpsrenseanleggene

Avsluttende kommentar

- Primært egnet som et screening- og beslutningsstøtteverktøy for å identifisere vannforekomster med forhøyet risiko for eutrofiering og oksygensvikt, samt for å vurdere nytten av tiltak på overordnet nivå.
- Resultatene bør tolkes med nødvendig faglig skjønn og suppleres med lokale målinger og mer detaljerte undersøkelser.
- Modellen kan (relativt enkelt) tilpasses og forbedres for lokale vurderinger.