



Effekten av kalkfällningsprodukten

VOMBER

som alternativ till mjöl vid helikopterkalkning av sjöar

Tre års vattenkemiska resultat från sjöar kalkade med Vomber.



Vomb-kalkning i Gällsjön

Värnamo i maj 2010

Anders Svahnberg

Ingemar Abrahamsson

Innehåll

Sammanfattning

1. Inledning

1.1 Bakgrund 1

1.2 Kalkfällningsprodukten vomber 1

1.3 Syfte 2

2. Material och metoder 2

3. Resultat

3.1 pH och alkalinitet 3

3.2 Uttransporterad och upplöst kalk 5

4. Diskussion och Slutsatser 5

5. Kalkdosering 5

Erkännanden 7

Referenser 7

Bilaga 1

Kartöversikt med försöksjöarnas geografiska lokalisation.

SAMMANFATTNING

Vid helikopterkalkning av sjöar är torrt kalkstensmjöl alltjämt den dominerande produkten. Problemen med damning och vindavdrift vid helikopterkalkning med torrt kalkstensmjöl är väl kända inom kalkningsbranschen. Redan 1992 beskrevs i en rapport att så mycket som 50% av den spridda kalken kan driva iväg och inte komma det avsedda kalkningsobjektet tillgodo. Vindavdriften orsakar estetiska problem i omgivningen och påverkan på vegetation men innebär också en ekonomisk förlust då kalkningens effekt blir lägre.

I syfte att finna alternativa produkter för att eliminera damningen i samband med helikopterkalkning av sjöar inleddes 2004 försök med dammbundna kalkprodukter. Under 2006 utökades undersökningarna med kalkfällningsprodukten vomber från Bulltofta vattenverk.

Föreliggande rapport behandlar effekten i tre sjöar under en treårsperiod efter kalkning med vombkalk från Bulltofta vattenverk. Resultaten visar att dessa vomber fungerar som kalkningsmedel i helikopterkalkade sjöar. Den långsammare upplösningen fördröjer uttransporterna och jämnar ut de vattenkemiska effekterna av en kalkning. I sjöar med kort omsättningstid torde vomber kunna motverka genomslag av surstötter på ett bättre sätt än kalkstensmjöl.

Beroende på den testade vombkalkens långsammare upplösning krävs ytterligare 1-2 års uppföljning innan resultaten kan användas som underlag för generella rekommendationer avseende dosering och kalkningsintervall.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Problemet med damning och vindavdriftsförluster vid helikopterspridning av torrt kalkstensmjöl är välkänt. Kalkstensdamm som driver bort från den tilltänkta spridningytan, sjö eller våtmark, medför estetiskt negativa effekter på byggnader, båtar, bryggor, jaktorn o dyl samt kan även orsaka problem för maskiner i skogsbruket och smutsning av kläder och hundar. Den vindbortförda kalken kan även orsaka icke önskvärd påverkan på vegetation i kalkningsobjektets närhet. Vindavdriften medför också en ekonomisk förlust eftersom en del av den spridda kalken inte direkt kommer till nytta i den tilltänkta sjön eller våtmarken. Redan 1988 påbörjade Anders Svahnberg, Myrica kalkningskonsult, studier av vindavdriftens omfattning och funktioner. I en rapport beskrivs att upp till hälften av den spridda kalkmängden kan driva bort med vinden (Svahnberg, A. 1992).

Sedan 1992 har Myrica kalkningskonsult bedrivit studier av kalkningseffekten i våtmarker som kalkats med alternativa mindre och/eller icke dammande produkter. Resultaten har efterhand lett fram till att våtmarker idag huvudsakligen kalkas med kalkprodukter som dammar obetydligt eller inte alls. Vid helikopteralkning av sjöar används dock alltså huvudsakligen torrt mjöl.

I samarbete med en grupp entreprenörer, kommuner och länsstyrelser initierades 2004 ett försök med helikopterspridning av alternativa dammbundna kalkprodukter i sjöar. Försöket inleddes i Myrica kalkningskonsult övriga försöksverksamhet avseende kalkning av våtmarker. Liksom i Myrica's övriga försöksverksamhet finansieras försöket av flera berörda aktörer i kalkningsverksamheten.

Under 2006 utökades försöksverksamheten med ytterligare en produkt. Tre tidigare ej kalkade sjöar valdes ut och kalkades med vomber från Bulltofta vattenverk.

1.2 Kalkfällningsprodukten vomber

Nomenklaturen är oklar och ett antal termer används i olika sammanhang för motsvarande kalkfällningsprodukt från olika vattenverk. De vanligaste uttrycken är vomber, Vombgranuler, Bulltofta-granuler, Bulltofta, kalkfällningsprodukter, vombkalk och vattenverksgranuler. I föreliggande rapport används benämningen "vomber" gemensamt för typen av produkt oavsett vid vilket vattenverk produktionen skett.

Vomber bildas som en kalkfällningsprodukt vid avhärdning av råvatten. Tekniken är väl känd och utvecklad i bl a Holland. Vattenverket i Vomb i Skåne startade sin avhärdningsanläggning 1999 som den första i Sverige. Ytterligare tre anläggningar har startats, Bulltoftaverket i Malmö samt Bäcklösa- och Gränbyverket i Uppsala. I Vomb produceras ca 3 500 ton vomber/år, i Bulltoftaverket ca 1 500 ton/år samt i Uppsalaverken ca 6 000 ton/år.

Kalken i vattnet fälls ut på sandkorn genom tillsats av natriumhydroxid. Sandkornen hålls svävande i en vattenström (fluidisering) i en reaktortank. Efterhand som kalken utfälls och kornet växer sjunker det till botten och tas senare ut ur avhärdningsreaktorn. Resultatet blir ett kalkkorn med sandkärna och en diameter vanligen på ca 0,5-2 mm. Se bild 1. Medeldiametern på vomberna skiljer sig mellan de olika verken. Störst är vomberna från vattenverket i Vomb och minst från Bulltoftaverket. De båda Uppsalaverken producerar vomber med en medelstorlek däremellan.

Bild 1. Vomber i naturlig storlek. Den mörkare produkten i bildens vänstra del är producerad i Bulltofta vattenverk medan den ljusare produkten i bildens högra del producerats i vattenverket i Vomb.



Vomberna fälls ut i dricksvatten som klassas som livsmedel. Vattnet analyseras kontinuerligt med avseende på förekomst av tungmetaller och miljögifter. Separata analyser av tungmetallinnehållet i vomberna visar på låga värden och inom Naturvårdsverkets gränsvärden för kalkningsmedel. CaO-värdet är ca 49-53% inkluderat sandkärnorna.

Nordkalk började leverera och sprida vomber på våtmarker inom kalkningsverksamheten 1999. Under senare år har det spridits ca 5 000 ton vomber/år inom kalkningsprojekt. Den största och avgörande fördelen med vomber som kalkningsmedel är att kalken är hårt bunden och produkten går därför att transportera och sprida med helikopter helt utan dammbildning i något led. På våtmarker blir kalkningen mycket diskret eftersom vomberna knappast syns alls efter en spridning. För den som rör sig i ett vomb-kalkat kärr eller dess närhet finns så gott som inga negativa estetiska effekter såsom smutsning, dammning eller "nermjölad" vegetation. Vomber fastnar inte på kläder eller hundar och man blir inte nersölad av att beträda ett kärr eller ett jaktorn. Dessa faktorer gör vomber till ett attraktivt alternativ till grovkalk och P-märkt kalkstensmjöl.

1.3 Syfte

Syftet med undersökningen var följande:

- att ge svar på frågan om vomber är användbara ur kalkeffektsynpunkt som kalkningsmedel vid helikopterkalkning av sjöar.
- att klarlägga upplösnings- och uttransportfunktioner.
- att ge underlag för rekommendationer rörande dosering och spridningsintervall.

Föreliggande rapport behandlar pH, alkalinitet och

kalcium i avrinnande vatten under en tidsperiod på tre år efter kalkning och resultaten jämförs med två tidigare mjölkalkade sjöar samt en okalkad referenssjö.

2. Material och metoder

Tre sjöar kalkades med vomber från Bulltofta vattenverk. Kalkdoser, spridda mängder samt sjöarnas hydrografi framgår av tabell 1. Sjöarnas geografiska lokalisering redovisas i bilaga 1. Ingen av sjöarna har såvitt känt kalkats tidigare.

Kalkprodukterna spreds jämnt fördelat över öppet vatten med helikopter. Notera dock att med jämnt fördelat i detta sammanhang avses att det är helikopterns spridningsstråk som är jämt fördelade över sjöarna. Vombers CaO-värde uppgavs av leverantören vara 48,9 %.

Vattenprov togs i utloppet från sjöarna vid fyra tillfällen före kalkning och vid 30 tillfällen under en tidsperiod av tre år efter kalkning. Förutom de tre kalkade sjöarna provtogs även en okalkad referenssjö. Halter av kalcium har analyserats av Alcontrol AB enligt metoden SS-EN ISO 11885-1.

Vid transportberäkningarna av kalcium subtraherades skattade bakgrundshalter från de uppmätta halterna. Bakgrundshalterna beräknades utifrån halterna i en av de okalkade referenssjöarna. Sambandet antogs vara $[Ca]_b = [Ca]_r + ([Ca]_i - [Ca]_{ri})$, där $[Ca]_b$ är bakgrundhalten, $[Ca]_r$ är halten i referensen vid samma provtillfälle, $[Ca]_i$ är haltmedelvärdet före kalkning ($n=4$) och $[Ca]_{ri}$ är haltmedelvärdet i referenssjön före kalkning ($n=4$). Som referenssjö användes Ekesjön. Från de beräknade halttillskotten av kalcium beräknades uttransporterna av kalk genom multiplicering av vattenföringen mellan varje provtillfälle. Vattenföringen vid varje mätpunkt be-

Tabell 1. Kalknings- och hydrografidata för de kalkade sjöarna.

Objekt	Yta (ha)	Avrinnings- omr. (ha)	Maxdjup (m)	Medeldjup (m)	Volym (milj. m ³)	Teor. oms.-tid ¹⁾ (år)	Kalkmängd 50% CaO (ton)	Produkt	Dos (kg/ha avr.-omr)	Sprid- nings- tidpunkt
Gällsjön	9,7	140	17,3	6,3	0,61	0,47	34,2	Vomber ²⁾	244	Nov-06
Lillesjö	4,2	42	9,7	3,4	0,14	0,37	11,8	Vomber ²⁾	281	Nov-06
Långasjön	16,4	170	15,0	4,4	0,71	0,46	51,2	Vomber ²⁾	301	Nov-06
Långasjö (Gunnarp)	15,0	170	11,3	4,3	0,65	0,47	51,0	Mjöl	300	Apr-04
St Djupasjön	7,0	155	15,0	8,6	0,61	0,50	45,0	Mjöl	290	Apr-04

¹⁾ Beräkningen avser uppföljningsperioden efter kalkning.

²⁾ Vomber från Bulltofta vattenverk.

Anm: Sjöarna är djuplodade.

räknades från den specifika avrinningen vid SMHI:s mätstation Pepparforsen i Högvadsån (103-2341). Den specifika avrinningen vid Pepparforsen multiplicerades med beräknad avrinningsområdesareal för varje mätpunkt. Avrinningsområdenas storlek togs fram på fastighetskartan (skala 1:10 000) med hjälp av flygbildstolkning, kartans höjdkurvor och fältbesiktning av vattendelare. Kalkens kalciumhalt beräknades utifrån uppgifter på den spridda kalkens syraneutraliserande verkan. De tillförda kalkmängderna, omräknat till en syraneutraliserande verkan på 50 %, antogs innehålla 34,5 % kalcium baserat på resultat från utförda produktanalyser.

Vid beräkning av andelen upplöst kalk adderades den uttransporterade andelen med den andel som fanns upplöst i sjön vid varje provtagningstillfälle. Andel upplöst kalk i sjön beräknades från kalciumtillskottet vid mätpunkten (utloppet) multiplicerat med sjöns vattenvolym. Vid beräkningen antogs således att kalciumhalterna i mätpunkten var representativa för sjöns hela vattenmassa. Detta kan troligen medföra underskattningar av andelen upplöst kalk i sjön, särskilt för enstaka provtillfällen och under temperaturskiftade tidsperioder. Beräkningsmetoden bedöms dock ge ett relativt bra mått på hur stor andel av den tillförda kalken som finns upplöst i sjöarnas vattenmassor och sediment.

Resultaten från de vomb-kalkade sjöarna har jämförts med utvecklingen i Stora Djupasjön och Långasjö (Gunnarp) under en treårsperiod efter kalkning. Stora Djupasjön och Långasjö (Gunnarp), som kalkades med kalkstensmjöl från

helikopter i april 2004, bedöms uppvisa en representativ bild av den vattenkemiska responsen i sjöar med kort omsättningstid (ca 0,5 år) efter spridning av kalkstensmjöl. Resultaten från kalkningarna i Stora Djupasjön och Långasjö (Gunnarp) har tidigare redovisats av Svahnberg & Abrahamsson (2008).

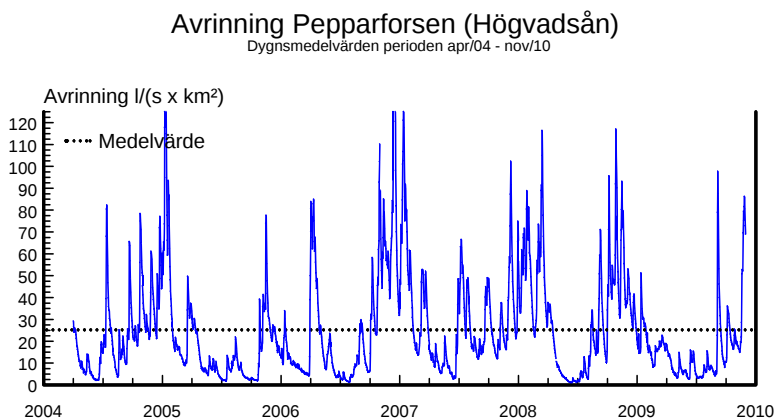
3. Resultat

3.1 pH och alkalinitet

I figur 4-5 visas pH och alkalinitetsvärden i avrinningsvattnet från tre vomb-kalkade och två mjölkalkade sjöar.

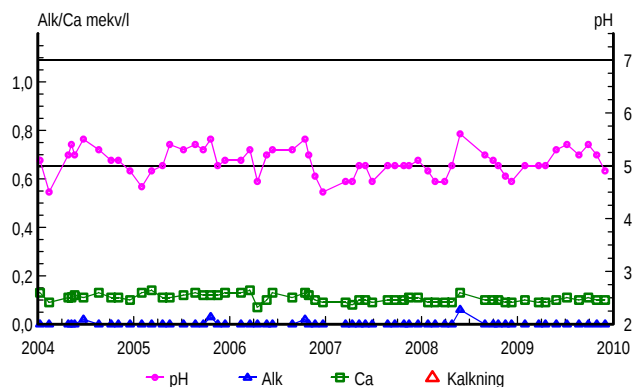
Kalkningseffekten med avseende på pH och alkalinitet var i de vomb-kalkade sjöarna betydligt jämnare och hade längre varaktighet jämfört med de två mjölkalkade sjöarna. Tre år efter kalkning var värdena på pH och alkalinitet jämförbara med värdena under första året efter kalkning. Detta trots att omsättningstiderna i de vomb-kalkade sjöarna var i genomsnitt något kortare än i de mjölkalkade sjöarna (tabell 1).

Figur 2. Avrinning vid SMHI mätstation Pepparforsen i Högvadsån perioden april 2004 - november 2009.



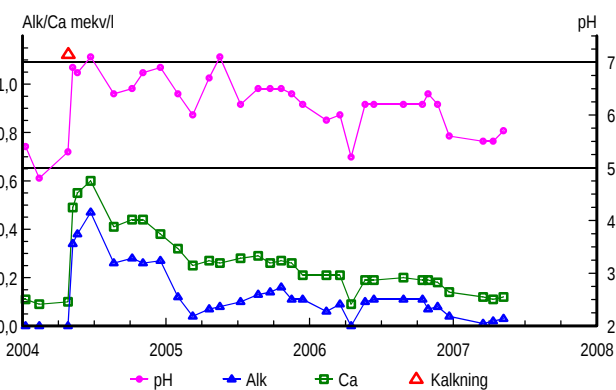
Figur 3. pH, alkalinitet och kalcium i den okalkade referens-sjön.

Ekesjön (referens)

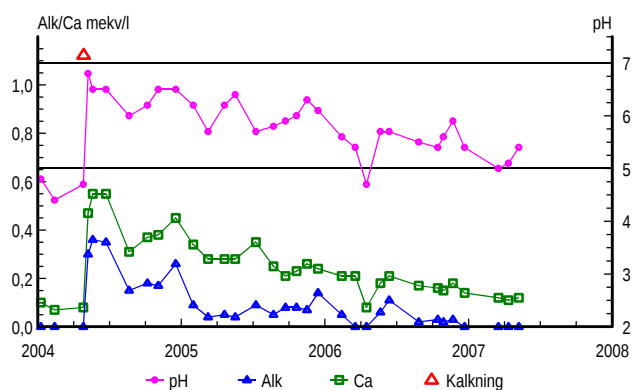


Figur 4. pH, alkalinitet och kalcium i två sjöar kalkade med kalkstensmjöl.

Långasjö (Gunnarp) (mjöl)

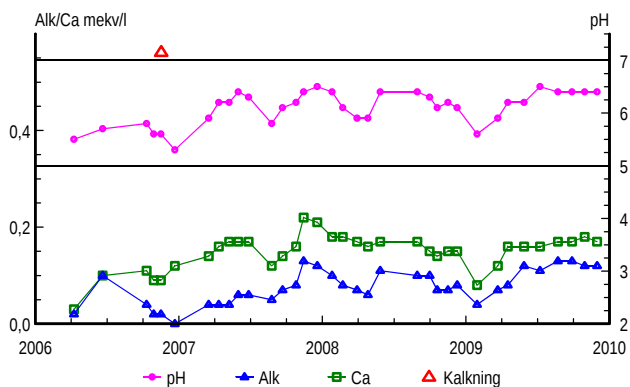


St Djupasjön (mjöl)

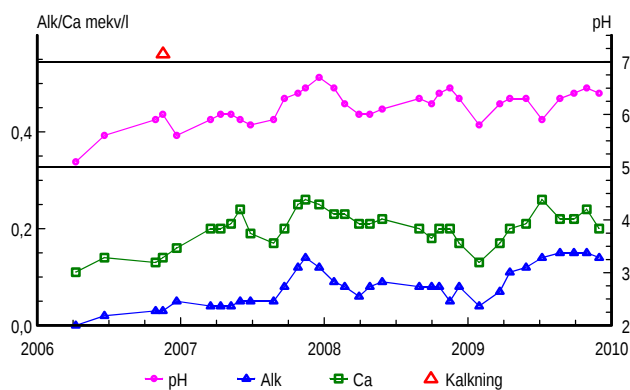


Figur 5. pH, alkalinitet och kalcium i tre sjöar kalkade med vomber (Bulltofta vattenverk).

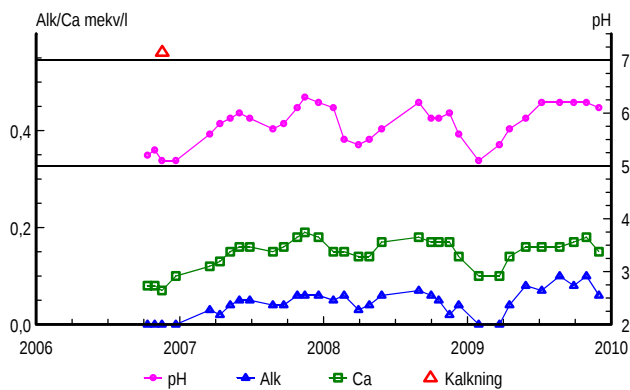
Gällsjön (vomber)



Lillesjö (vomber)



Långasjön (vomber)



3.2 Uttransporterad och upplöst kalk

I april 2007, tre år efter kalkning, beräknas 73-82 % av tillfört kalkstensmjöl ha löst upp sig i Långasjö (Gunnarp) och St Djupasjön (figur 6). Den uttransporterade andelen var något lägre, 71-78 %. Uttransporternas hastighet var mycket likartade i de två sjöarna beroende på de snarlika omsättningstiderna. Under tidsperioden uppgick omsättningstiderna till 0,47 år i Långasjö och 0,50 år i St Djupasjön. Förloppen var relativt snabba och efter tolv månader var upplösningen drygt 60 % och uttransporterna knappt 50 % av tillfört kalkstensmjöl (figur 6). Den därpå följande utvecklingen var däremot betydligt långsammare med reducerad upplösning och sjunkande uttransporter. Under de därpå följande två åren, fram till april 2007, uppgick upplösningen till ca 15 % av tillförd kalk medan ytterligare ca 25 % transporterades ut ur sjöarna. Det hastiga upplösningförloppet gav höga Ca-halter och alkalinitetsvärden i sjöarnas utlopp under försommaren 2004 (se figur 4). Återförurningen i sjöarna var därefter snabb på grund av den avstannande kalkupplösningen.

I Gällsjön, Lillesjö och Långasjön, som kalkades med vomb-kalk i november 2006, var upplösning- och transportförloppen betydligt långsammare än i sjöarna kalkade med kalkstensmjöl (figur 7). I november 2009, tre år efter kalkning, uppgick uttransporterna till 41-50 % och upplösningen till 48-55 % (tabell 2). Trots att de hade en något snabbare vattenomsättning än mjölsjöarna var såväl upplösning som uttransporter betydligt långsammare. I november 2007, tolv månader efter kalkning, uppgick upplösningen till ca 25 % och uttransporterna till ca 15 % av tillförd kalk (figur 7). Därefter avstannade inte upplösningen lika snabbt som i mjölsjöarna. Under de nästföljande två åren upplöstes ytterligare ca 25 %.

4. Diskussion och slutsatser

I helikopteralkade sjöar löser sig vomb-kalk (från Bulltofta vattenverk) långsammare än kalkstensmjöl. Vid användning av kalkstensmjöl avstannar upplösningen snabbt. Redan efter ett år är kalkupplösningen mycket liten i sjöar med korta omsättningstider. Vid kalkning med vomb-kalk uppstår däremot inte en lika snabbt avtagande upplösningshastighet. Den långsammare upplösningen fördröjer uttransporterna och jämnare ut de vattenkemiska effekterna av en kalkning. I sjöar med kort omsättningstid (<1 år) bör ett relativt långsamt upplösningförlopp vara fördelaktigt. Vomb-kalk torde i dessa sjöar kunna motverka genomslag av surstötter på ett bättre sätt än kalkstensmjöl. Då kalkupplösningen ännu efter tre år inte avstannat krävs ytterligare ett- till två års tidsserier behövs för att modellberäkna den slutliga utnyttjandegraden av vomb-kalk i Gällsjön, Lillesjö och Långasjön.

5. Kalkdosering

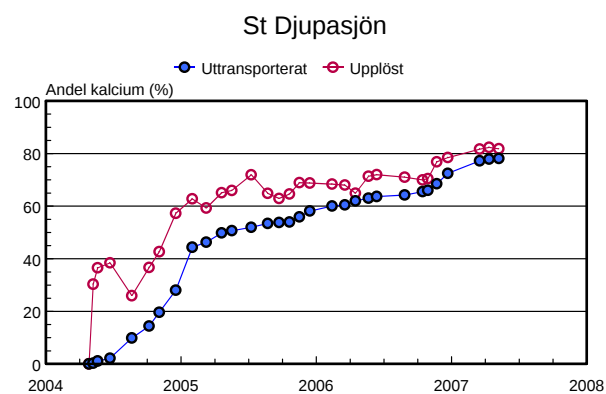
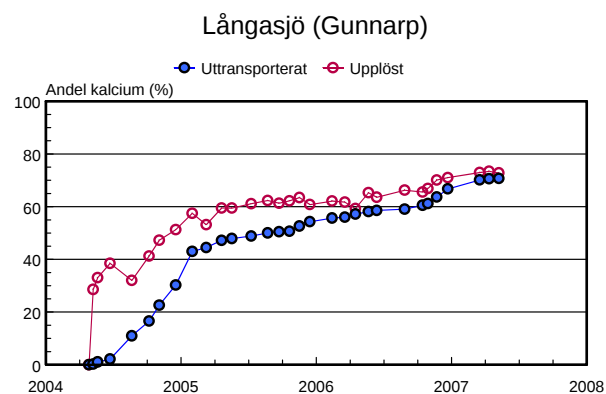
Resultaten i denna rapport ger inte underlag för generella rekommendationer med avseende på kalkdosering och spridningsintervall för vomb-kalk från Bulltofta vattenverk. Säkra jämförelser med kalkstensmjölet och beräkning av lämplig kalkdosering kan göras först när upplösningshastigheterna och kalkutnyttjandet har modellberäknats.

Tabell 2. Beräknade andelar av tillförd kalk som har uttransporterats och upplöstes i de kalkade sjöarna.

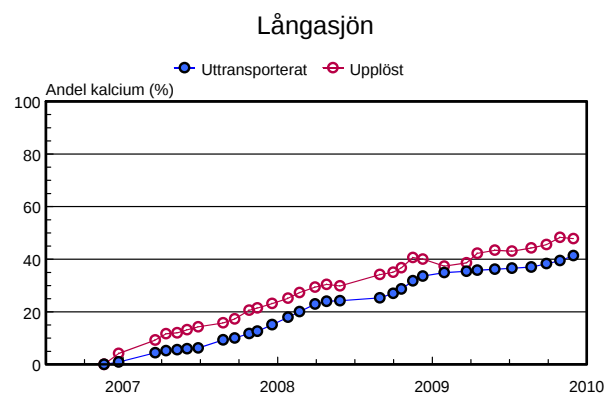
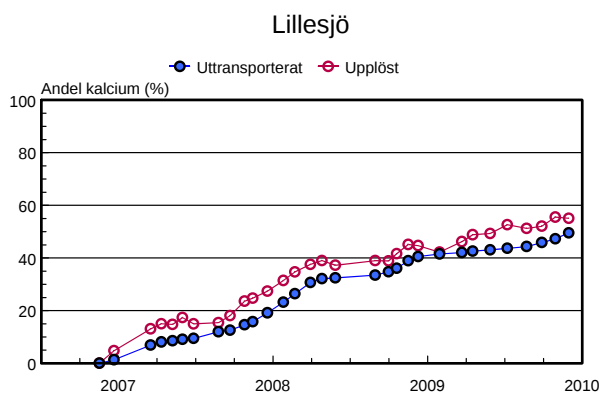
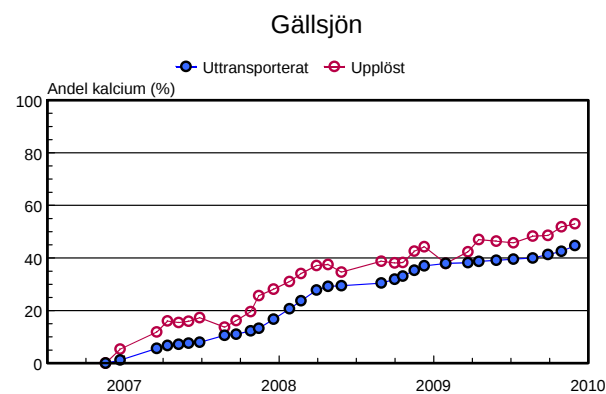
Objekt	Mätperiod		Uttransporterat %	Upplöst %	Produkt
	Startdatum	Slutdatum			
Gällsjön	2006-11-17	2009-11-30	45	53	Vomber ¹⁾
Lillesjö	2006-11-17	2009-11-30	50	55	Vomber ¹⁾
Långasjön	2006-11-17	2009-11-30	41	48	Vomber ¹⁾
Långasjö (Gunnarp)	2004-04-26	2007-05-07	71	73	Mjöl
St Djupasjön	2004-04-26	2007-05-07	78	82	Mjöl

¹⁾Vomber från Bulltofta vattenverk.

Figur 6. Kumulativ andel upplöst och uttransporterad kalk (tillfört kalcium) i två sjöar kalkade med kalkstenmjöl.



Figur 7. Kumulativ andel upplöst och uttransporterad kalk (tillfört kalcium) i tre sjöar kalkade med Vomber (Bulltofta vattenverk).



ERKÄNNANDEN

Undersökningen av de vomb-kalkade sjöarna har bekostats av Movab och Nordkalk.

REFERENSER

Alenäs, I. 1986:

Kalkningsprojektet Härskogen 1976-1986. IVL rapport L86/201.

Institutet för vatten- och luftvårdsforskning.

Svahnberg, A. 1992:

Vindavdrift och spridningsjämnhet.

Länsstyrelsen i Jönköpings län 1992:8.

Svahnberg, A. & Abrahamsson, I. 2008:

Effekten av granulerad kalk och grovkalk som alternativ till mjöl vid helikopterkalkning av sjöar.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län, rapport 2008:82.

Kartöversikt med sjöarnas geografiska lokalisation.

