



Effekten av
Grovkalk och Granuler
som kalkningsmedel på våtmarker

Vattenkemiska resultat från 22 års uppföljning av våtmarker kalkade med grovkalk och granuler.



Innehåll

Sammanfattning

1. Inledning

1.1 Bakgrund 1

1.2 Syfte 1

2. Material och metoder 1

3. Resultat och diskussion

3.1 pH och alkalinitet 5

3.2 Uttransporterad och upplöst kalk 9

4. Slutsatser 15

Erkännanden 16

Epilog 16

Referenser 16

Bilaga 1

Kartöversikter med försöksytornas geografiska läge.

SAMMANFATTNING

Sedan 1990 och på initiativ av Myrica kalkningskonsult Anders Svahnberg har en försöksverksamhet bedrivits huvudsakligen i trakterna runt Värnamo i syfte att utveckla en för kalkning på våtmarker mera lämpad produkt än kalkstensmjöl. Försöksverksamheten har utvecklats i olika omgångar och bedrivits inom de sk FL- BO- GK- och TB-ytorna. De produkter som undersökts är olika kvaliteter av grovkalk, granulerad kalk och vattenverkskalk (vomber). Rapporten beskriver resultaten av uppföljningen från försökskärr kalkade med grovkalk och granulerad kalk fram till november 2012 vilket innebär tidsserier på upp till 22 års uppföljning efter kalkstart. Syftet var bl a att beskriva upplösnings- och uttransportförloppen och ge rekommendationer för dosering och spridningsintervall samt dra slutsatser om våtmarkernas uthållighet som kalkningsobjekt.

Elva våtmarker kalkades vid ett eller flera tillfällen. Därutöver kalkades 12-16 våtmarker inom Sandabäcken vars samlade effekt provtas i stationen FL.03. Kalkprodukterna spreds över öppna genomsilningskärr (fast- och mjukmattor) med hjälp av helikopter. Vattenprover togs på avrinningsvattnet från kärren ca 12 gånger per år och analyserades med avseende på pH, alkalinitet och kalciumhalt.

Resultaten visar på en slutlig kalkupplösning på 60-100 % i de kärmmarker som kalkades med grovkalk eller granuler. Grovkalken uppvisade en tendens att lösa sig snabbare i våtmarker med hög vattengenomströmning. Det finns inga tecken på att våtmarkernas förmåga att lösa och uttransportera kalk har försämrats sedan kalkningarna påbörjades. Resultaten avviker inte från de förväntade och tills vidare rekommenderas fortsatt tillämpning av tidigare anvisningar för dosering vid kalkning med grovkalk och granuler (Svahnberg & Abrahamsson, 2001b).

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Sedan 1990 och på initiativ av Myrica kalkningskonsult Anders Svahnberg har en försöksverksamhet bedrivits i trakterna runt Värnamo i syfte att utveckla en för kalkning på våtmarker mera lämpad produkt än kalkstensmjöl. Försöksverksamheten har utvecklats i olika omgångar och bedrivits inom de sk FL- BO- GK- och TB-ytorna. De produkter som undersökts är olika kvaliteter av grovkalk, granuler och vattenverkskalk (vomber). Verksamheten och valet av försöksprodukter har styrts av framförallt följande målsättningar:

- Ingen eller obetydlig förlust genom damning och/eller vindavdrift.
- Jämnare kalkningseffekt avseende pH och alkalinitet mellan kalkningstillfällena jämfört med kalkmjöl.
- Längre varaktighet av kalkningseffekten.
- Ge så små estetiska negativa effekter som möjligt för markägare, rörligt friluftsliv m fl.

Resultaten har efterhand lett fram till att våtmarker idag huvudsakligen kalkas med grövre kalkprodukter som dammar obetydligt eller inte alls. Ett flertal rapporter har tidigare skrivits som beskriver upplösnings- och uttransportförlopp vid kalkning på våtmarker med grovkalk och granuler samt rekommendationer för kalkdosering (Svahnberg & Abrahamsson, 2000, 2001 a,b, 2005, 2009 a,b).

Föreliggande rapport beskriver resultaten av uppföljningen från försökskärr kalkade med grovkalk och granulerad kalk fram till december 2012 vilket innebär tidsserier på upp till 22 års uppföljning efter kalkstart.

Bild 1. Våtmarken GK.08 kalkad med granulerad kalk.



1.2 Syfte

Syftet med föreliggande utvärdering var att belysa följande frågeställningar:

- Beskriva upplösnings- och uttransportförloppen samt beräkna totala kalkutnyttjandet.
- Ge rekommendationer för de olika produkternas användbarhet för våtmarkskalkning samt dosering och spridningsintervall.
- Dra slutsatser om våtmarkernas uthållighet som kalkningsobjekt samt belysa eventuella avvikelser från den förväntade långsiktiga kalkningseffekten.

Bild 2. Grovkalk i förna efter spridning.



2. Material och metoder

Elva våtmarker kalkades vid ett eller flera tillfällen. Därutöver kalkades 12-16 våtmarker inom Sandabäcken vars samlade effekt provtas i stationen FL.03. Kalkprodukterna spreds över öppna genomsilningskärr (fast- och mjukmattor) med hjälp av helikopter. Nio av våtmarkerna samt Sandabäcken är belägna i Värnamotrakten i Jönköpings län och två i Torsbytrakten i Värmlands län. Våtmarkernas geografiska belägenhet framgår av bilaga 1. En av våtmarkerna, GK.02, kalkades med mjöl 1996 inom ramen för nämnda försöksverksamhet (Svahnberg & Abrahamsson, 2001a). Effekten av den kalkningen hade vid omkalkningen 2005 emellertid klingat av och redovisas inte i föreliggande rapport. Övriga våtmarker var inte kalkade före försöksstart. Kalkdoser, spridningstillfällen, mängder samt hydrografiska uppgifter framgår av tabell 1.

Under 1990-97 spreds fyra olika kvaliteter grovkalk från Uddagården och Ignaberga. Fraktionerna var

0-1 mm med 10-55% <0,2 mm (figur 1). Inga påvisbara skillnader i upplösning- och uttransportförlöppen mellan de olika kvalitéerna har framkommit vid tidigare utvärderingar (Svahnberg & Abrahamsson, 2001a) och de benäms därför i det följande enbart som 'grovkalk'. Vid spridningarna 2009 och 2012 användes även en kalkprodukt benämnd Optimix (tabell 1). Optimix är en blandning (50/50 %) av grovkalk och vattenverkskalk. En annan vanlig benämning på vattenverkskalk är också 'vomber'. Effekten av vattenverkskalk som kalk-

ningsmedel på våtmarker har tidigare undersökts. Resultaten visade på att upplösningshastigheten för vattenverkskalk är mycket snarlik den som erhålls från grovkalk (Svahnberg & Abrahamsson, 2005). Optimix har därför antagits ha samma upplösningshastighet som grovkalk.

Åren 2005 och 2006 spreds på fem kärr ytterligare en kvalitét grovkalk, GX-kalk från SMA Mineral fabrik i Persberg (Gåsgruvan). GX är en kristallin urbergskalk i fraktionen 0-1 mm med 45% mjöl

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

Objekt	Kalkad yta (ha)	Avrinningsomr. (ha)		Kalkad ytandel (%) ¹	Kalkmängd (ton) ²	Kalkgiva (ton/ha) ² kärr	Kalkdos (kg/ha avr.-omr) ^{1,2}	Kalkning	Produkt
		provpunkt	våtmark						
FL.03	9,4 ³⁾	610	195	4,8	366	39	1877	901210	Grovkalk
	8,0 ⁴⁾			4,7	189	24	1118	050408	"
	8,0 ⁴⁾			4,7	49,9	6	295	060510	"
	8,0 ⁴⁾			4,7	99,7	12	590	091111	"
	8,0 ⁴⁾			4,7	98,0	12	580	120208	Optimix
FL.31	0,5	16	16	3,1	8,1	16	506	901220	Grovkalk
					8,3	17	519	940120	"
					7,8	16	488	970310	"
					8,2	16	512	000330	"
					8,0	16	500	030318	"
					7,9	16	494	060510	"
7,9	16	494	090905	Optimix					
FL.32	1,1	17	17	6,5	16,7	15	982	901220	Grovkalk
					17,6	16	1035	940120	"
					17,5	16	1029	970310	"
					17,5	16	1029	000330	"
					18,0	16	1059	030318	"
					15,8	14	929	060510	"
15,9	14	935	090905	Optimix					
GK.01	0,2	4	4	5,0	1,6	8	400	970405	Grovkalk
					4,1	21	1025	051122	"
					3,9	20	975	091130	"
GK.11	0,8	75	74	1,1	21,0	26	284	970405	Grovkalk
					16,1	20	218	051122	"
					15,6	20	211	091130	"
BO.62	1,8	23	22	8,2	26,5	15	1205	940126	Granuler
					27,0	15	1227	050410	"
					25,0	14	1136	100425	"
GK.08	0,9	28	15	6,0	18,0	20	1200	970405	Granuler
					12,7	14	847	050410	"
					15,2	17	1013	100425	"
GK.02	0,7	13	11	6,2	17,4	26	1580	051024	GX-kalk
GK.12	0,8	52	46	1,8	25,2	31	548	051024	GX-kalk
GK.14	0,2	3	3	7,3	4,5	20	1500	051024	GX-kalk
TB.01	0,7	39	12	6,1	17,3	24	1442	061126	GX-kalk
TB.04	1,8	23	23	7,8	45,7	25	1987	061126	GX-kalk

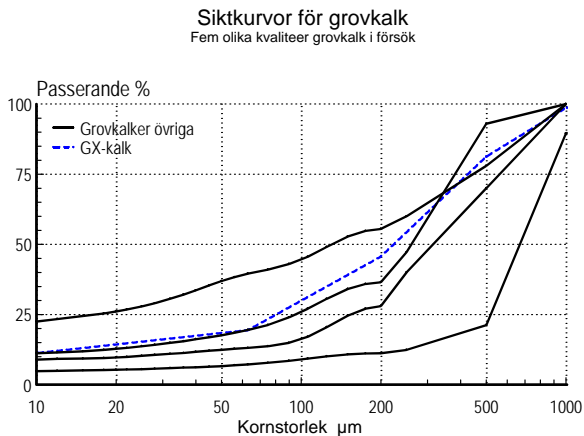
¹⁾ Beräknat på våtmarkernas avrinningsområde.

²⁾ Kalkmängder avser ekvivalent 50% CaO-värde.

³⁾ 16 delytor

⁴⁾ 12 delytor

<0,2 mm (figur 1). GX-kalken hade således en fraktion motsvarande tidigare testade grovkalker men då produkten har kommit in i försöksverksamheten i ett senare skede har den för enkelhetens skull getts en egen beteckning, 'GX-kalk', i det följande.



Figur 1. Siktcurvor för testade grovkalker.

Den granulerade kalken som spreds 1994 och 1997 var tillverkad av P-märkt urbergskalk från Köping medan granulerna som spreds 2005 respektive 2010 kom från Omya's fabrik i Lägerdorf väster om Hamburg. Kornstorleken i Omya-granulerna var sådan att 87 % var mindre än 0,25 mm vilket innebär att granulalkalken var en aning grövre än malt P-märkt kalkstensmjöl.

Vattenprov togs i utloppet från våtmarkerna vid två (BO.62, GK.02, GK.12, GK.14), tre (TB.01, TB.04), sex (FL.03, FL.31, FL.32) och tolv (GK.01, GK.08, GK.11) tillfällen före kalkning. Efter påbörjad kalkning togs vattenprov vid tolv tillfällen per år utom under första halvåret 2001 då provtagning inte utfördes i merparten av provpunkterna. Förutom de tolv kalkade våtmarkerna provtogs även tre okalkade referenser (FL.39, GK.16, TB.05). Sedan år 2002 har halterna av kalcium analyserats av Alcontrol AB enligt metoden SS-EN ISO 11885-1. Före 2002 gjordes analyserna enligt SS 028119.

Vid transportberäkningarna av kalcium subtraherades skattade bakgrundshalter från de uppmätta halterna. Bakgrundshalterna beräknades utifrån halterna i en av de okalkade referenserna. 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 ($n=2-12$) och $[Ca]_{ri}$ är haltmedelvärdet i referensen före kalkning ($n=2-12$). Som referens användes GK.16 för GK-objekten, FL.39 för FL- och BO-objekten och TB.05 för TB-objekten.

Från de beräknade halttillskotten av kalcium beräknades uttransporterna av kalk genom att multiplicera medeltillskotten med vattenföringen mellan varje provtillfälle. Vattenföringen vid varje mätpunkt beräknades från den specifika avrinningen vid Myrica mästation i Tjutarydsbäcken (GK-objekten), SMHI mästation vid Fryele i Härån (BO-objekten), Myrica mästation i Modalaån (FL-objekten) samt SMHI mästation Grea i Manglidsälven (TB-objekten). Den specifika avrinningen vid dessa stationer multiplicerades med beräknad avrinningsområdesareal för varje mätpunkt. Avrinningsområdenas storlek togs fram på fastighetskartan (skala 1:10 000) med hjälp av kartans höjdkurvor och fältkartering av vattendelare. Ytvattendelarna har i vissa fall varit svåra att avgränsa. Särskilt avrinningsområdet för FL.31 är behäftade med osäkerheter på grund av terrängens låga relief.

Mätdammen i Modalaån rasade vid de höga vattenflödena i juli 2004. Från och med juli 2004 har för Modalaån använts dygnsmedelflöden modellerade med S-HYPE (källa: SMHI vattenwebb).

Kalkens kalciumhalt beräknades utifrån uppgifter på den spridda kalkens syraneutraliserande verkan. De tillförda kalkmängderna, omräknat till en syraneutraliserande verkan på 50 %, antogs innehålla 35,0 % kalcium.

Upplösningen av tillförd kalk har modellberäknats utifrån två ekvationer, där den ena antas beskriva kalkupplösningen och den andra utlakningen av kalciumjoner. Kalkupplösningen har antagits följa en ekvation där upplösningshastigheten utgör en funktion av tiden enligt

$$m_d/m_p = 1/(A+B/t)$$

där m_d och m_p är massorna av kumulativt upplöst kalk respektive tillförd partikulär kalk. A och B är numeriska koefficienter medan t är tid (år) från kalkningstillfället.

Utlakningen har antagits följa en ekvation där utlakningshastigheten utgör en funktion av den kalkade ytans hydrauliska belastning enligt

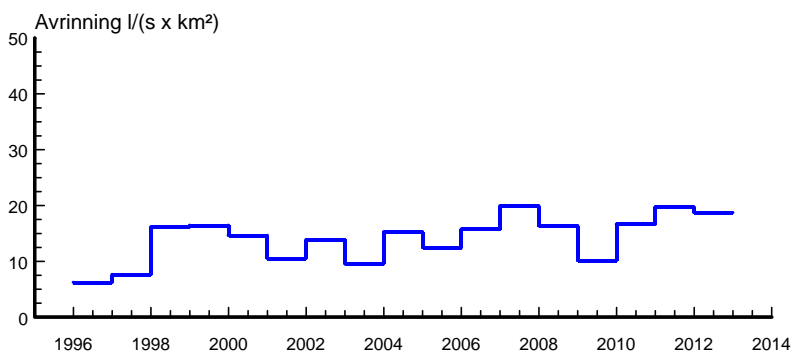
$$m_{dt0} - m_{dt1} = (1 - e^{-kQ\Delta t/Az}) \times m_{dt0}$$

där m_d är massan av upplöst kalkprodukt i våtmarken vid tiden t_0 och t_1 , Q den genomsnittliga vat-

Avrinning Tjutarydsbäcken

Årsmedelvärden perioden 1996 - 2012

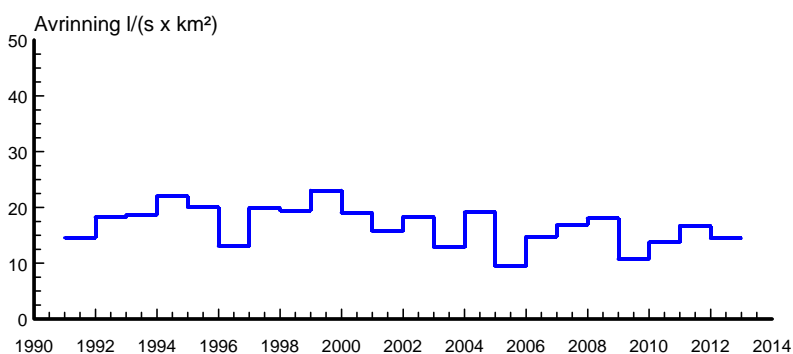
Figur 2. Årsmedelvärden av den specifika avrinningen vid Myrica mätstation i Tjutarydsbäcken under perioden 1996 - 2012.



Avrinning Modalaån

Årsmedelvärden perioden 1991 - 2012

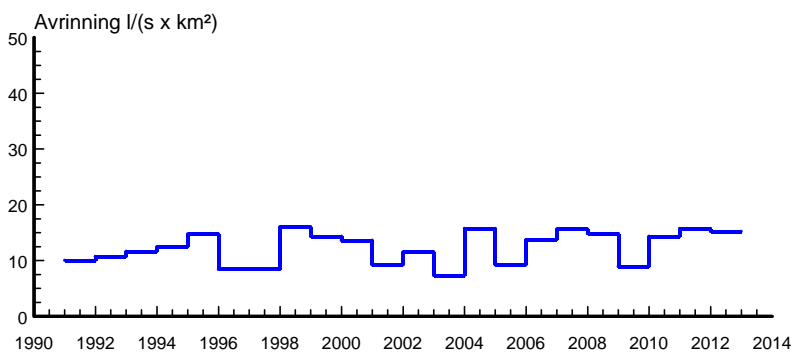
Figur 3. Årsmedelvärden av den specifika avrinningen vid Myrica mätstation i Modalaån under perioden 1991 - juni 2004 och HYPE modelldata juli 2004 - 2012.



Avrinning Härån

Årsmedelvärden perioden 1991 - 2012

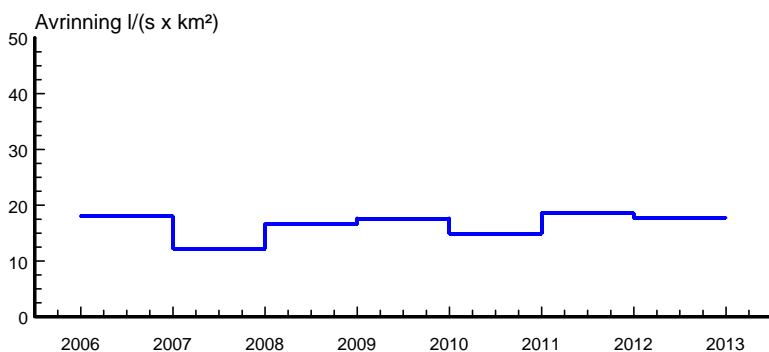
Figur 4. Årsmedelvärden av den specifika avrinningen vid SMHI mätstation i Härån under perioden 1991 - 2012.



Avrinning Manglidsälven

Årsmedelvärden perioden 2006 - 2012

Figur 5. Årsmedelvärden av den specifika avrinningen vid SMHI mätstation Grea i Manglidsälven under perioden 2006 - 2012.



tenföringen (m^3/s) under tiden Δt (t_1-t_0), A den kalkade ytans areal (m^2) och z den kalkade ytans påverkade djup (m). Värdet på utlakningskonstanten k har antagits vara 0,007 medan z har antagits vara 0,1 m.

Värdena för de numeriska upplösningskoefficienterna A och B har beräknats genom iterativ simulering av de beräknade andelarna uttransporterad kalk enligt minsta kvadratmetoden i Systats nonlin model alternativt Statgraphics nonlinear regression.

Modellberäkningarna av upplösningskoefficienterna kan ge missvisande resultat om uttransporterna av kalcium inte påbörjas i samband med kalkspridningen. En fördröjning kan uppstå om kalkspridningen utförs under en torrperiod eller om det finns ett okalkat kärparti mellan den kalkade ytan och provpunkten. I GK.08 inträffade en sådan fördröjning under det första halvåret efter spridningstillfället. För att undvika missvisande resultat på grund av fördröjningen har variabeln t justerats för GK.08 såtillvida att kalkupplösningen antogs ha påbörjats vid den tidpunkt då tydliga och stadigvarande förhöjda kalciumhalter registrerades i provpunkten. Modellberäkningarna ger även missvisande resultat om den kalkade ytan har en heterogen vattengenomströmning. När delar av ytan genomslås av mycket vatten medan den övriga delen är betydligt torrare utlakas den upplösta kalken med olika hastigheter från de olika delytorna. I dessa fall är det främst upplösningskoefficienten B som erhåller felaktiga värden.

De modellsimulerade halter som redovisas har beräknats utifrån de ovanstående två ekvationerna. Vid simuleringarna har de modellberäknade värdena för utlakningskonstanterna A och B använts som indata för upplösningsförloppet.

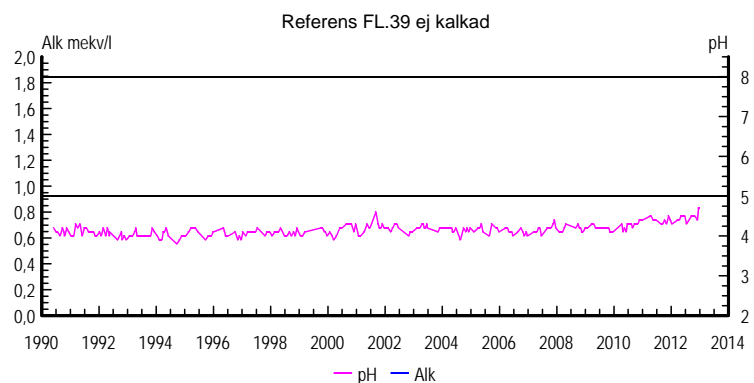
3. Resultat och diskussion

3.1 pH och alkalinitet

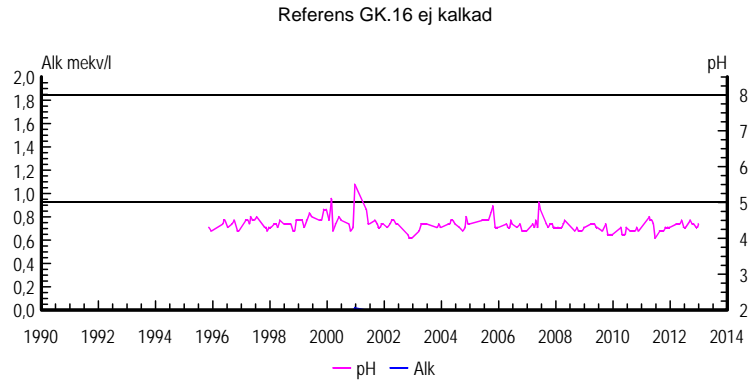
Kalkernas effekt med avseende på pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från de kalkade kärren redovisas i figur 9-20. Effekten uppvisar generellt för både grovkalk, granuler och GX-kalk en viss fördröjning efter kalkning och når i kärr med hydraulisk belastning över 10 m/år (tabell 2) optima ca 6-12 månader efter kalkning för att därefter successivt avta. I kärr med lägre hydraulisk belastning uppträder effektoptimum betydligt senare. I kärr som kalkats vid tre tillfällen är effektförloppet likartat efter båda kalkningarna. I FL.31 och FL.32, som kalkats med treårs-intervall, finns en tendens till periodicitet där pH och alkalinitet är lägre under tredje året efter kalkning än under de två första åren efter kalkning. Resultatet tyder på att kalkning med grovkalk ska ske med åtminstone tvåårsintervall för att erhålla jämn effekt. Även så efter lång tids återkommande kalkning.

Effekten med avseende på pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från kärr kalkade med GX-kalk (figur 16-20) ligger helt i paritet med effekten av övriga grovkalker.

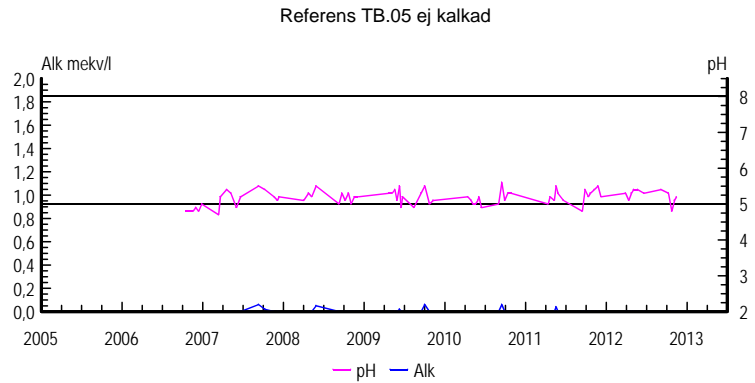
Figur 6. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från den okalkade referensen FL.39.



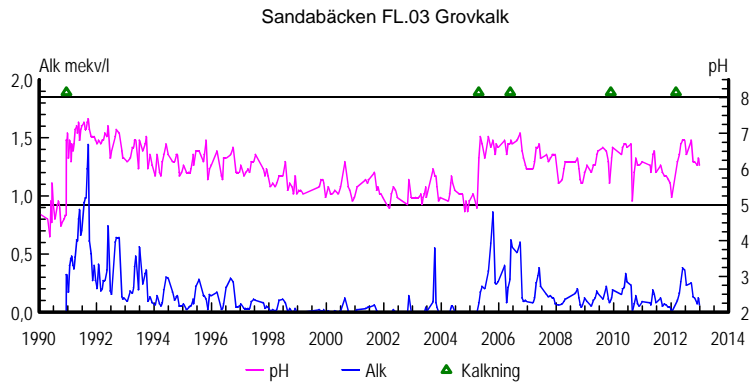
Figur 7. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från den okalkade referensen GK.16.



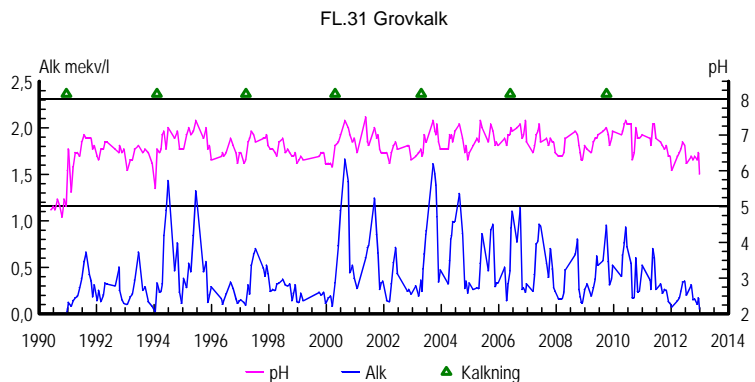
Figur 8. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från den okalkade referensen TB.05.



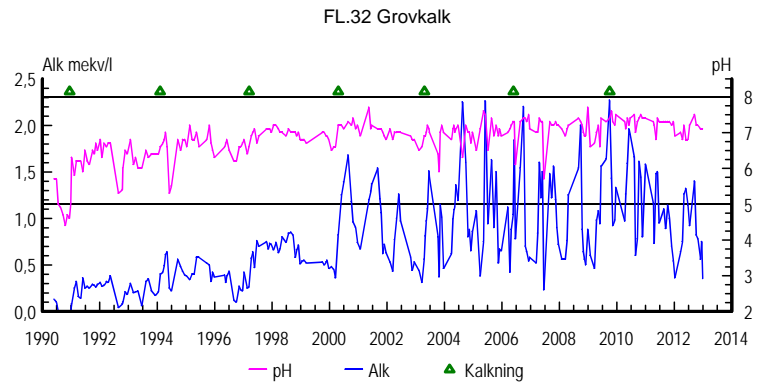
Figur 9. pH och alkalinitet i FL.03 Sandabäcken som är kalkad med grovkalk på 16 våtmarker i december 1990 och 12 våtmarker 2005, 2006, 2009 och 2012.



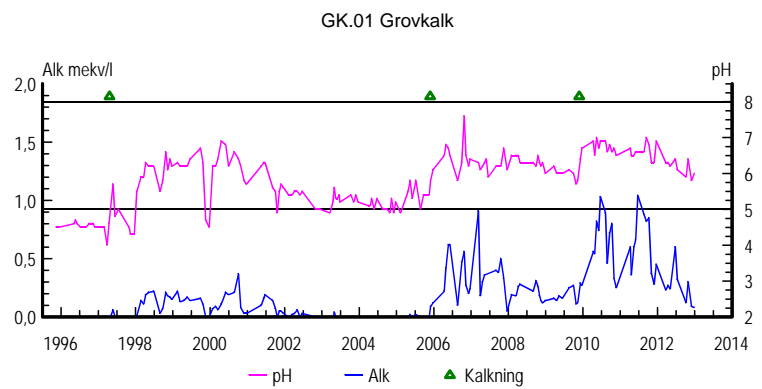
Figur 10. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken FL.31 som har kalkats med tre-åriga intervall sedan december 1990.



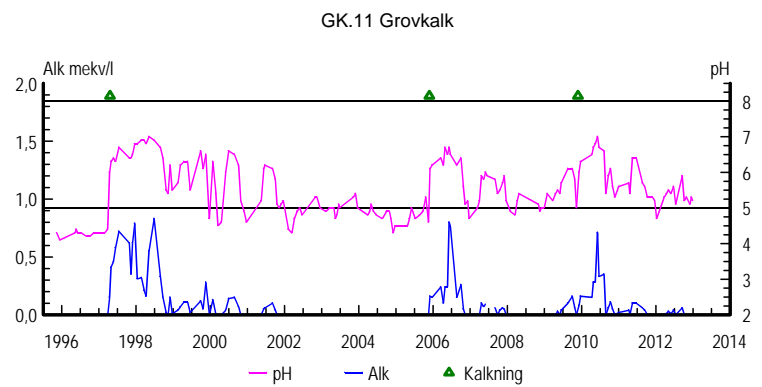
Figur 11. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken FL.32 som har kalkats med grovkalk med tre-åriga intervall sedan december 1990.



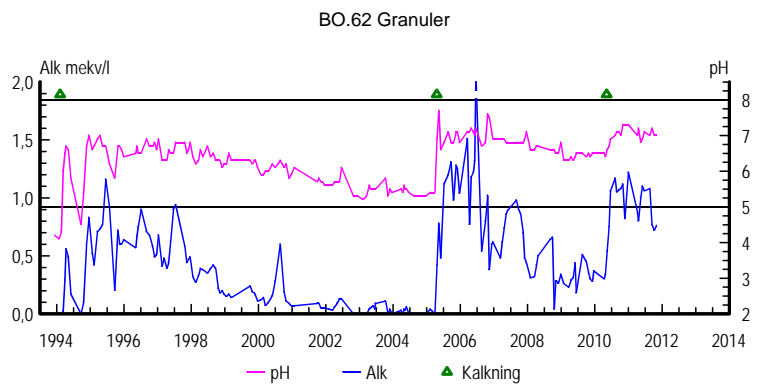
Figur 12. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken GK.01 som har kalkats med grovkalk 1997, 2005 och 2009.



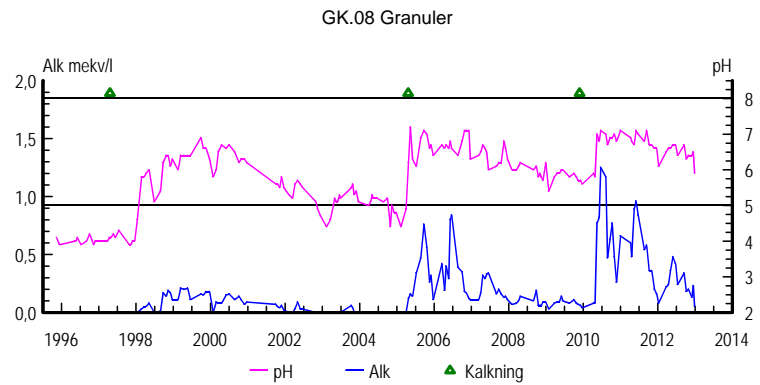
Figur 13. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken GK.11 som har kalkats med grovkalk 1997, 2005 och 2009.



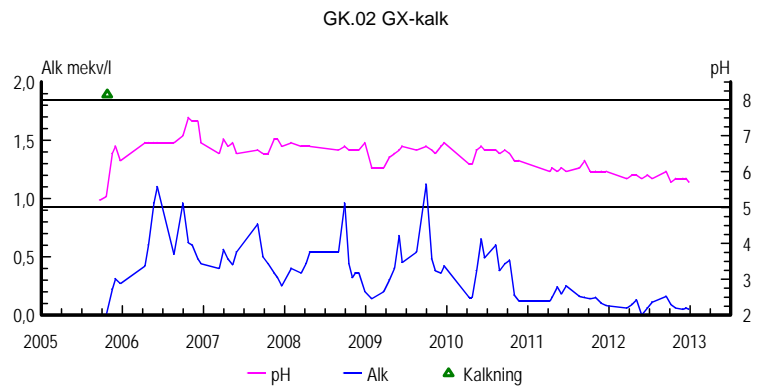
Figur 14. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken BO.62 som har kalkats med granuler 1994, 2005 och 2010.



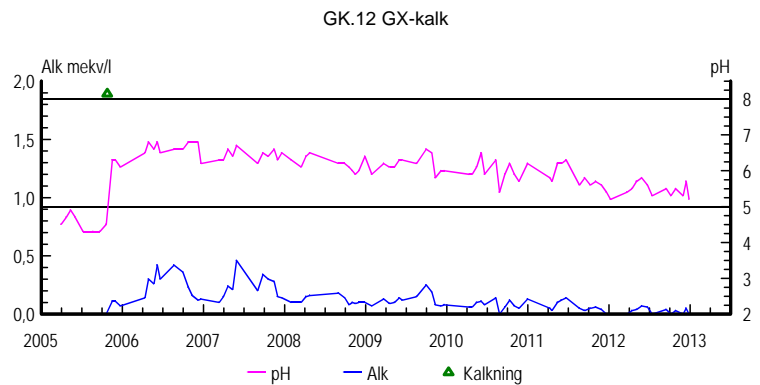
Figur 15. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken GK.08 som har kalkats med granuler 1994, 2005 och 2010.



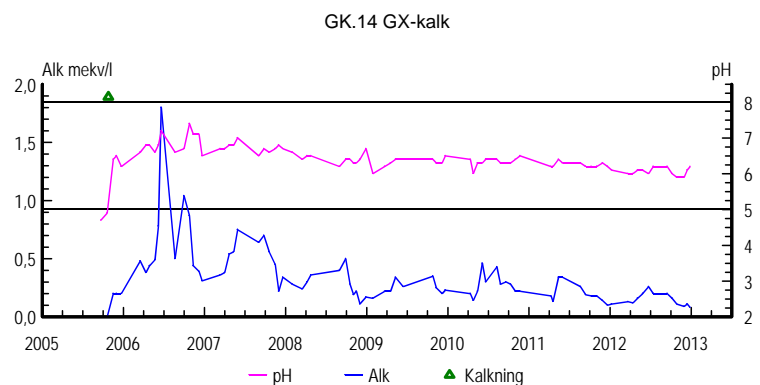
Figur 16. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken GK.02 som kalkades med GX-kalk i oktober 2005.



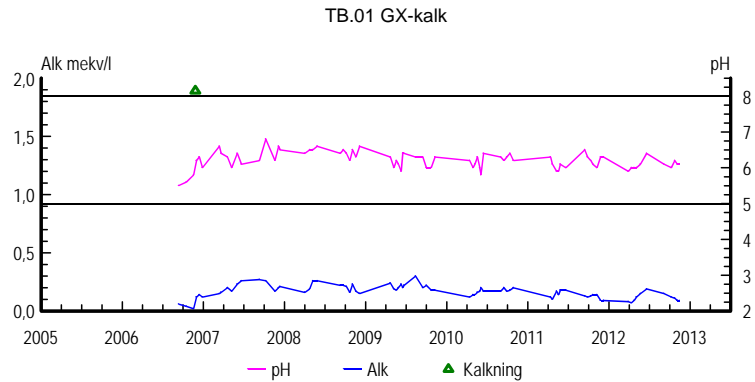
Figur 17. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken GK.12 som kalkades med GX-kalk i oktober 2005.



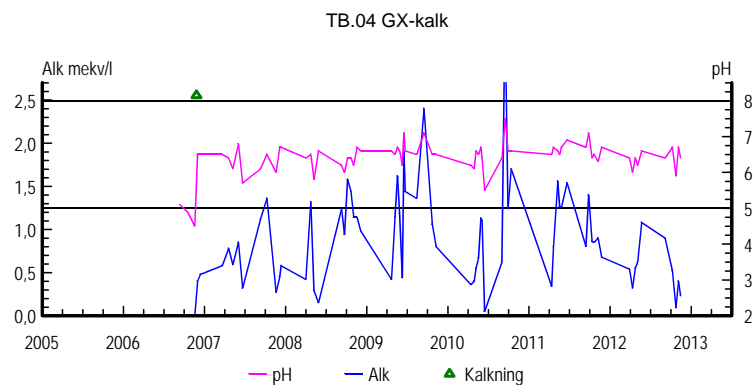
Figur 18. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken GK.14 som kalkades med GX-kalk i oktober 2005.



Figur 19. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken TB.01 som kalkades med GX-kalk i november 2006.



Figur 20. pH och alkalinitet i avrinningsvattnet från våtmarken TB.04 som kalkades med GX-kalk i november 2006.



3.2 Uttransporterad och upplöst kalk

Uppströms provpunkterna FL.03, FL.31 och FL.32 har våtmarker kalkats med grovkalk. Den första kalkspridningen utfördes i december 1990. FL.03 kalkades därefter vid ytterligare fyra tillfällen, i april 2005, maj 2006, november 2009 och februari 2012. Vid de fyra omkalkningarna kalkades fyra våtmarker färre än vid initialkalkningen 1990 och fem av våtmarkerna hade avgränsats till mindre arealer. FL.31 och FL.32 har kalkats med treåriga intervall. Under de 22 år som har gått sedan kalkningarna påbörjades beräknas 73-81 % av kalken ha uttransporterats från våtmarkerna (tabell 2). Transporterna har ett förväntat förlopp med en långsamt avtagande hastighet och en transport som mycket långsamt närmar sig det slutliga kalkutnyttjandet (figur 21). FL.32 har haft ett jämnare förlopp än FL.31 på grund av en lägre hydraulisk belastning (vattengenomströmning). I FL.32 har kalkdoseringen varit högre än i FL.31, vilket har gett upphov till högre kalciumhalter i avrinningsvattnet under senare år (figur 21).

De två våtmarkerna GK.01 och GK.11 kalkades med grovkalk i april 1997, november 2005 och i november 2009. Under de första drygt åtta åren,

fram till sekundärspridningen, beräknas 66-87 % av kalken ha uttransporterats (tabell 2). Enligt modellberäkningar uppgår den slutliga kalkupplösningen till 83-102 % för den kalk som spreds våren 1997. Uttransporterna var betydligt snabbare i GK.11 än i GK.01 (figur 22) på grund av en avsevärt högre hydraulisk belastning (tabell 2). Även den modellberäknade upplösningshastigheten var högre i GK.11 vilket indikerar att grovkalk löser sig snabbare i våtmarker med hög vattengenomströmning. Den höga hydrauliska belastningen i GK.11 medförde att återförsurningen var snabb i avrinningsvattnet (figur 22). Redan två år efter kalkspridningarna var kalciumhalterna endast svagt förhöjda.

Våtmarken BO.62 kalkades med granulerad kalk i januari 1994, april 2005 och april 2010. Fram till april 2005 beräknas ca 75 % av den tillförda primärkalken ha uttransporterats (tabell 2). I april 2011 hade ca 62 % av totalt tillförd kalk uttransporterats. Det slutliga kalkutnyttjandet från primärkalkningen beräknas uppgå till 82 %. Mätperioden för BO.62 avslutades ca ett år tidigare än för övriga objekt pga av att kärret av misstag kalkades med optimix den 14 november 2011.

I april 1997, april 2005 och april 2010 kalkades GK.08 med granuler. Uttransporterna under de första åtta åren beräknas till 52 % av tillförd kalk och efter drygt 15 år till 73 % (tabell 2). Enligt modellberäkningar uppgår den slutliga kalkupplösningen till 65 % för den kalk som spreds våren 1997.

I oktober 2005 kalkades GK.02, GK.12 och GK.14 med GX-kalk. I december 2012, drygt sju år efter kalkning, beräknas 51-67 % av tillförd kalk ha uttransporterats från de tre våtmarkerna (tabell 2). Enligt modellberäkningarna uppgår andelen upplöst kalk till 54-71 % efter drygt sju år och den slutliga utnyttjandegraden till 61-88 %. De modellberäknade värdena på upplösningskoefficienten *B* i de tre våtmarkerna varierade mellan 1,53 och 2,37 (tabell 2).

I trakten av Torsby, Värmlands län, kalkades de två kärren TB.01 och TB.04 med GX-kalk i november 2006. I november 2012, sex år efter kalkningen, hade 60 % av tillförd kalk uttransporterats från TB.01 (tabell 2). Andelen upplöst kalk har modell-

beräknats till 69 % och det slutliga kalkutnyttjandet till 88 %. Andelen uttransporterad kalk från TB.04 är beräknad till 88 % sex år efter kalkningen. Emellertid uppvisar uttransporten av kalk från TB.04 en tydlig trend att tillta i hastighet (figur 25) och rimliga värden på upplösningskoefficienterna *A* och *B* kunde inte erhållas. Orsaken är inte klarlagd och andelen uttransporterad (tabell 2) kalk bedöms vara överskattad.

De modellberäknade resultaten för slutlig upplösningegrad är behäftade med vissa osäkerheter. Bland annat har tidsfaktor betydelse och det finns indikationer på att resultaten påverkas av hur länge den vattenkemiska provtagningen har pågått sedan kalkningstillfället. Det finns en tydlig tendens att kalkutnyttjandet ökar med tidsseriens längd (Svahnberg & Abrahamsson, 2009). Långsamverkande kalkprodukter kräver relativt långa tidsserier för att ge säkra svar. Detta medför att resultaten från enstaka våtmarker eller från korta tidsserier är mindre tillförlitliga. De samlade resultaten bedöms dock ge ett bra underlag för slutsatser. Resultaten

Tabell 2. Beräknade andelar av tillförd kalk som har uttransporterats och upplösts i de kalkade våtmarkerna. För primärkalkningarna redovisas även modellberäknade värdena för upplösningskoefficienterna (*A*, *B*) och slutligt kalkutnyttjande.

Objekt	Mätperiod		Hydralisk belastning (m/år)	Uttransporterad andel kalk (%)	Modellberäkningar				Produkt
	Startdatum	Slutdatum			<i>A</i>	<i>B</i>	Upplöst (%)	Slutligt upplöst (%)	
FL.03	1990-12-13	2012-12-27	-	73					Grovkalk ²⁾
FL.31	1990-12-20	2012-12-27	17	81					Grovkalk ²⁾
FL.32	1990-12-20	2012-12-27	8,4	77					Grovkalk ²⁾
GK.01	1997-04-05 1997-04-05	2005-11-22 2012-12-27	8,1	66 47	1,21	1,54	72	83	Grovkalk
GK.11	1997-04-05 1997-04-05	2005-11-22 2012-12-27	37	87 70	0,98	0,93	92	102	Grovkalk
BO.62	1994-01-26 1994-01-26	2005-04-10 2011-11-02 ¹⁾	4,6	75 62	1,22	0,78	77	82	Granuler
GK.08	1997-04-05 1997-04-05	2005-04-10 2012-12-27	5,6	52 73	1,55	1,10	59	65	Granuler
GK.02	2005-10-24	2012-12-27	9,7	67	1,14	1,95	71	88	GX-kalk
GK.12	2005-10-24	2012-12-27	24	66	1,15	2,37	67	87	GX-kalk
GK.14	2005-10-24	2012-12-27	6,4	51	1,65	1,53	54	61	GX-kalk
TB.01	2006-11-26	2012-11-14	8,5	60	1,13	1,92	69	88	GX-kalk
TB.04	2006-11-26	2012-11-14	7,7	88					GX-kalk

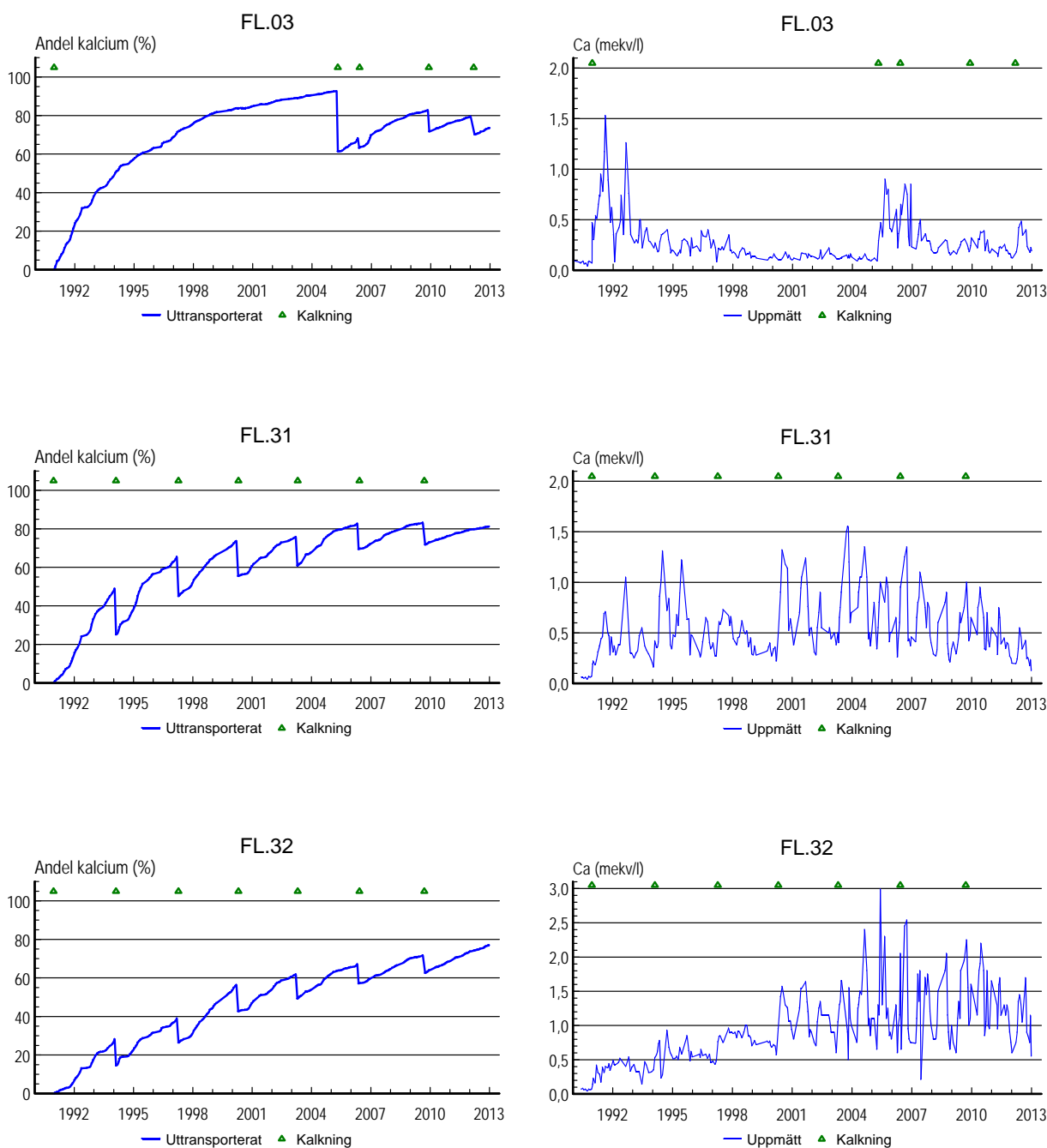
¹⁾ Uppföljningen avbruten tidigare än för övriga kärr beroende på felkalkning med annan produkt.

²⁾ Optimix 2009 och 2012, se tabell 1.

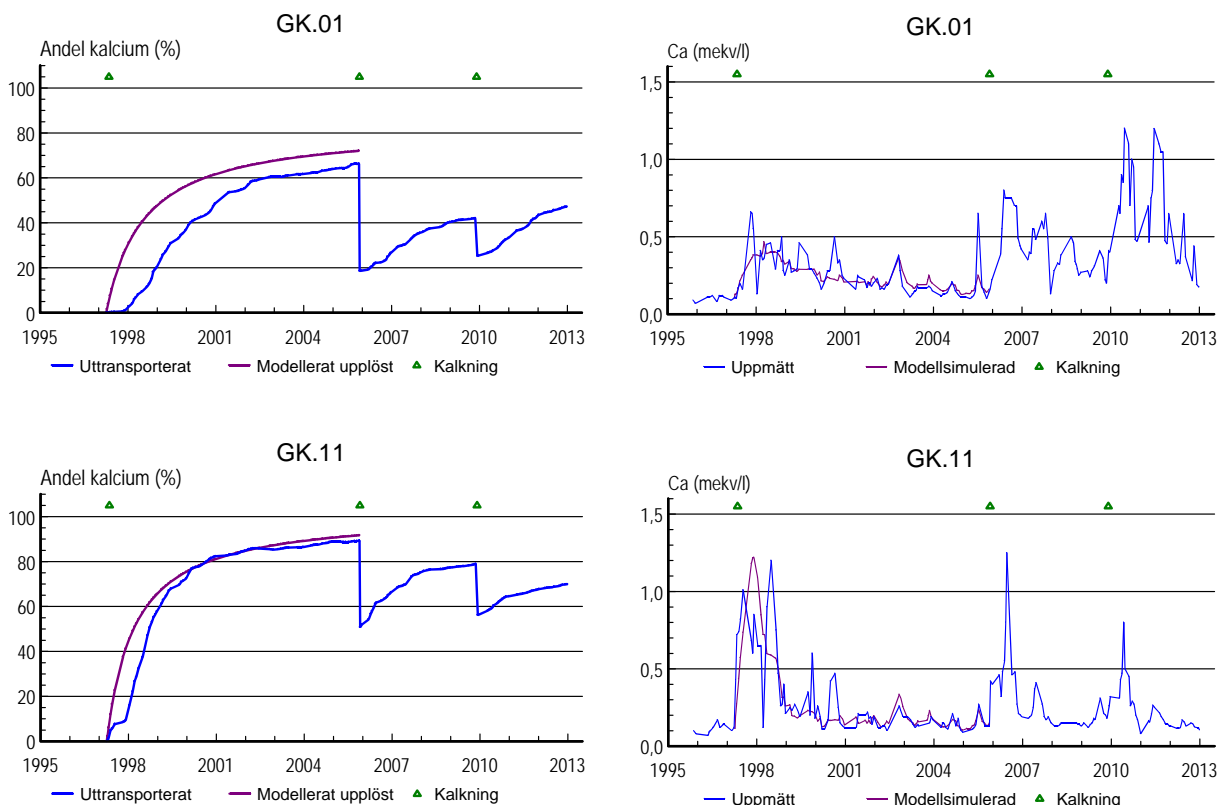
från denna och tidigare rapporter (Svahnberg & Abrahamsson 2000, 2001, 2005, 2009) tyder på att grovkalk och granuler som sprids på kärrmarker i södra Sverige har ett kalkutnyttjande på 80-90 % (figur 26). Det finns tydliga indikationer på ett positivt samband mellan upplösningshastigheten och den hydraliska belastningen för våtmarker kalkade med grovkalk samt att granuler löser sig snabbare än grovkalk (Svahnberg & Abrahamsson 2009). Resultaten från fyra av de fem GX-kalkade våtmarkerna visar på att GX-kalken fungerar som övriga grovkalkar i våtmarker.

För att testa våtmarkernas uthållighet vad gäller att lösa upp och uttransportera kalk har uttransporterna i FL.31 jämförts med modellsimulerade uttransporter där kalkutnyttjandet har antagits uppgå till 100 %. De simulerade uttransporterna uppvisar bra överensstämmelse med de uppmätta (figur 27). Jämförelsen visar att det inte finns några tecken på att våtmarken FL.31 har blivit sämre på att lösa och uttransportera grovkalk sedan kalkningarna påbörjades.

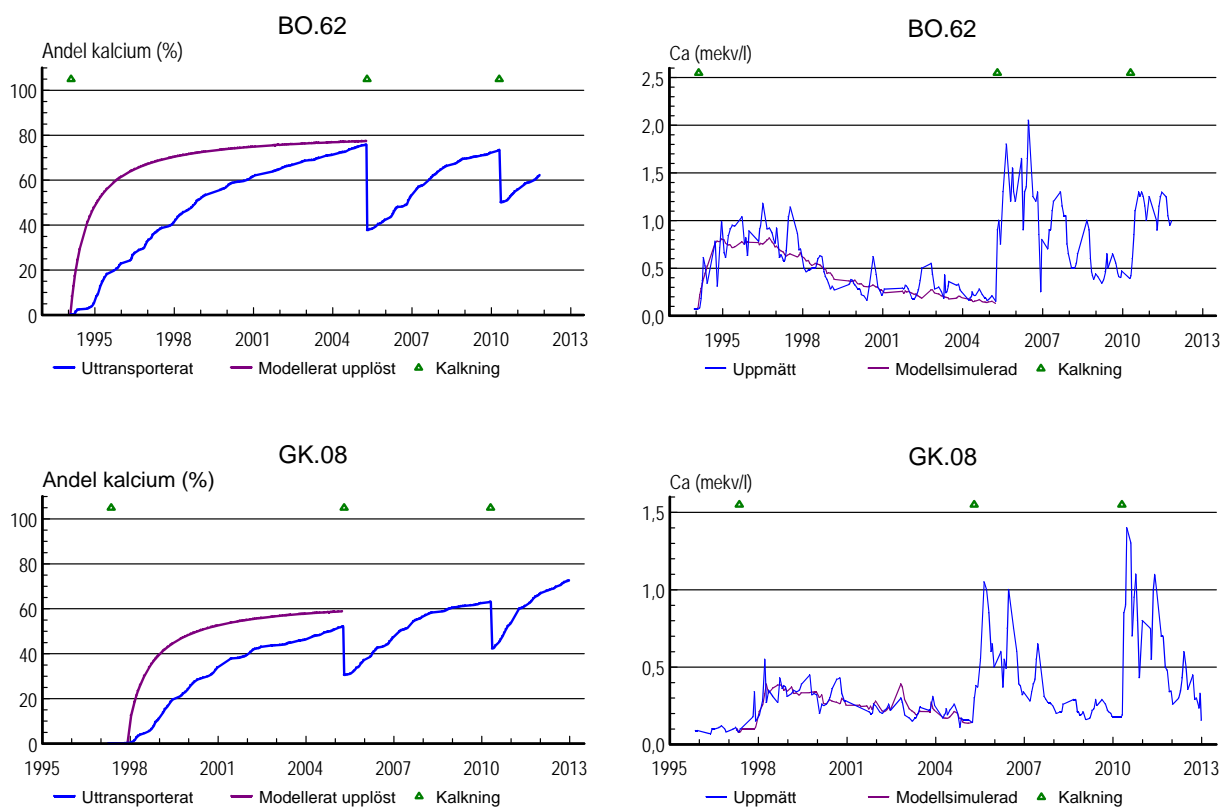
Figur 21. Kumulativ andel uttransporterat kalcium av tillförd mängd (vänster) samt uppmätta kalciumhalter (höger) i avrinningsvattnet från FL.03 (Sandabäcken) och två våtmarker kalkade med grovkalk. Uppströms FL.03 kalkades våtmarker i december 1990, april 2005, maj 2006, november 2009 och februari 2012. Våtmarkerna FL.31 och FL.32 har kalkats med treåriga intervall sedan december 1990.



Figur 22. Kumulativ andel upplöst och uttransporterat kalcium av tillförd mängd (vänster) samt uppmätta och modellsimulerade kalciumhalter (höger) i avrinningsvattnet från två våtmarker kalkade med grovkalk i april 1997, november 2005 och november 2009.



Figur 23. Kumulativ andel upplöst och uttransporterat kalcium av tillförd mängd (vänster) samt uppmätta och modellsimulerade kalciumhalter (höger) i avrinningsvattnet från två våtmarker kalkade med granuler i januari 1994 (BO.62), april 1997 (GK.08), april 2005 och april 2010.



Figur 24. Kumulativ andel upplöst och uttransporterat kalcium av tillförd mängd (vänster) samt uppmätta och modellsimulerade kalciumhalter (höger) i avrinningsvattnet från tre våtmarker kalkade med GX-kalk i oktober 2005.

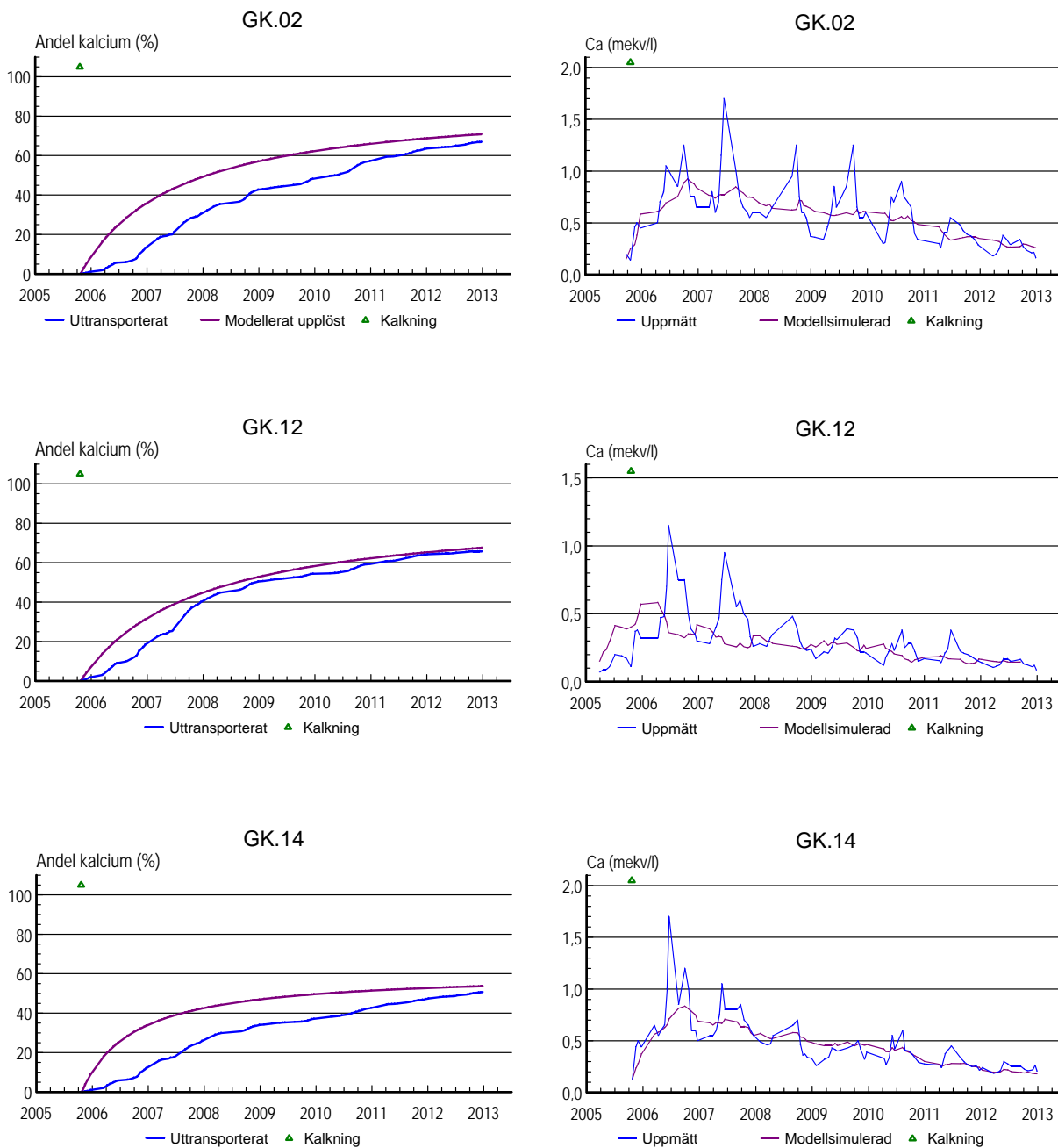
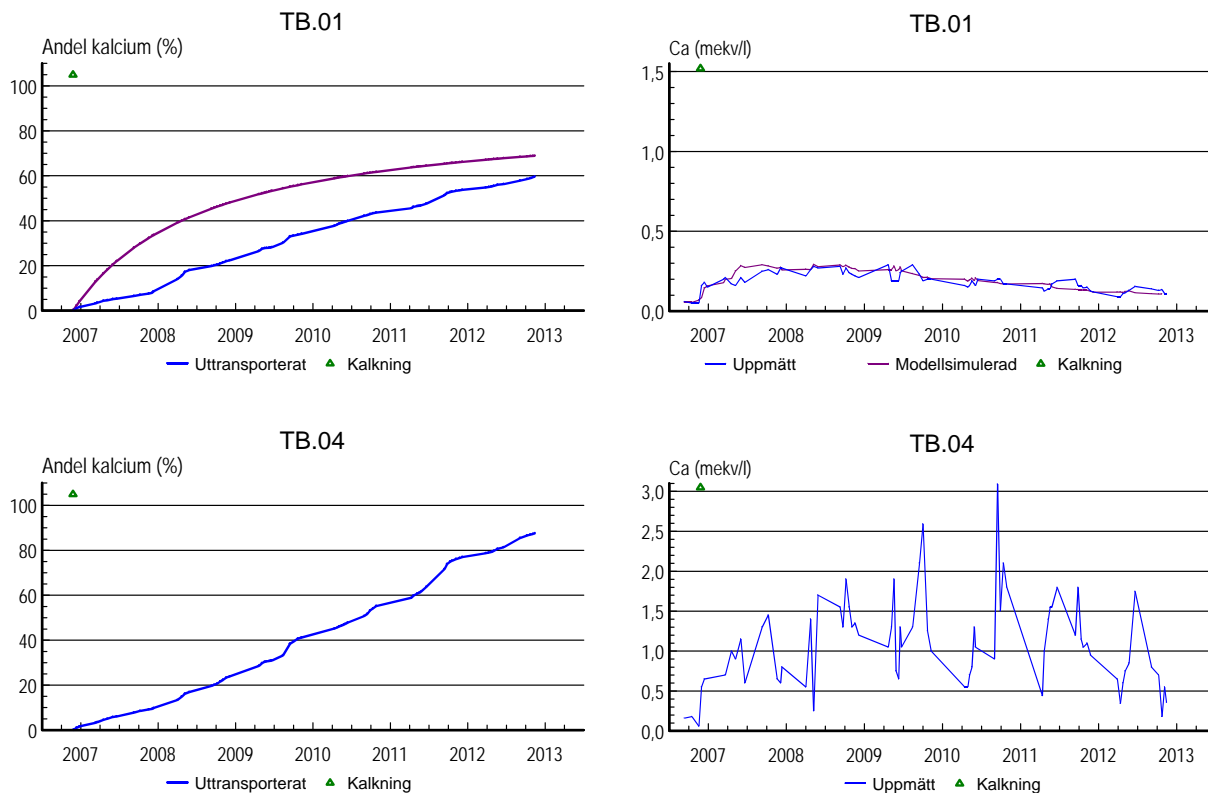


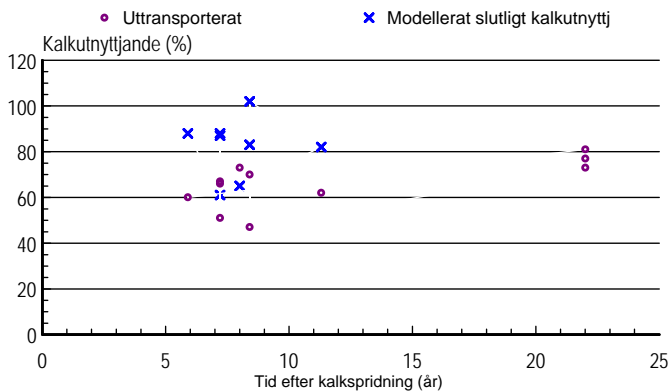
Bild 3. Vattenverkskalk från Vomb-verket, naturlig storlek. Foto Myrica AB.



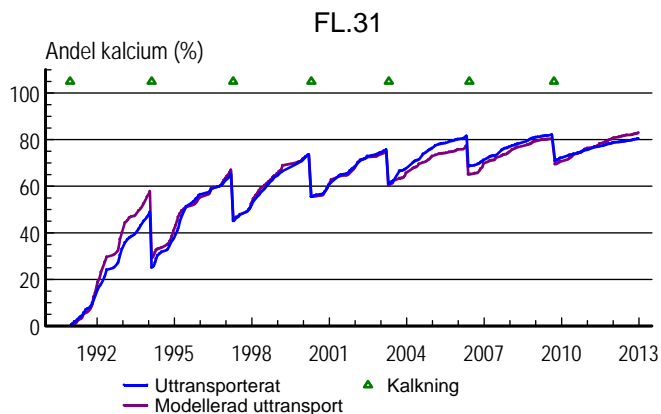
Figur 25. Kumulativ andel upplöst och uttransporterat kalcium av tillförd mängd (vänster) samt uppmätta och modellsimulerade kalciumhalter (höger) i avrinningsvattnet från två våtmarker kalkade med GX-kalk i november 2006.



Figur 26. Andel uttransporterad kalk och modellerat slutligt kalkutnyttjande för 11 våtmarker i Jönköpings och Värmlands län kalkade med grovkalk, granuler och GX-kalk. Data är hämtade från tabell 2 (ej TB.04).



Figur 27. Beräknade och modellsimulerade uttransporter från den kalkade våtmarken FL.31 som har kalkats med grovkalk vart tredje år. De modellsimulerade halterna har beräknats för ett kalkutnyttjande på 100 % ($A=1,0$) och en upplösningshastighet på 0,6 ($1/B=0,6$).



4. Slutsatser

Resultaten visar på en slutlig kalkupplösning på 60-100 % i de kärmarker som kalkades med grovkalk eller granuler. Det fanns ett positivt samband mellan grovkalkens upplösningshastighet och den hydraliska belastningen i de kalkade våtmarkerna, vilket innebär att grovkalken uppvisade en tendens att lösa sig snabbare i våtmarker med hög vatten genomströmning. Det finns inga tecken på att våtmarkernas förmåga att lösa och uttransportera kalk har försämrats sedan kalkningarna påbörjades. I fyra av fem våtmarker kalkade med GX-kalk var upplösnings- och uttransportförloppen mycket likartade med de som har beräknats för våtmarker kalkade med grovkalk.

Resultaten avviker inte från förväntade och tills vidare rekommenderas fortsatt tillämpning av tidigare anvisningar för dosering vid kalkning med grovkalk och granuler (Svahnberg & Abrahamsson, 2001b).



Bild 4. OMYA-granuler i naturlig storlek. Foto: InformArt.



Bild 5. Grovkalk i naturlig storlek. Foto: InformArt.

Erkännanden

Undersökningen har från 2001 bekostats av Havs- och Vattenmyndigheten, Naturvårdsverket, Länsstyrelsen i Jönköpings län, Laroyflyg, Movab, Omya, Svenska Kalkföreningen, SMA Logistik & Entreprenad AB och Myrica AB. Föreliggande rapport är finansierad av Havs- och Vattenmyndigheten.

Epilog

Jag började med försöksverksamheten 1988 med undersökningar av vindavdriften vid helikopterkalkning med finmalet kalkstensmjöl, ”sjökalk”. Resultaten var nedslående då det visade sig att en stor del av den spridda kalken dammade bort från spridningsobjekten och dels inte kom till nytta, dels förorsakade olägenheter för omgivningen. Därmed började sökandet efter alternativa kalkprodukter som var dammfria eller dammade obetydligt. Samt även hade en bättre varaktighet och jämnare effekt mellan kalkningarna än det snabblösliga mjölet. Efter en del provspridningar av teknisk karaktär påbörjades tester med spridning av grovkalk på våtmarker vilka sedan följdes upp med vattenprovtagningar. Resultaten såg lovande ut och alltför försöksvåtmarker och även hela åtgärdsområden provkalkades efterhand med grovkalk. Mätstationen för avrinning i Modalaån anlades 1990 och i Tjutarvdsbäcken 1996. Efterhand kom en mängd olika typer av grovkalk att testas liksom granulerad kalk, vattenverkskalk (vomber) och slurrad kalk. Försöksspridningar utfördes inte bara i Värnamotrakten utan även i Hallands län och i Torsbytrakten i Värmland. Efter drygt 10 års försöksverksamhet ”slog grovkalken igenom” och några år in på 2000-talet kom grovkalken att dominera vid våtmarkskalkningar i södra Sverige.

I och med utgången av 2012 har uppföljningen av grovkalkade våtmarker inom försöksverksamheten upphört. Jag har haft förmånen att verka som projektledare för försöksverksamheten under 26 år. Stort tack till alla er som på olika sätt bidragit till att verksamheten kunnat fortgå och generera användbara resultat till kalkningsverksamheten.

Anders Svahnberg

Referenser

Svahnberg, A. & I. Abrahamsson. 2000.
Vattenkemiska resultat från våtmarker kalkade med grovkalk och granuler inom försöksprojekt Flaten och Bodaån.

Länsstyrelsen i Jönköpings län, meddelande 2000:50.

Svahnberg, A. & I. Abrahamsson. 2001a.
Vattenkemiska resultat från våtmarker kalkade med grovkalk, granuler och kalkstensmjöl inom Värnamoytorna.

Länsstyrelsen i Jönköpings län, meddelande 2001:21.

Svahnberg, A. & I. Abrahamsson. 2001b.
Grovkalk, granuler och kalkstensmjöl. Effekter vid spridning på våtmarker.

Länsstyrelsen i Jönköpings län, meddelande 23/01.

Svahnberg, A. & I. Abrahamsson. 2005.
Effekten av Vomber som kalkningsmedel på våtmarker.

Myrica AB.

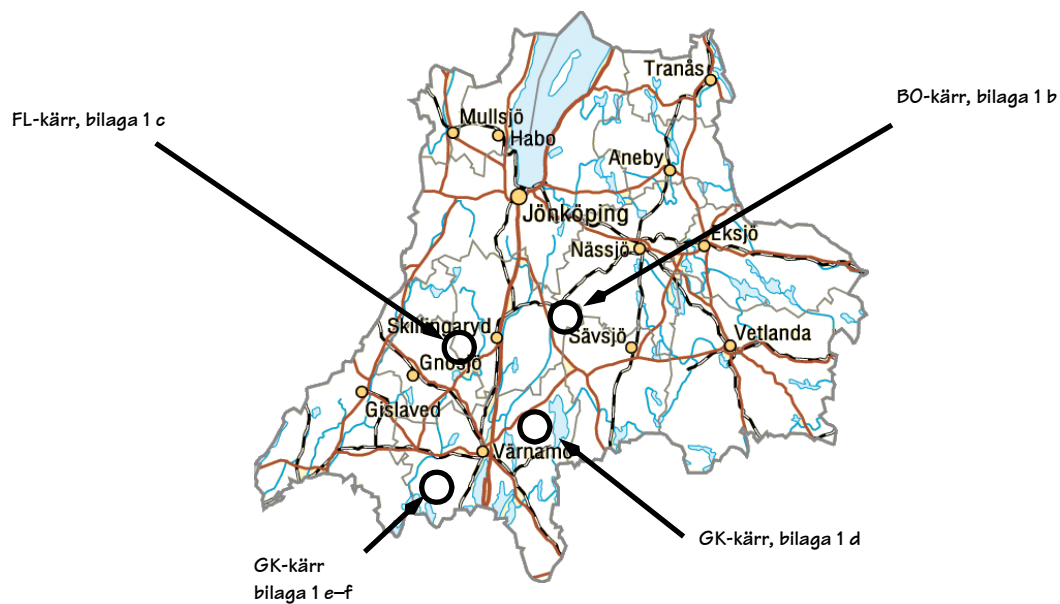
Svahnberg, A. & I. Abrahamsson. 2009 a.
Effekten av GX grovkalk som kalkningsmedel på våtmarker.

Myrica AB.

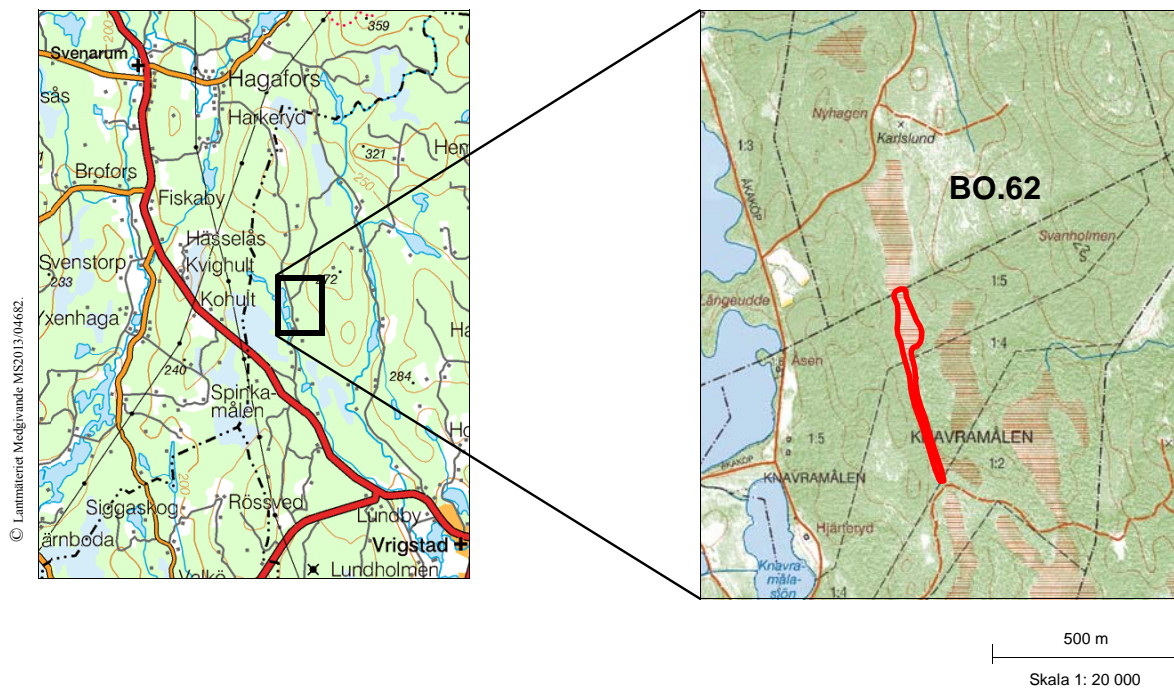
Svahnberg, A. & I. Abrahamsson. 2009 b.
Effekten av Grovkalk och granuler som kalkningsmedel på våtmarker.

Länsstyrelsen i Jönköpings län, meddelande nr 2009:21.

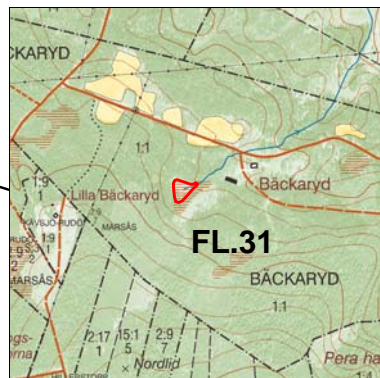
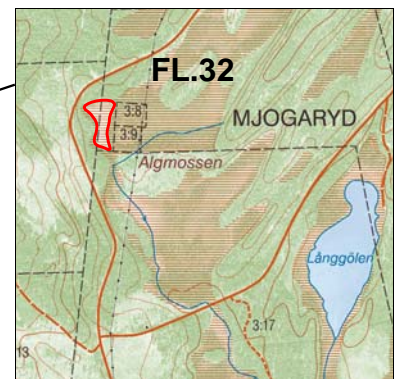
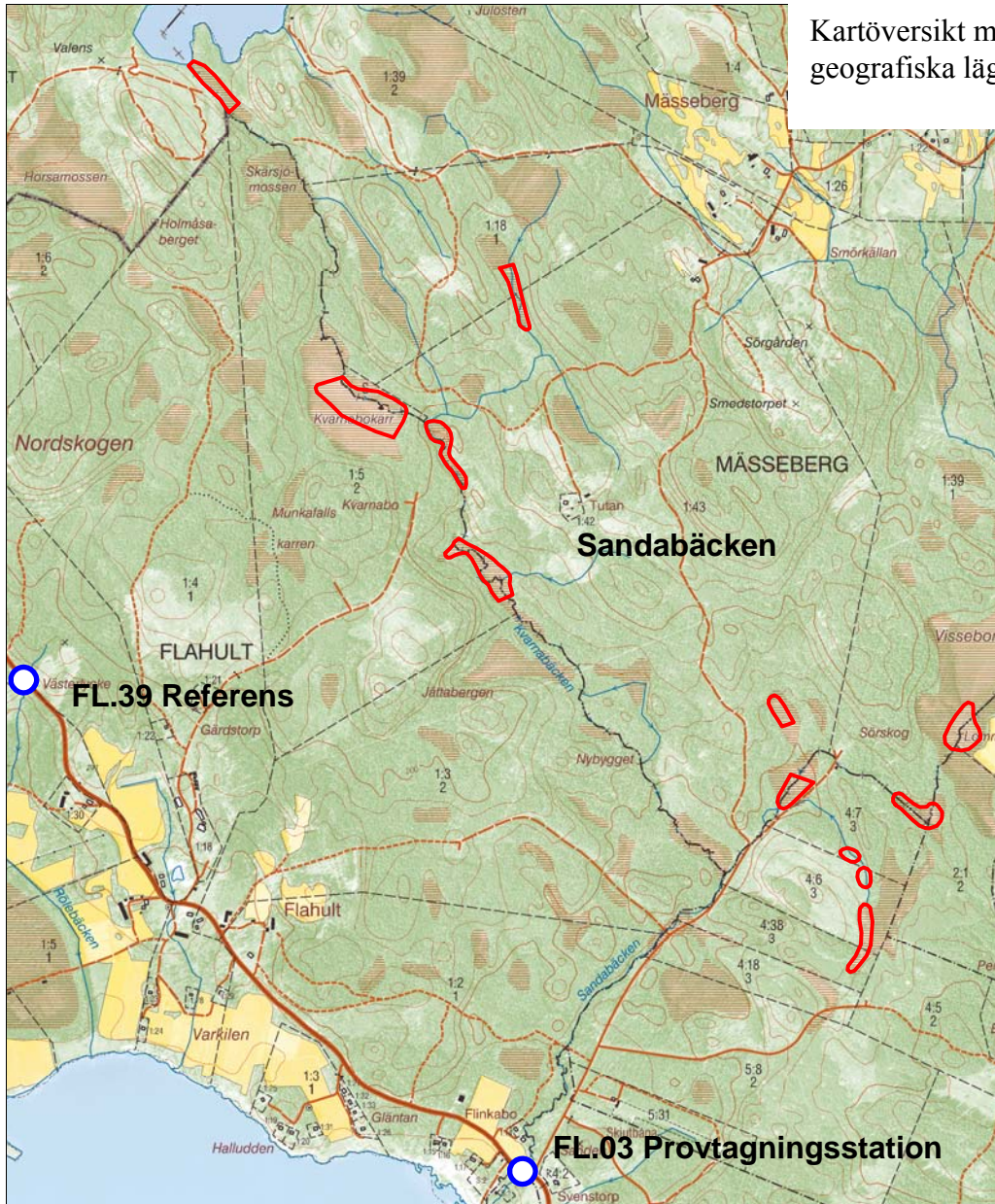
Kartöversikt försökskärrens geografiska läge. Länskarta över Jönköpings län.



Kartöversikt med det geografiska läget för kärret BO.62.

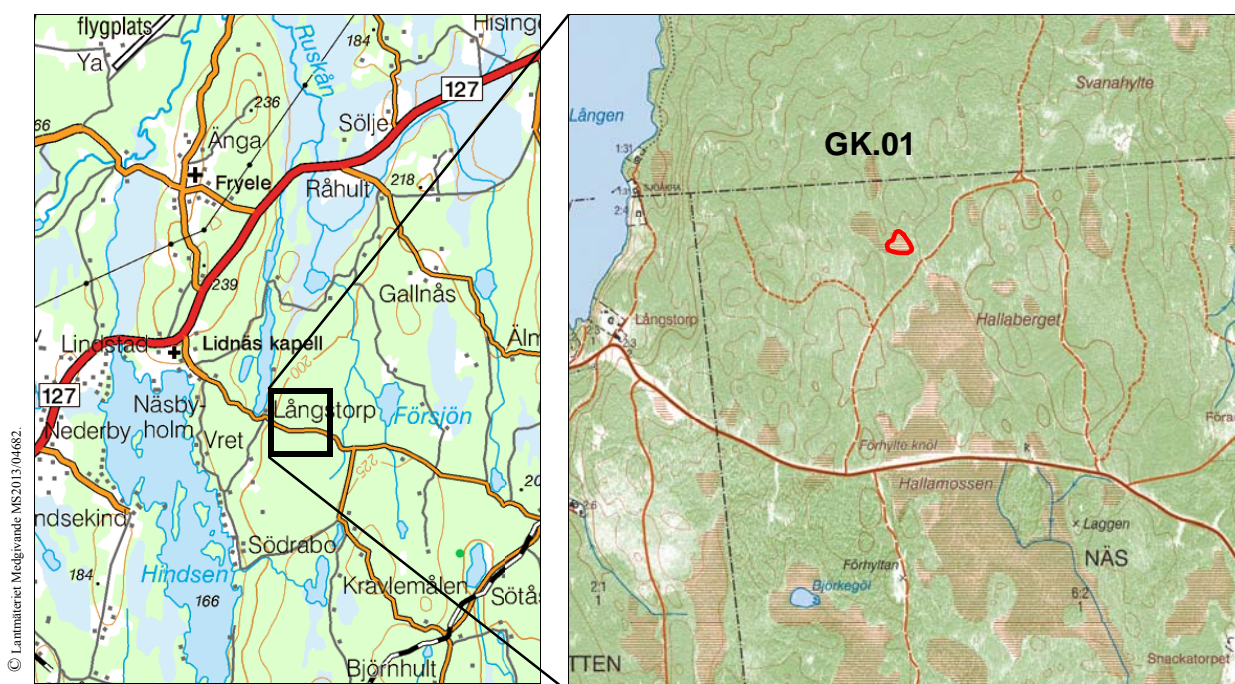


Kartöversikt med FL-kärrens geografiska läge.



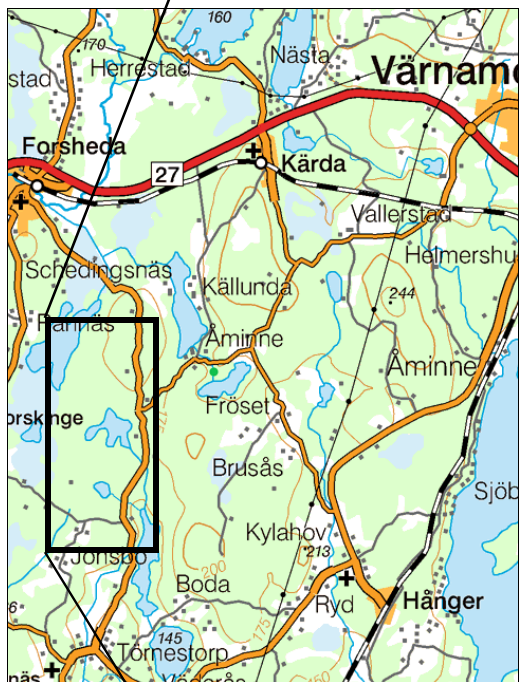
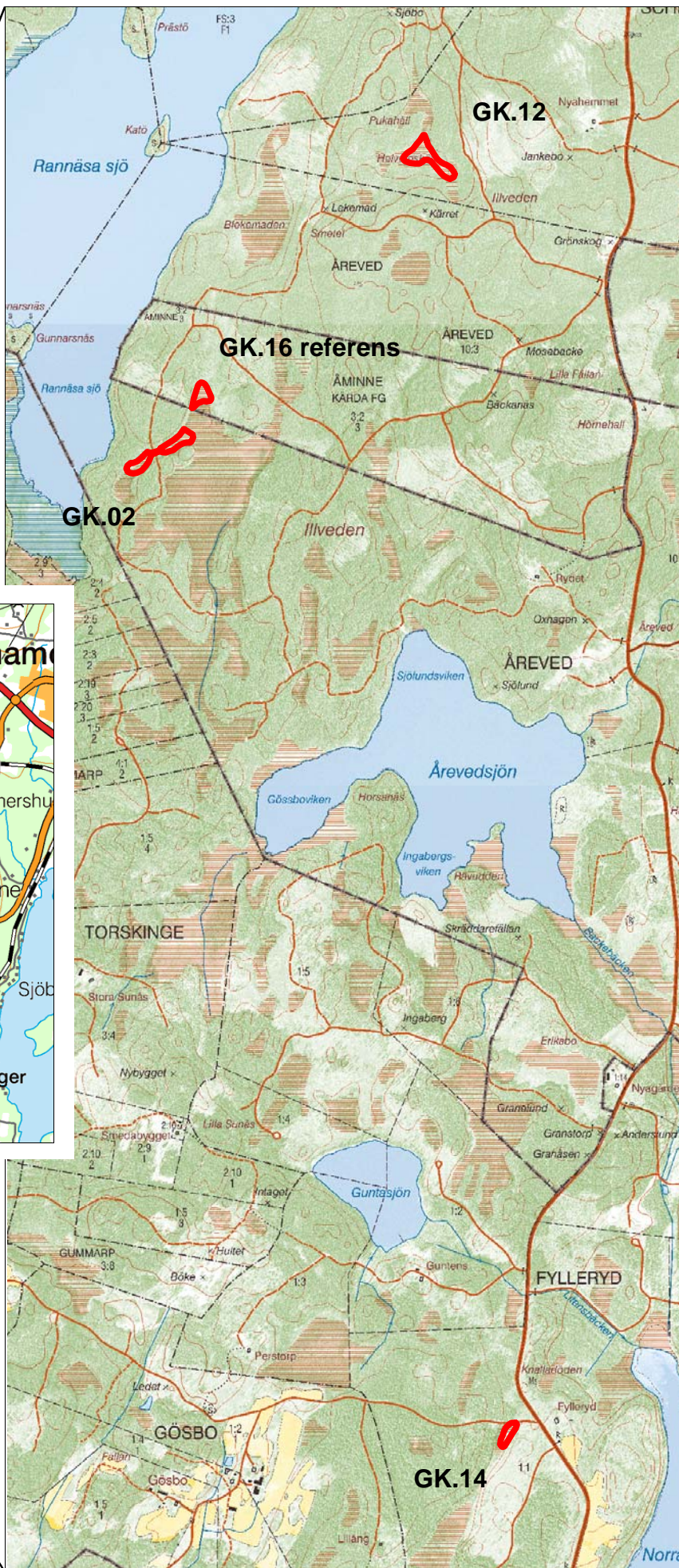
500 m
Skala 1: 20 000

Kartöversikt med det geografiska läget för kärret GK.01.



500 m
Skala 1: 20 000

Kartöversikt med det geografiska läget för fyra GK-kärr.



© Lantmäteriet Medgivande MS2013.04682.

500 m
Skala 1: 20 000

Kartöversikt med det geografiska läget för två GK-kärr.



Kartöversikt med TB-kärrens geografiska läge.

