

Sjökalkning – optimering och avslut

Havs
och Vatten
myndigheten



Ingemar Abrahamsson

Utbildning kalkning, 15-16 november 2022, Göteborg

Innehåll

- Svag måluppfyllelse
- Ineffektiv kalkning
- Överkalkning
- Avsluta kalkning

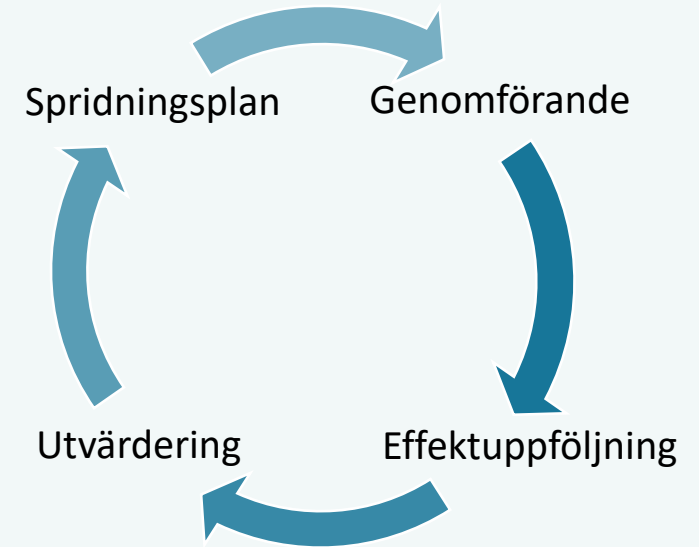


Optimering

Optimering syftar till att:

- Förbättra måluppfyllelsen
- sänka kostnader genom ökad effektivitet och mindre överkalkning

Arbetscykeln vid optimering



Havs
och Vatten
myndigheten

Optimering

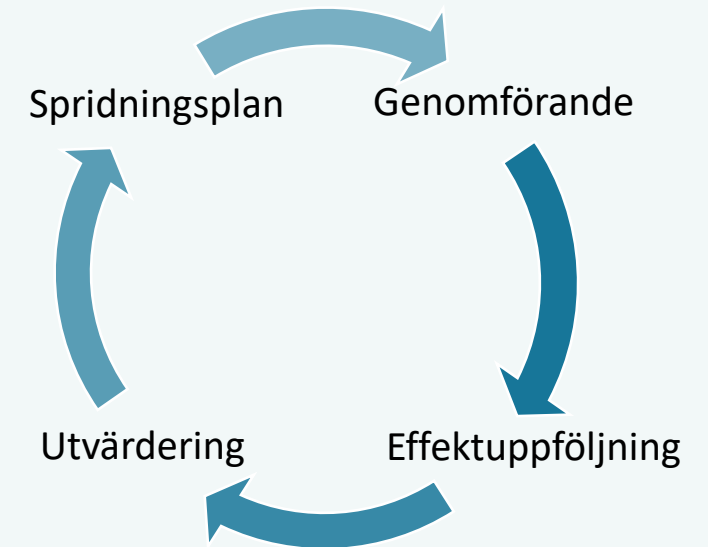
Utvärdering ska göras regelbundet och vid behov leda till förändringar av spridningsplanen.

Dels som årlig översyn inför nästa års kalkningar.

Dels mer djuplodande återkommande utvärderingar:

- Är pH-målen rätt satta?
- Måluppfyllelsen – kan den förbättras?
- Kan effektiviteten (effekt/kalkmängd) öka?
- Kan kalkmängderna reduceras?
- Kan kalkningar läggas vilande?
- Kan målområden avslutas?

Arbetscykeln vid optimering

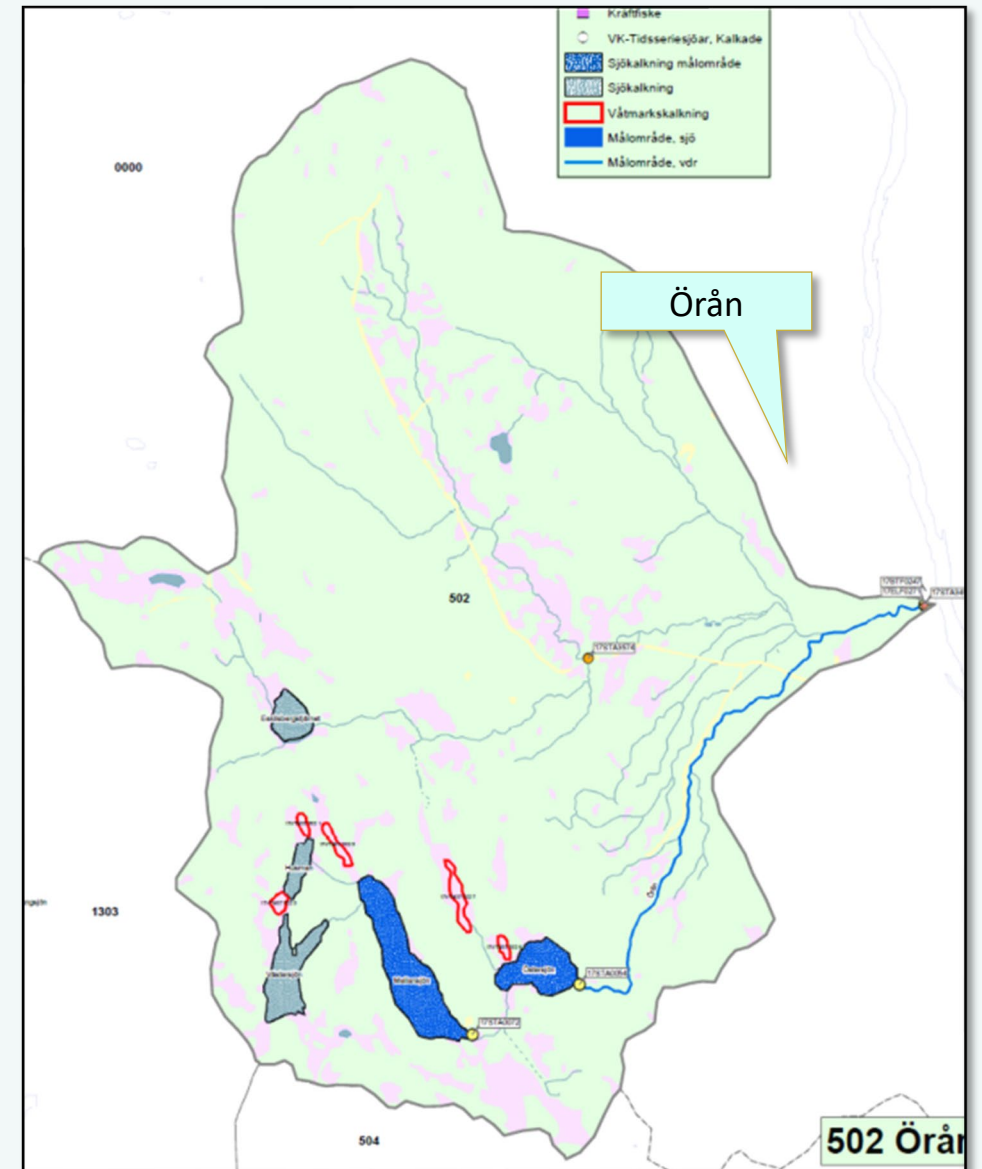


Havs
och Vatten
myndigheten

Svag måluppfyllelse

Det är ofta svårt att upprätthålla pH-målen vid:

- sjökalkning för nedströms målvattendrag

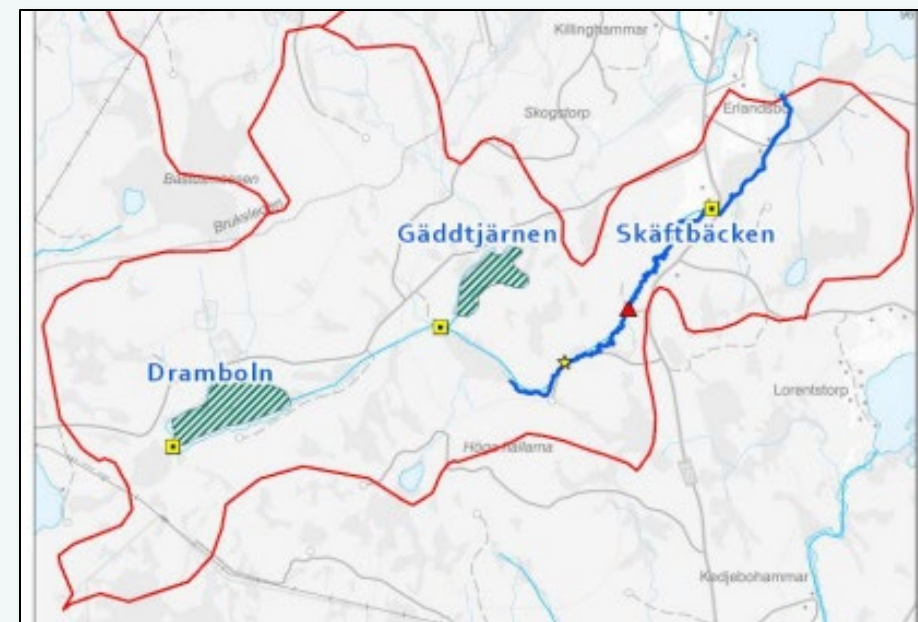


Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Sjökalkning för nedströms vattendrag fungerar dåligt.

Effekterna blir instabila och varierar kraftigt under året p g a:

- surstötter vid isepisoder
- surstötter vid snabba flödesförändringar



Havs
och Vatten
myndigheten

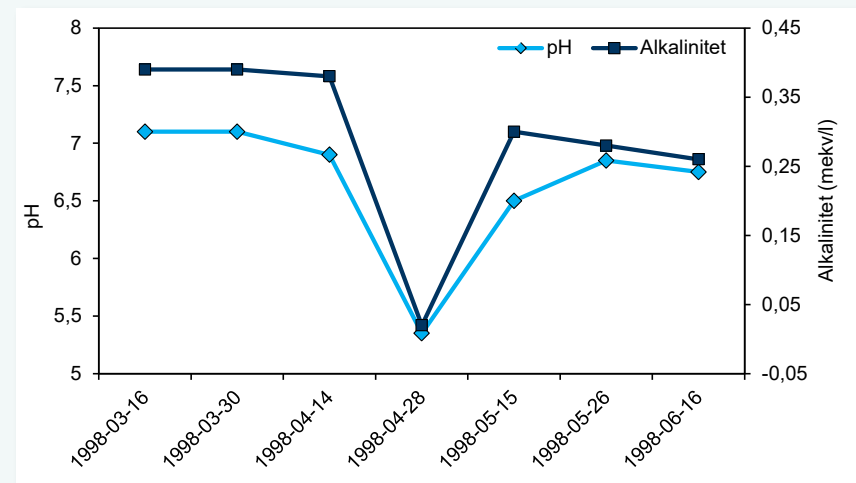
Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Surstötar vid isepisoder

- Surstötar uppstår under islagd period i samband hög avrinning, ofta under islägningsperiodens slutskede.
- Uppkommer framför allt i sjöar med kort omsättningstid ($< 1,5$ år).
- Inträffar årligen i norra Sverige, mer sällan i södra delarna av landet.



Kalkad sjö, Västerbottenslän, utloppsprovtagning



Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Surstötter vid snabba flödesförändringar

- Sjöalkning ger svaga nedströmseffekter vid snabbt stigande flöden.
- Ofta uppfylls inte pH-målet i nedströms belägna målvattendrag.
- De lägsta pH-värdena uppkommer inte vid maxflöden utan främst vid snabbt stigande flöden.

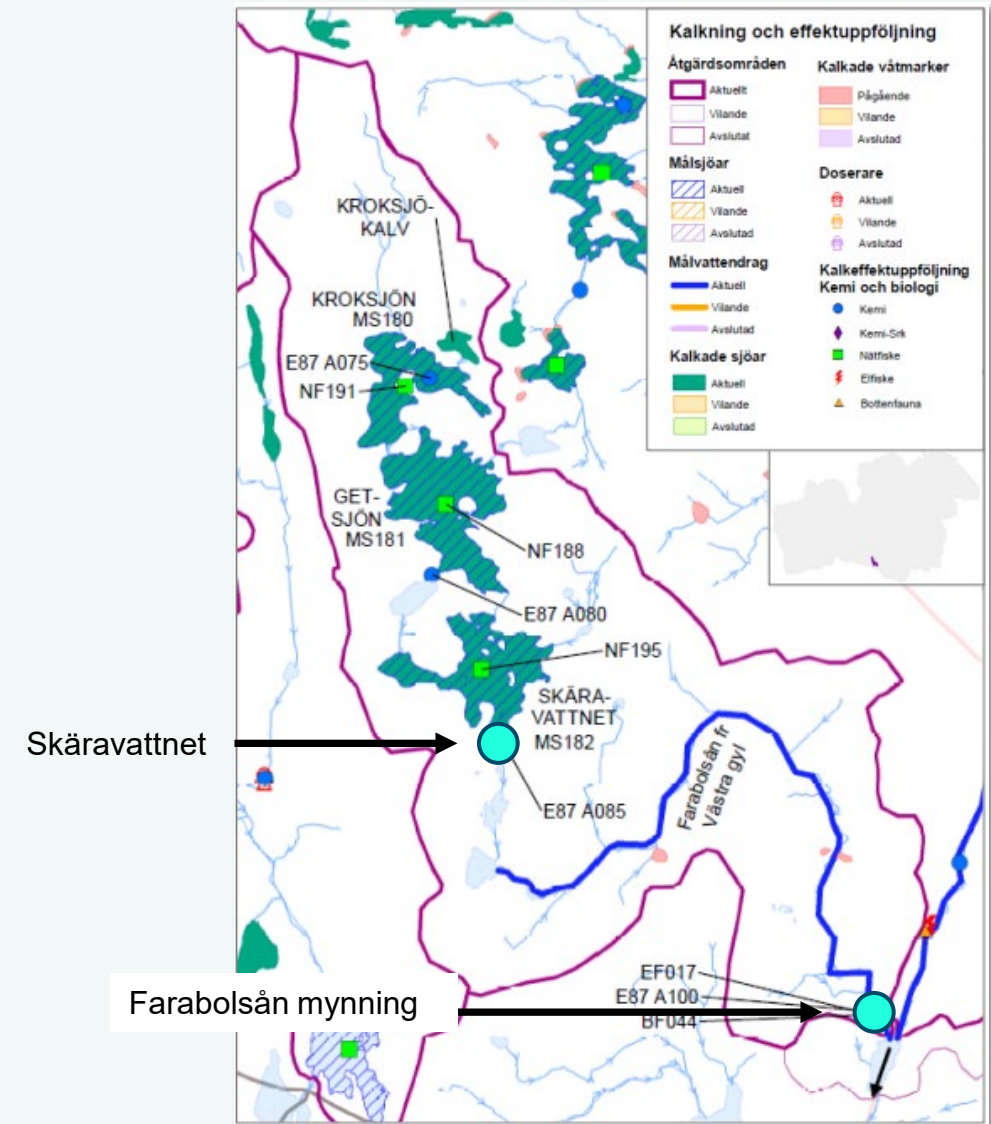
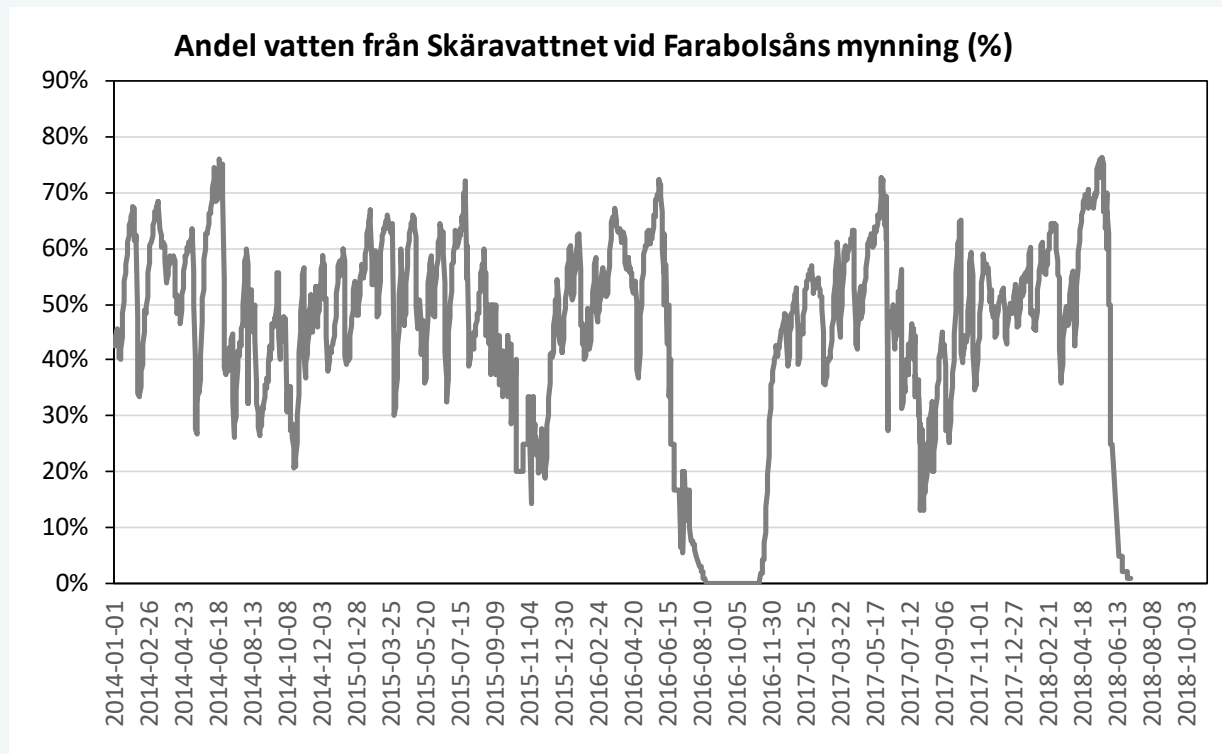
Orsak:

- Flödena från de kalkade sjöarna är inte tidsmässigt synkade med flödet i nedströmsvattendraget.
- Andelen kalkat sjöväten blir litet i målvattendraget vid stigande flöden (och stort vid sjunkande flöden).
- Vid snabbt stigande flöden sjunker därför kalkeffekten kraftigt från de kalkade sjöarna.

Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Exempel Farabolsån

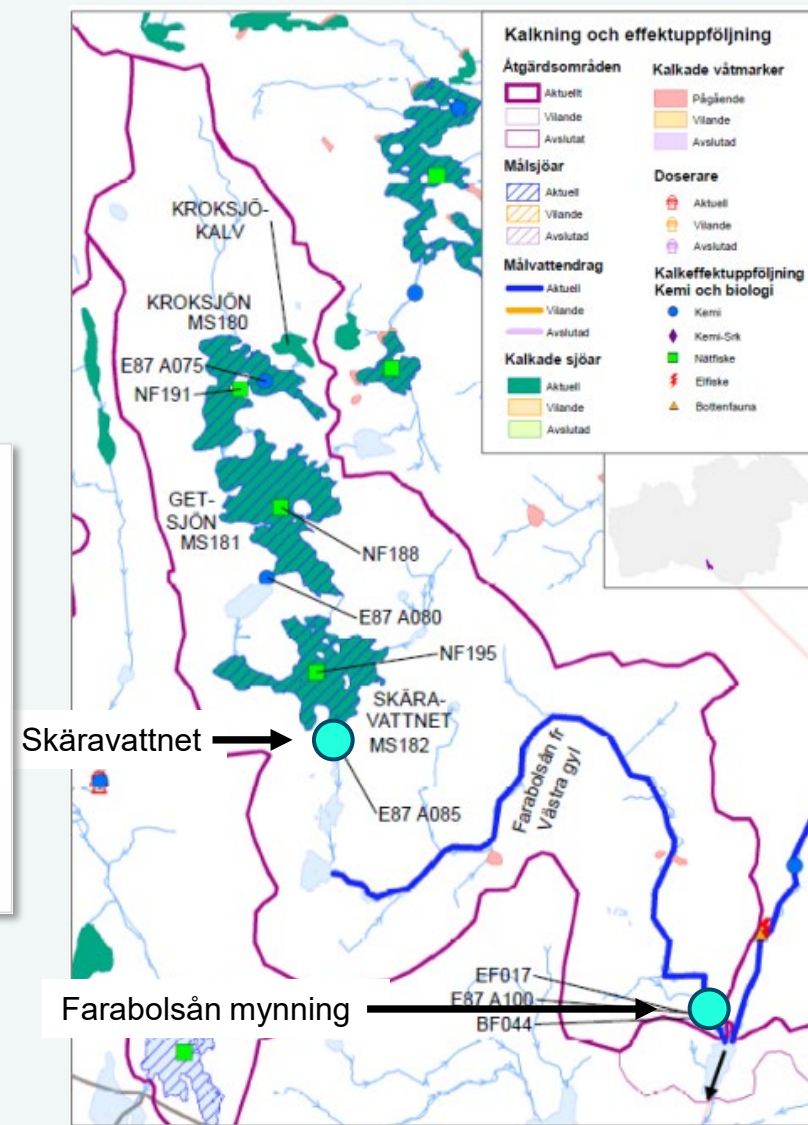
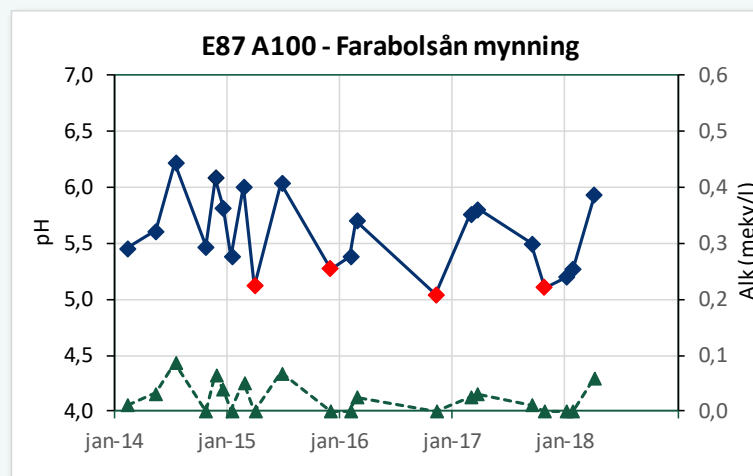
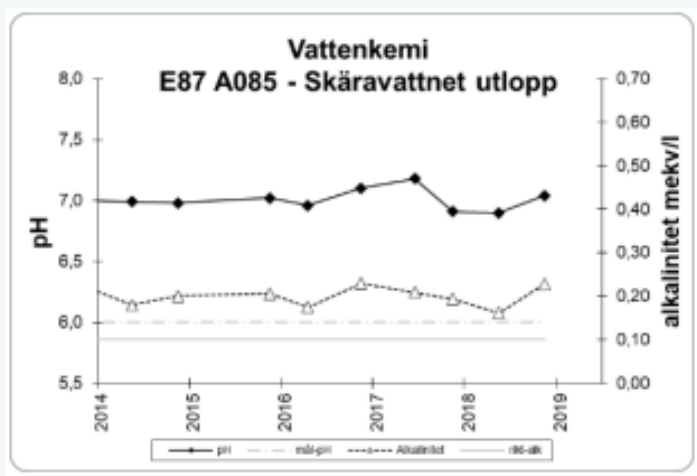
- Andelen kalkat vatten från Skäravattnet i Farabolsån varierar under ett normalår mellan 10 % och 75 %.
- Under torrsomrar är andelen lägre än 10 %.



Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Exempel Farabolsån

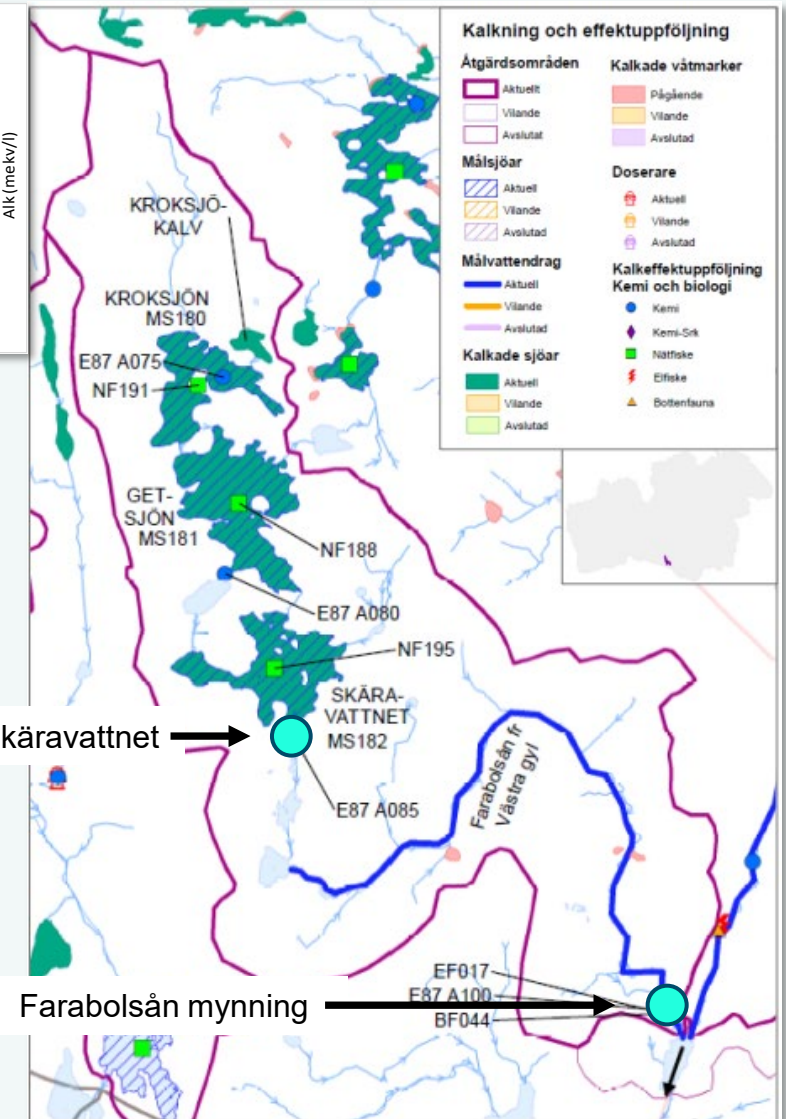
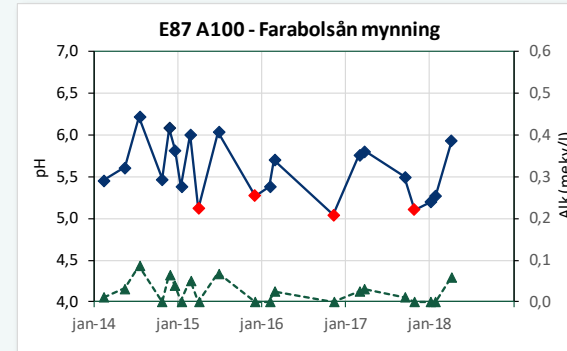
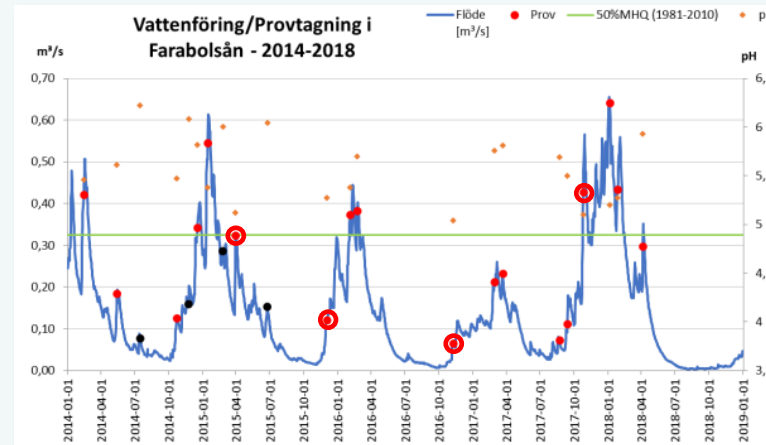
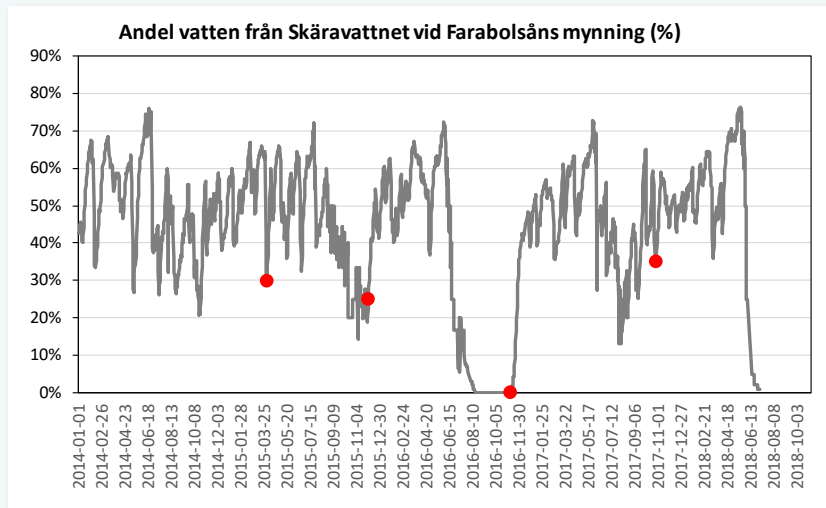
- Vid Skäravattnets utlopp är pH strax över 6,0
- Vid Farabolsån sjunker pH periodvis ned mot 5,0
- Varför surstötter vid dessa tillfällen?



Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Exempel Farabolsån

Surstötarna uppkommer vid snabbt stigande flöden när andelen kalkat vatten från Skäravattnet är litet

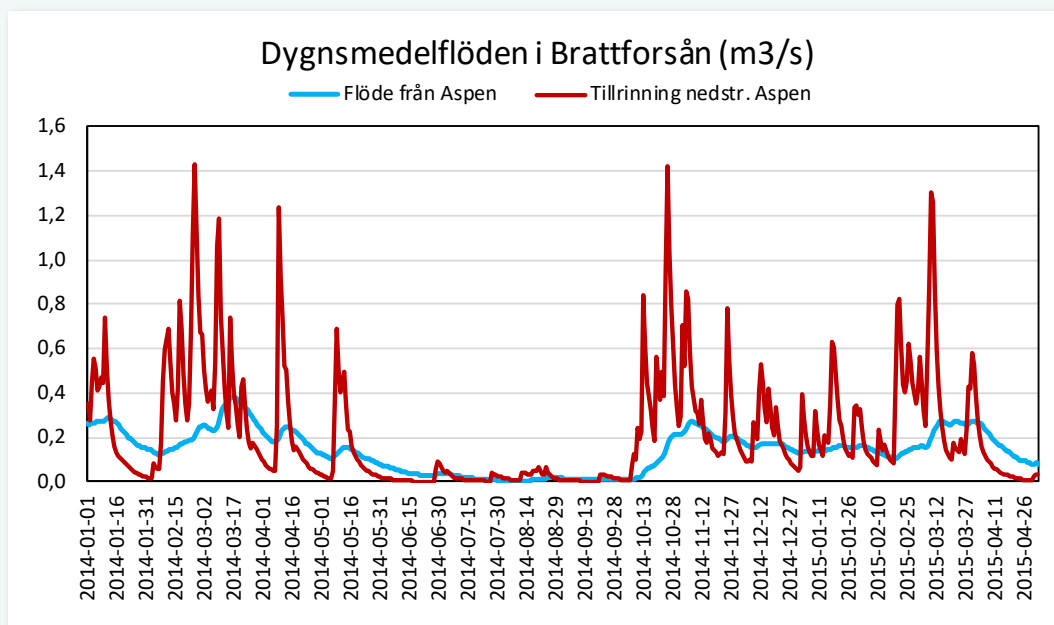


Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Exempel Brattforsbäcken och den kalkade sjön Aspen

Vid stigande vattenföring blir flödesförändringarna asynkrona:

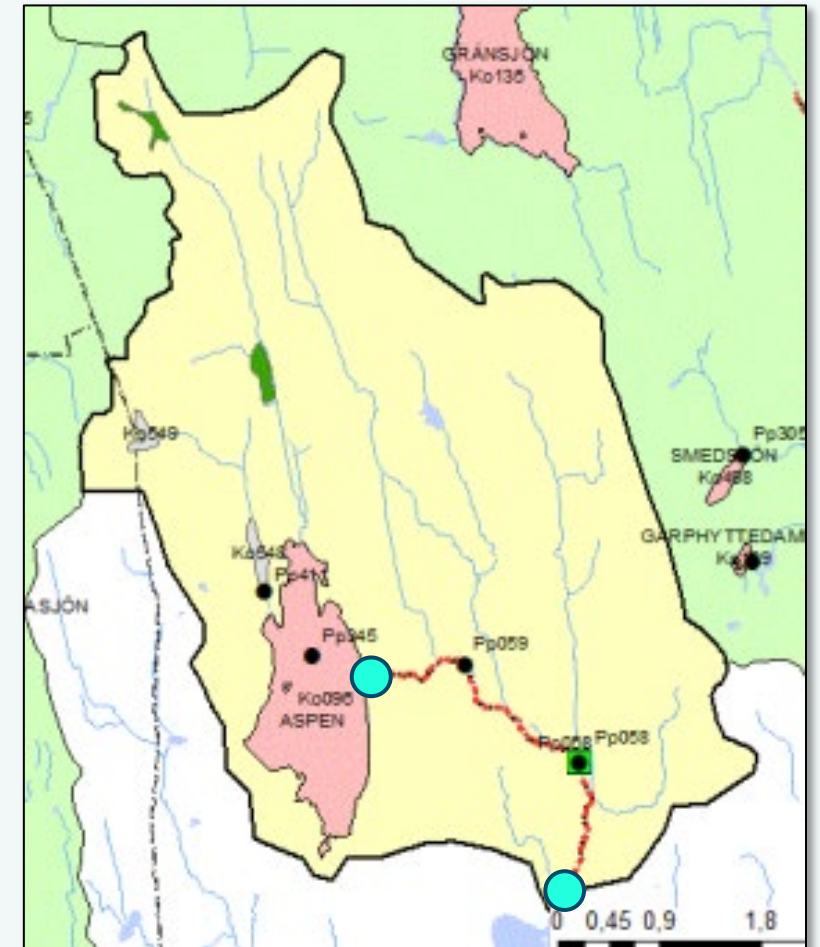
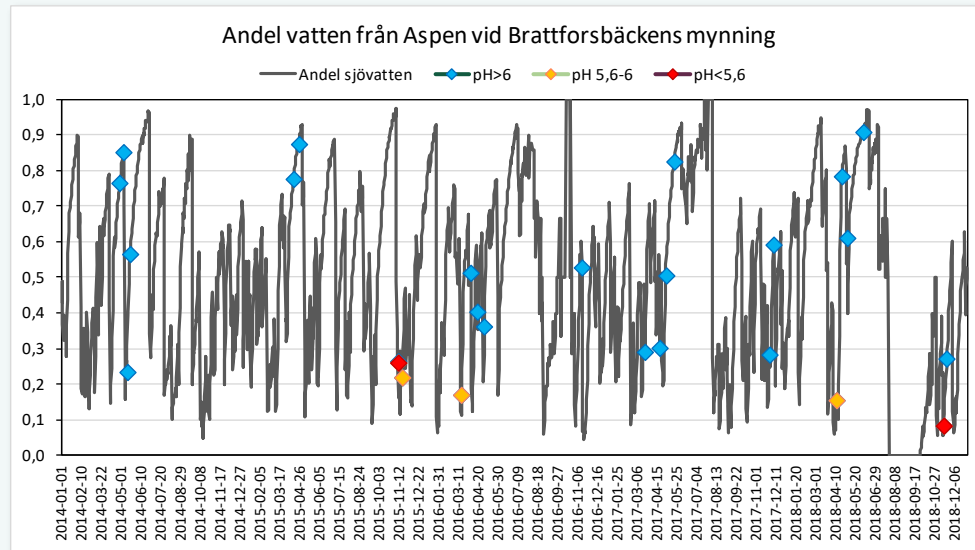
- flödena från sjön Aspen ökar långsamt
- tillrinningen nedströms ökar snabbt



Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Exempel Brattforsbäcken och den kalkade sjön Aspen

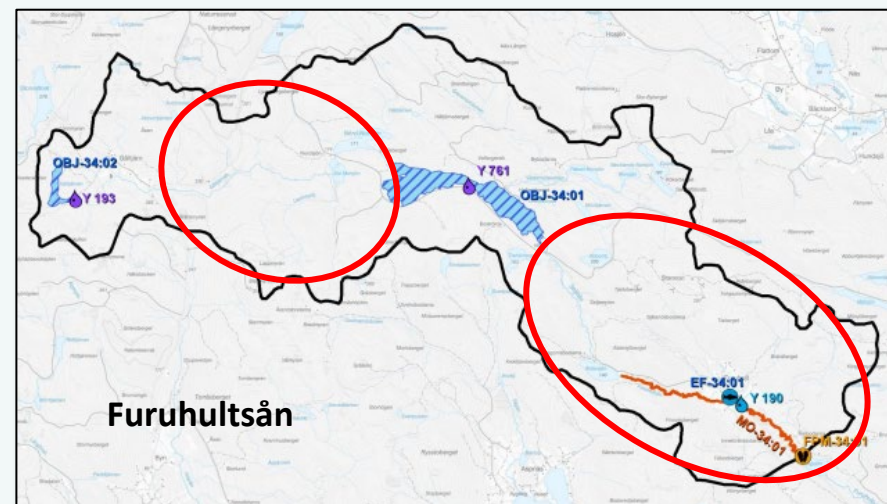
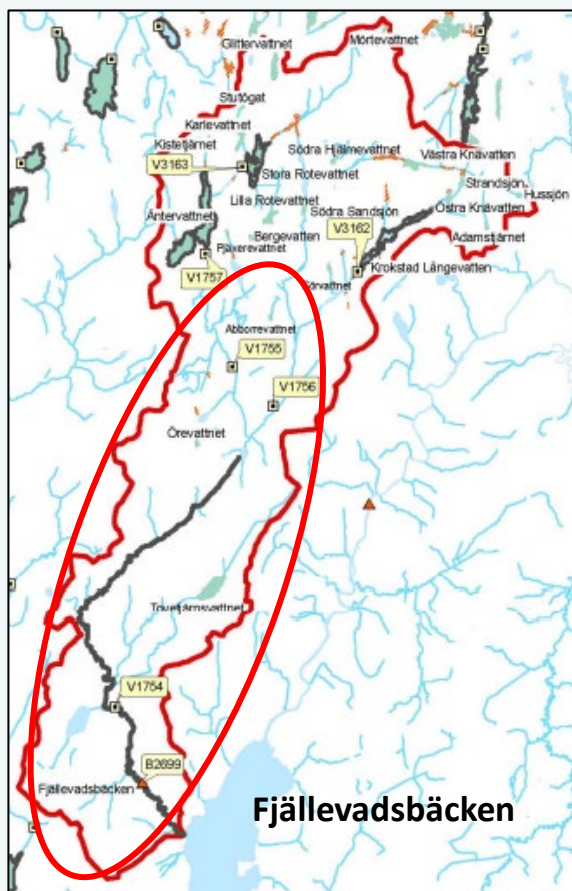
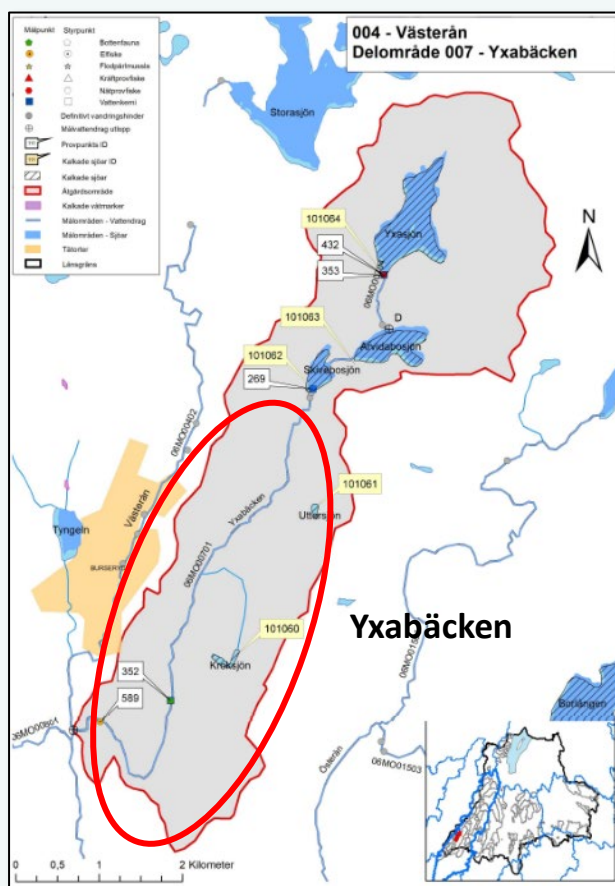
- Andelen kalkat vatten från Aspen i Brattforsbäcken varierar under ett normalår mellan 5 % och 95 %.
- När andelen kalkat sjövatten är lägre än 25 % är det stor risk att pH 6,0 underskrids i Brattforsbäcken.
- Stor risk för underskridande inträffar i genomsnitt ca 10 ggr/år.



Havs
och Vatten
myndigheten

Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

När sjökalkningen inte räcker till för måluppfyllelse behöver den kompletteras med kalkning av våtmarker eller med doserare, framför allt nedströms de kalkade sjöarna.



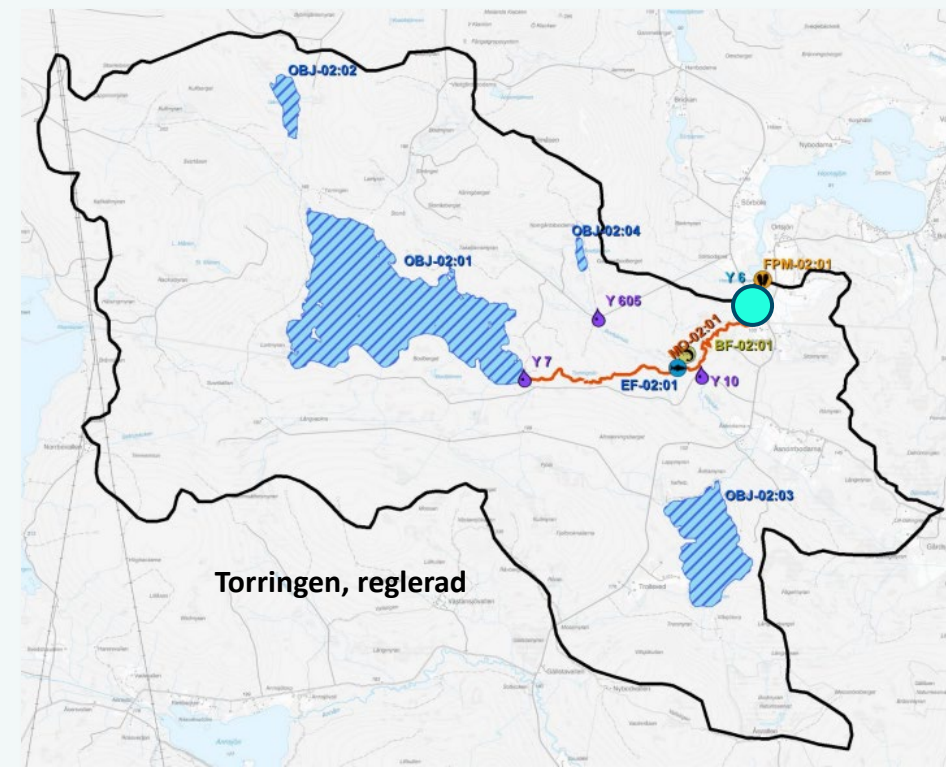
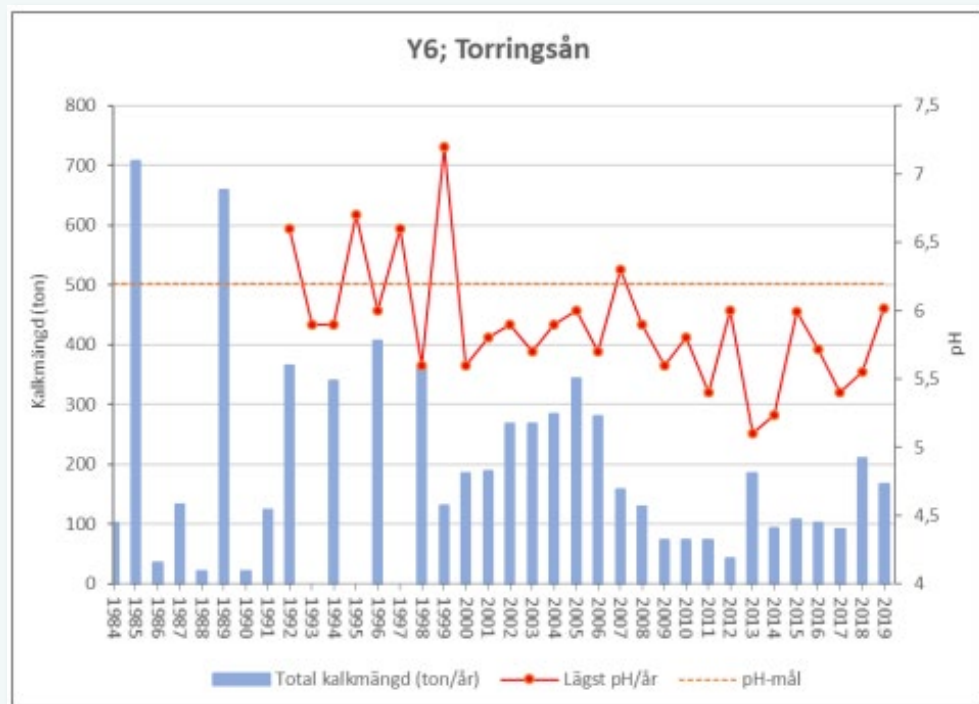
Havs
och Vatten
myndigheten

Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Ännu sämre förutsättningar för måluppfyllelse är det om den kalkade sjön är reglerad.

Exemplet Torringsån

- Den kalkade sjön Torringen är reglerad
- I Torringsån nedströms underskrids pH-målet årligen

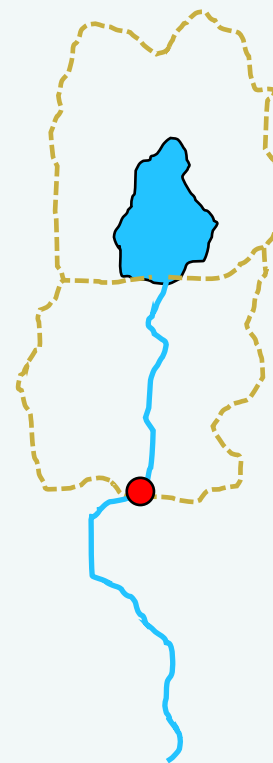


Havs
och Vatten
myndigheten

Svag måluppfyllelse – sjökalkning för nedströms vattendrag

Tumregel:

Det är normalt inte möjligt att upprätthålla pH-målet i nedströms vattendrag när avrinningsområdet är mer än dubbelt så stort som den kalkade sjöns (kalkade sjöarnas) avrinningsområde.



Kalkdosering – sjökalkning för nedströms vattendrag

- Det krävs höga doser vid sjökalkning för nedströmsvattendrag, betydligt högre än vid våtmarkskalkning.
- Kalkbehovet är svårberäknat eftersom förutsättningarna är starkt varierande (antal kalkade sjöar, omsättningstider, iseffekter, osynkade flödesförändringar mm).

Tabell 3. Riktvärden för dosering vid kalkning av vattendrag (50% CaO).

pH-mål	Volymdos (g/m ³) vid lägsta pH _{okalk}		
	4,4	4,9	5,4
Källsjökalkning			
≥5,6	14	11	4
≥6,0	18	15	10
≥6,2	23	20	16
Våtmarkskalkning			
≥5,6	11	8	3
≥6,0	15	12	8
≥6,2	19	16	13

Beräkning av kalkdos – sjökalkning för nedströms vattendrag

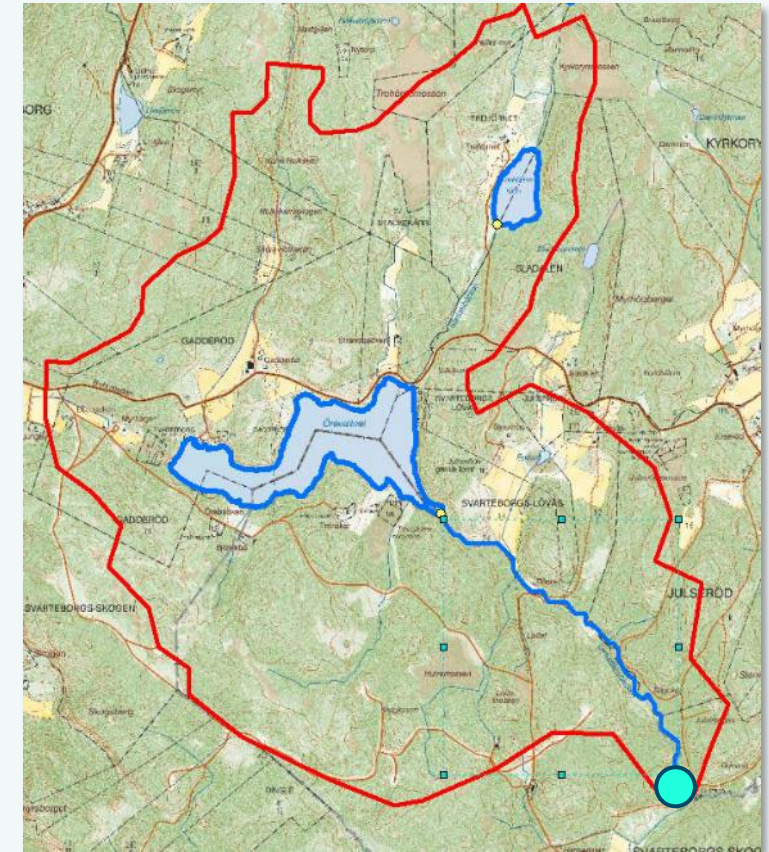
1. Volymdos (g/m^3) x avrinning (l/s/km^2) x 0,315 = arealdos (kg/ha/år)
2. Arealdos x avr.omr. areal (ha) = årlig kalkgiva (kg/år)

Exempel

Målpunkt i bäcken nedströms:

Lägsta pH-okalk 4,9; pH-mål 5,6; avrinning 14 l/s/km^2 , ARO 540 ha

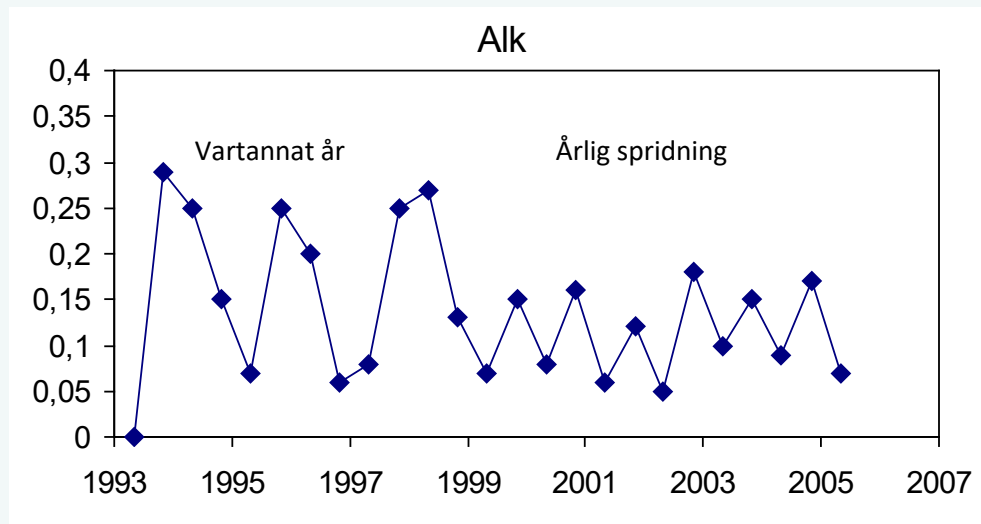
1. $11 \times 14 \times 0,315 = 48,5 \text{ kg/ha/år}$
2. $48,5 \times 540 = 26\,190 \text{ kg/år}$ (=26 ton/år)



Havs
och Vatten
myndigheten

Ineffektiv kalkning

- Kalka sjöar med långa spridningsintervall är ineffektivt.
- Kalka istället med korta intervall.
- Vid omsättningstider mindre än 3 år bör spridning ske årligen.



Tätare spridningsintervall minskar variationen i alkalinitet och reducerar kalkmängderna

Ineffektiv kalkning

- Att kalka nedströmssjöar är ineffektivt
- Undvik kalkning i nedströmssjöar med kort omsättningstid ($<0,5$ år).
- Nedströmssjöar bidrar sällan till måluppfyllelse.

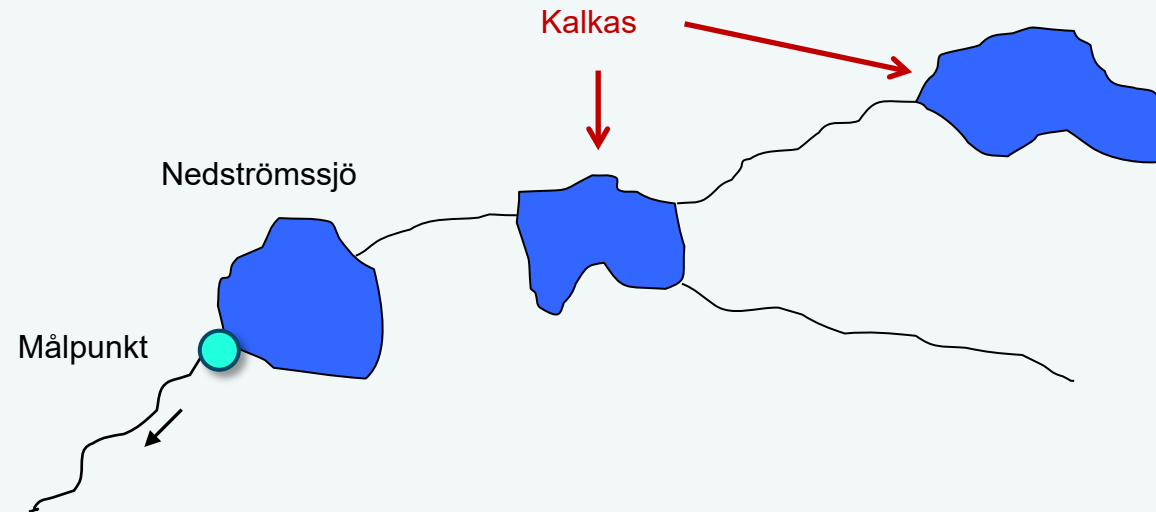
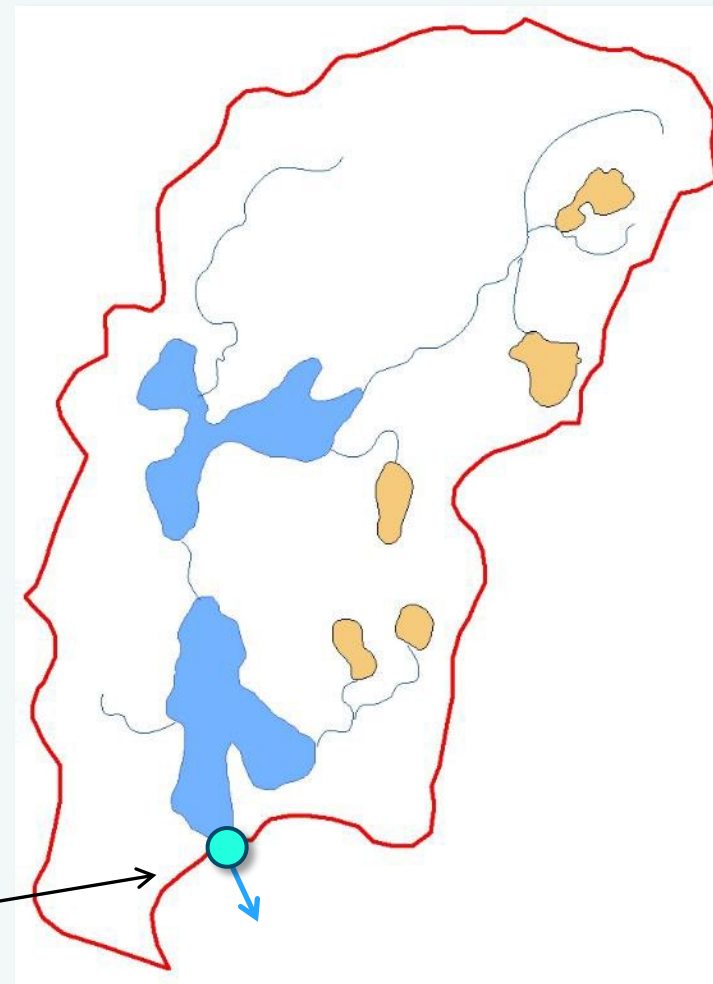
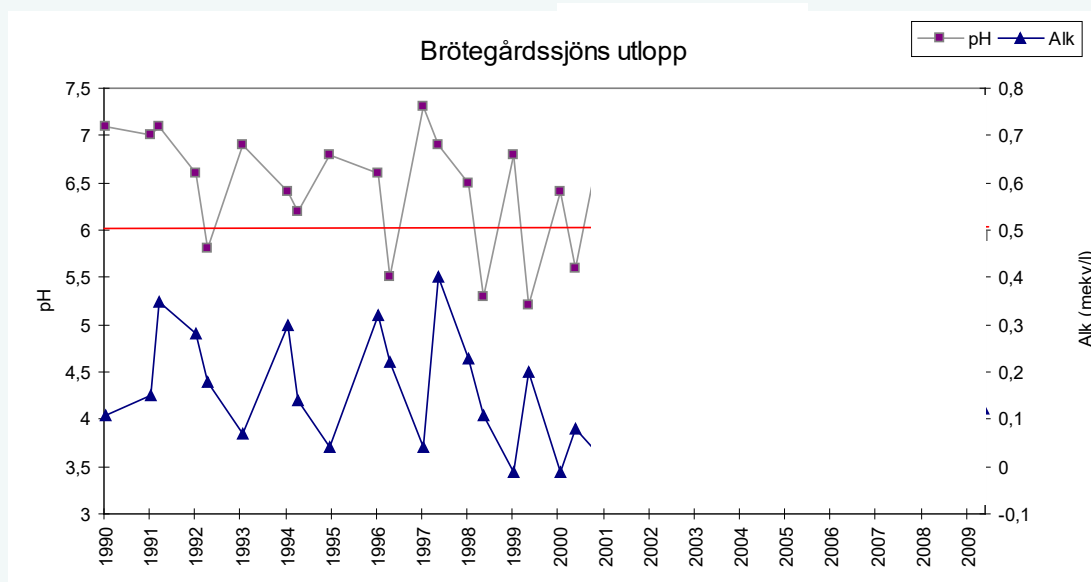


Foto: Tobias Hagg

Ineffektiv kalkning

Exemplet Brötegårdssjön

- De två målsjöarna har kort omsättningstid (<0,5 år)
- Kalkning utfördes vartannat år.
- Effekterna var ojämna och pH-målet 6,0 uppnåddes inte

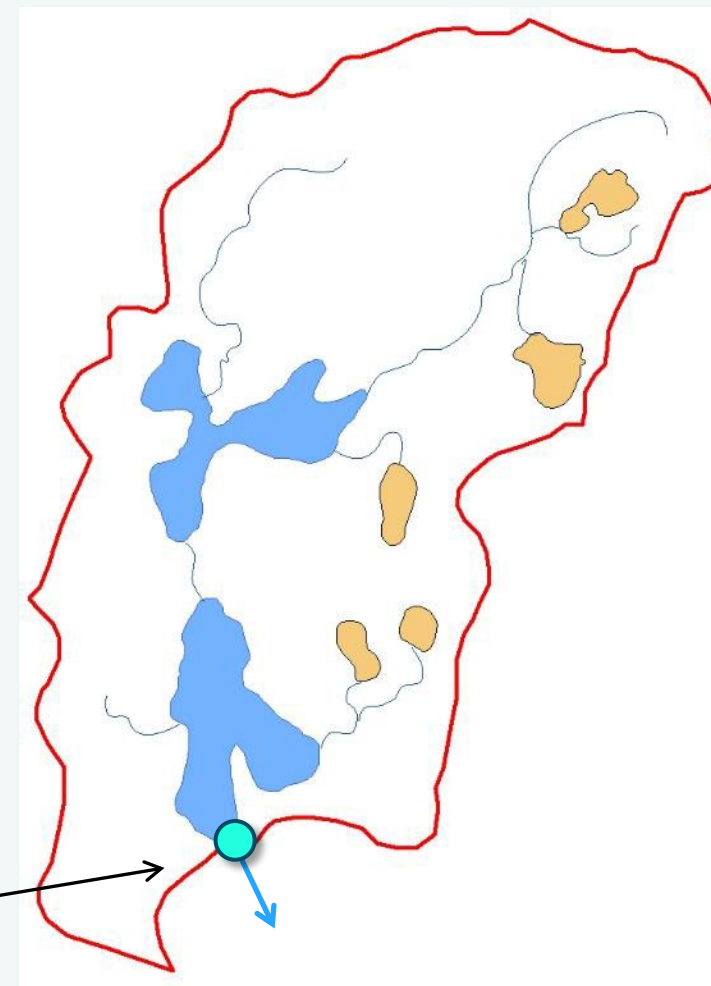
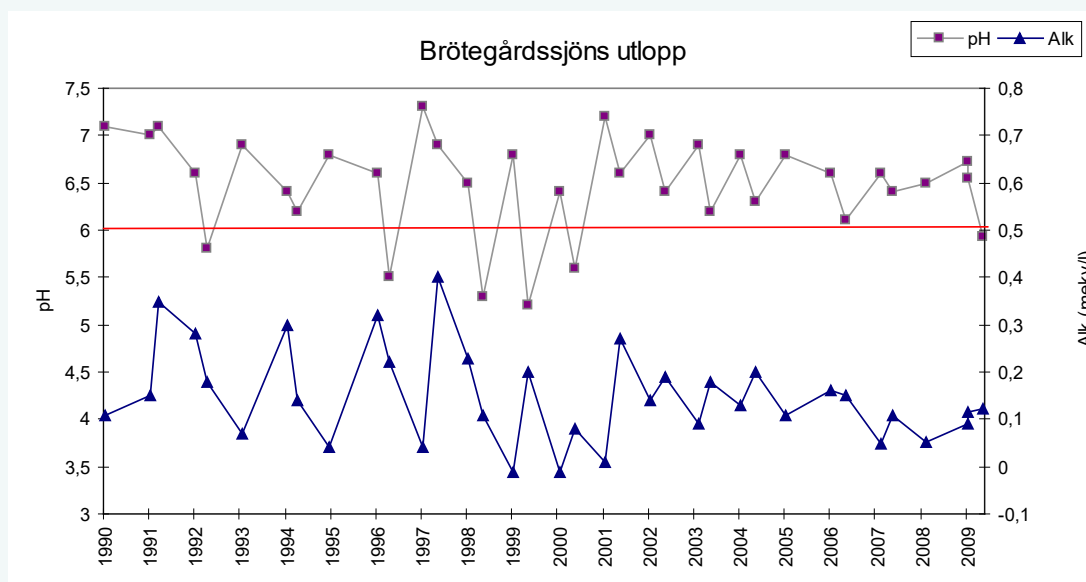


Havs
och Vatten
myndigheten

Ineffektiv kalkning

Exemplet Brötegårdssjön

- Kalkningen i nedströmssjön avslutades år 2001
- Kalken spreds istället årligen i övriga sjöar
- Kalkeffekten blev jämnare och måluppfyllelsen förbättrades



Havs
och Vatten
myndigheten

Ineffektiv kalkning

Kalkning i sjö med höga kalkdoser är ineffektivt.

- Höga kalkdoser ger ett dåligt utnyttjande av den kalk som sprids.
- Följ rekommendationerna i handboken.
- I målsjöar ska kalkdosen inte överstiga 20 g/m³ avrinnande vatten.
- I åtgärdssjöar ska kalkdoserna inte överstiga riktvärdena i tabellen nedan.

TABELL 4. Riktvärden för maximala kalkdoser vid kalkning i åtgärdssjöar.

Omsättningstid (år)	Maximal kalkdos (g/m ³ avrinningsvatten)
0,25	15
0,5	20
1,0	25
1,5	30
≥2	40

Överkalkning

Definition på överkalkning av åtgärdsområde:

Kalkdosen överskrider vad som krävs för att uppnå pH-målet i det nedersta målområdet

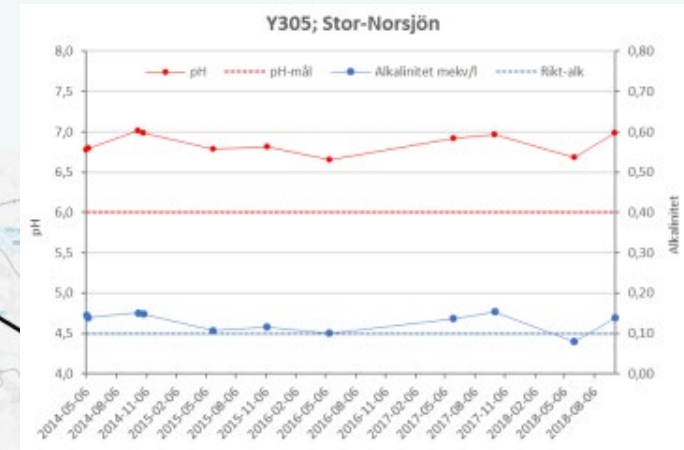
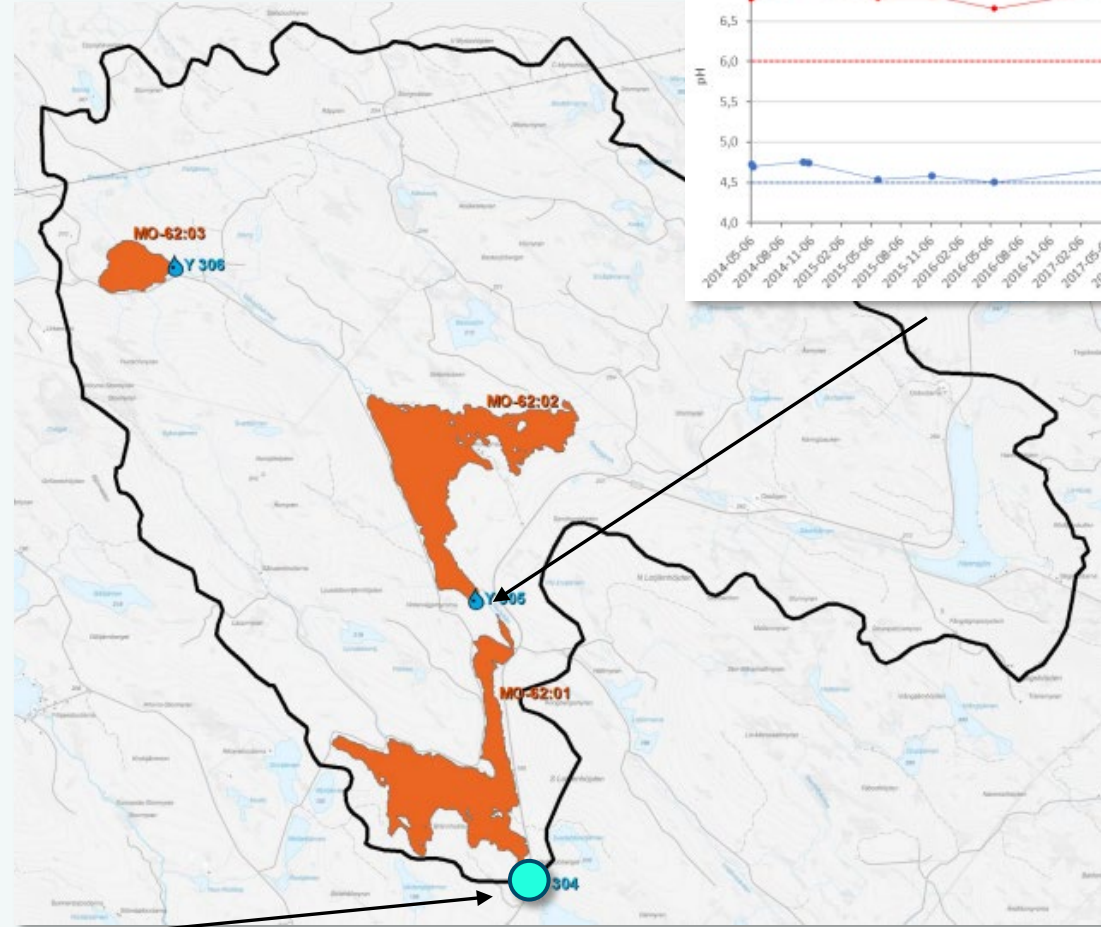
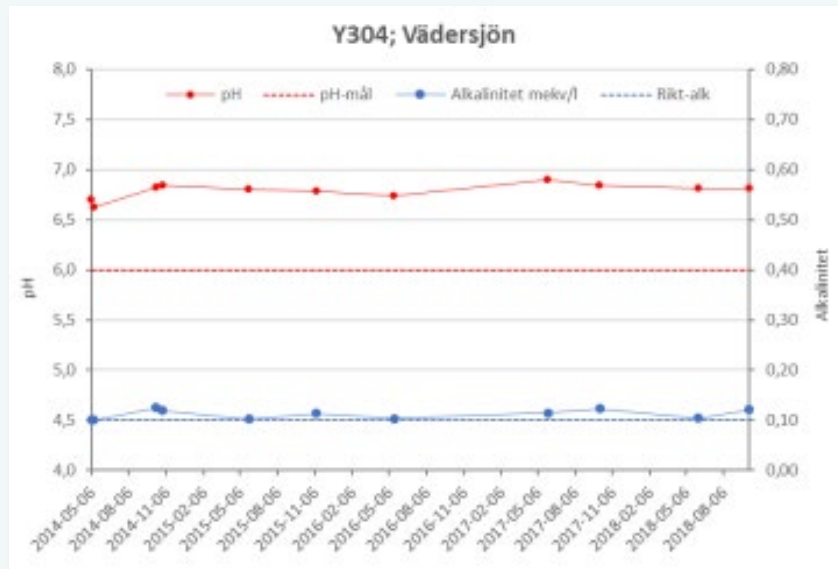
Symtom på överkalkning av åtgärdsområde:

Alkaliniteten är stadigvarande högre än vad som krävs för att uppnå pH-målet i det nedersta målområdet.

Överkalkning

Exempel Vädersjön

- Sjöarna är överkalkade.
- Alkaliniteten underskrider aldrig 0,10 mekv/l i nedersta målpunkten (Vädersjön).
- Kalkmängderna (100 ton/år) kan halveras.



Havs
och Vatten
myndigheten

Korrigera överkalkning

Hur mycket kan kalkdosen sänkas?

Använd dos-effekt sambandet:

1 g kalkmedel per m³ avrinningsvatten = 0,01 mekv/l i alkalinitet

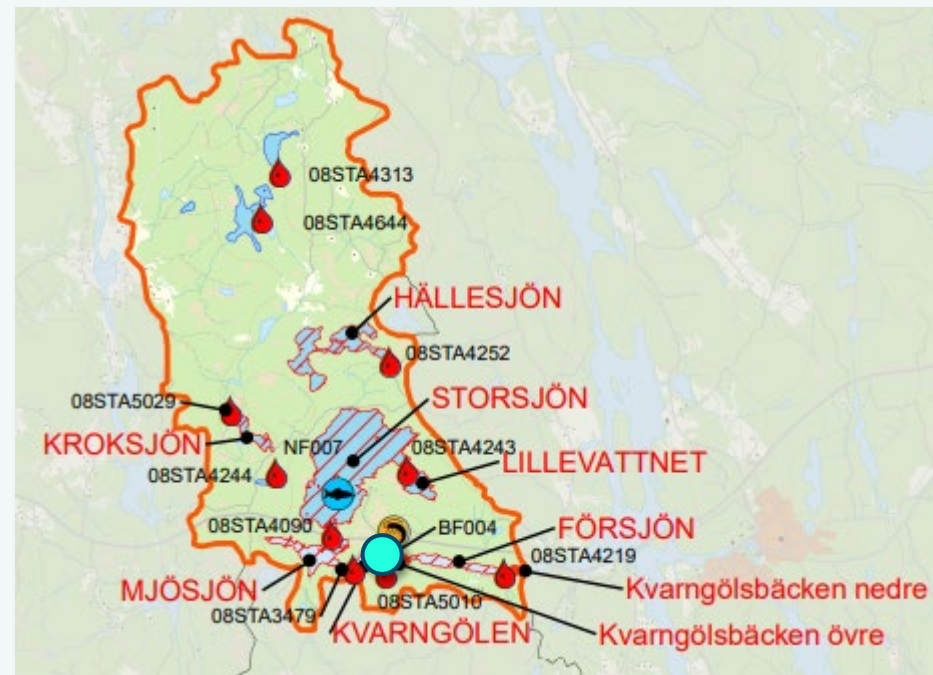
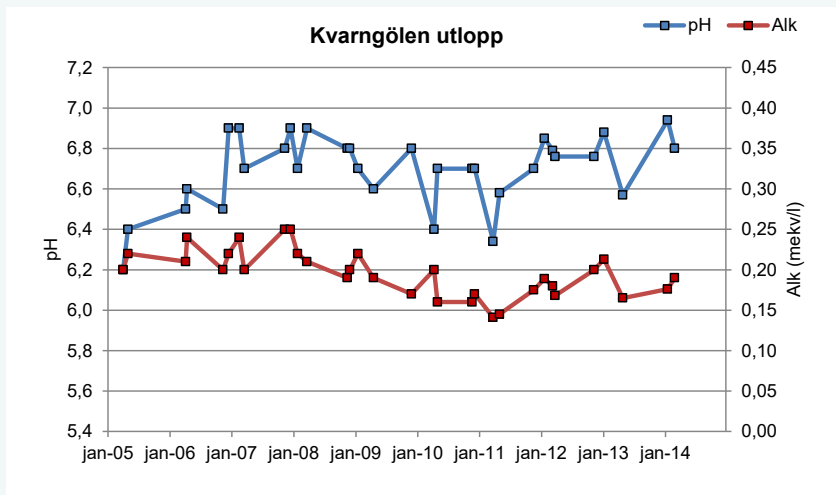
Obs! Sambandet ska endast tillämpas på lägsta uppmätta alkalinitet (uppmätt vid kritiska tillfällen för måluppfyllelse som högflöden, snabbt stigande flöden).

Korrigera överkalkning

Hur mycket kan kalkdosen sänkas enligt dos-effektsambandet?

Exempel Kvarngölen/Storsjön:

- Kalkas med 65 ton/år; pH-mål 6,0
- Alkaliniteten sänkas med minst 0,08 mekv/l vid Kvarngölens utlopp (från 0,15 till 0,07 mekv/l).
- Kalkdosen i provpunkten kan då sänkas med 8 g/m³ vilket motsvarar ca 40 ton/år. Kalkbehov blir 25 ton/år.



Havs
och Vatten
myndigheten

Korrigera överkalkning

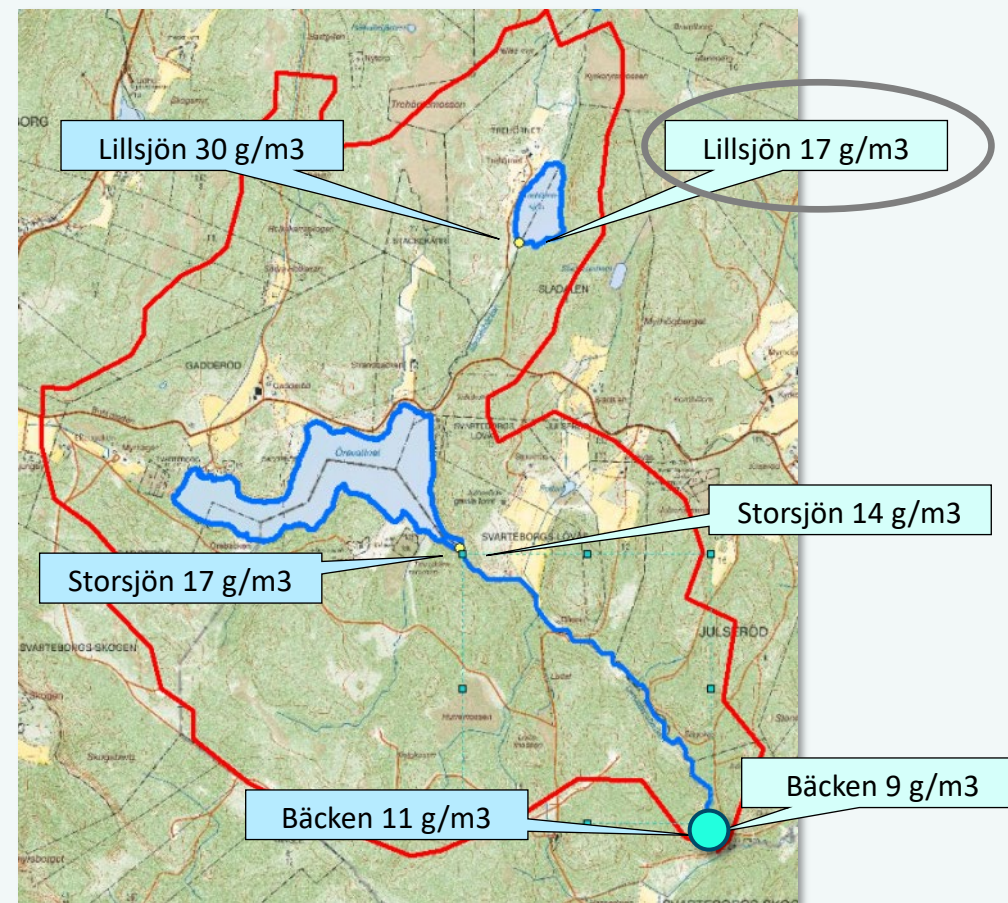
Var ska neddragningarna tas ut?

Utgjämna kalkdoseringen och minska kalkmängderna i de mest överdoserade delarna av åtgärdsområdet.

Exempel: Lillsjön var kraftigt överdoserad, därför tas merparten av reduktionen ut där.

Tumregel för kalkdosering i vattensystem:

Kalkdosen bör öka uppströms längs huvudfåran, men inte vara mer än dubbelt så hög i den övre delen.



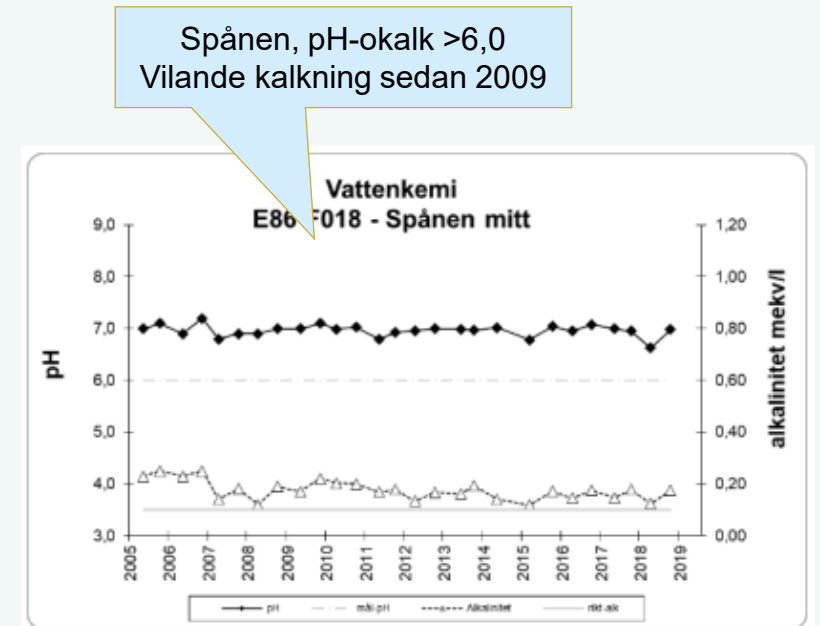
**Havs
och Vatten
myndigheten**

Vilande kalkning

Lägg kalkningen vilande om pH-målet uppnås utan kalktillförsel

När beräknat lägsta pH-okalk $\geq$ pH-målet

- Beräkna lägsta pH-okalk från uppmätt vattenkemi vid kritiska provtillfällen
- Beakta osäkerheter
- Fortsätt med vattenprovtagning under några år innan målområdet avslutas



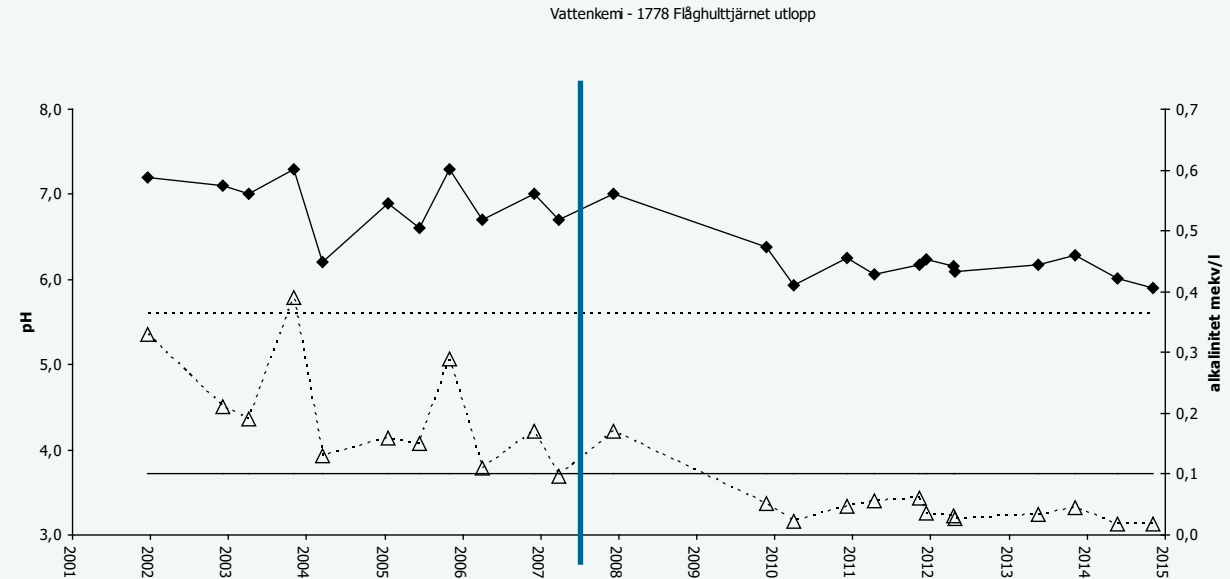
Havs
och Vatten
myndigheten

Avsluta målområdet

Det kan vara svårt att bedöma när målområdet kan avslutas.

Kalkeffekter kan kvarstå i många år efter upphörd kalkning, till följd av långtidsverkan från kalk i bottensediment.

Exempel Flåghulttjärnet:
Efter sju år fanns fortfarande en kvarvarande kalkeffekt

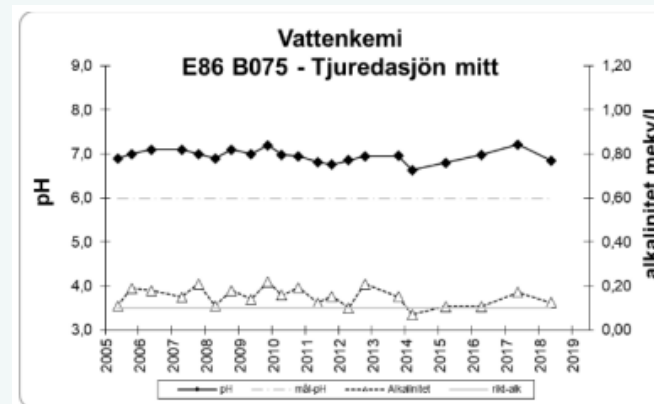
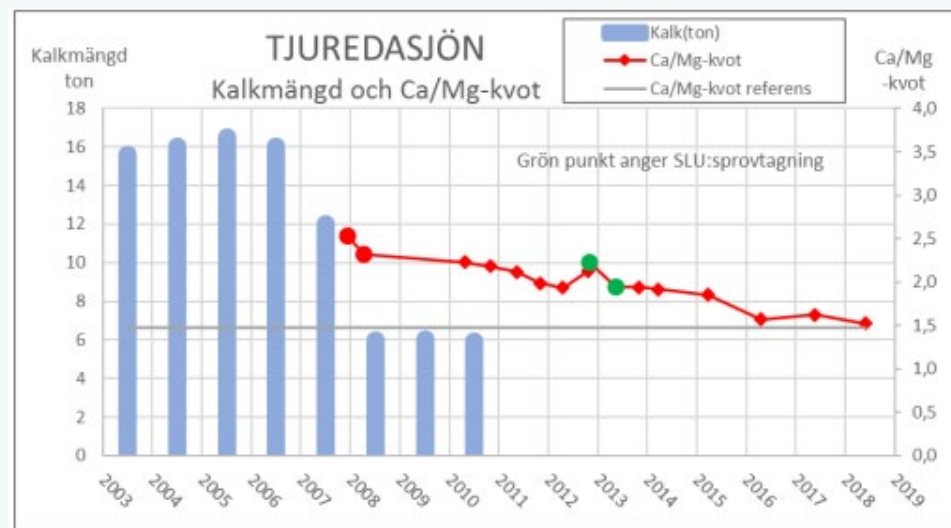


Avsluta målområdet

Tidserier på Ca/Mg-kvoter är ett bra hjälpmedel för att bedöma kvarstående kalkeffekt

Exemplet Tjuredasjön

- Kalkning upphörde 2010
- 2018 hade kalkeffekten i stort sett upphört
- Det finns marginal ned till pH-målet
- Målområdet kan avslutas



Havs
och Vatten
myndigheten

Avslutning

Hur optimerade är sjökalkningarna för nedströmsvattendrag?

- Kalkning av sjöar för nedströms vattendrag fungerar dåligt. Måluppfyllelse är genomgående svag i sjökalkade målvattendrag.
- 40 % av landets målvattendrag kalkas via uppströms belägna sjöar. I mer än hälften av dessa underskrids pH-målen vid återkommande tillfällen.

Tack och slut

**Havs
och Vatten
myndigheten**