

Fra nitrogen- til fosforbegrensning og tilbake? Historisk utvikling i næringsbegrensning i boreale innsjøer.

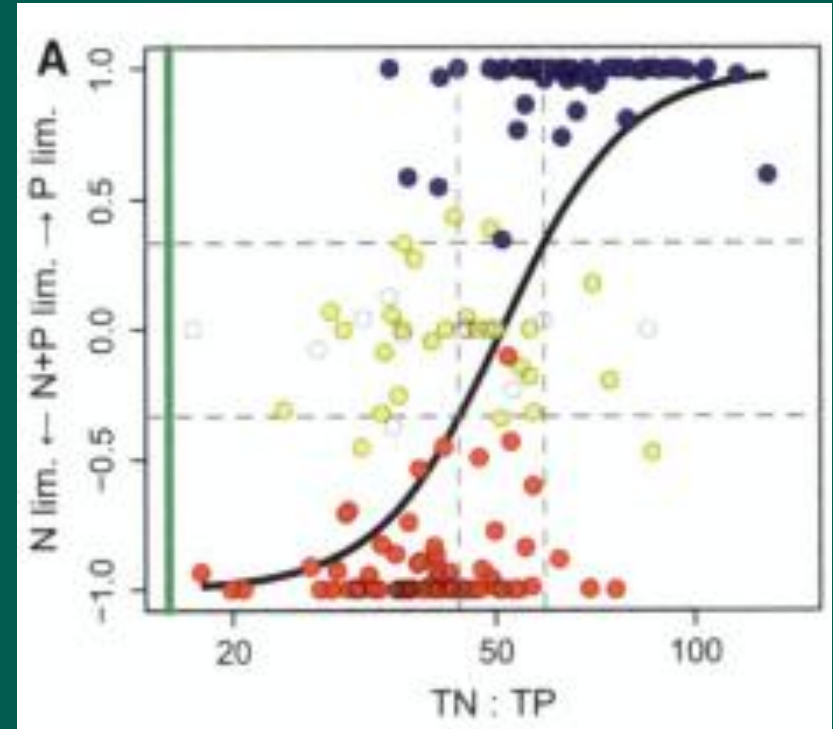
Thomas Rohrlack

Hvorfor fokuserer dagens vannforvaltning på reduksjon av fosfor?

Veilederen for klassifisering av innsjøer:

«Totalnitrogen brukes kun dersom vannforekomstene er nitrogenbegrenset, noe som hovedsakelig forekommer i sterkt eutrofierte vannforekomster. Nitrogenbegrensning kan forekomme dersom Tot-N / Tot-P forholdet er lavere enn 20 (på vektbasis, 50 molar) (middelverdi for vekstsesongen) og summen av nitrat (NO_3) og ammonium (NH_4) er under deteksjonsgrensen (dvs. $10 \mu\text{g/l}$) på minst ett tidspunkt gjennom vekstsesongen.»

Forholdet TN/TP klarer ikke å skille mellom N-, P- og N/P-begrensning. Bruk av feil grense mellom N- og P-begrensning, overvurderer betydningen av P som styrende faktor grovt (Ptacnik et al. 2010; Bergstrøm 2010, ++).



Hva viser moderne metoder?

Bergström, A-K., Blomqvist, P., & Jansson, M. (2005). Effects of nitrogen deposition on nutrient limitation and phytoplankton biomass in unproductive Swedish lakes. *Limnology and Oceanography*, 50, 987–994.

Elser, J. J., Andersen, T., Baron, J. S., Bergström, A.-K., Jansson, M., Kyle, M., Nydick, K. R., Steger, L., & Hessen, D. O. (2009). Shifts in lake N:P stoichiometry and nutrient limitation driven by atmospheric nitrogen deposition. *Science*, 326(5954), 835-837.

- Opprinnelig var de aller fleste innsjøer i Sverige, Norge og Nord Amerika begrenset av nitrogen.
- Økning i tilførsel av nitrogen via nedbør (sur nedbør, trafikk, industri, ...) tilførte alge-tilgjengelig nitrogen til innsjøer. Mer nitrogen uten tilsvarende økning i fosfor førte til at fosforbegrensning ble mer vanlig.
- Aktuelt har vi nitrogenbegrensning i innsjøer med lite deponisjon av nitrogen (mid-Norge og Nord-Norge, dobbeltbegrensning med nitrogen og fosfor i andre områder (Store deler av Sør-Norge) og ren fosforbegrensning i områder med mye deponisjon via nedbør (noen innsjøer i Oslofjordregionen og på Vestlandet og ofte bare om sommeren).
- **Konklusjon: Nitrogenbegrensning av alger er den naturlige situasjonen i Norge og spiller fortsatt en viktig rolle i norske innsjøer sammen med fosfor. Ren fosforbegrensning er mindre vanlig.**

Hvordan vil situasjonen utvikle seg i fremtiden?

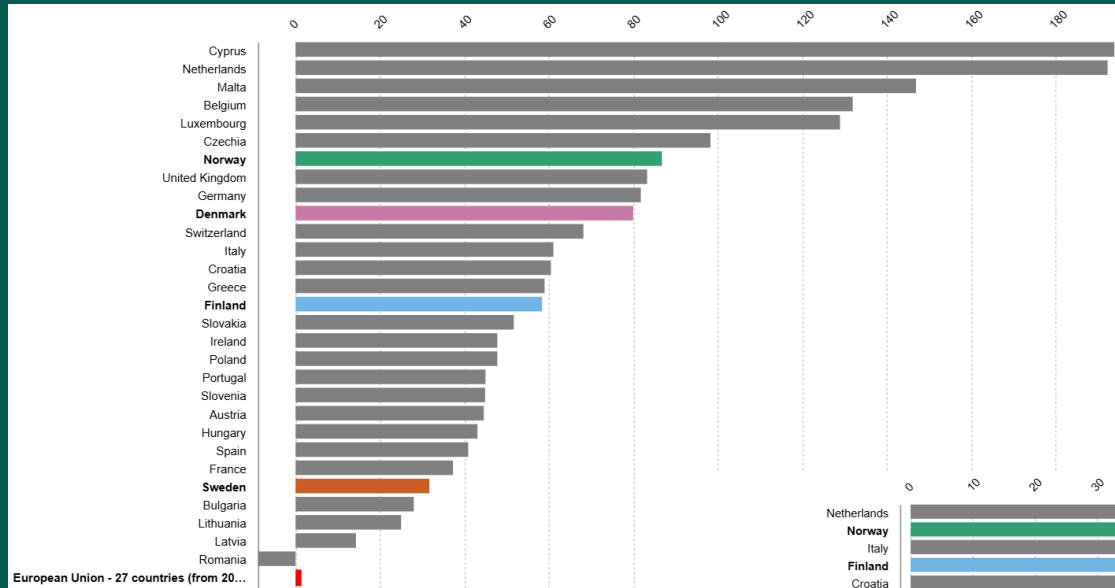
Aas, et al. (2024). Trends in Air Pollution in Europe, 2000–2019. Aerosol and Air Quality Research, 24, 230237.

Isles, P. D., A. Jonsson, I. F. Creed, and A.-K. Bergström. 2020. Does browning affect the identity of limiting nutrients in lakes? Aquatic Sciences 82: 1-14.

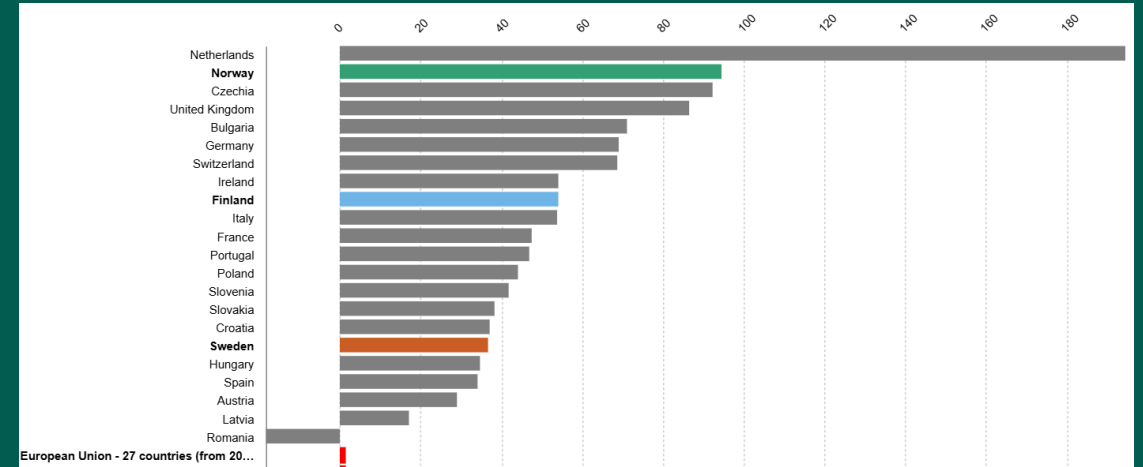
Brothers, S. and others 2014. A feedback loop links brownification and anoxia in a temperate, shallow lake. Limnology and Oceanography 59: 1388-1398.

- Deposisjon av nitrogen minker siden omtrent 1990 (ned med 25-30 %). Trenden fortsetter trolig, noe som kan øke betydningen av nitrogenbegrensning. Vi kan være på vei tilbake til den opprinnelige situasjonen (nitrogenbegrensning av alger).
- Innsjøene blir brunere (lake browning) og varmere (klimaendring) - mange innsjøinterne prosesser øker sannsynligheten for nitrogenbegrensning, mens sannsynligheten for fosforbegrensning reduseres
- **Konklusjon: Tiltak mot nitrogen støttes av regionale/globale prosesser. Situasjonen for fosfor er litt mer sammensatt.**

Er det mulig å redusere nitrogentilførsel? (her: Nitrogentap fra jordbruk - fra Eurostat)

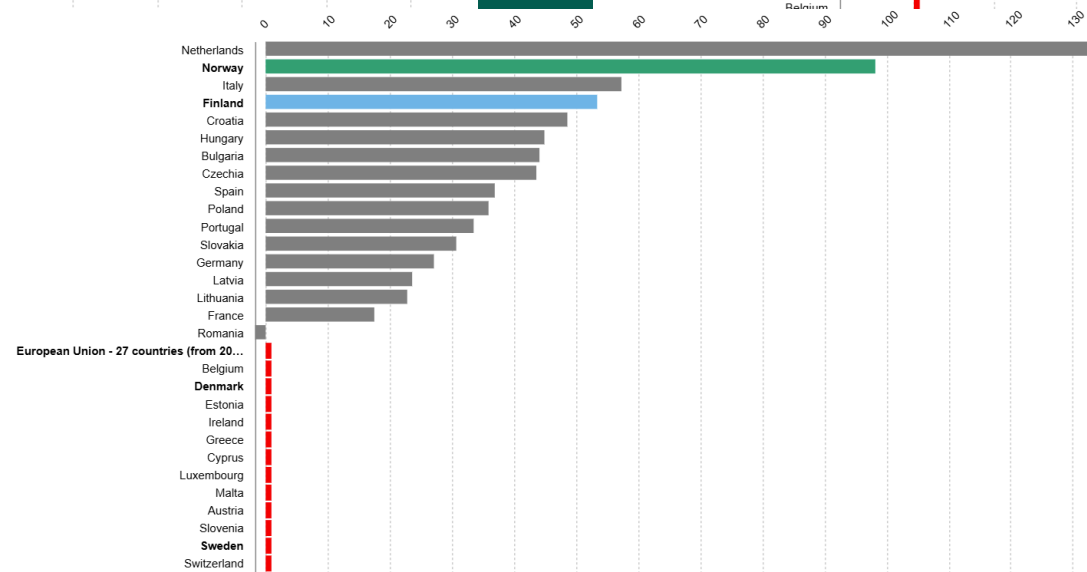


2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022



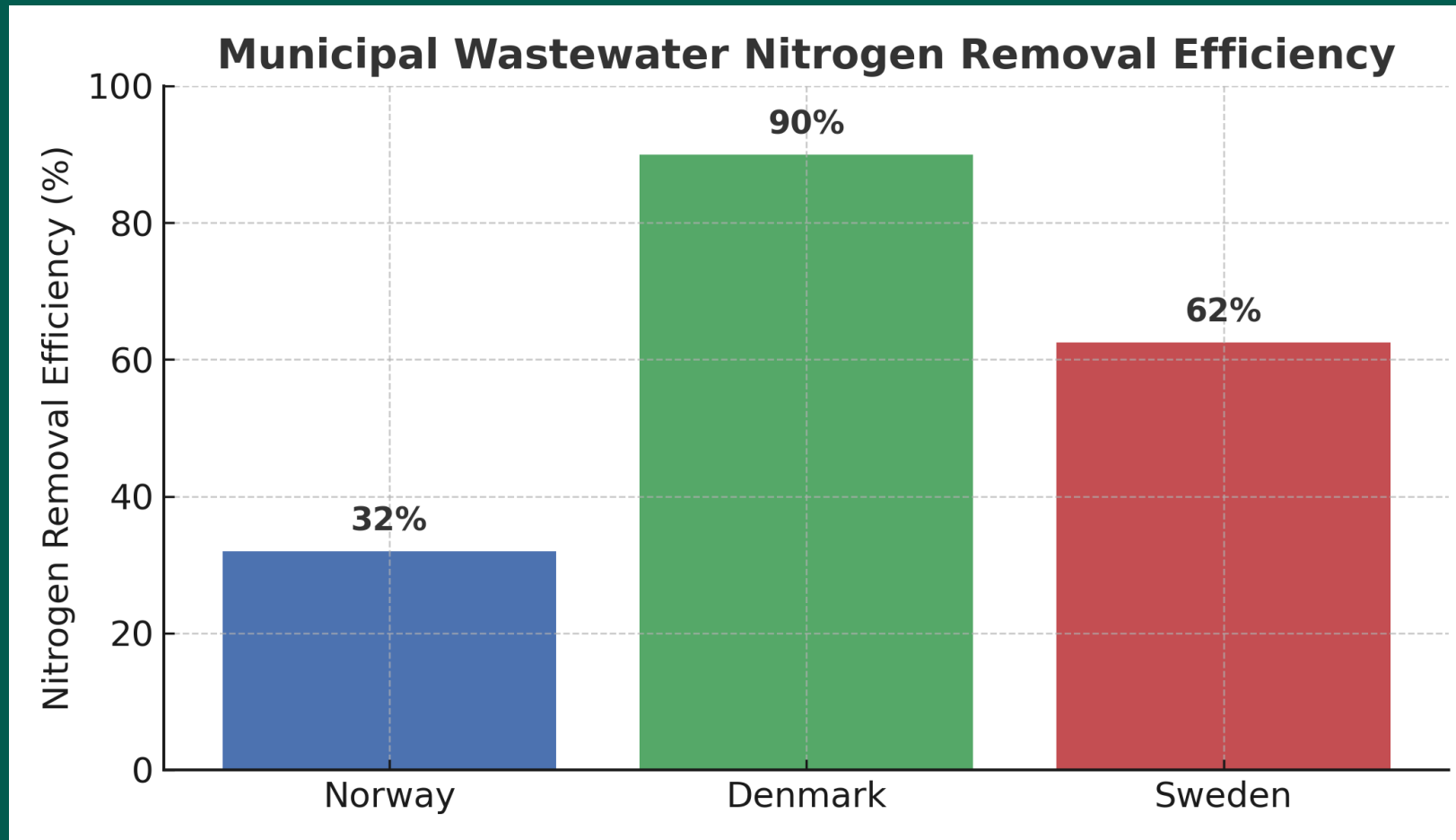
European Union - 27 countries (from 20...

2021 2022 2023



2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023

Er det mulig å redusere nitrogentilførsel? (her: Nitrogenrensning av avløpsvann - fra SSB og tilsvarende kilder i Sverige og Danmark)



Fremmer reduksjon av nitrogentilførsel oppblomstringer av N₂-fikserende blågrønnalger?

Decreased nitrogen loading controls summer cyanobacterial blooms without promoting nitrogen-fixing taxa: Long-term response of a shallow lake. T Shatwell, J Köhler. Limnology and Oceanography, 2019

Cyanobacteria and cyanotoxins: the influence of nitrogen versus phosphorus

AM Dolman, J Rücker, FR Pick, J Fastner, T Rohrlack... - PloS one, 2012 - journals.plos.org

- Reduksjon av nitrogentilførsel fører til nitrogenbegrensning av algeveksten
- Det ble ikke observert økt betydning av N₂-fikserende blågrønnalger
- N₂ – fiksering krever mye lys, mens tilgang til lys reduseres av browning og tilførsel av erosjonspartikler (leire)
- **Konklusjon: Tiltak som reduserer nitrogentilførsel fremmer trolig ikke oppblomstringer av blågrønnalger.**

Sammendrag

- Betydningen av nitrogen som styrende faktor ble oversett i lang tid.
- Tiltak mot nitrogentilførsel har stort potensial i vannforvaltning
 - Nitrogen alene eller sammen med fosfor styrer algemengden i de fleste norske innsjøer
 - Tilførsel via nedbør er på vei ned, mange muligheter til å redusere tilførsel fra jordbruk og kloakkrensning
 - Betydningen av nitrogen som styrende faktor for algeveksten vil trolig øke i fremtiden (pga. lake browning og klimaendring)
 - Lav risiko for oppblomstringer av blågrønnalger
 - Rask effekt av tiltak i jordbruk pga. svært mobile nitrogentyper som ikke binder seg til jordpartikler
- Men – vi må ikke erstatte rent fokus på fosfor med rent fokus på nitrogen
 - Innsjøer i områder med mye N deposisjon (f. eks. Østlandet) er begrenset av N og P eller av P alene, dvs. vi trenger en forvaltning som fokuserer både på N og P
 - I veldig produktive innsjøer med intergjødsling (Årungen, Akersvannet) kan reduksjon av nitrattilførsel uten tiltak mot fosfor øke interngjødsling med P, som kan føre til oppblomstringer