

Slutrapport

Återföring av växtnäring till åkermark, Skilleby våtmark



Artur Granstedt, Wijnand Koker, Eva Johansson

Tack till Holger van der Wouden, lantbrukare på Yttereneby och Skilleby gård, som är värd för försöket.

Projektet finansierades av Stockholms läns landsting, Tillväxt- och regionplaneförvaltningen (miljöanslag) och Vidarstiftelsen.

Om du vill veta mer om försöken vid Skilleby våtmark kontakta Artur Granstedt (artur@sbfi.se) eller Wijnand Koker (wijnand.koker@telia.com).

För fler kopior av rapporten kontakta info@sbfi.se. Rapporten finns även på www.sbfi.se.

Fotografier Eva Johansson, Wijnand Koker, Holger van der Wouden

Omslagsbild

Sediment från Skilleby våtmark upplagt i strängar intill våtmarken, september 2018.

© Stiftelsen Biodynamiska forskningsinstitutet 2019

ISBN 978-91-639-4481-9

Innehåll

SAMMANFATTNING	1
INLEDNING	1
BAKGRUND	3
METOD	7
<i>Utgrävning och upptagning av sediment</i>	7
<i>Analysmetod</i>	11
RESULTAT	12
<i>Utgrävning och upptagning av sediment</i>	12
<i>Analysresultat</i>	13
DISKUSSION	15
REFERENSER	18
BILAGA 1	19
<i>Regler, förordningar och lagar</i>	19
BILAGA 2	20
<i>Användning av våtmarkssediment som gödsel- eller jordförbättringsmedel inom ekologisk odling</i>	20

Sammanfattning

Genom att undersöka hur mycket näring som har samlats i sedimentet i en anlagd våtmark, hur sediment bäst hanteras och skillnaderna i växtnäring före/efter kompostering har projektet gett inledande svar på hanteringstekniska frågor och växtnäringsspörsmål.

Ur ett lantbrukarperspektiv har pilotprojektet visat att det med god planering och framförhållning är möjligt att ta upp våtmarkssedimentet, bearbeta det och återföra det till åkermarken som jordförbättringsmedel.

Ur ett växtnäringssperspektiv har pilotprojektet visat att i en våtmark kan samla en del av den fosfor, och övriga från marken härstammande makro- och mikronäringsämnen som annars går förlorad genom avrinningen av vatten från åkermarken. Våtmarken minskar även förlusterna av kväve. Dessa i våtmarken ansamlade växtnäringssrika sediment har nu i ett vidare steg blivit ett för odlingen värdefullt jordförbättringsmedel som kan återföra växtnäringen i en anrikad form till åkermarken samt även gynna uppbyggnaden av markens organiska substans.

Inledning

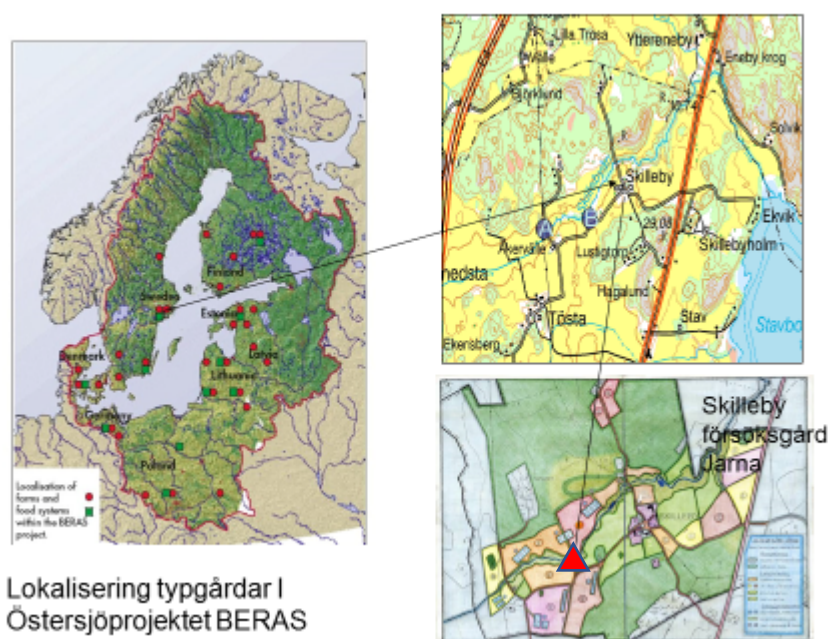
Östersjön är utsatt för övergödning på grund av läckage av kväve och fosfor från främst jordbruk, reningsverk och trafik. Av de mänskligt påverkbara utsläppen till Östersjön kommer 42 procent av kvävet och 35 procent av fosfor från jordbruket, medan 36 procent av kvävet och 52 procent av fosfor kommer från punktkällor, det vill säga reningsverk, enskilda avlopp och industrier (Havs och vattenmyndigheten, 2018). Till egentliga Östersjön, som är den del av Östersjön med störst problem med övergödning, algbloomning och syrefria bottenar, kommer nästan hälften av näringen från jordbruket. Övergödningen av havsmiljön med döende havsbottenar är ett betydande globalt miljöhot (Diaz & Rosenberg, 2008). Att komma tillrätta med övergödningen från åkermark är av betydelse för de nationella miljömålen: Ingen övergödning, Levande sjöar och vattendrag, Myllrande våtmarker och Hav i balans samt levande kust och skärgård.

Vid ministermötet om Östersjön i Bryssel 2018 konstaterades att det inte är troligt att god status för Östersjön nås till 2021 i enlighet Baltic Sea Action Plan, trots omfattande insatser och trots att bl.a. tillförseln av vissa farliga ämnen och näringsämnen minskat (Havs och

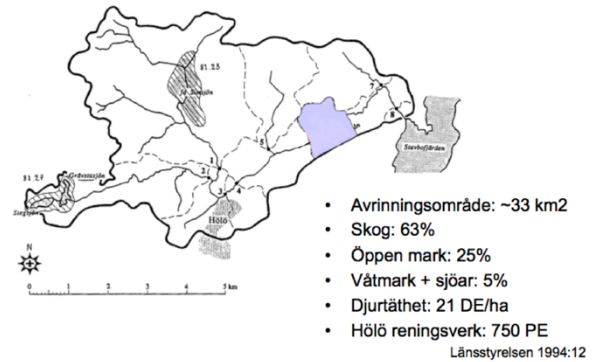
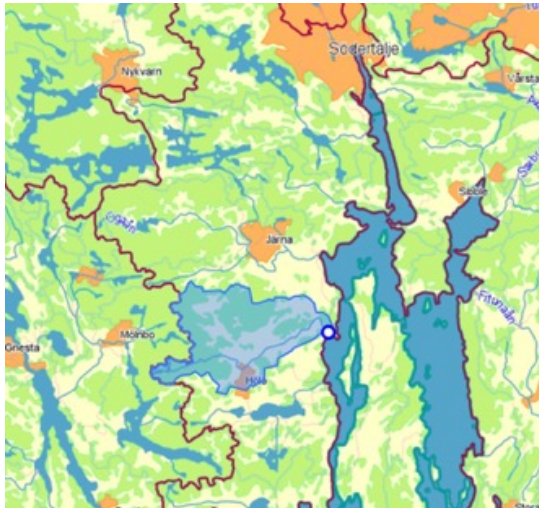
vattenmyndigheten, 2018). Mötet beslutade därför att planen ska uppdateras till 2021. Havs- och vattenmyndigheten deltar i arbetet med uppdateringen (Havs och vattenmyndigheten, 2018).

Skilleby våtmark anlades 2002 av Stiftelsen Biodynamiska forskningsinstitutet på gården Skilleby försöksgård i samverkan med gårdens dåvarande brukare Dagfinn Reder. Syftet var att minska näringsläckaget från en del av gårdens åkerareal som avvattnas till Skillebyån. Jordbruket har här bedrivits biodynamiskt sedan 1967 och blev försöksgård för Biodynamiska forskningsinstitutet 1991. Skilleby försöksgård var under perioderna 2003–2006 och 2010–2014 en av flera typgårdar inom Östersjöregionen med ekologiska kretsloppsgårdar, där våtmarken ingick som en del av åtgärderna för att minska förlusterna av kväve och fosfor till Östersjön utöver de åtgärder som gällde på odlingssystemnivå i EU-projektet BERAS (Granstedt, Schneider, Seuri, & Thomsson, 2008).

Fosfor är en begränsad resurs och bör därför i största möjliga utsträckning återanvändas i jordbruket. Utgrävning och återförsel av näringsrikt bottensediment kan också tänkas ha betydelse för att bibehålla våtmarkens kapacitet att ackumulera växtnäring och minska utflödet. Detta projekt hade som syfte att studera hur ansamlad växtnäring i våtmarkens bottensediment på bästa sätt kan återföras tillbaka till åkermarken.



Figur 1 Östersjöns avvattningsområde, lokalisering av typgårdar (röda punkter på Östersjökartan) i Östersjöprojektet BERAS samt lokaliseringen av gården Skilleby (översta pilen) samt detaljbild som visar Skilleby försöksgård med åkerskiftena samt lokaliseringen av våtmarken som avvattnar de sydligast belägna skiftena på gården (den röda trekanten)



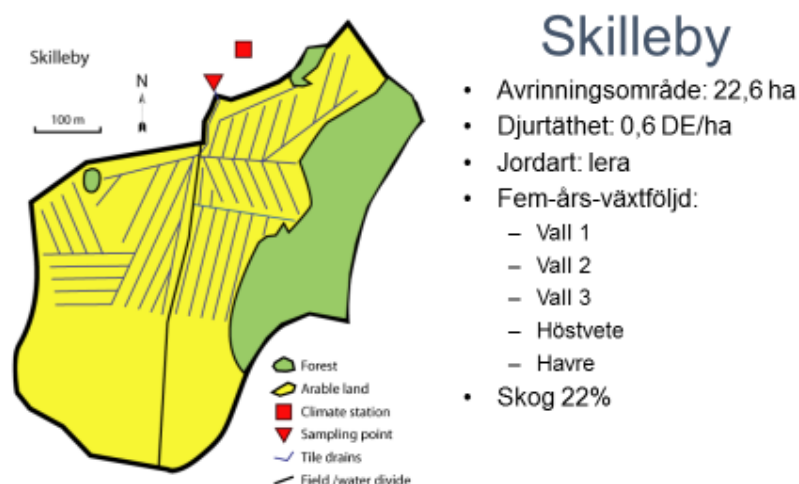
Figur 2 Skillebyåns avrinningsområde. Källa SMHI Vattenwebb. Ån har ett avrinningsområde av 33 km² som består till 2/3 av skog och till 1/3 av öppen mark (vilken är en del av Hölö samhälle), Marken till Skilleby gård är markerat med det skuggade området.

Bakgrund

Skilleby våtmark anlades för att fånga näring från de omgivande åkrarna. Att återföra näringen är viktigt för att knyta samman kretsloppen i ekologiska kretsloppsjordbruk. Våtmarken ligger på en mjölkgård och omges av åkermark som brukas enligt biodynamiska principer av Holger van der Wouden. 2019 utnämndes Holger van der Wouden till Årets Östersjöbonde av WWF med motiveringen *för sitt stora miljöengagemang för Östersjön, inte minst genom att driva ett cirkulärt kretslopps jordbruk med kvävefällor och våtmarker.*

Jordbruket på Skilleby har sedan år 1991 huvudsakligen haft femårig växtföljd, där kvävefixerande växter är ett viktigt inslag. Växtföljden är första året havre, därefter tre år vall, följt av ett år höstvet. Gödsling har skett efter vallbrott före sådd av höstsäd. På gården råder en balans mellan antal djur och växtodlingsarealen (0,6 djurenheter/ha), vilket innebär att gården är självförsörjande på foder och gödsel samt har växtnäringsbalanser med låga överskott.

Våtmarken konstruerades 2002 och har en yta på 0,08 ha. Dammen är mottagare av vatten från ett 22,7 ha stort avrinningsområde vilken består av 5,1 ha (22 %) skog och 17,8 ha (78 %) lerhaltig jordbruksmark som är täckdikad (Figur 3). Våtmarken är anlagd för att minska både kväve- och fosforutsläppen till Skillebyån som rinner genom gården. Ån har sitt utlopp i Stavbofjärden i Östersjön (Figur 1). Skillebyån har ett avrinningsområde av 33 km² som består till 2/3 av skog och till 1/3 av öppen mark (vilken är en del av Hölö samhälle), och har även varit en recipient för det kommunala reningsverket i Hölö. (Figur 2). I VISS (VattenInformationSystem Sverige) databas visas att Skillebyån har miljöproblem med övergödning och miljögifter vilka är klassade som *dålig* respektive *uppnår ej god status*. VISS anger en betydande påverkan på Skillebyån avseende totalfosfor (tot-P) från jordbruk med risk att kemisk status inte uppnås 2021 (VISS Vatteninformationssystem Sverige, n.d.).



Figur 3 Våtmarken är mottagare av vatten från ett 22,7 ha stort avrinningsområde vilken består av 5,1 ha (22 %) skog och 17,6 ha (78 %) lerhaltig jordbruksmark (som är täckdikad).

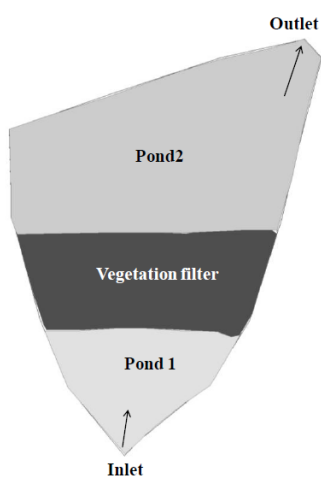
Våtmarken är indelad i tre delar, där vattnet först leds in i ett litet område avgränsad med en uppdämning i betong med ett 60° V-överfall (Figur 4) vilket har gjort det möjligt att mäta avrinningens storlek. Sedan rinner vattnet vidare ner i dammens två delar med en riklig och kraftfull vegetation fram till utgrävningen 2018 (Figur 5). En tryckgivare kopplade till en datalogger möjliggjorde automatisk registrering av vattenhöjden och flödesstyrd provtagning vid inflödet som här genomfördes parallellt med den manuella provtagningen.



Figur 4 Dammen har en yta på 0,08 ha är indelad i tre delar, där vattnet först leds in i ett litet område avgränsad med en uppdämning i betong med ett 60° V-överfall som baserat vattennivån. Detta har gjort det möjligt att beräkna vattenflödet slang för automatisk flödesstyrd provtagning synlig till höger på bilden.

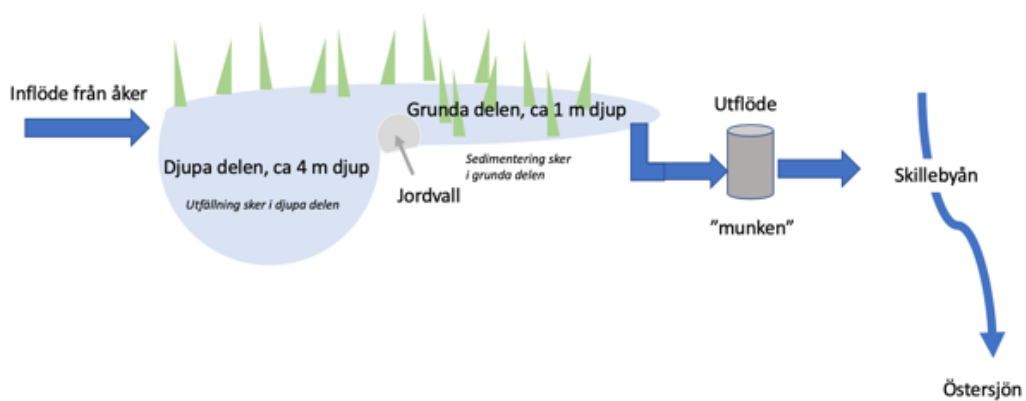


Figur 5 Den djupa delen i förgrunden med jordvallen som skiljer delarna åt och grunda delen längst bort. Skillebyån rinner vid träden bortom våtmarken.



Figur 6 Schematisk beskrivning av våtmarken med de två delarna delvis öppen vattenspegel, Pond 1 och Pond 2 motsvarar djupa respektive grunda delen av våtmarken (från Andersson, 2011).

Schematisk skiss av Skilleby våtmark



Figur 7 Schematisk skiss av vattnets passage genom Skilleby våtmark.



Figur 8 Våtmarken sett från ovan med djupa delen nertill, grunda delen upptill samt utloppet och munken överst till höger. Sedimenten ligger till höger om våtmarken. Bilden är tagen sommaren 2018, efter tömningen och utgrävningen av sediment.

Ut från dammen leds vattnet genom ett rör, vidare till en munk, i vilken vattenhöjden kan regleras. Från munken rinner så vattnet vidare ut i Skillebyån (Figurer 6, 7 och 8).

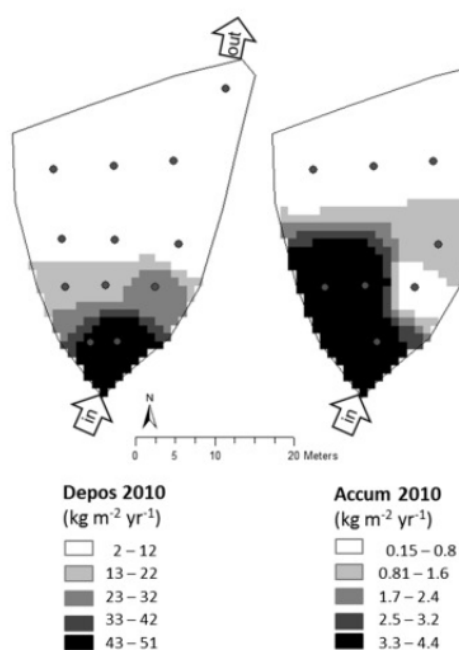
Tidigare studier inriktades på att undersöka våtmarkens effektivitet i att minska näringsläckage. Detta har skett genom att mäta inflödet av kväve och fosfor till dammen och utflödet från dammen genom att vattenprover hämtats vid in- och utloppet och därefter analysera och utvärdera dessa (Andersson, 2011; Lundgren, 2013; Vartiainen & Schneider, 2008). Studier har också genomförts av dammens förmåga att minska fosforutsläppen (retentionen) genom att studera ansamling av fosfor i dammens bottensediment (Geranmayeh, Johannesson, Ulén, & Tonderski, 2018; Kynkäänniemi, Ulén, Torstensson, & Tonderski, 2013). Liknande studier har pågått på andra platser vilket möjliggjort studier av dammanläggningarnas effektivitet och hur de i framtid ska utformas för ökad effektivitet (Braskerud, 2002; Braskerud, Lundekvam, & Krogstad, 2000; Johannesson, Kynkäänniemi, Ulén, Weisner, & Tonderski, 2015; Kynkäänniemi et al., 2013).

Hydraulisk belastning och fosforretention beräknades för åren 2003–2010. Dessutom studerades vattenkvaliteten under tre intensiva provtagningsperioder (3–5 dagar) år 2010. Det påvisades ingen nettoretention av fosfor under 2003–2010 utom för 2004/2005 (Andersson, 2011).

Den senaste undersökningen av dammens reningsverkan (retentionen) gjordes för tidsperioden 2011 till 2012 (Lundgren, 2013). Vattenprover för mätning av kväve och fosfor utfördes var 14:e dag, dessutom har det varit en kontinuerlig mätning av vattenhöjd, vattenföring, vindhastighet, vindriktning, nederbörd och temperatur där data lagras i en datalogger timme för timme året runt. Beräkningarna av kväve- och fosformängderna för åren 2011 och 2012 visade en reduktion av utsläppen som var större än vad som redovisats under tidsperioden dessförinnan. Dammens upptag av närsalter innebar en reduktion av kväve och fosfor så att det var mindre näringsämnen i vattnet som fördes vidare ut i vattendraget än vad som tillförts dammen. Under år 2011 motsvarade kväveläckaget ut från dammen 4,5 kg/ha och fosforläckaget 0,75 kg/ha. Under år 2011 har det därvid skett en reduktion av kväve med (22 %) och av fosfor med (35 %). Under år 2012 motsvarade kväveläckaget ut från dammen 7,9 kg/ha och fosforläckaget 0,68 kg/ha. Det innebar att under år 2012 har det skett en reduktion av kväve i dammen med (33 %) och av fosfor med (56 %). Retentionen av fosfor

genom passagen genom våtmarken kan antas ha skett genom partikelbunden sedimentering medan vad gäller kvävet genom de nitrifikation under perioder med anaeroba förhållanden i dammen.

Analys av sedimenterat material på sedimentplattor år 2010 tydde på att det mesta av sedimentationen av partikelbunden fosfor skedde i inloppsdammen (Figur 9) medan det sediment som återfanns i vegetationsområdet och i utloppsdammen antagligen hade sitt ursprung från interna processer snarare än från tillrinningsområdet (Geranmayeh et al., 2018; Kynkäänniemi et al., 2013). Korta perioder med höga flöden var avgörande för våtmarkens funktion och att det behövdes frekvent provtagning under dessa perioder. Partiklar från tillrinningsområdet under högflödet var antagligen för små för att sedimentera.



Figur 9 Deposition och nettoackumulering av sedimentpartiklar i Skillebydammen under år 2010 kg m² yr⁻¹ (från Geranmayeh et al., 2018). De svarta punkterna anger placeringen av sedimentering plattor samt deponeringsfällor bestående av plaströr som ej var exponerade för återsuspendering av partiklar.

Metod

Utgrävning och upptagning av sediment

I maj 2018 sänktes vattennivån i våtmarken genom att ta bort plank i “munken” som reglerar vattennivån. Det sista vattnet tömdes med länspump. Sedimentet kunde flyttas först efter det avvattnats genom tömning av våtmarken. I juni 2018 grävdes våtmarken ut. Utgrävning avslutades vid anläggningsdjup. Botten på våtmarken visade sig vara så stabil att grävmaskinen kunde stå på botten under utgrävningen.



Figur 10 Utgrävning med grävmaskin 20 ton.



Figur 11 Sedimentet tippas i anslutning till våtmarken.

Då sedimentet vid utgrävning fortfarande var mycket vattenmättat och flöt ut krävdes en vagn med höga lämmar för transport. Sedimentet lades upp på en intilliggande betesmark med svag sluttning mot våtmarken. Uppläggningsplats valdes för att sedimentet skulle fortsätta avvattnas och att vattnet skulle rinna tillbaka till våtmarken. Då sommaren 2018 var mycket torr rann inget vatten från sedimentet utan allt dunstade bort.

Utgrävningen skedde i juni 2018 och redan efter en månad hade sedimentet torkat tillräckligt för att läggas upp i strängar. Under torkningen flöt sedimentet ut till ca 50 cm djup. Det avvattnade sedimentet lades upp i två strängar från grunda respektive djupa delen av våtmarken, samt en sträng med vegetation.



Figur 12 Sediment upplagt för avvattning. Här syns hur sedimentet flutit ut.



Figur 13 Sediment upplagt innan blandning. Till vänster sediment från djupa delen av våtmarken, till höger det vegetationsrika sedimentet från kanten.



Figur 14 Kaveldun fortsatte att växa efter utgrävning.



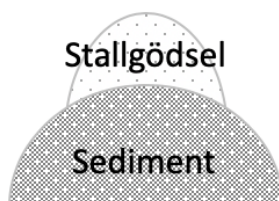
Figur 15 Sedimentet upplagt i smalare strängar.

I augusti 2018 blandades sedimentet med en traktormonterad kompostblandare. Blandningen av sedimentet gick mycket bra då sedimentet torkat ordentligt. Kompostblandaren homogeniserade växtrester och sedimentet och materialet luftades.

I oktober 2018 tillsattes 20–30% (vikt) stallgödsel, ca 18m³, från Yttereneby gård till sedimentet från den djupa och grunda dammen. Detta för att få en bra balans mellan kol och kväve vilket är nödvändigt för att komposteringsprocessen skall komma igång. Gödseln lades överst på sedimentet och sedan blandades materialet igen för homogenisering.



Figur 16 Första och andra passet med kompostblandaren. Här syns att växtdelarna brutits ned och materialet homogeniserats.



Figur 17 Schematisk skiss av sedimentsträngarna i genomskärning innan inblandning av stallgödsel.

Tabell 1 Maskiner och tidsåtgång

Åtgärd	Maskin	Tidsåtgång
Tömning	Länspump 150 l/min	4 dygn i omgångar Tidsintervall ca 4 timmar
Utgrävning	Traktor 280 Hk	16 timmar
	Grävmaskin 20 ton	8 timmar
Uppläggning av sediment i strängar	Traktor 180 Hk med frontlastare	6 timmar
	Vagn - dubbelaxlad förstärkt lastbilstippvagn med höga lämmar	8 timmar
Blandning av sediment	Traktor med monterad kompostblandare	2,5 timme vid 3 tillfällen

Tidsåtgången för maskiner under 2018 framgår av Tabell 1. 2018 var ett ovanligt torrt och nederbördsfattigt år vilket underlättat alla moment.

Analysmetod

Initialt togs prover på sediment från alla tre delar av våtmarken – den djupa delen, den grundare delen och det sediment från kanterna som innehöll mycket vegetation. 20 stycken delprov togs från varje del, vid varje provtillfälle. Delproven fördes ihop och en delmängd skickades till Agrilab för analys.

De för grödornas tillväxt viktigaste växtnäringsämnen har analyserats enlighet med vad som är brukligt för stallgödsel och som visar mängderna för växttillgänglig växtnäring och förråd i form av totalinnehåll per kg provtagen gödsel samt omräknat till per kg torrsubstans (Tabeller 3–6, figur 17). Delprover togs av sediment och gödsel som oblandades väl före uttagning ett samlingsprov på cirka en liter som därefter sändes för analys till Agrilab i Uppsala.

Proverna analyserades på totalhalten av kol (C), totalkväve (total N), ammoniumkväve (NH₄-N), total fosfor (total-P), och växttillgänglig fosfor (P –AL), växttillgängligt kalium (K-AL), kalcium (Ca), natrium (Na), magnesium (Mg), svavel (S), koppar (Cu), järn (Fe), mangan (Mn) och sink (Zn) samt torrsubstans (ts) och askhalt enligt Tabell 2.

Samtliga analyser gjordes av Agrilab, Uppsala.

Tabell 2 Analysvariabler, metodreferens, mätosäkerhet och mätområde enligt Agrilab.

Analysvariabel	Metodreferens	Mät-osäkerhet	Mätområde
Förbehandling av jordprov för fysikalisk och kemisk analys	SS ISO 111464 utg. 1	–	–
Mark och gödselundersökningar – Extraktion och bearbetning av fosfor, kalium, kalcium, magnesium och natrium ur jord med ammoniumlaktatättiksyralösning (AL-metoden)	SS 02 83 10 utg. 3	<10%	

Markundersökningar och gödselanalys – bestämning av pH	SS ISO 10 390	<0,4	1–14
TOT C Markundersökningar – bestämning av organiskt kol efter torrförbränning	SS ISO 10694	<10%	0,1–20%, 1–98%
TOT N Markundersökningar och gödselanalys – bestämning av organiskt kväve efter torrförbränning (elementaranalys) med en Spectro Blue ICP maskin	SS ISO 138 78	<10%	0,1–20%

En felkälla till erhållna mätvärden kan uppstå om vattnet rinner förbi mätstationen, därför behövs regelbunden tillsyn och beredskap att reparera och täta vid behov.

Resultat

Utgrävning och upptagning av sediment

Materialet som grävts ut från våtmarken är hanterbart och efter bearbetning kan det återföras till åkermarken med gängse maskinpark.

Genom att lägga upp sedimentet i strängar och bearbeta det med kompostblandaren har rötter från våtmarksväxter brutits ner. Eventuellt ogräsfrö som fanns i sedimentet från våtmarken har inte grott, vilket visade sig 2019 då de strängarna var helt fria från ogräs.

I strängarna där gödsel blandats in fanns ett stort uppslag av framför allt svinmålla. Det var relativt lätt att avlägsna det för hand vilket gjordes för att minska spridningen.



Figur 18 Sedimentsträngarna längst fram är de utan tillsatt gödsel – här syns att det inte växer ogräs på dem. De bakre strängarna är de med tillsatt stallgödsel – här syns ett kraftigt uppslag av svinmålla.

Till hösten 2019 finns ca 130m³ färdigkomposterat material till spridning.



Figur 19 Juni 2019 - våtmarken har börjat fyllas, året efter tömning.

Analysresultat

Värdena från den initiala analysen av de olika delarna framgår av Tabell 3.

Tabell 3 Analyser på prover inkomna den 23 juli 2018 tagna efter uppläggning av sediment samt vegetationsrikt material.

	Djupa delen, sediment	Grunda delen, sediment	Vegetationsrikt sedimentet från kanten
Analys	Värde		
Torrsubstans, ts (%)	58,3	66,3	71,4
Tot-kväve (kg/ton)	1,6	1,2	1,6
Organisk kväve (kg/ton)	1,5	1,1	1,5
Ammoniumkväve (kg/ton)	0	0	0
Tot-kol (kg/ton)	18,4	15,3	22,9
Tot-C/Tot-N	11,7	13,1	14,7
Totalt fosfor (kg/ton)	0,43	0,42	0,42
Totalt kalium (kg/ton)	4,38	4,02	3,64
Totalt magnesium (kg/ton)	6,05	5,86	5,82
Totalt kalcium (kg/ton)	4,13	4,09	4,35
Totalt natrium (kg/ton)	0,23	0,23	0,23
Totalt svavel (kg/ton)	0,67	0,42	0,36
Totalt koppar mg/kg ts	32	27	26
Totalt järn mg/kg ts	42 040	37 358	34 695
Totalt mangan mg/kg ts	603	493	577
Totalt zink	135	110	103
Glödförlust (% av ts)	8,6	6,3	7,6
pH	4,4	5	5
K-AL	36,1	27,6	22,8
P-AL	8,4	5,8	5,3

Prover togs i oktober 2018 på lagrad fast stallgödsel levererat från gården till försöksplatsen innan inblandning och sedimentet efter inblandning av gödsel (Tabell 4 och 5).

Tabell 4 Analyser på prover av stallgödsel inkomna den 12 oktober 2018.

Analys	Värde
Torrsubstans, ts(%)	34,7
Tot-kväve (kg/ton)	8,8
Organisk kväve (kg/ton)	8,7
Ammoniumkväve (kg/ton)	0,1
Tot-kol (kg/ton)	144,1
Tot-C/Tot-N	16,3
Totalt fosfor (kg/ton)	1,4
Totalt kalium (kg/ton)	14,36
Totalt magnesium (kg/ton)	2,15
Totalt kalcium (kg/ton)	5,65
Totalt natrium (kg/ton)	0,44
Totalt svavel (kg/ton)	1,22
Totalt koppar, mg/(kg TS)	24
Totalt järn, mg/(kg ts)	4 296
Totalt mangan, mg/(kg TS)	132
Totalt zink, mg/(kg ts)	85
Glödförlust (% av ts)	72,8
pH	7,6

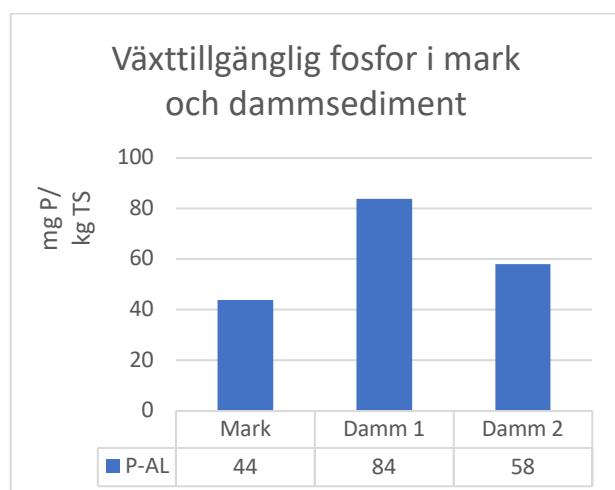
Tabell 5 Analyser på prover på sediment efter inblandning av gödsel inkomna den 12 oktober 2018.

Analys	Värde
Torrsubstans, ts (%)	62,9
Tot-kväve (kg/ton)	3,8
Organisk kväve (kg/ton)	3,8
Ammoniumkväve (kg/ton)	0
Tot-kol (kg/ton)	50,4
Tot-C/Tot-N	13,3
Totalt fosfor (kg/ton)	0,68
Totalt kalium (kg/ton)	6,7
Totalt magnesium (kg/ton)	5,32
Totalt kalcium (kg/ton)	4,77
Totalt natrium (kg/ton)	0,25
Totalt svavel (kg/ton)	0,63
Totalt koppar, mg/(kg ts)	30
Totalt järn, mg/(kg ts)	32 233
Totalt mangan, mg/(kg ts)	464
Totalt zink, mg/(kg ts)	107
Glödförlust (% av ts)	17,3
pH	6,3

Prover togs i april 2019 av gödselblandat sediment som genomgått en komposteringsprocess under vintern. Analysvärdena framgår av Tabell 6.

Tabell 6 Analyser på prover på sediment efter inblandning av gödsel och kompostering inkomna den 18 april 2019.

Analys	Värde
Torrsubstans, ts (%)	74,9
Tot-kväve (kg/ton)	3,9
Organisk kväve (kg/ton)	3,9
Ammoniumkväve (kg/ton)	0
Tot-kol (kg/ton)	50,5
Tot-C/Tot-N	13
Totalt fosfor (kg/ton)	0,85
Totalt kalium (kg/ton)	7,72
Totalt magnesium (kg/ton)	6,08
Totalt kalcium (kg/ton)	5,73
Totalt natrium (kg/ton)	0,29
Totalt svavel (kg/ton)	0,75
Totalt koppar, mg/(kg ts)	40
Totalt järn, mg/(kg ts)	32 096
Totalt mangan, mg/(kg ts)	510
Totalt zink, mg/(kg ts)	116
Glödförlust (% av ts)	14,3
pH	6,1



Figur 20 . Växttillgänglig fosfor (P-AL) i matjorden (0–20 cm) enligt markkartering 2004 av de båda aktuella skiftena på Skilleby (medelvärde 9 provtagningspunkter) från vilka vattnet till våtmarken urlakas (Mark) och i sediment efter utgrävning från den första djupa dammen (Damm 1) och den andra grunda dammen (Damm 2) angivet i mg P per kg ts.

Diskussion

Enligt SMHI:s Vattenwebb finns nästan 500 anlagda våtmarker med näringsretention som huvudsyfte. För att våtmarkerna ska fungera som tänkt behöver de tömmas vart 10–20 år beroende på belastning. Näringen som samlats i våtmarkerna behöver återföras till åkermarken för att sluta jordbrukets näringskretslopp.

Redan vid planering och anläggning av våtmarker är det viktigt att ta hänsyn till hur sedimentet ska hanteras och framkomligheten för maskiner vid utgrävning. Det bör finnas möjlighet att lägga upp sedimentet i nära anslutning till våtmarken för att minimera maskinkostnader. Det är också viktigt att avrinning sker till våtmarken och inte till omgivande marker.

Under detta pilotprojekt har det varit ovanligt torrt och nederbördsfattigt vilket gynnat och underlättat alla moment. Om det t ex hade regnat mer hade såväl tömningen, utgrävning som transport försvårats. Det hade då funnits risk för jordsättningar, problem med bärighet och jordpackning samt slirning av tunga maskiner på lerjord. Genom att avvattna sedimentet i nära anslutning till våtmarken minskades problemen med att köra ut tungt, blött material på marken vilket också kan leda till markpackningsskador.

I och med att materialet har avvattnats och bearbetas innan utkörning är både volymen och vikten en bråkdel av de ursprungliga. Detta underlättar den tekniska hanteringen och ger tidsvinster, reducerade kostnader samt minskad maskinanvändning vid utkörning.

Det finns frågor kring spridning av växtrester från ogräs med stora rotsystem, t ex kavedun, via våtmarkssediment. Pilotprojekt visade att dessa rötter bryts ner fullständigt i komposteringsprocessen och i bearbetning med kompostblandaren.

För att möjliggöra återförsel av sedimentet till åkermarken krävs omblandning av de olika fraktionerna, homogenisering av materialet samt inblandning av stallgödsel som möjliggör nedbrytning av kvarstående växtmaterial genom kompostering. Utspridning och nedbrukning kan lämpligen ske på hösten före sådd av höstsäd eller som förberedelse till vårsådd påföljande vår.

Ur ett lantbrukarperspektiv har pilotprojektet visat att det med god planering och framförhållning är möjligt att ta upp våtmarkssedimentet, bearbeta det och återföra det till åkermarken som jordförbättringsmedel.

Våtmarken minskade kväveförlusterna från åkermarken redan kort tid efter anläggningen. En minskning av fosforförlusterna från åkermarken tog längre tid. Efter to år uppmättes att en damm av denna typ även kan ha en fosforretention på mellan 35 och 56 procent med en större anrikning av fosforrikt sediment i nära anslutning till den dammens inlopp. Det växtnäringsrika sedimentmaterialet och uppgrävda växtdelar är viktig växtnäringsresurs som behöver återföras till åkermarken. Detta gäller för fosfor som är en begränsad resurs men även övriga för växtligheten nödvändiga makro- och mikronäringsämnen som visade sig anrikas i sedimenteten.

Enligt analyserna 2011 och 2012 skedde det en minskning av mängden fosfor genom vattnets passage genom våtmarken dessa år med 33 respektive 56 % av utflödet jämfört med tillförseln av (Lundgren, 2013). Mätningar från tidigare år visade inte samma tydliga resultat och även negativa värden (Andersson, 2011). Vid dammens anläggning frigjordes troligtvis en del fosforrikt material som fördröjde en påvisbar fosforenande effekt. Svagheter i inflödet konstruktion så att vatten runnit förbi mätstationen kan inte uteslutas och därvid också påverkat resultaten.

De första analyserna på sedimentmaterialet visade en hög torrsubstanshalt - mellan 58 och 71%. Halten tillgänglig fosfor (P-AL) i sedimentet från djupa delen av våtmarken är 8,4

mg/100 g, vilket är ungefär dubbelt så hög halt som den omgivande åkermarken. Detta pekar på att våtmarken fungerar som en effektiv fosforfälla (Figur 20). Kvävehalten är låg (tot-kvävehalten är 1,2–1,6 kg/ton och ammoniumkvävehalten är 0) därför bör sedimentet betraktas som jordförbättringsmedel och inte som gödning.

Jämförelser med äldre markprov visar att växttillgänglig fosfor i sedimenten är högre i sedimenten jämfört med jordbruksmarken där dräneringsvattnet har sitt ursprung (Figur 17). Resultaten från de tidigare undersökningarna av sedimenteringen bekräftas här att en anrikning skett av fosfor samt att sedimenteringen av partikelbunden fosfor huvudsakligen skett i den första dammen (Geranmayeh et al., 2018).

Den organiska substansen (uppmätt som total C) i sedimentet från den djupa delen av våtmarken är 18,4 kg per ton, i den grunda delen 15,3 kg per ton och 22, 9 kg per ton i sedimentet med växtmaterial. Detta är en högre halt än den omgivande åkermarken med 11–16 kg per ton. Anrikningen av organisk substans bör kunna sättas i samband med den uppbyggnad av organiska substans som skett i våtmarken.

Av tabell 6 framgår halterna av de analyserade makronäringsämnena kalium (K), magnesium (Mg), kalcium (Ca), natrium (Na) och svavel (S) i kg per ton sediment samt mikronäringsämnena koppar (Cu), järn (Fe), mangan (Mn) och Zink i mg per kg torrsubstans. Samtliga dessa ämnen har liksom fosfor anrikats med våtmarkssedimenten och en större del av dessa ämnen har deponerats i den första dammen.

Bildande av organisk substans genom växtlighetens fotosyntes och biomassauppbbyggnad innebär bindning av kol, kväve och övriga växtnäringsämnen i organisk form. Kvävet är här i en organiskt bunden form och kvävehalten i sedimentet är låg (tot-kvävehalten är 1,2–1,6 kg/ton och ammoniumkvävehalten är 0). Den kväveretention som påvisades 2011 och 2012 med 22 respektive 33 % kan därmed tolkas som ett resultat av både organisk bindning av kväve och de mikrobiella processer som leder till denitrifikation under anaeroba förhållanden i vattnet.

Inblandningen av stallgödsel innebar att växtdelarna bröts ned i tredje fraktionen bestående av växtdelar (tredje kolumnen tabell 3) som dessförinnan mekaniskt inblandats i materialet. Massbalansberäkning baserat på halten fosfor tyder på att det skett en torrsubstansförlust på 10 % av det ursprungliga materialet och även förlust av kväve. Den låga halten växttillgängligt kväve innebär att sedimentet inte kan antas någon drivande gödslingsverkan vid spridning på åkermarken. Däremot utgör materialet ett värdefullt jordförbättringsmedel som vid utspridning tillför marken makronäringsämnena, mikronäringsämnena och organisk substans. För fastställande av lämpliga mängder komposterat sediment och efterverkan på grödor krävs uppföljande försök som inte ingick i det aktuella projektet.

Såväl fosfor som mikronäringsämnena kan genom komposterat sediment återföras i anrikad form till den ursprungliga odlingsmarken jämte i våtmarken nybildad organisk substans. Användningen av det komposterade sedimentmaterialet kommer kunna ha en mycket gynnsam effekt på markens biologiska, kemiska och fysikaliska bördighetsegenskaper och vars fleråriga verkan skulle behöva utvärderas genom odlingsförsök.

Referenser

- Andersson, M. (2011). *Dynamics of phosphorus transport and retention in a wetland receiving drainage water from agricultural clay soils*. Linköpings Universitet.
- Braskerud, B. C. (2002). Factors affecting phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecological Engineering*, 19(1), 41–61. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00014-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00014-9)
- Braskerud, B. C., Lundekvam, H., & Krogstad, T. (2000). The Impact of Hydraulic Load and Aggregation on Sedimentation of Soil Particles in Small Constructed Wetlands. *Journal of Environmental Quality*, 29(6), 2013–2020. <https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900060039x>
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science*, 321(926–929). <https://doi.org/10.1126/science.1156401>
- Geranmayeh, P., Johannesson, K. M., Ulén, B., & Tonderski, K. S. (2018). Particle deposition, resuspension and phosphorus accumulation in small constructed wetlands. *Ambio*, 47(November), 134–145. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0992-9>
- Granstedt, A., Schneider, T., Seuri, P., & Thomsson, O. (2008). Ecological Recycling Agriculture to Reduce Nutrient Pollution to the Baltic Sea. *Journal Biological Agriculture and Horticulture*, 26(3), 279–307. Retrieved from <http://www.jdb.se/sbfi/files/BAH2009.pdf>
- Havs och vattenmyndigheten. (2018). *Marin strategi för Nordsjön och Östersjön 2018 - 2023, Bedömning av miljötillstånd och socioekonomisk analys, rapport 2018:27*.
- Johannesson, K. M., Kynkäänniemi, P., Ulén, B., Weisner, S. E. B. E. B., & Tonderski, K. (2015). Phosphorus and particle retention in constructed wetlands — A catchment comparison. *Ecological Engineering: The Journal of Ecotechnology*, 80, 20–31. Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-110405>
- Kynkäänniemi, P., Ulén, B., Torstensson, G., & Tonderski, K. S. (2013). Phosphorus Retention in a Newly Constructed Wetland Receiving Agricultural Tile Drainage Water. *Journal of Environment Quality*, 42(2), 596. <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0266>
- Lundgren, M. (2013). *Kväve och fosfor i Skillebyån, och i vattnet från ett avrinningsområde med en ERA-gård Resultat av mätningar från 2011 och 2012*.
- Södereng, C. (2006). Vägledning för hantering av markavvattning. Miljösamverkan Sverige, Länsstyrelserna.
- Sveriges riksdag. Förordning (1998:1388) om vattenverksamheter, Pub. L. No. 1998:1388 (1998). Sverige. Retrieved from https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-19981388-om-vattenverksamheter_sfs-1998-1388
- Thorén, A. (2009). Markavvattning och rensning Handbok för tillämpningen av bestämmelserna. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Vartiainen, T., & Schneider, T. (2008). *Recipientkontrollprogram Skillebyån - Resultat från mätningar 2006 - 07*.
- VISS Vatteninformationsystem Sverige. (n.d.). Skillebyån. Retrieved June 27, 2019, from <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA90912146>

Bilaga 1

Regler, förordningar och lagar

Information om regler, förordningar och lagar som gäller vid rensning/tömning av våtmark och användning av våtmarkssedimentet i ekologisk odling citeras nedan. För ytterligare information hänvisas till angiven litteratur.

Ur Markavvattning och rensning - Handbok för tillämpningen av bestämmelserna (Thorén, 2009)

7.3.3.2 Rensning av biotopskyddade vattenanläggningar

Våtmarker och småvatten i jordbrukslandskapet omfattas av biotopskydd enligt 7 kap. 11 § MB. Öppna diken som ständigt för vatten eller har en fuktig markyta är en sådan biotop. Alla åtgärder som kan skada skyddade biotoper är förbjudna, men länsstyrelsen får ge dispens från förbudet om det finns särskilda skäl. Vanlig rensning bör inte nödvändigtvis kräva dispens från biotopskyddet, eftersom det är en nödvändig åtgärd för att biotopen ska kunna finnas kvar i framtiden.

Ur Vägledning för hantering av markavvattning (Södereng, 2006)

8.3.5 Rensning av biotopskyddade diken

Våtmarker och småvatten i jordbrukslandskapet omfattas av biotopskydd enligt 7 kap. 11 § MB. Öppna diken som ständigt för vatten eller har en fuktig markyta är ett exempel på en sådan biotop. Alla åtgärder som kan skada skyddade biotoper är förbjudna. Länsstyrelsen får dock meddela dispens från förbudet om det finns särskilda skäl. Vanlig underhållsrensning bör dock inte nödvändigtvis kräva dispens från biotopskyddet eftersom det är en nödvändig åtgärd för att biotopen ska kunna finnas kvar i framtiden. Hänsyn genom t.ex. att anpassa tidpunkten för att störa de arter som är knutna till biotopen så lite som möjligt och genom att kanske inte rensa alla diken i ett område samtidigt kan dock vara viktigt.

12. Markavvattning och andra bestämmelser

Översiktsplanen arbetas fram i samråd med länsstyrelsen m.fl. Under samrådet ska länsstyrelsen särskilt ta tillvara och samordna statliga intressen. Detta betyder att länsstyrelsen bl.a. skall uppmärksamma kommunen på att eventuellt planerad användning av mark och vatten i kommunen kan komma i konflikt med våtmarksintressena och/eller andra skyddsbestämmelser i miljöbalken. Länsstyrelsen bör redovisa de svårigheter som kan uppstå vid genomförande av intentionerna i översiktsplanen om inte gällande skyddsbestämmelser eller bestämmelserna (om t ex markavvattningsförbudet) i miljöbalken beaktas. Detta gäller även områden som inte är av riksintresse. Länsstyrelsen bör ta upp sådana synpunkter och lämna information om exempelvis markavvattningsförbud och tillståndsplikt för markavvattning i samrådsyttrandet.

Förordning (1998:1388) om vattenverksamheter (Sveriges riksdag, 1998)

Bestämmelser kring markavvattning, anmälningsplikt, tillståndsplikt, tillsyn och avgifter samt överklagande.

Bilaga 2

Användning av våtmarkssediment som gödsel- eller jordförbättringsmedel inom ekologisk odling

KRAV regel: 4.8.4 Tillåtna organiska gödsel- och jordförbättringsmedel

Alla gödsel- och jordförbättringsmedel i tabellen är tillåtna enligt EU-förordningen, men i vissa fall har KRAV mer långtgående villkor. Detta markeras med (K) i villkoren för användning.

<https://www.krav.se/regler/kravs-regler-2019-2020/4-vaxtodling/4-8-godselmedel-och-jordforbatttringsmedel/>

Kjell Sjödahl Svensson, KRAV mejlkorrespondens med Wijnand Koker 31 augusti 2018.

Kjell Sjödahl Svensson: *När jag läser regel 4.8.4 så ser jag att texten är identisk med bilaga 1 i 889/2008, och att det finns fem krav som ska uppfyllas:*

- 1. Att sedimenten är en biprodukt?*

SBFI: Nej

- 2. Att det kommer från sötvatten ja OK*

SBFI: Ja

- 3. Fria från föroreningar – Att avrinningen är från gården gör att bekämpningsmedelsfriheten KAN uppfyllas, har man koll på tidigare markanvändning så kan detta och kraven på föroreningsfrihet kanske klaras. Annars kan analyser behövas*

SBFI: Gården sköts sedan 1967 biodynamiskt och i enlighet med KRAV:s regler. I princip hela avrinningsområdet är inom gårdens gränser.

- 4. Utvinngen med minsta möjliga påverkan på våtmarken – Ska visas på något sätt*

SBFI: Stor hänsyn har tagits till avrinning och vi har sett till att eventuellt vatten från avvattningen rinner tillbaka till våtmarken. Utgrävningen har skett varsamt och uppslamning har minimerats. Den varsamma utgrävningen betyder också att inga förändringar i våtmarkens utformning kommer att ske och inga jordmassor behöver läggas till eller transporteras därifrån.

- 5. Tungmetallbegränsningar Gör analys*

SBFI: Av samtal med brukaren som drev gården före 1967 framgick att gården Skilleby tidigare drivits som familjejordbruk med mjölkproduktion och sparsam användning av konstgödsel och bekämpningsmedel därför finns ingen anledning att anta att det finns tungmetaller i marken eller sedimentet.