

# Sjökalkning

Grundläggande principer

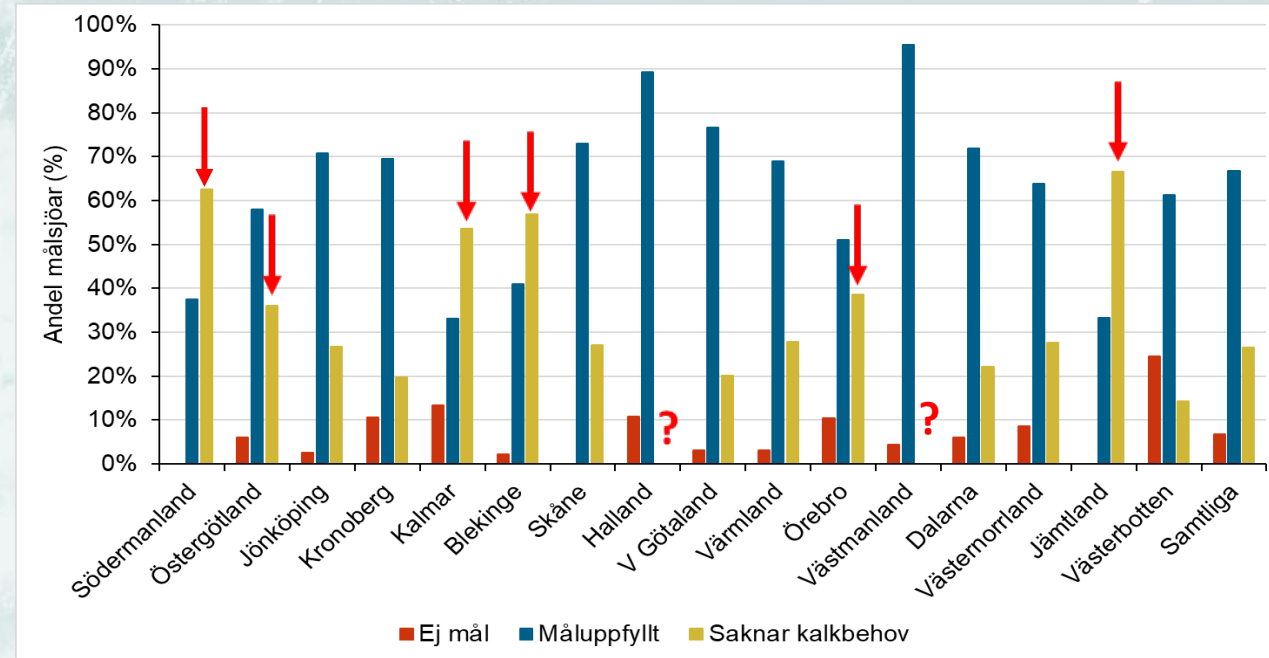
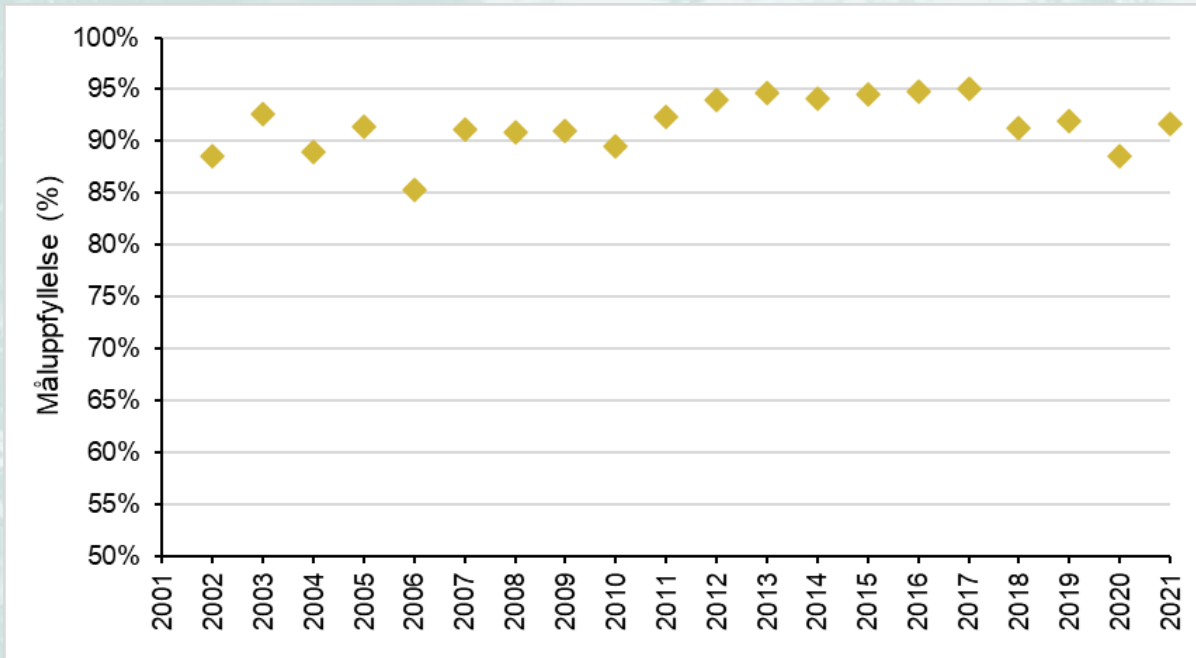
25 januari 2023



Johan Ahlström, Havs- och vattenmyndigheten

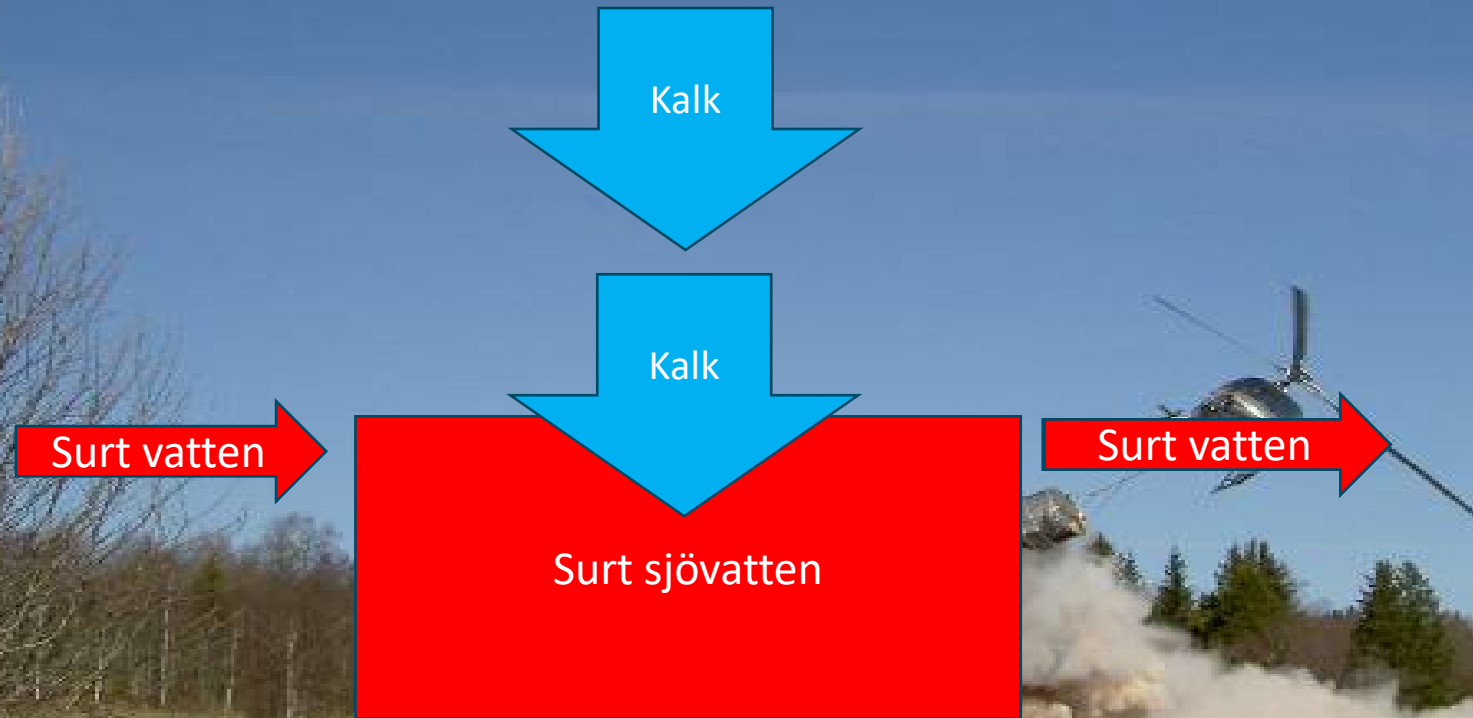
Havs  
och Vatten  
myndigheten

# Kalkning av målsjöar utgör inget problem utifrån en vattenkemisk aspekt



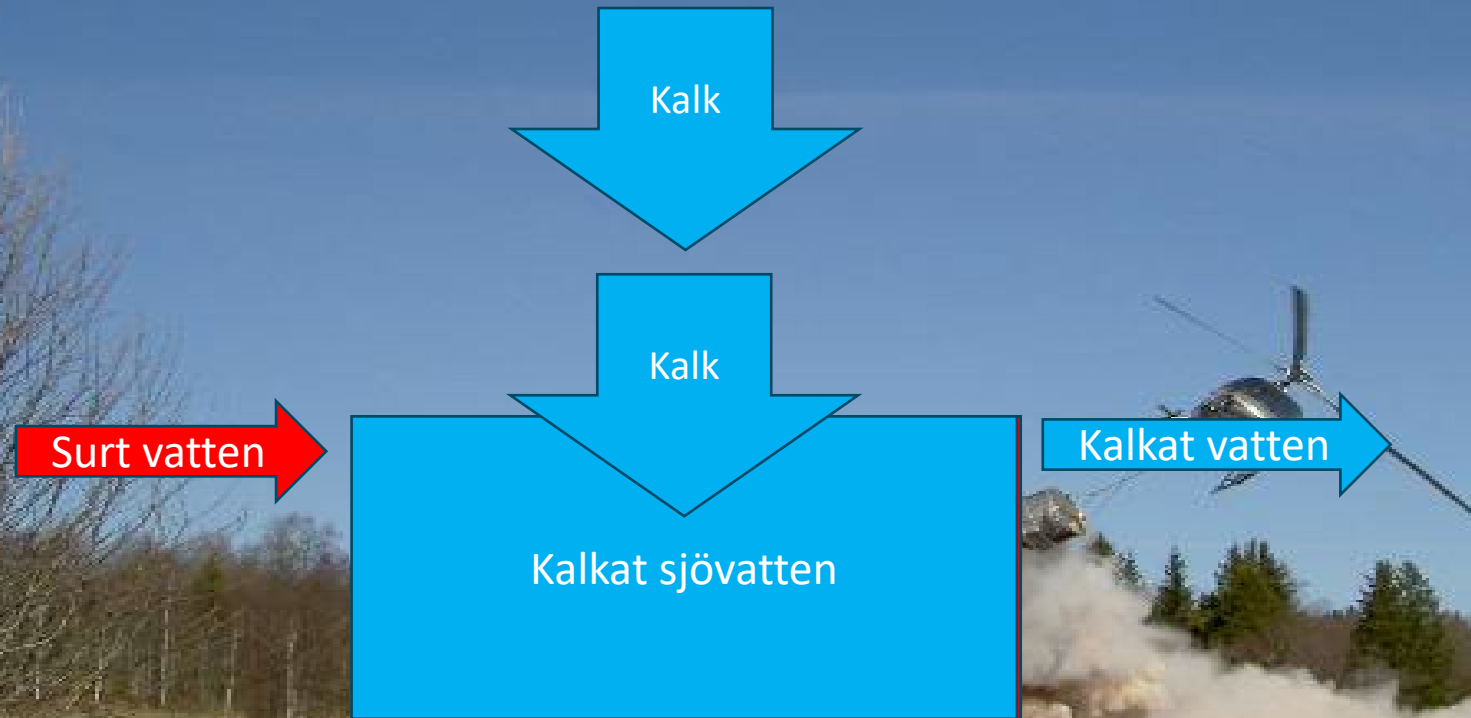
- » Många målsjöar tycks sakna kalkbehov ( $\text{pH}_{\text{okalk}} > \text{pH-mål}$ )
- » Behovet av fortsatt kalkning behöver värderas

# Så fungerar inte sjökalkning

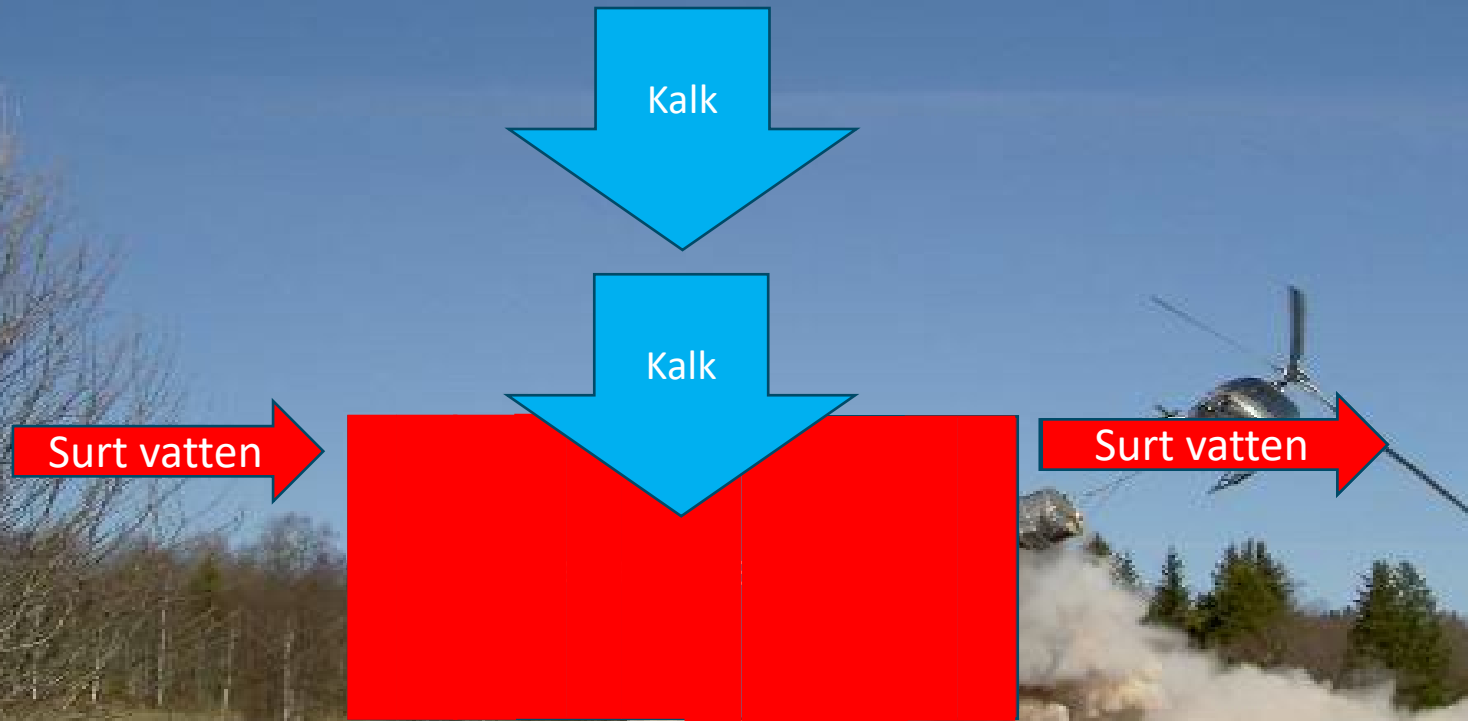




# Så fungerar inte sjökalkning

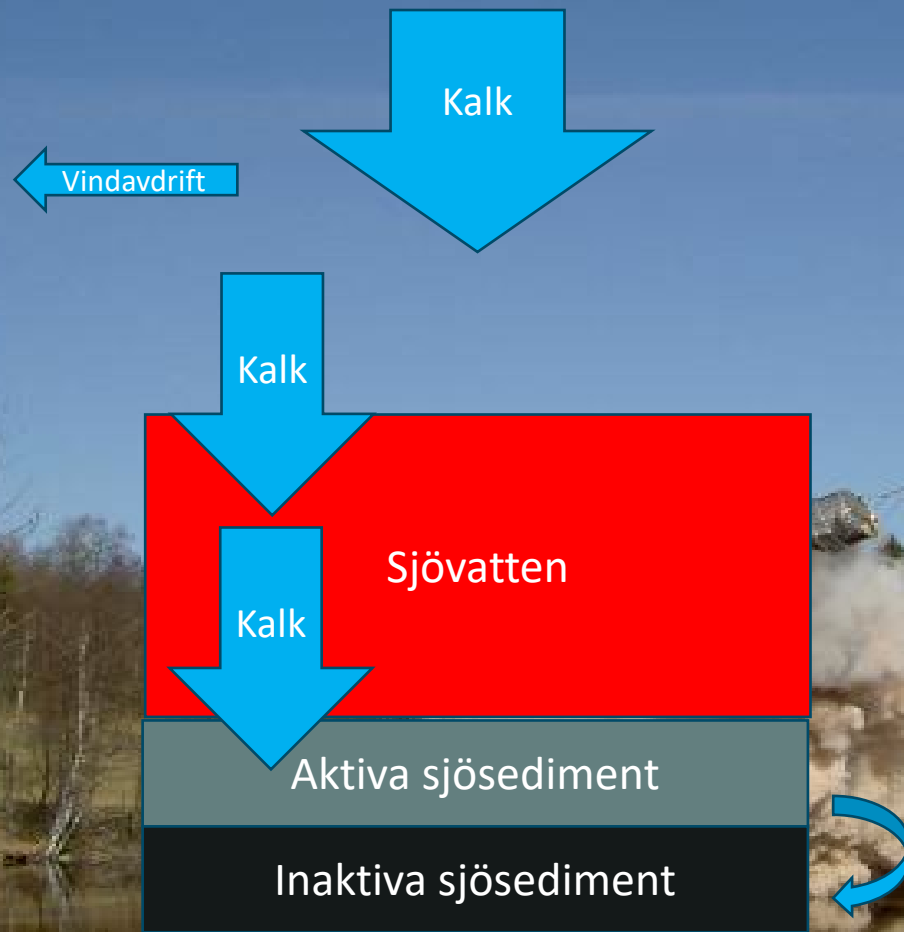


# Så fungerar inte sjökalkning



Om sjön har en omsättningstid på 1 år är all kalk förbrukad efter 1 år

# Så fungerar sjökalkning



# Så fungerar sjökalkning



# Så fungerar sjökalkning



Kalkeffekten förlängs till följd av:

- » Omblandning av sjövattnet
- » Kalkupplösning i sedimenten



# Så fungerar sjökalkning



Tillskottet av alkalinitet/dygn beror på:

- » Kalkdos
- » Andel direktupplöst kalk
- » Upplösning från sediment
- » (Inaktivering i sediment)
- » Sjöns vattenomsättning
- » Skiktning av vattenvolymen
- » Spridningstidpunkt
- » Spridningsintervall

# Så fungerar sjökalkning

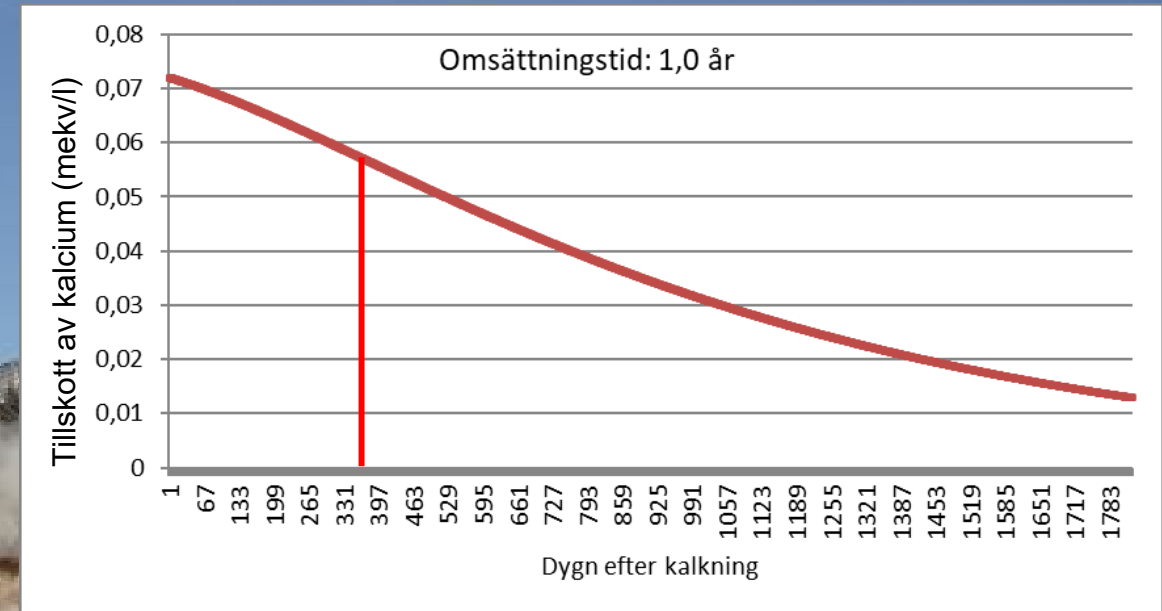
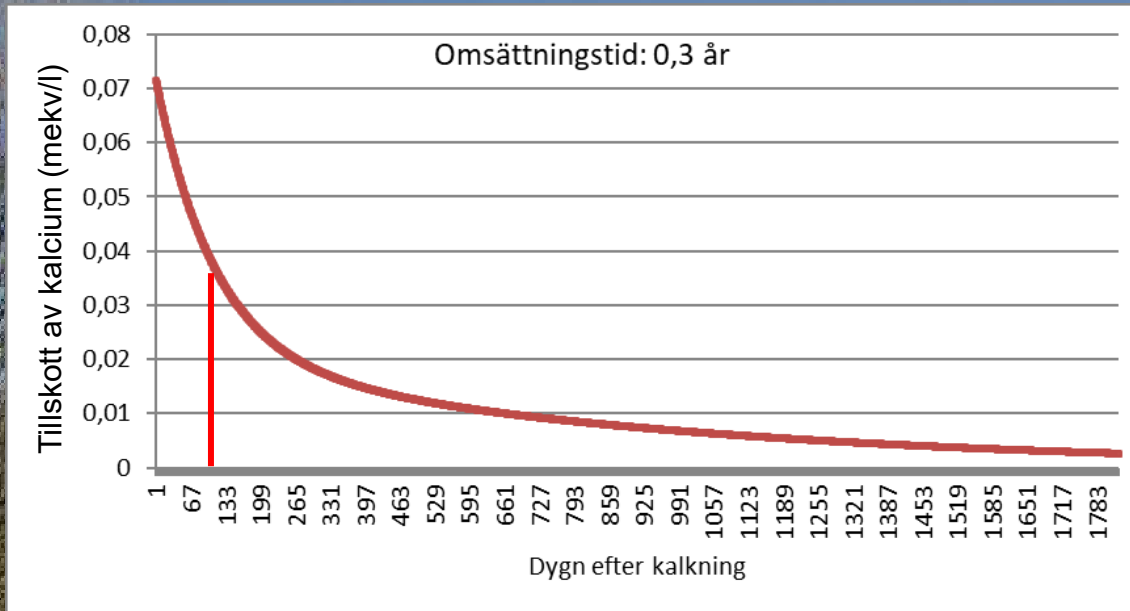


# Så fungerar sjökalkning



# Så fungerar sjökalkning

Exemplet baseras på en engångskalkning med kalkmjöl motsvarande 12 g/m<sup>3</sup> räknat på sjövolymen



Ca 50 % av initial alkalinitetshöjning kvar efter 0,3 år  
Ca 20 % av alkalinitetshöjningen kvar efter 1 år

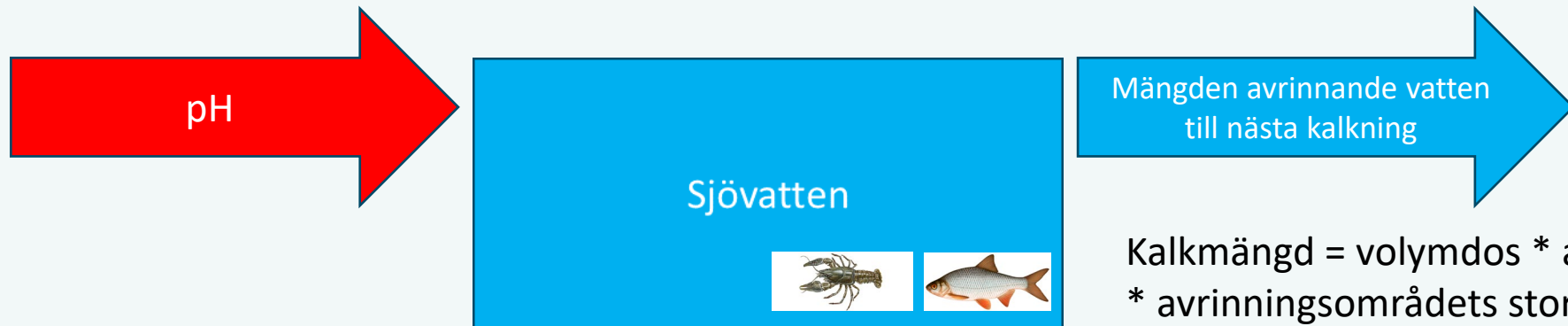
Ca 80 % av alkalinitetshöjningen kvar efter 1 år



# Kalkdos

Tabell 2. Riktvärden för dosering vid kalkning av målsjöar (50% CaO). Avser direkt- och uppströmskalkning av sjö.

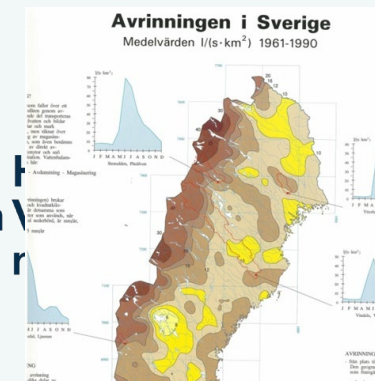
pH-mål	Volymdos (g/m <sup>3</sup> ) vid lägsta pH <sub>okalk</sub>		
	4,4	4,9	5,4
≥5,6	8	5	2
≥6,0	12	9	6



$$\text{Kalkmängd} = \text{volymdos} * \text{avrinningstal} * 0,315$$

\* avrinningsområdets storlek

- » Vid omkalkning nyttjas i första hand erfarenhet från tidigare kalkningar
- » Riktvärdena indikerar om något är fel (Använd kalkdos >> riktvärdet)



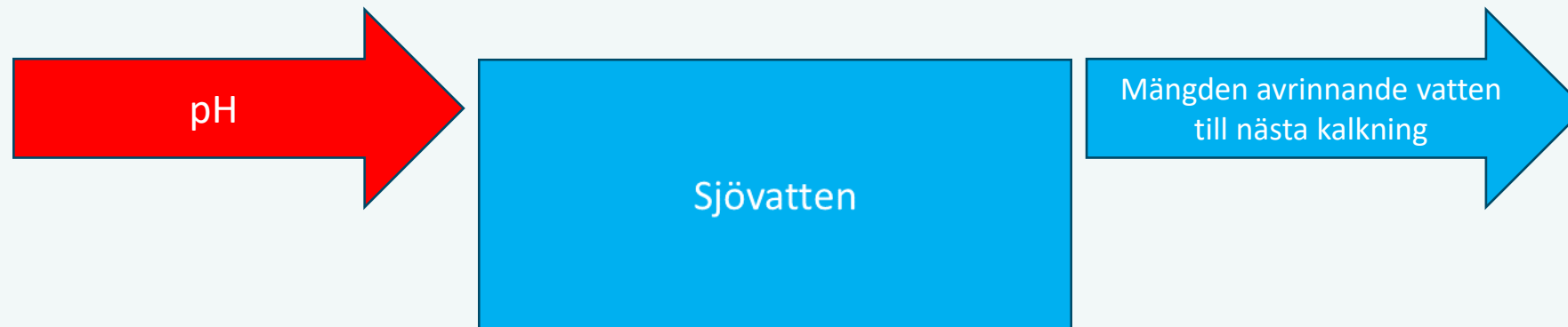
och

r

# Kalkdos

Tabell 2. Riktvärden för dosering vid kalkning av målsjöar (50% CaO). Avser direkt- och uppströmskalkning av sjö.

pH-mål	Volymdos (g/m <sup>3</sup> ) vid lägsta pH <sub>okalk</sub>		
	4,4	4,9	5,4
≥5,6	8	5	2
≥6,0	12	9	6

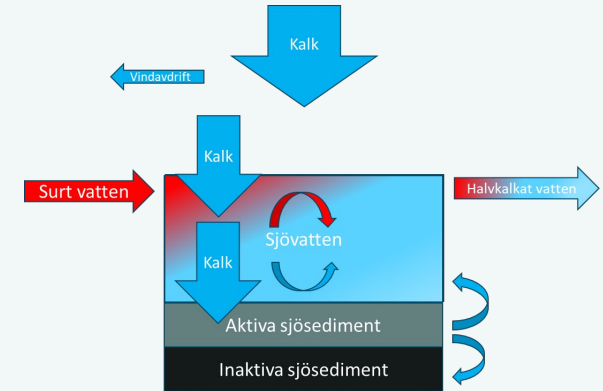


- » Om sjön har en omsättningstid på 0,5 år blir kalkdosen räknat på sjövolymen dubbelt så hög som dosen beräknat på avrinnande vatten
- » Om sjön har en omsättningstid på 2 år blir kalkdosen räknat på sjövolymen hälften så hög

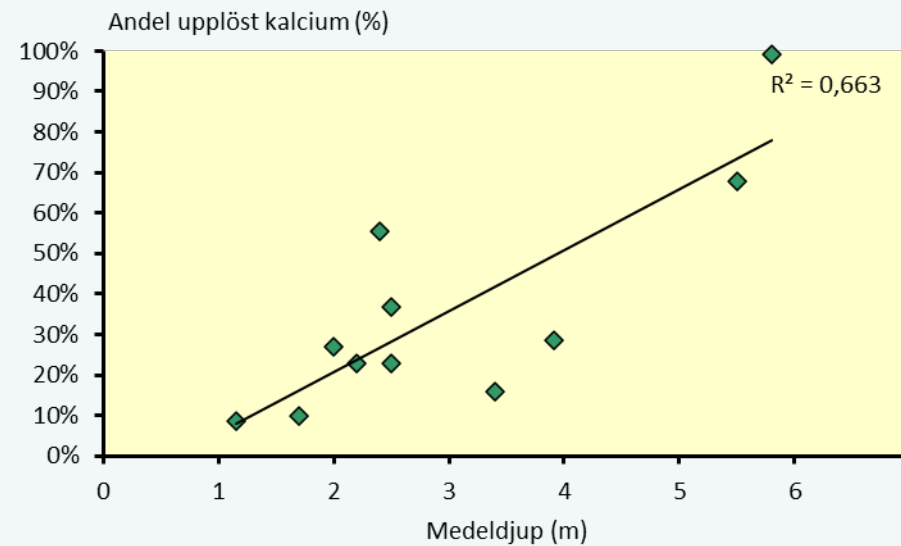
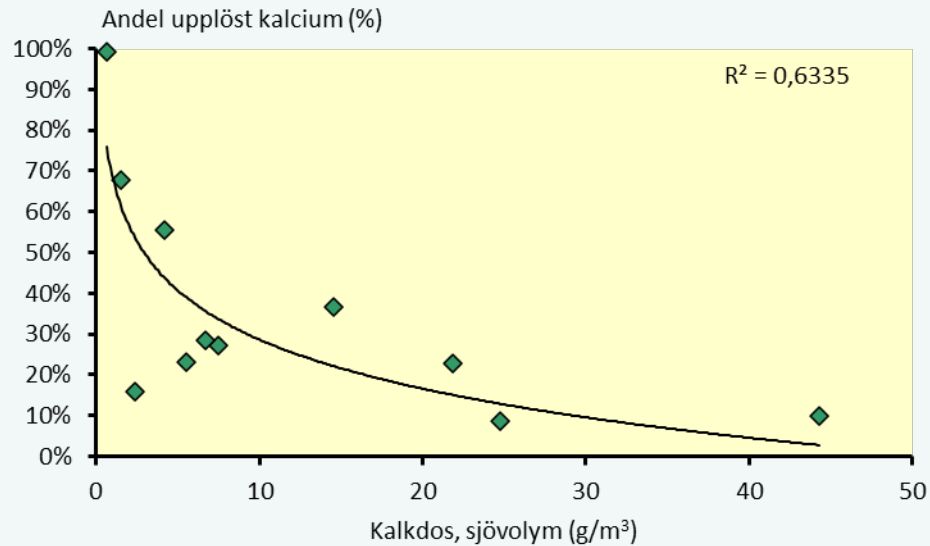
# Andel direktupplöst kalk

- » Kalkdos räknat på sjövolymen
- » Spridningsmetod
- » Kontakttiden mellan kalk och sjövattnet
- » Kalkningsmedlets löslighet

- Minskar med ökande kalkdos
- Högre med båt än helikopter - ?
- Vattendjup och fallhastighet
- Kalktyp och kornstorlek



**Betydande sedimentation  
även med kalkmjöl**



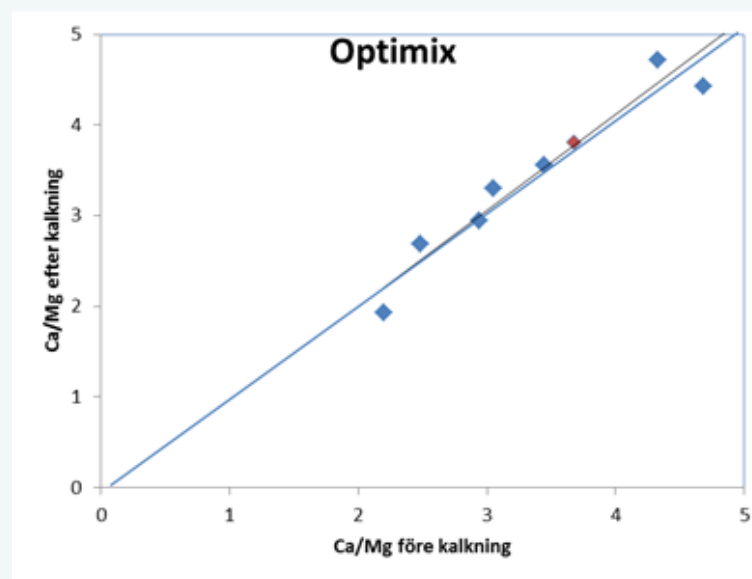
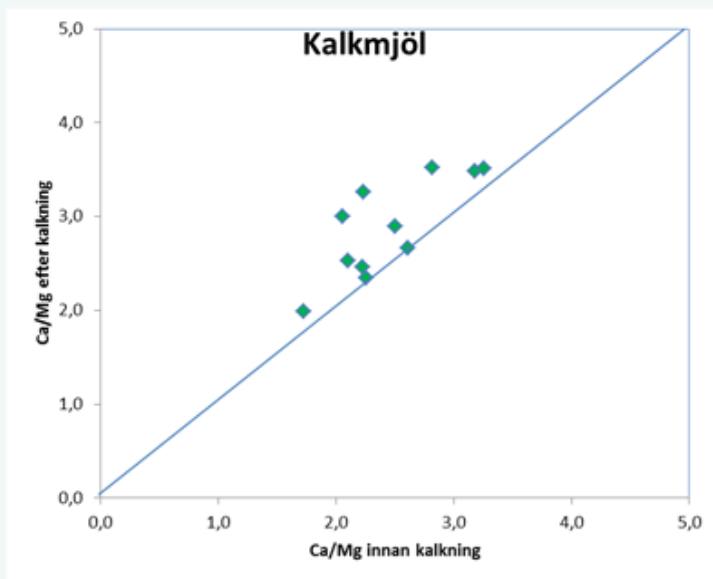
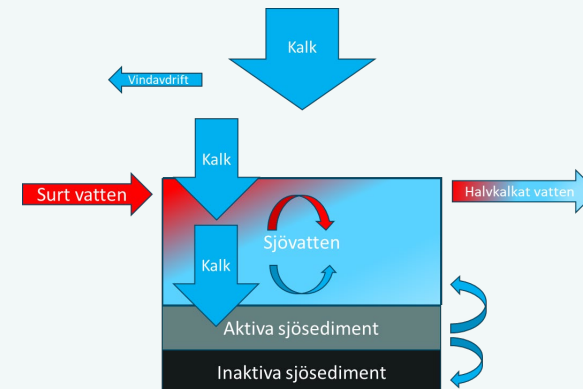
**Havs  
och Vatten  
myndigheten**

# Andel direktupplöst kalk

- » Kalkdos räknat på sjövolymen
- » Spridningsmetod
- » Kontakttiden mellan kalk och sjövattnet
- » Kalkningsmedlets löslighet

Minskar med ökande kalkdos  
 Högre med båt än helikopter - ?  
 Vattendjup och sjunkhastighet  
 Kalktyp och kornstorlek

**DolXmit**



Kornstorlek	Sjunktid, en meter vatten
2 mm	5 sek
0,06 mm	7 min
0,03 mm	25 min
0,016 mm	90 min



# Upplösning från sediment

- » Bottensubstrat
- » Vattendjup
- » Kalkmedlets kornstorlek
- » Kalkningsmedlets löslighet
- » Tiden efter kalkspridning

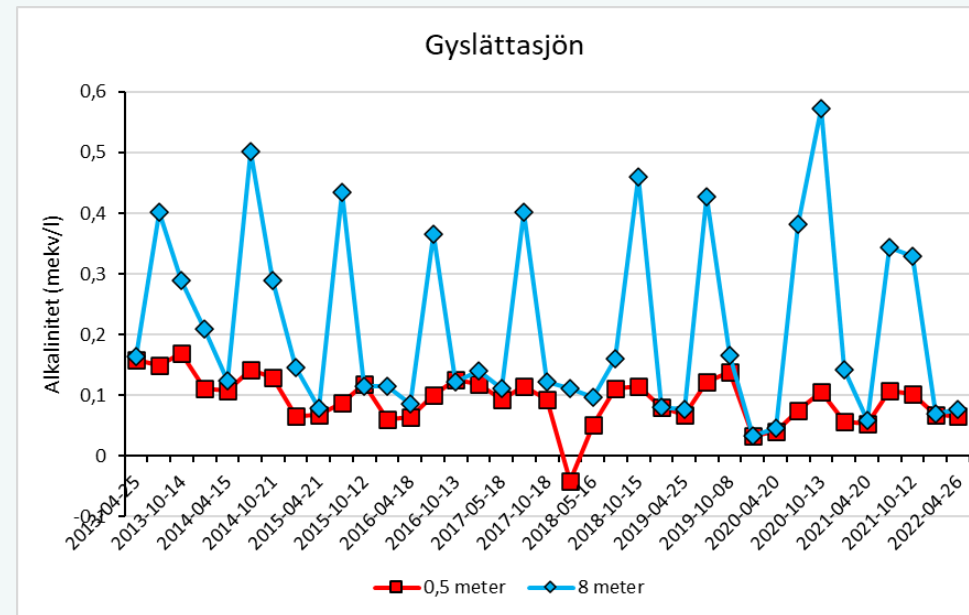
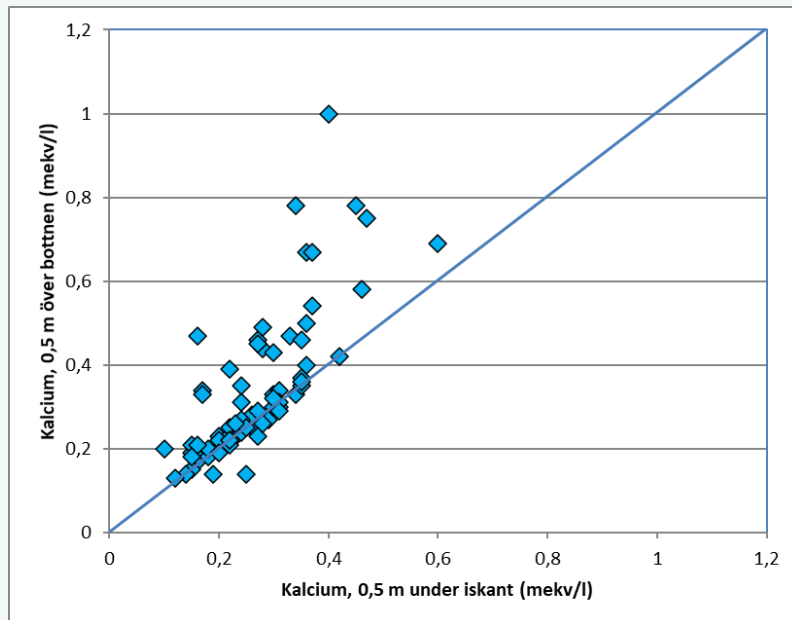
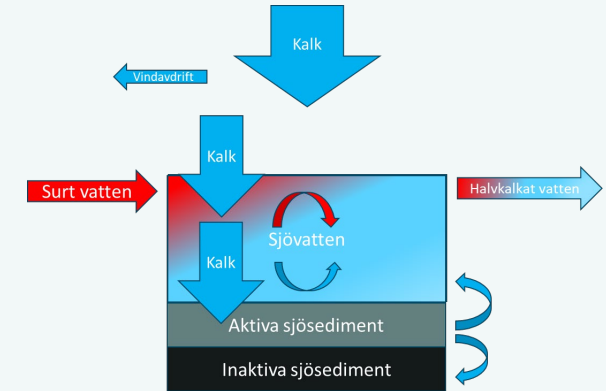
Minskar från lösa sediment - ?

Minskar med ökat vattendjup - ???

Minskar med ökad kornstorlek

Minskar med minskad löslighet

Minskar med tiden



# Inaktivering i sediment

- » Typ av bottensubstrat
- » Kalkmedlets kornstorlek
- » Kalkningsmedlets löslighet
- » Tiden efter kalkspridning
- » Koncentrationen av kalk

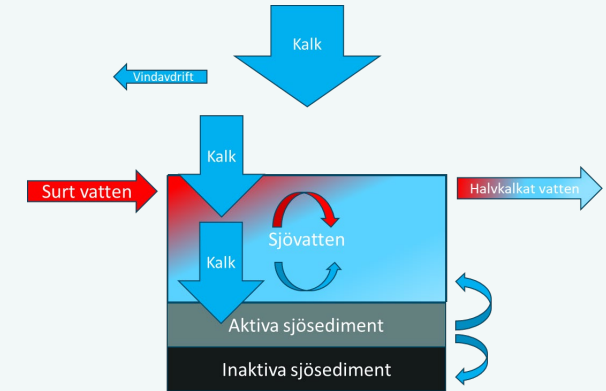
Ökar i lösa sediment - ?

Ökar med ökad kornstorlek

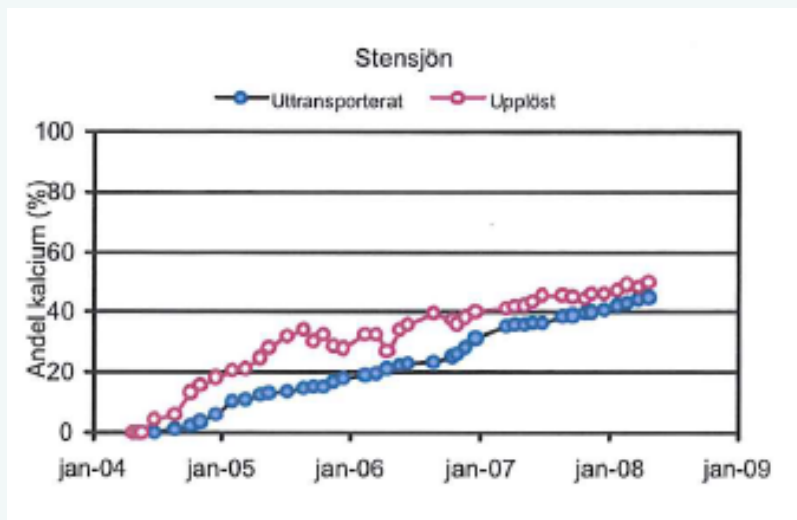
Ökar med minskad löslighet

Ökar med tiden

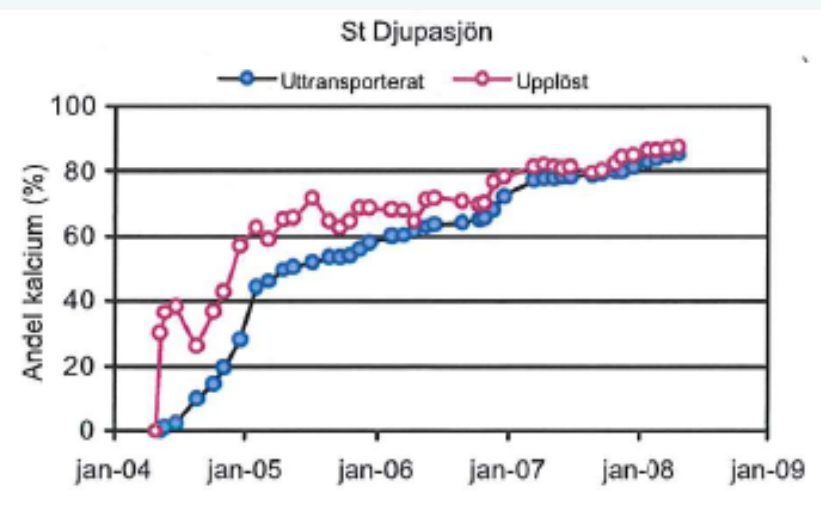
Ökar med ökad koncentration



## Grovkalk



## Kalkmjöl

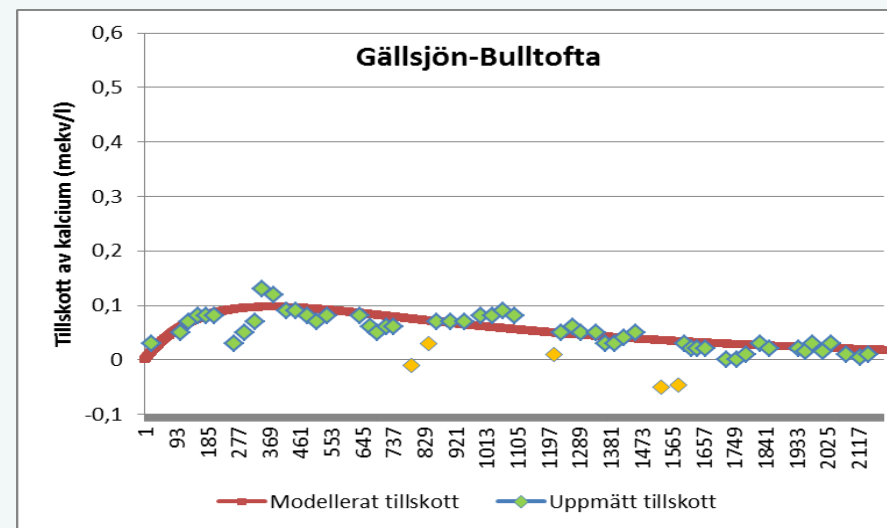
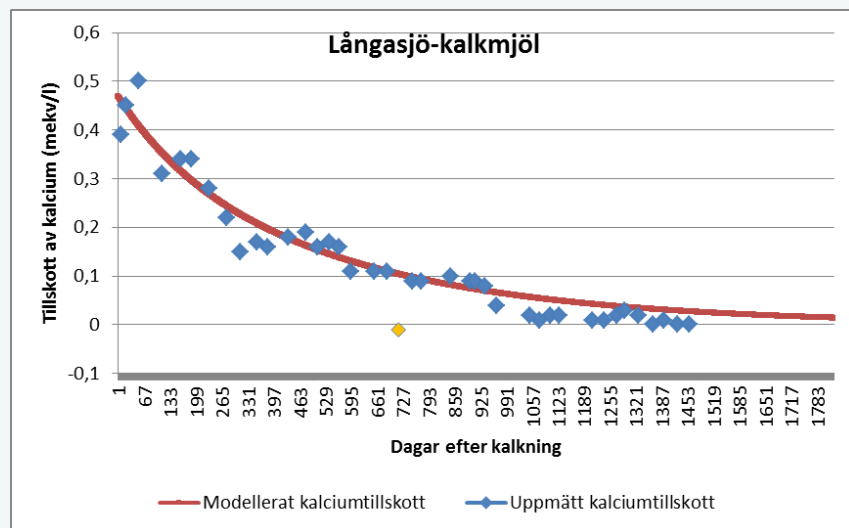


Havs  
och Vatten  
myndigheten

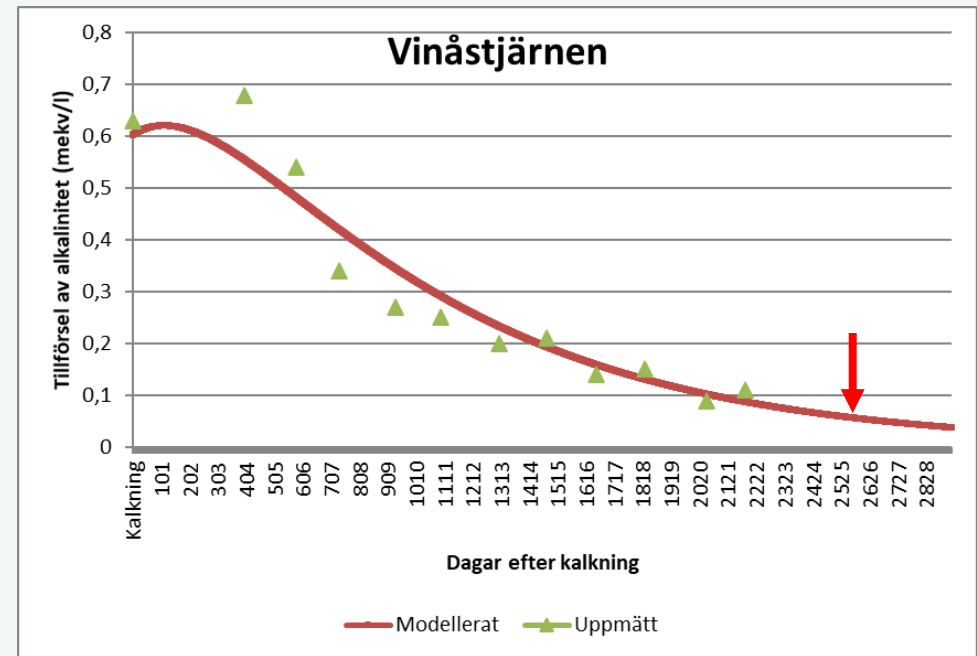
# Så fungerar sjökalkning

- » Är det meningsfullt att visa generella modellutfall när vi saknar detaljkunskap avseende de olika processerna?
- » Går det att modellera tillförsel av kalcium/alkalinitet på dygnsbasis?







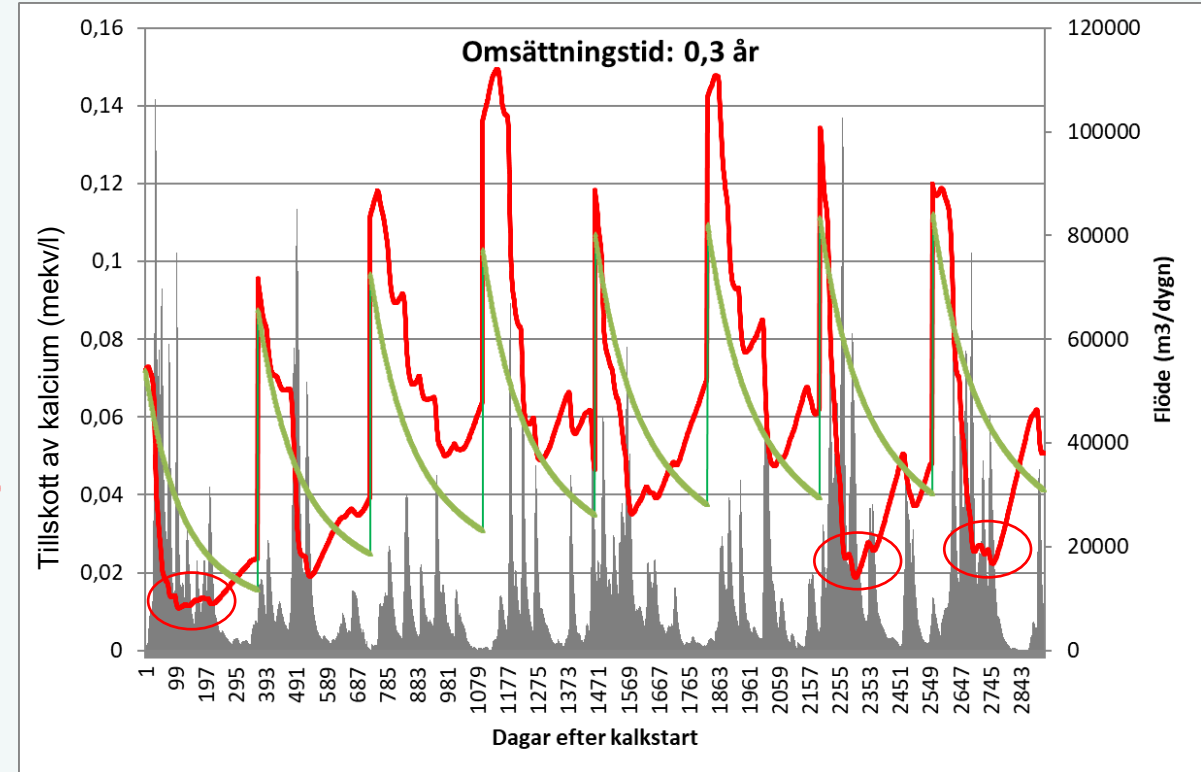
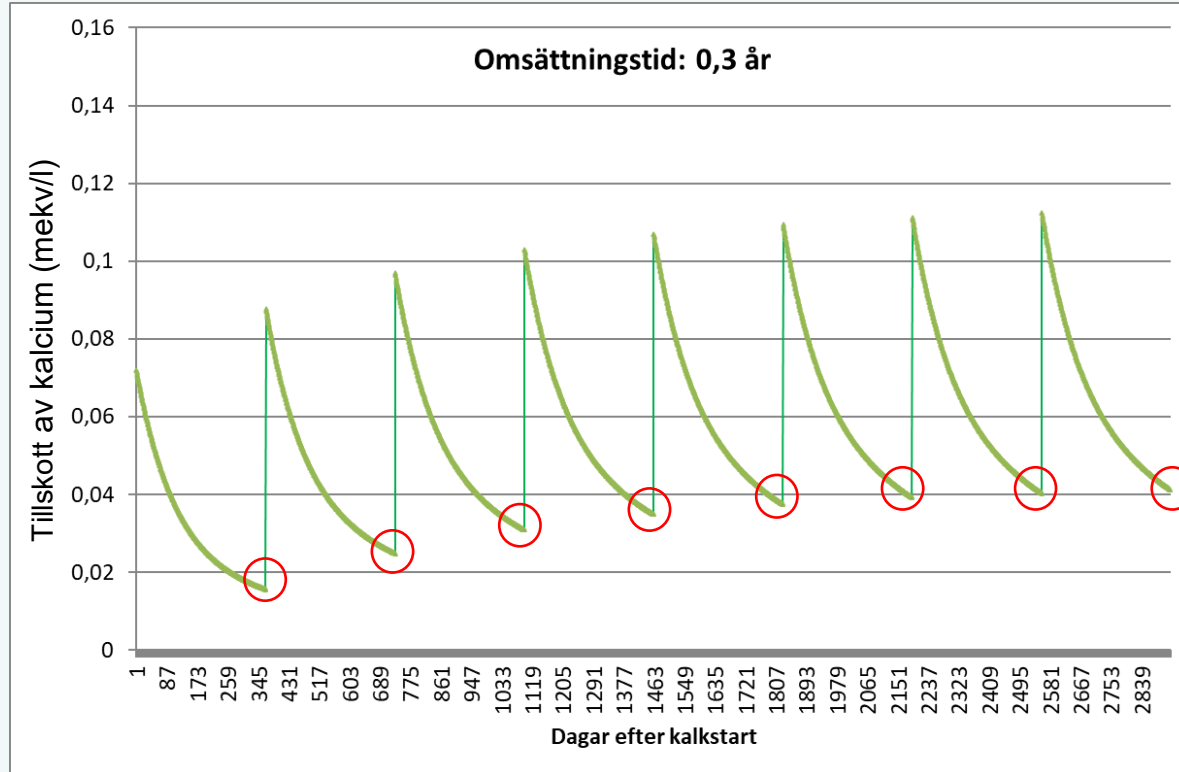


## Vinåstjärnen

- » Kalkades med 30 ton i stället för 3 ton
- » Kalkdos 160 g/m<sup>3</sup> räknat på sjövolymen
- » Omsättningstid 0,8 år
- » Omkalkades efter 7 år

# Så fungerar sjökalkning

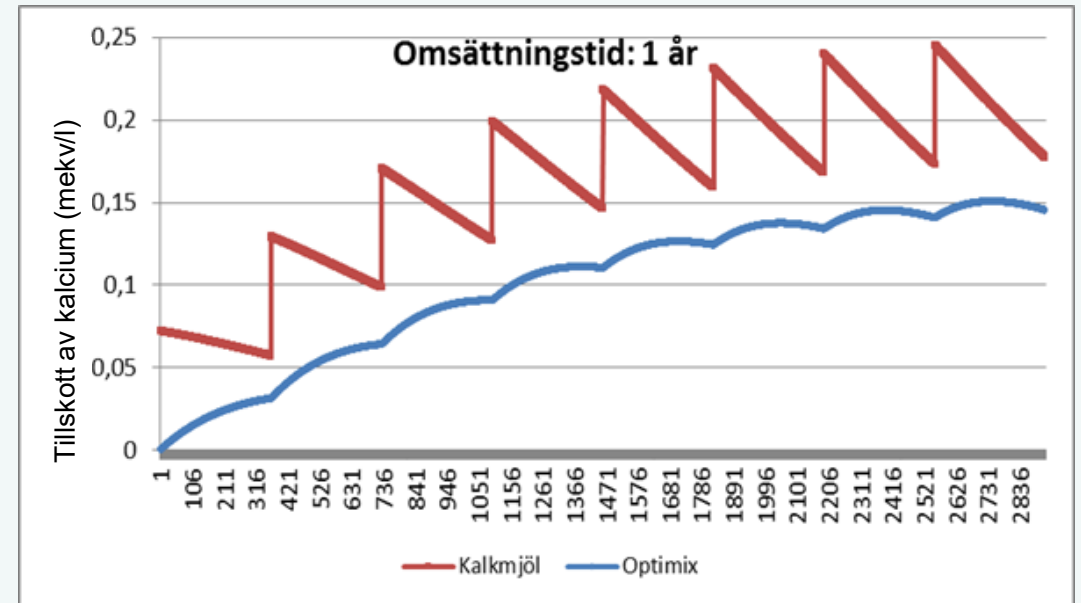
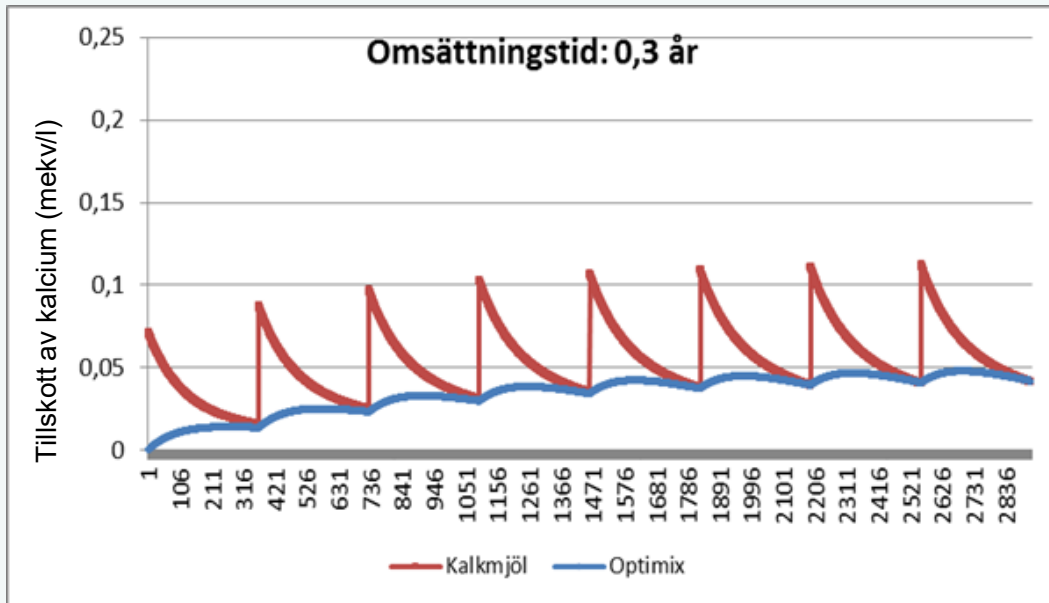
Exemplet baseras på en årlig kalkning med kalkmjöl motsvarande 12 g/m<sup>3</sup> räknat på sjövolymen



- » Effekten förbättras till följd av tillskott från sedimenten
- » Variationen i alkalinitetstillskott ökar till följd av variationen i avrinning
- » Kritiska tillfällen i slutet på högflödesperioder
- » Svårt att fånga vid vattenprovtagningen

# Kalkmjöl eller Optimix

Exemplet baseras på en årlig kalkning motsvarande 12 g/m<sup>3</sup> räknat på sjövolymen



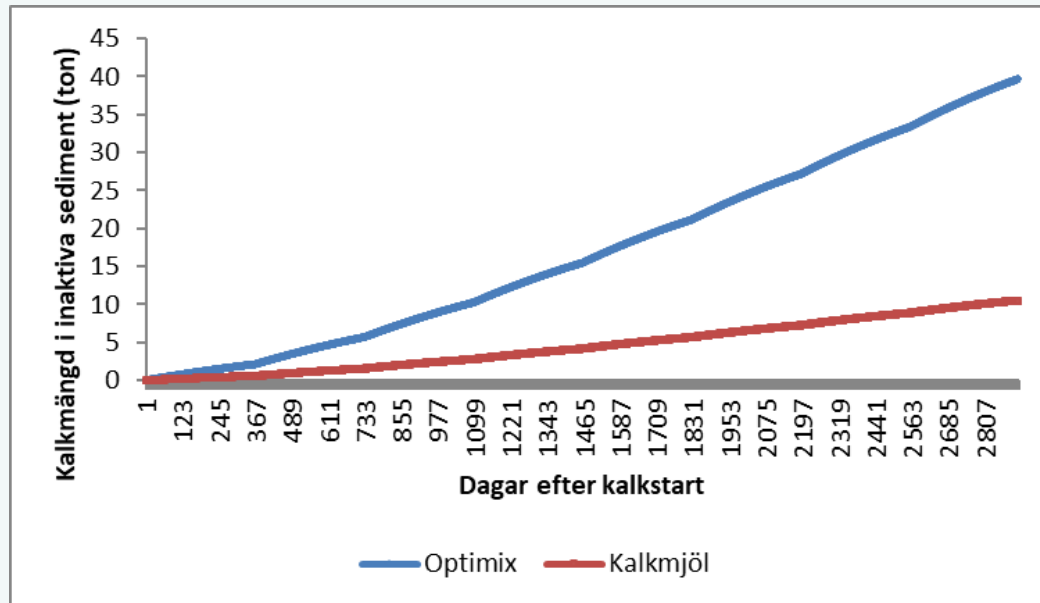
- » Lägsta alkalinitet likvärdig
- » Lägre kalkutnyttjandet för Optimix = svagare nedströmseffekt

- » Lägsta alkalinitet lägre för Optimix = lägre måluppfyllelse
- » Lägre kalkutnyttjandet för Optimix = svagare nedströmseffekt

Havs  
och Vatten  
myndigheten

# Kalkmjöl eller Optimix

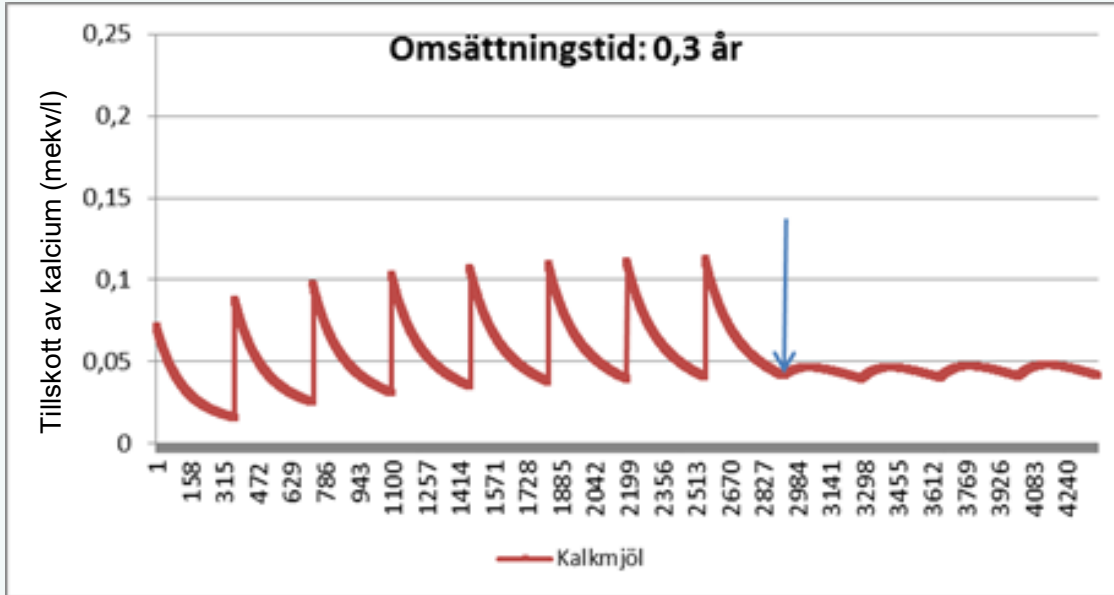
Exemplet baseras på en årlig kalkning motsvarande  $12 \text{ g/m}^3$  räknat på sjövolymen, spridning av 20 ton/år i 8 år



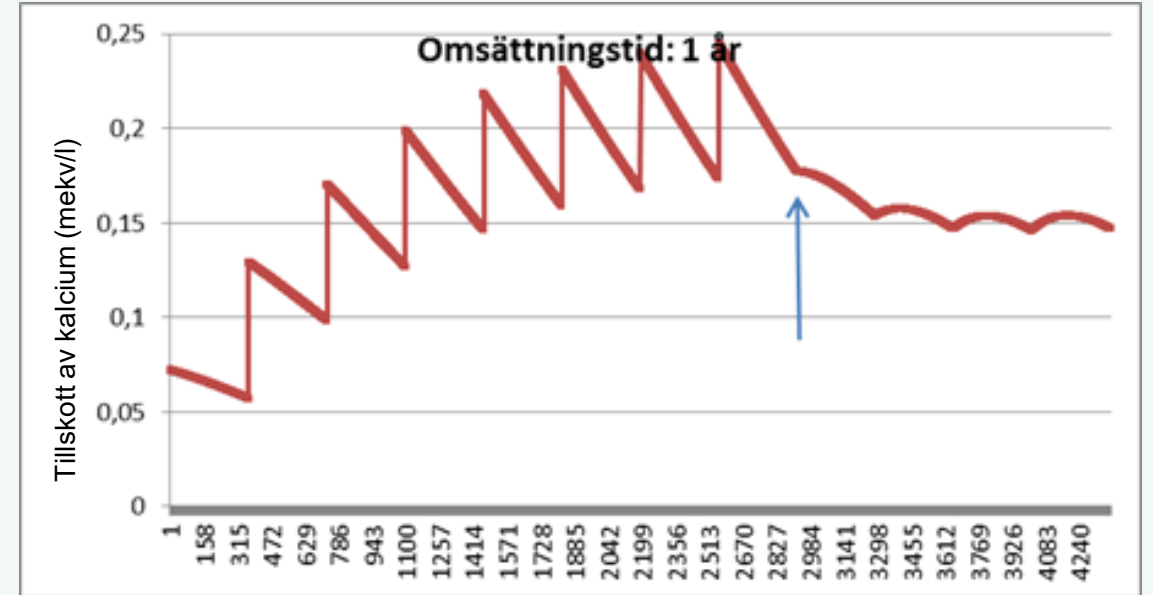
- » Ungefär 10 ton av totalt 160 ton i inaktiva sediment (kalkmjöl)
- » Ungefär 40 ton av totalt 160 ton i inaktiva sediment (Optimix)
- » Återstår att verifiera med mätningar

# Vad händer vid byte till Optimix

Exemplet baseras på en årlig kalkning motsvarande 12 g/m<sup>3</sup> räknat på sjövolymen



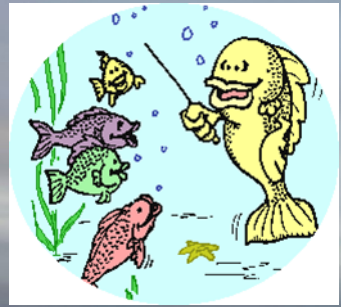
- » Lägsta alkalinitet oförändrad
- » Kalkutnyttjandet minskar = svagare nedströmseffekt



- » Lägsta alkalinitet minskar = lägre måluppfyllelse
- » Kalkutnyttjandet minskar = svagare nedströmseffekt



# Sammanfattning



- » Med den vattenprovtagning som nyttjas inom kalkeffektuppföljning utgör kalkning av målsjöar inget problem sett till vattenkemisk måluppfyllelse, däremot ger den intrycket att ganska många målsjöar kan avslutas.
- » Tillskottet av alkalinitet bestäms av kalkdos, direktupplösning, upplösning från sedimenten och sjöns vattenomsättning
- » Oavsett kalktyp är tillskottet från sedimenten viktigt, men vid grova produkter är det helt avgörande
- » Omsättningstiden är inte konstant, snarare tvärtom
- » Direktkalka inte målsjöar med omsättningstid  $<0,5$  år
- » Grova produkter ger lägre men jämnare tillskott av alkalinitet. Vid omsättningstider  $>0,5-1,0$  år försämras måluppfyllelsen. Nedströmseffekten minskar oavsett omsättningstid.
- » Använd icke-dammande produkter när detta är motiverat utifrån hänsyn till natur och människor. Undvik grova kalkprodukter vid omsättningstider  $>1$  år eller vid kalkning av åtgärdssjöar.



# Några självklarheter

- » Välj spridning med båt, om möjligt
- » Kalka årligen (vid omsättningstider kortare än 2 år) (Hkp→Båt)
- » Visa alltid hänsyn!
- » Överskatta inte nedströmseffekten

TABELL 1. Lämpliga tidsintervall och spridningsområden vid kalkning i sjö.

Omsättningstid (år)	Spridningsintervall (år)	Spridningsområden
0,5-1	1	grunda
1-2	1	grunda + djupa
2-3	2	djupa + grunda
>3	3	djupa + grunda

