

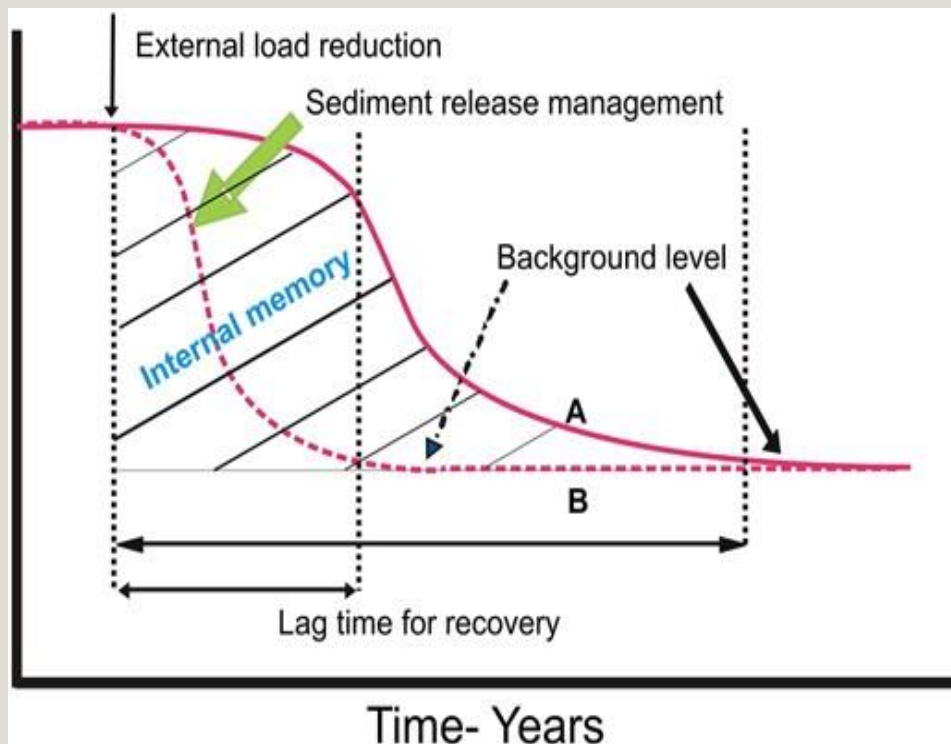
Åtgärder för att minska P läckage från sediment-

Metoder, resultat, och framsteg



Introduction

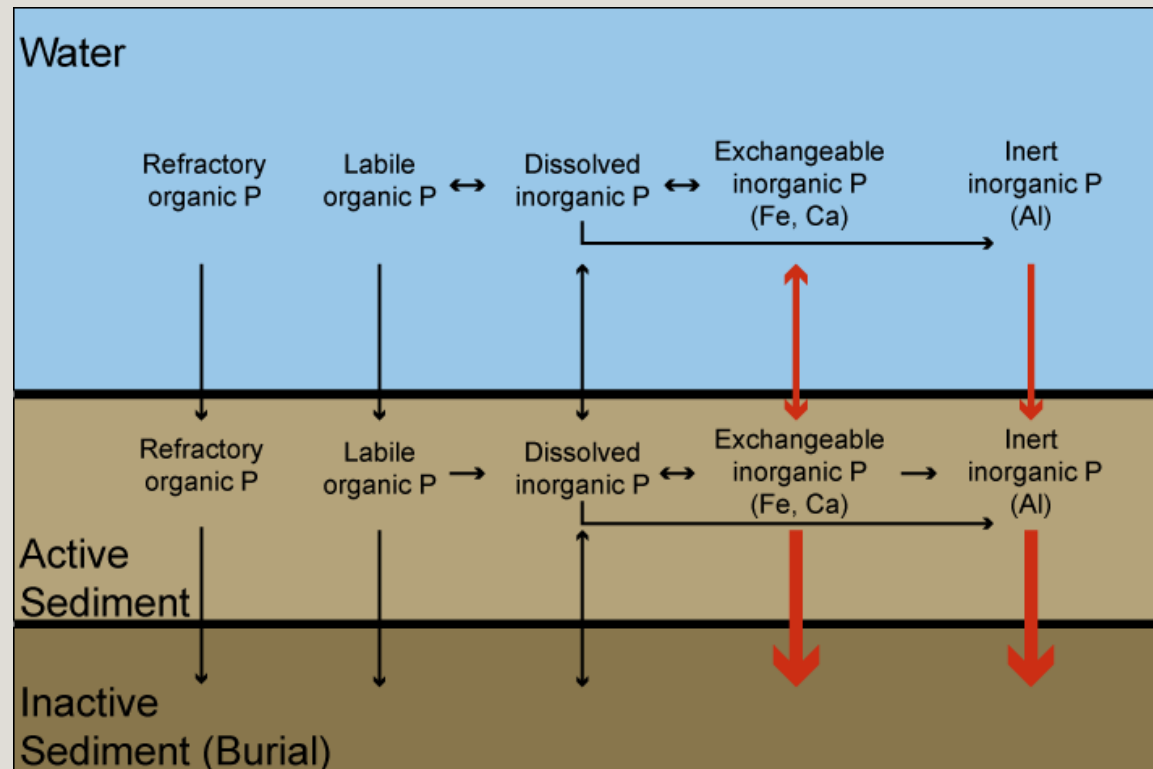
- Mycket har gjorts för att minska extern belastning av P till sjöar
 - Punktkällor och diffusa källor
- I många fall når vi inte målen
 - Gamla synder – d.v.s. historisk ackumulation av P i sediment
- Intern belastning av P
 - Sediment P läckage kan öka efter minskning av externa källor
 - P.g.a. av **jämviktsprocesser** (equilibrium processes)
- Anledning till < 50% långsiktig framgång vid tidigare restaureringsförsök i Europa och USA



Zamparas and Zacharias 2014

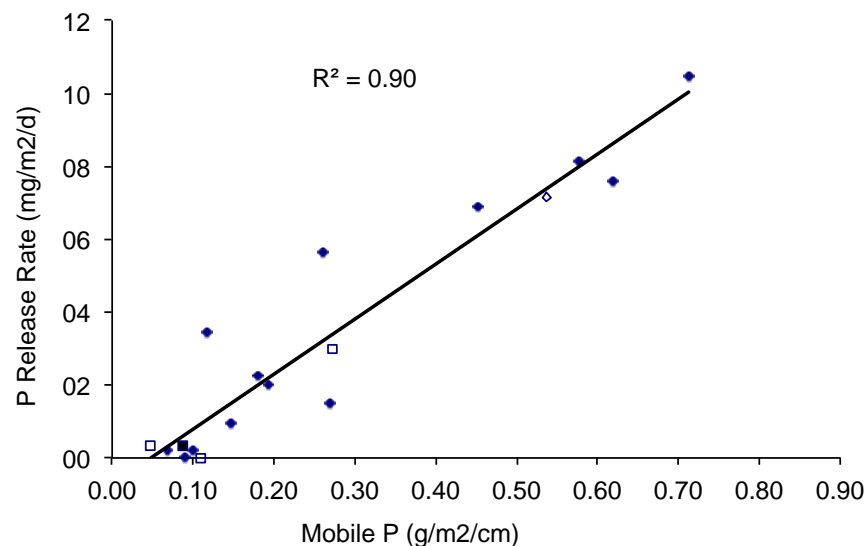
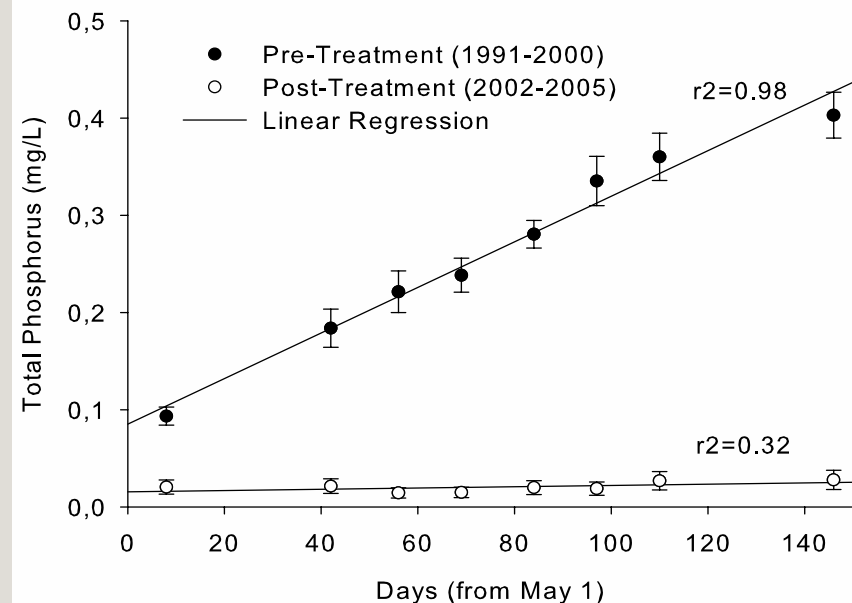
Intern belastning av P

- För att nå målen måste vi bryta (eller ändra) P-kretsloppet
 - Minska intern belastning av P
 - Muddring, omblandning, utfiskning
 - Inaktivering av P i sedimentet
- Mycket mer P (mobilt P) i sediment jämfört med bindningskapacitet
 - Al, Fe, Ca
 - Oftast det billigaste valet



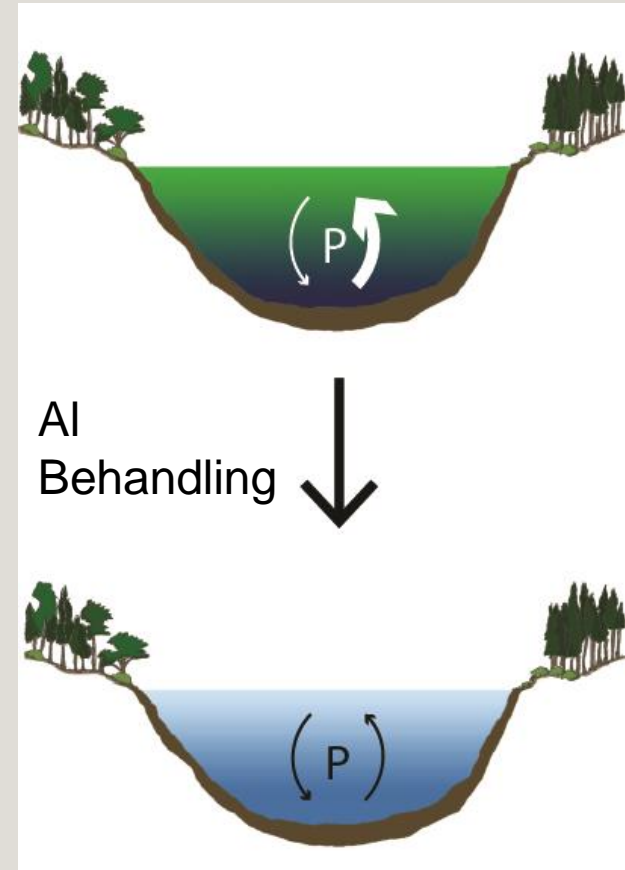
Hur mäter vi intern belastning?

- Ökning av hypolimnisk P
 - Netto/brutto intern belastning (Nürnberg 2009)
 - Svårt i grunda sjöar
- Modellering
 - Behöver en P budget
 - Intensivt
- Uppskatta med mobilt P
 - P läckage är direkt relaterat till mobilt sediment P
 - Ger potentiellt P läckage
 - Funkar modellen i Sverige?

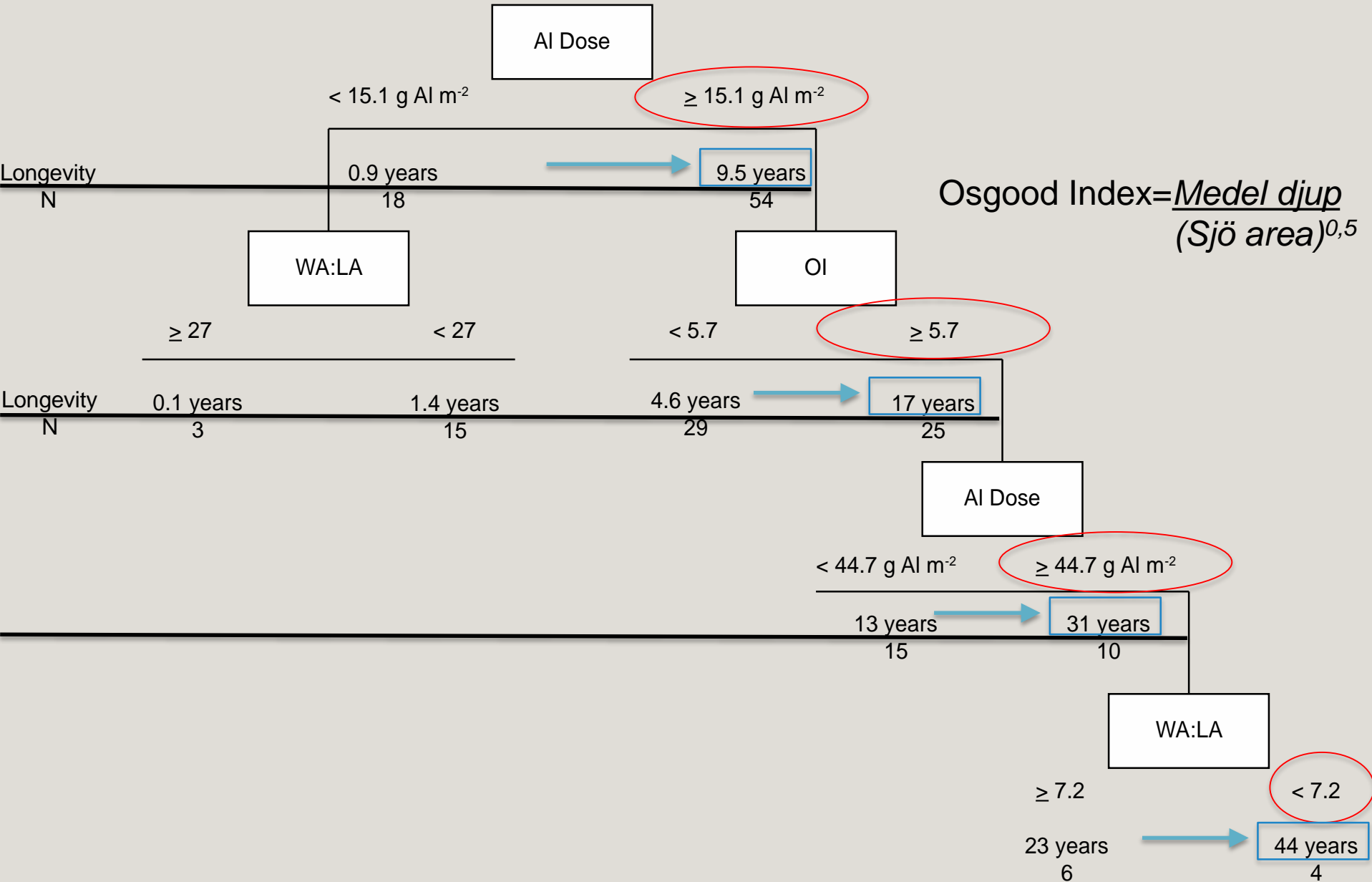


Aluminium fällning

- Använts i över 40 år i sjöar för att minska P
 - Några hundra år för att rena dricksvatten
- En nyligen genomförd forskningsstudie (114 sjöar)
 - Medellivslängd - 15 år (baserat på TP)
 - Grunda - 5,7 år
 - Djupa (siktad) - 21 år
- Vi utvecklade ett "Decision tree" baserat på de 114 sjöarna
 - Man kan bestämma om sediment inaktivering av P är nödvändigt i en viss sjö



Al fällning decision tree



Livslängd av AI behandlingar

- Kan uppskatta livslängd
 - WA:LA (avrinnings område/sjö area)
 - Osgood Index
 - AI dos (g/m²)

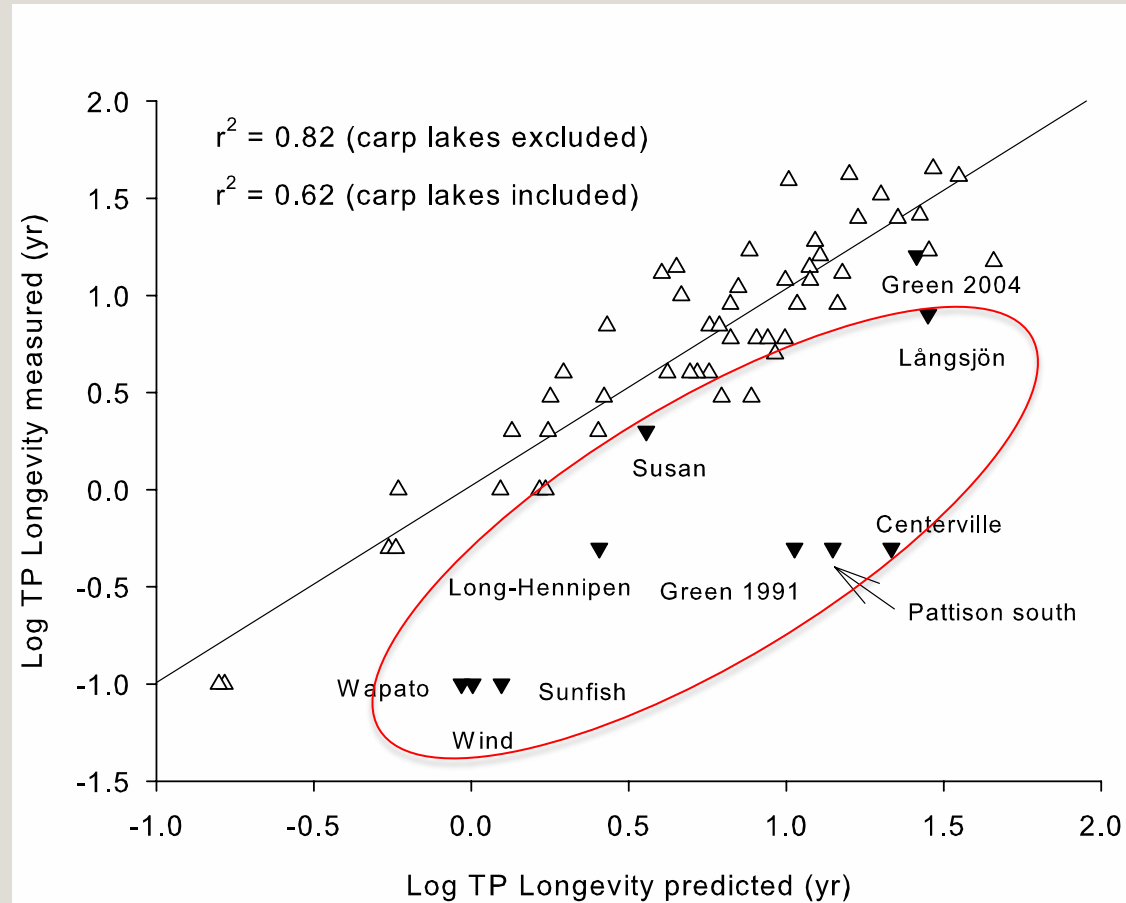
- Exempel -
 - Två sjöar, samma WA:LA och AI dos (60 g/m²)

Livslängd

Djup: 21 År

Grund: 13 År

- Medel AI dos i grunda sjöar- 33 g/m²
 - Livslängd = 5,5 år



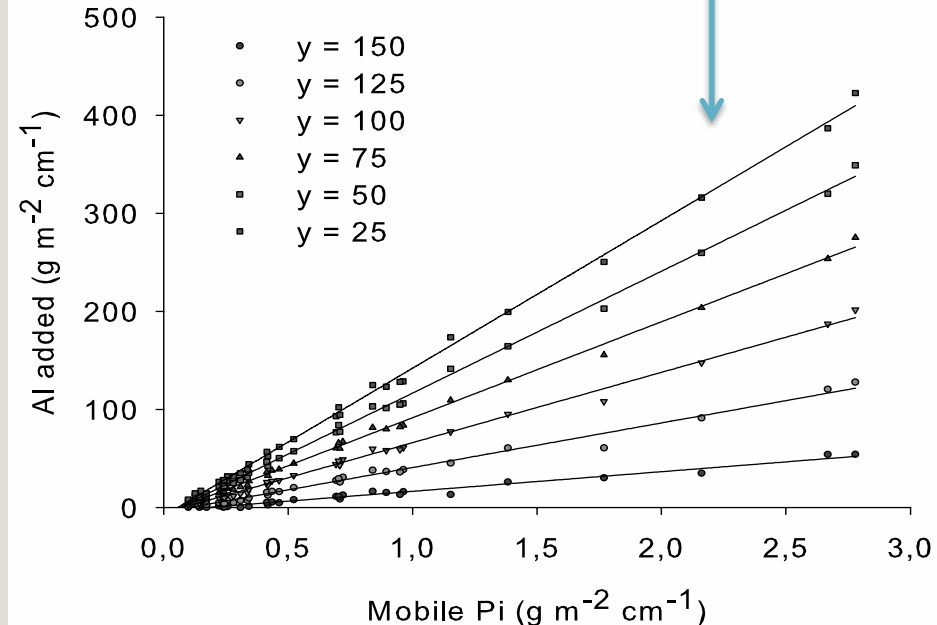
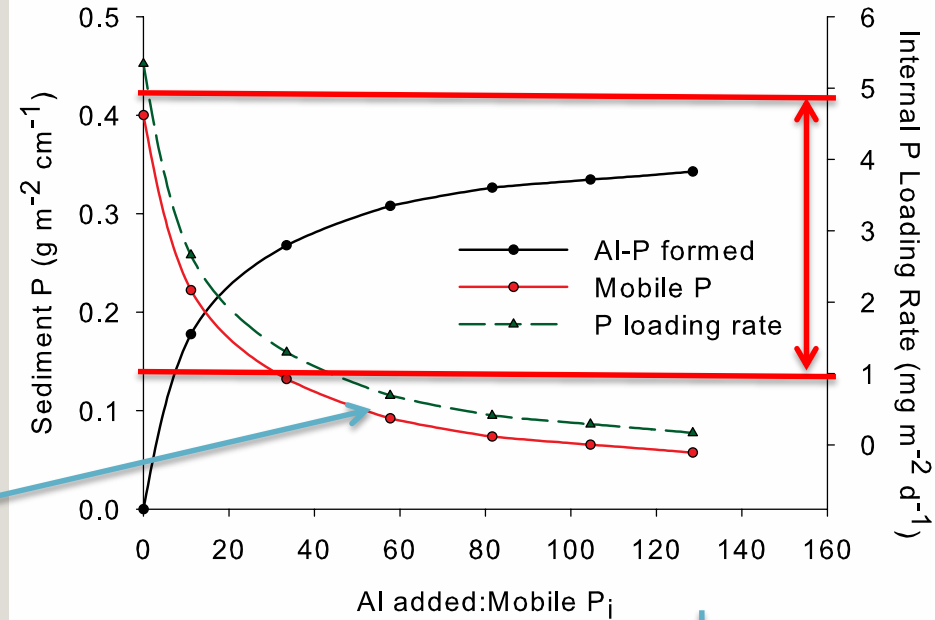
Huser et al. Water Research 2015

Aluminium dosering

- 1970 (Kennedy and Cooke 1982)
 - Alkalinitet
 - Inte baserat på P, bara buffringsförmåga
- Ca. 1990 (Kennedy et al. 1987)
 - Intern belastning av P (g/år)
 - Omöjligt att uppskatta hur många 'år' av internbelastning finns i sediment
- Ca. 2000 (Rydin and Welch 1999)
 - Mobilt P i sedimentet
 - Fraktioner som bidrar till intern belastning
 - Fe-P, porewater-P, lätt-bundet-P
 - Organiskt P
- 2014 (Huser and Pilgrim 2014)
 - 'Dynamisk' modell
 - Välja Al-dos baserat på mål för intern belastning

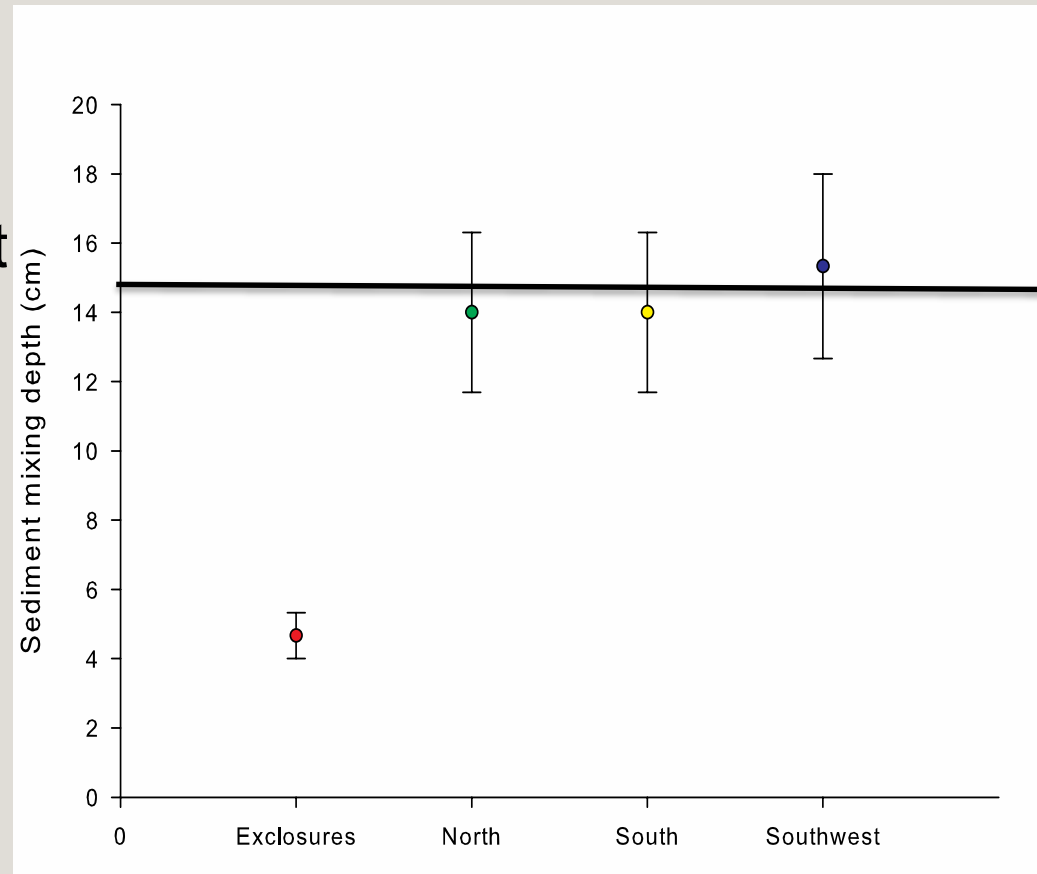
Dosering

- Exempel sjö
- Reducera läckage från 5 mg/m²/d till 1 mg/m²/d
- P läckage är direkt relaterat till mobilt sediment P (USA modell)
- Använd modell för att beräkna hur mycket Al som behövs för att minska mobilt P



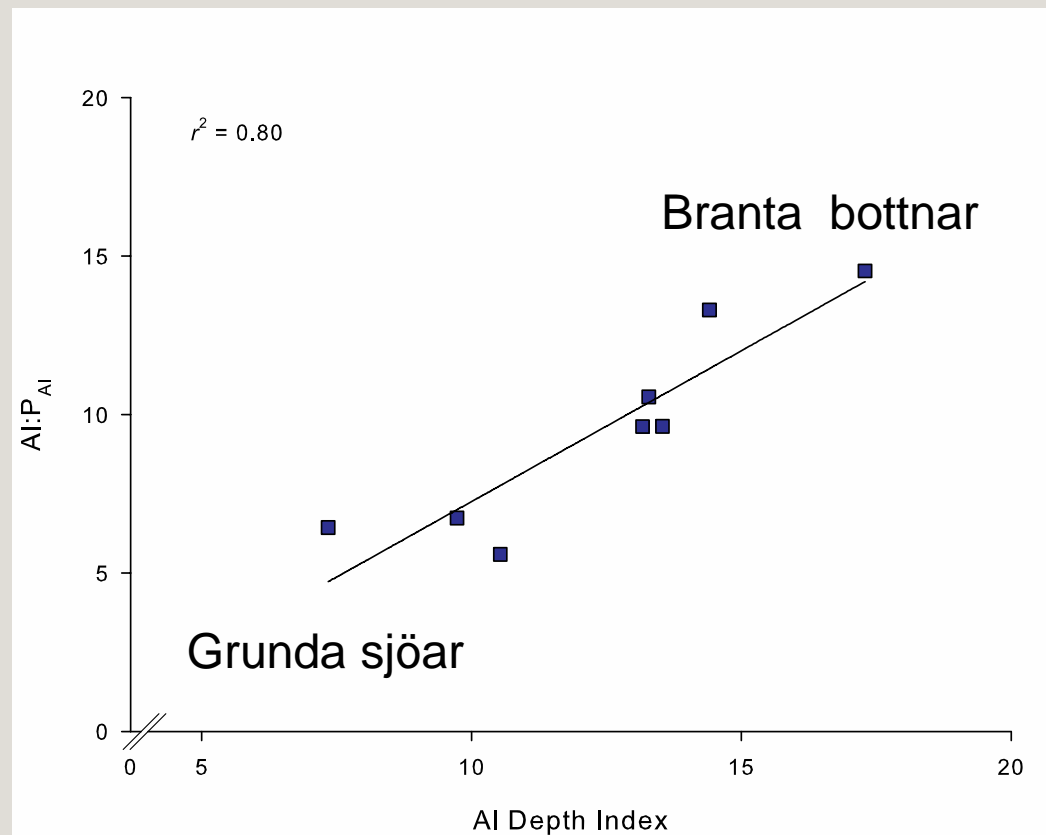
Bentiska fiskarter påverkar...

- Kohlman Lake, MN (US)
 - Karp (3,4 kg, 180kg/ha)
 - Sediment blandningsdjup ökade från 5 till 15 cm
- Dubbel så mycket tillgängligt mobilt P med karp
- Andra processer är också viktiga
 - Syrgas i sediment
 - Organiskt P nedbrytning
 - Ökad bindnings effektivitet?
- Gäller alla metoder för att minska intern belastning



Sjö morfologi påverkar...

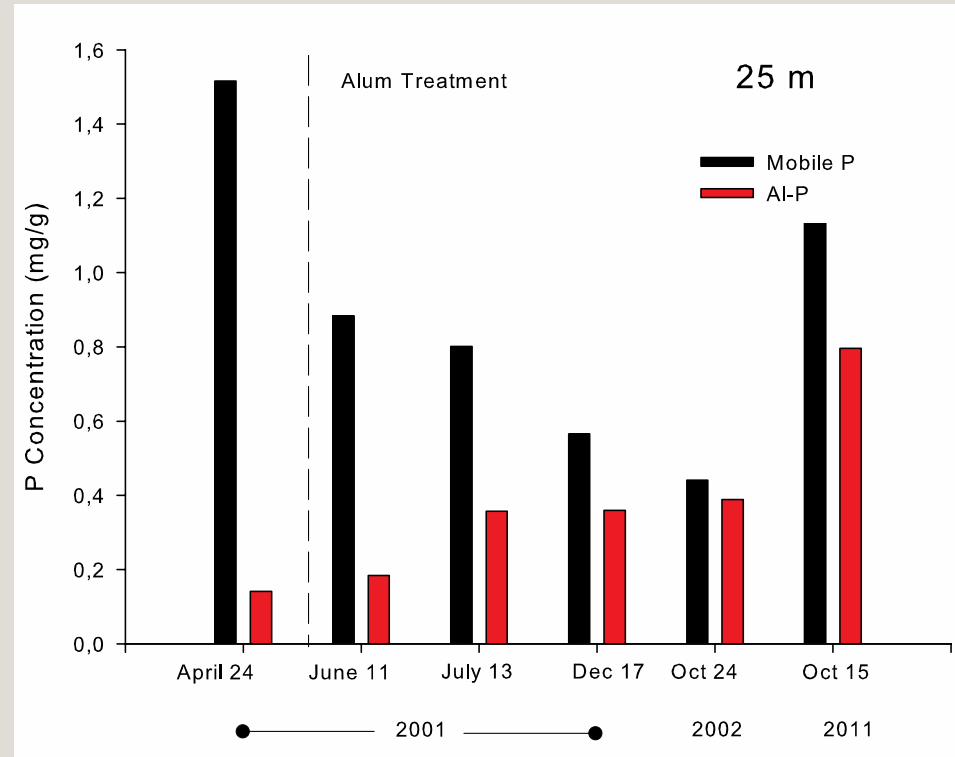
- Bindingseffektiviteten är olika i grunda och djupa behandlade sjöar
 - Kristallisering av Al utan bundet P
 - Al:Al-P kvoten varierar mellan 5 och 15
 - Al transporteras i branta områden till djuphålet
- Vi kan ta med det i beräkningen i en modell
 - Delar Al behandlingar



Al depth index = vattendjup/(sjö area)^{0,5}
 Huser, Water Research 2012

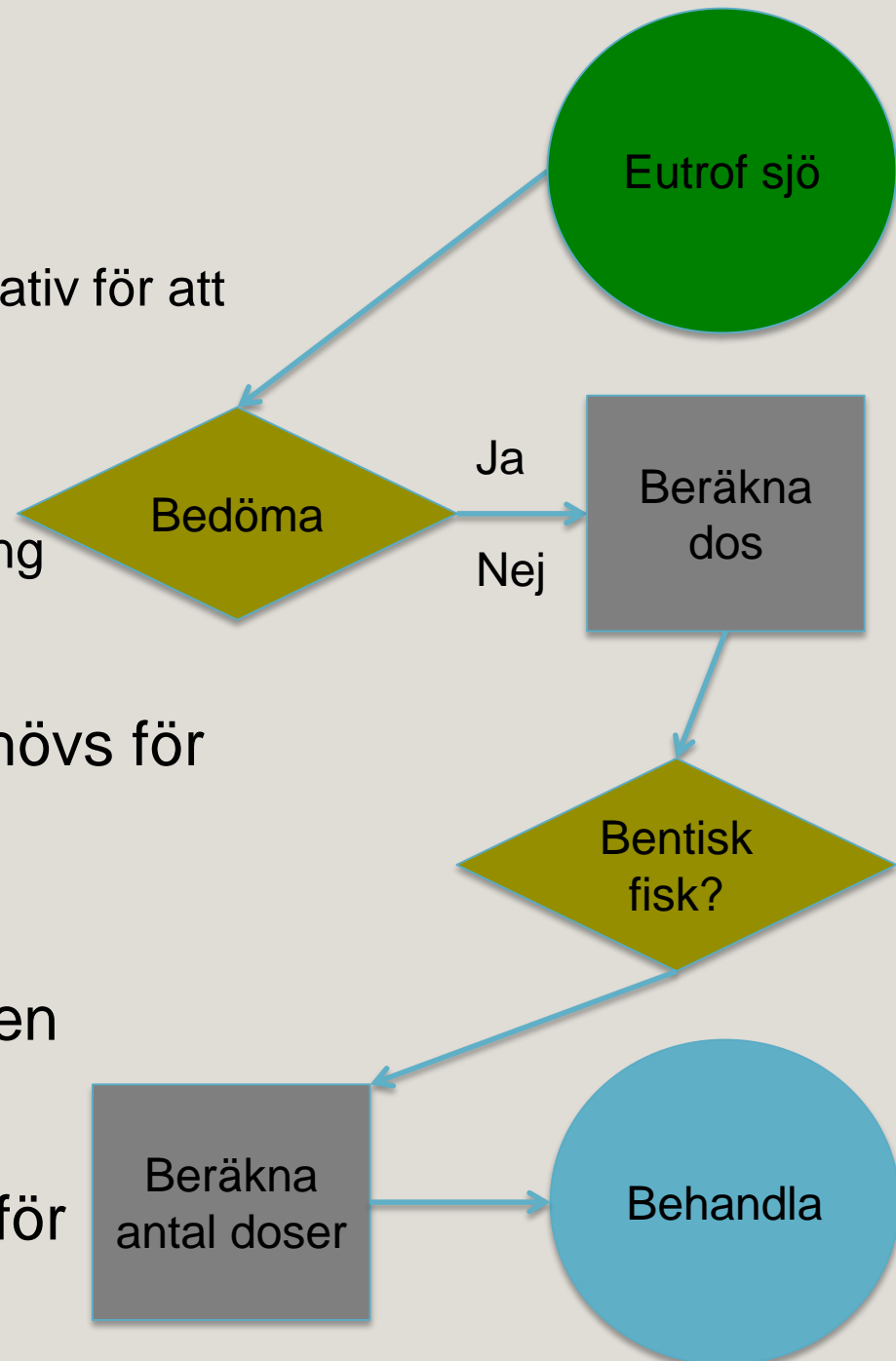
Hur mycket och var man tillsätter Al påverkar....

- Lake Harriet, MN (150ha, max djup 25m)
 - Al tillsattes enbart till littoral/grunda zoner (< 8m, 32 g Al/m²)
 - Al förflyttades till djupare delar av sjön
 - Minskade intern belastning 80% under första 2 år
- Bindnings effektivitet bra = 2,1 Al:Al-P
 - Delar upp stora behandlingar
 - Behandlar inte bara djupa områden



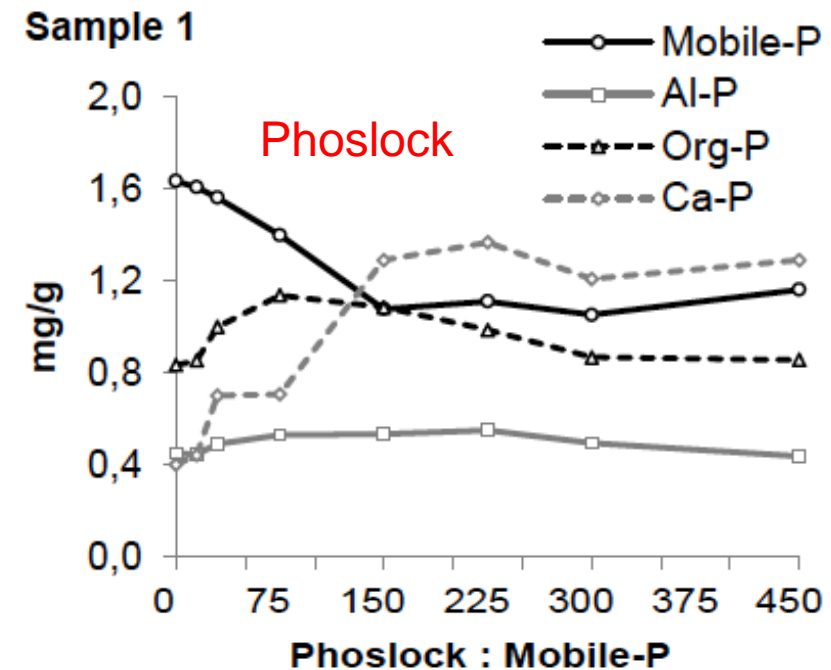
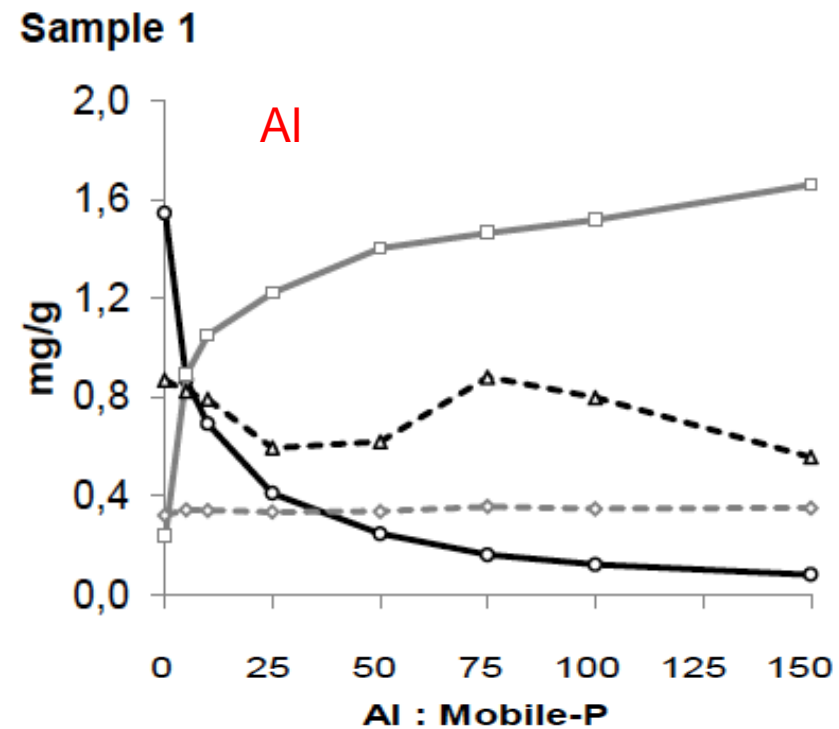
Hur lyckas man?

- Det är en process
 - Det gäller för många åtgärdsalternativ för att minska intern belastning
- Bedöma intern P belastning
 - Beräkna ett mål för intern belastning
 - Kommer AI att fungera?
- Beräkna hur mycket AI som behövs för att nå målet
 - Organisk P?
- Ta med bentisk fisk i beräkningen
 - Utfiskning eller
 - Ökad djup baserat dos
- Dela upp dos om det finns risk för minskad bindningseffektivitet



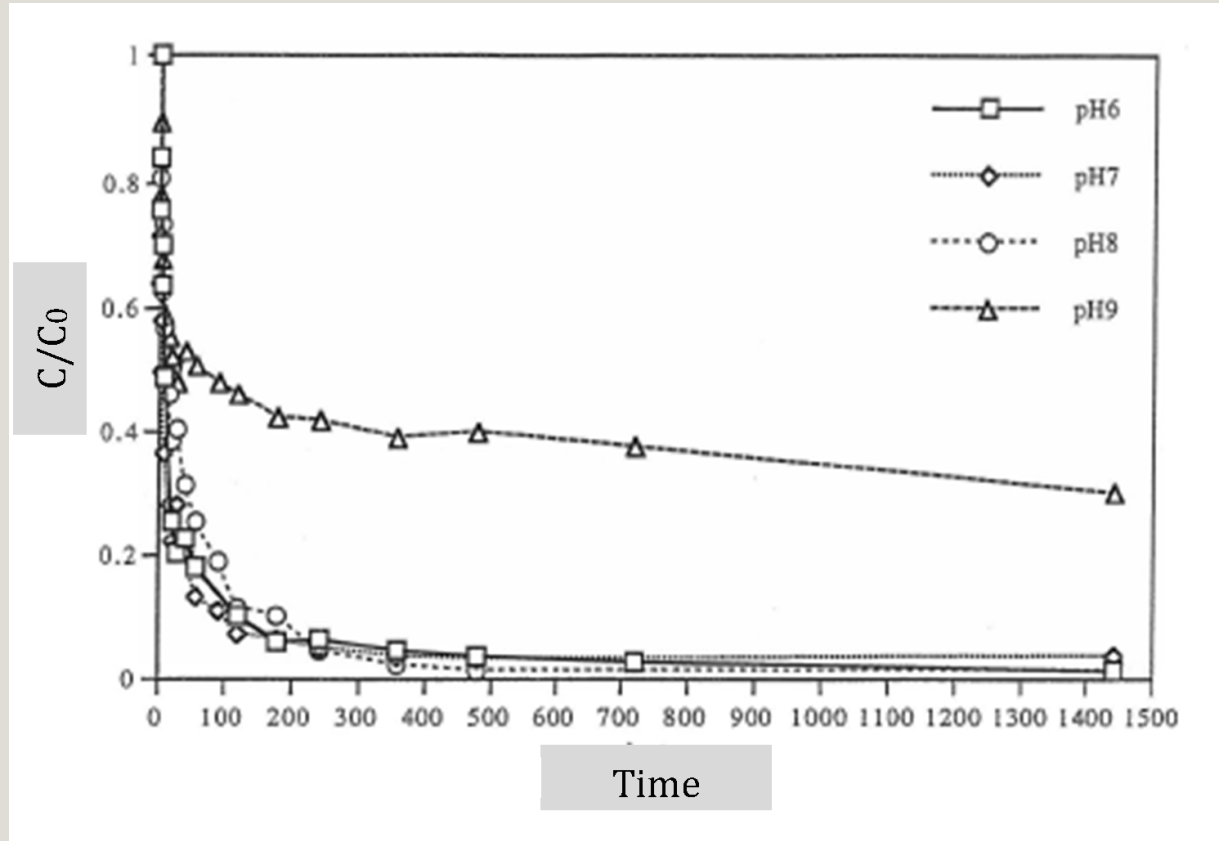
En ny möjlighet? Phoslock

- Phoslock
 - Modifierad lera med tillsatt lantan (La) för att öka P bindning
- Sediment provtogs från Växjösjön 2015
- Både Al och Phoslock tillsattes
 - Låga till mycket höga doser



En ny möjlighet? Phoslock

- P (fosfat) minskning i vatten (data från Phoslock)
 - 90+% inom 2 timmar



Douglas et al.
2000

- Max 40% minskning av mobilt P i Växjösjöns sediment

- | | Al | Phoslock |
|--------------------------------------|---------|----------|
| • Max minskning av intern belastning | 95-100% | 40% |

Kommande studier

- Biotillgänglighet (mobilitet) av organisk P i sediment
 - Använda sediment från Norra/Södra Bergundasjön
 - Ca. 1 mg/g organisk P i sedimentet
- Hur bentiska fiskarter påverkar nedbrytning av organiskt P i sediment och P kretsloppet i sjöar
 - Forsknings dammar på Drottningholm
 - Växjösjöarna
- Hur ökad sedimentblandning påverkar åtgärder som inaktivering av P i sediment
 - Al och Phoslock
- Kan man uppskatta intern belastning i svenska sjöar?
 - Mobilt P, organiskt P, Fe, etc.

Externa kontra interna åtgärder

- Är det möjligt att minska externa P källor tillräckligt mycket?
 - Hur mycket kostar det jämfört med att behandla P i sjön?
- Minneapolis Chain of Lakes (4 sjöar)
 - Tätort i huvudstaden i Minnesota
 - 6 miljoner besökare varje år
 - USEPA projekt, 12+ miljoner USD (år 2001)
 - P inaktivering i alla 4 sjöar- \$560,000 totalt
 - 1-49% minskning av externa källor (medel 17%)
 - Externa åtgärder, 6+ miljoner (ej inkluderat driftskostnader)
- Kostnadsberäkning (per borttaget kg P)
 - Konstgjorda våtmarker 44 ggr mer än sediment P inaktivering
 - 'Grit chambers' och 'Seperator Units' 600 ggr mer



Figure 1. Map showing the Minneapolis Chain of Lakes.



Externa kontra interna åtgärder

- Efter 25 år fortsätter bara en sjö att nå målen
 - Ett nytt projekt har planerats för en sjö
- P i ytvattnet är korrelerat till intern belastning
 - Även i sjöar med små minskningar av externa P källor
- Det blir en filosofisk fråga
 - Får man ta bort eller ändra de få naturliga områden, parker, mm. som finns i tätort för att minska P i dagvatten med våtmarker eller andra åtgärder?
 - Vad är värden av de här områdena jämfört med att behandla P i sjön?
- Det är också en kostnads fråga
 - Hur kan vi använda resurser på ett bra och långsiktigt sätt?

Sammanfattning

- I många fall måste intern belastning behandlats för att förbättra vattenkvalitet
- Sediment inaktivering av P fungerar
 - Vi kan uppskatta livslängden med lätt mätbar variabler
- Måste ta med bentisk fisk och kristallisering/bindnings effektiviteten i dos beräkningen
- Nya metoder finns för att binda P men mer forskning behövs
- Det är viktigt att göra en kostnadsberäkning för att bestämma var man skulle använda resurser

Tack till...

Natalia Palli Blazquez (Phoslock study)

Andreas Hedrén (Växjösjöarna)

Sara Egemose, Harvey Harper, Michael Hupfer, Henning Jensen, Keith Pilgrim, Kasper Reitzel, Emil Rydin, Martyn Futter (114 lakes study)

Jeff Lee, Mike Perniel, Martyn Futter (Internal vs. external measures targeting P)

Emma Göthe (språket)