



Länsstyrelsen
i Jönköpings län

Meddelande nr 2022:09

Återföring av näringsrika ytседiment till produktionsmark

Erfarenheter av muddring, pelletsproduktion
samt testodling



Återföring av näringsrika sediment till produktionsmark

Erfarenheter av muddring, pelletsproduktion
samt testodling

Meddelande	nummer 2022:09
Författare	Måns Lindell, Vattenenheten, Länsstyrelsen Frida Carlsson och Magnus Ekström, Hushållningssällskapet Jönköpings län
Kontaktperson	Måns Lindell, Länsstyrelsen i Jönköpings län, 010-223 60 00, jonkoping@lansstyrelsen.se
Webbplats	www.lansstyrelsen.se/jonkoping
Fotografier	Länsstyrelsens arkiv
ISSN	1101-9425
ISRN	LSTY-F-M—22/09--SE

1 Förord

Övergödda sjöar är det gott om i detta land. Inte sällan härrör orsakerna för utsläpp som ägde rum för länge sedan, utsläpp som numera har begränsats väsentligt. Trots avlastning återgår sjöarna inte till önskvärt tillstånd. Det beror på att de laddade sedimenten läcker fosfor till vattnet och alger tillväxer. Men tänk om man kan ta bort fosfor och använda den där den behövs?

På en vattenkonferens år 2012 hölls föredrag om att ytnära sediment kunde tekniskt muddras på skonsamt vis. Ytnära sediment har ofta höga näringshalter men samtidigt låga föroreningsnivåer. Då väcktes tankar mellan länsstyrelserna i Jönköping, Östergötland och Kalmar tillsammans om det går få systematik i sådant förfarande, få klarhet i lagrummet och upphandlingstekniska bitar samt visa på om det finns utförare? Då skulle åtgärdstypen kunna bli användbar i det breda vattenvårdsarbetet, särskilt om fosfor kan användas till något.

Inte sällan begränsas vattenvård av finansiering. Projektet lokaliserade att muddrat sediment från vissa sjöar mycket väl skulle kunna tänkas användas som gödningsmedel. Det pratas om ”peak-fosfor” och använda sedimentbunden fosfor skulle därmed kunna finansiera vattenåtgärder.

Muddringsprojektet åtföljdes av ett ”pelletprojekt” där vått sediment omvandlades till torra pellets. Då går det att lagra, transportera och sprida det med befintlig maskinpark. Testodlingar genomfördes för att belägga nyttan!

Som alla ”innovations-projekt” stöter man på hinder, så även i detta projekt. Vägen har varit slingrig och bitvis motig. Nu är de båda projekten i mål och knyts ihop. Vi visar att det går att muddra ytsediment, det finns utförare och att det finns användning för sedimentet. Det återstår dock flera knutar att reda ut, liksom att ekonomiska aspekter beror på marknadspris av andra gödningsmedel. Tiden är kanske inte mogen för tillfället men väl i framtiden? En dag kommer mineralfosfor kanske bli ”dyrt som guld”.

Båda projekten har finansierats av Havs-och Vattenmyndigheten, dels genom anslag från särskilda åtgärdsmedel, dels genom LOVA-bidrag. Många parter har varit involverade förutom ovan nämnda länsstyrelser t ex kommunerna Jönköping, Aneby, Söderköping och Kalmar. Särskilt tack till Aneby kommun (Torbjörn Aronsson) som var huvudman för upphandling av muddring. Odlingsverksamheten och andra praktiska ting har genomförts av Hushållningssällskapet i Jönköpings län (Frida Carlsson och Magnus Ekström). Jönköpings kommun (Måns Samuelsson) lät oss testa avvattning i deras kommunprojekt. Slutligen vill vi även tacka de övriga projekt som pågår/gått parallellt för diskussioner och tankeutbyten om åtgärdsformen – från ax till limpa.

Jönköping i april 2022

Måns Lindell
Projektledare, Länsstyrelsen

Innehållsförteckning

1	Förord	5
2	Sammanfattning	8
3	Inledning	9
3.1	Från sjö till bröd	9
3.1.1	Problematiken med interngödning i sjöar	10
3.1.2	Varför använda sediment som gödningsmedel?	10
3.1.3	Gödning av produktionsmark	11
3.1.4	Fosfatmalm - en ändlig resurs	12
3.2	Uppdraget	13
3.2.1	Projekt 1: Underlag och muddring 2014-2020	13
3.2.2	Projekt 2: Förädling av sediment till pellets och försöksodling 2018-2022	14
3.3	Syfte och mål	14
3.3.1	Projekt 1: Muddring 2015-2020	14
3.3.2	Projekt 2: 2018-2022	18
3.4	Miljömål och Agenda 2030	19
3.4.1	Miljö kvalitetsmål	19
3.4.2	Agenda 2030	19
4	Upptag av sediment	21
4.1	Sediment från två sjöar	21
4.1.1	Barnarpsjön, Jönköpings kommun	21
4.1.2	Ralången, Aneby kommun	22
4.2	Avvattning av sediment	23
4.2.1	Passiv avvattning	23
4.2.2	Polymertillsats, kemisk flockning och geotextil	27
4.2.3	Andra avvattningstekniker som övervägdes	29
4.3	Miljökontroller	30
4.3.1	Sjö	30
4.3.2	Upptaget sediment i Ralången 2019	30
4.3.3	Beräkning av upptagen fosformängd	31
4.3.4	Beräkning för åtgärden att få effekt i sjön	31
5	Produktion av pellets	32
5.1	Krav för pelletsproduktion	32
5.2	Utförande	32
5.3	Den färdiga produkten	33
6	Försöksodling – upplägg och resultat	36
6.1	Kombinationer av sediment i försöksodling	36
6.1.1	Försöksupplägg och resultat för åkermark 2016 - Barnarpsjön	37

6.1.2	Försöksupplägg och resultat på åkermark 2020 och 2021 – sediment från Ralången 40	
6.1.3	Försöksupplägg och resultat för skogsmark 2020-21 – Sediment från Ralången	43
7	Praktiska och juridiska aspekter med sediment som gödselmedel på åkermark.....	49
7.1	Regler och risker - åkermark.....	49
7.1.1	Spridning av sediment.....	49
7.1.2	Spridning av organiska gödselmedel	49
7.1.3	Spridning av slam.....	49
7.1.4	Branschkrav vad gäller användande av organiska gödselmedel.....	50
7.2	Regler och risker - skogsmark.....	52
7.2.1	Varför gödsla skog?.....	52
7.2.2	Begreppet "gödsling" - Tillförsel eller återföring?	52
7.2.3	Rekommendation och reflektion skogsgödsling	58
8	Kommunikation	60
8.1	Upplägg av kommunikationsinsatser	60
8.1.1	Konferenser.....	60
8.1.2	Demonstration i fält	60
8.1.3	Media.....	62
8.1.4	Nationellt nätverk med andra muddringsprojekt.....	63
9	Ekonomisk analys och kostnadseffektivitet	65
9.1	Är sedimentgödsling en lönsam affär?	65
9.2	Markansmässigt lönsamt?	68
10	Sammanfattning och utvärdering	70
10.1	Resonemang och reflektioner gällande användning på åkermark	70
10.1.1	Generell aspekt på sediment som gödningsmedel.....	70
10.2	Resonemang och reflektion rörande användning på skogsmark.....	72
10.2.1	Generell aspekt - tillväxttid.....	72
10.3	Utvärdering av projekten	72
10.4	Utvecklingsbehov och andra aspekter	73
10.4.1	Mikrober och humusämnen.....	74
10.4.2	Livscykelanalys av olika åtgärdsmetoder för övergödning.....	74
10.4.3	Andra avsättningsmöjligheter.....	75
11	Referenser	77

2 Sammanfattning

I denna rapport redovisas erfarenheter från muddring av näringsrika ytsediment i övergödda sjöar med efterföljande spridning på både jordbruks- och skogsmark. Syftet har varit att visa på en händelsekedja samt om sediment verkligen stimulerar tillväxt på mark som ”gödslats” med näringsrika sediment.

Den första delen innehåller en återgivning av framtagande av nödvändiga underlag för muddring d v s teknisk beskrivning, ansökan om miljötillstånd för att muddra (vattenverksamhet), upphandling av utförare samt slutligen genomförande av muddring i stor skala i sjön Ralången, Aneby kommun.

Den andra delen i rapporten återger erfarenheter från avvattning av sediment och testodlingar av olika grödor. På jordbruksmark har vall och rågvete odlats, medan på skogsmark har gran och poppel odlats. Försöksytor gödslades med olika näringsgivor och tillväxten jämförs med ytor gödslade med handelsgödsel eller ogödslat.

För att kunna lagra och transportera sediment har pellets producerats. Att få sediment tillräckligt torrt för att kunna pressas var en av projektets största svårigheter. Istället för torka blött sediment till den torrhalt som krävs för pressning späddes sedimentet slutligen med torr substans, i detta fall benmjöl. På så vis erhöles nödvändig torrhet vilket möjliggjorde pelletsproduktion.

Försöksodlingar visade att det växer bättre på ytor som berikats med sediment än ytor utan gödsel. Det är dock inte tydligt att sedimentgödslade grödor tillväxer lika bra som grödor som berikats med handelsgödsel. Dock var flera fall av sedimentgödslad gröda inte statistiskt sämre än handelsgödslad, vilket indikerar att sjösediment har tillväxtstimulerande egenskaper. Projektet framlägger en hypotes om att sedimentgödsling medför förutom näringsämnen även kol i form av humusämnen samt mikroflora som finns i botten sediment. Till sammans med näringsämnen kan det vara så att det skapas en ”kompost-effekt” i pellets som ökar den mikrobiella omsättningen i marken, d v s det kan innebära en produktionsökning – en ”boostning”. Denna hypotes om produktionsegenskap bör undersökas vidare.

Rapporten tar även upp ekonomiska aspekter huruvida sjösediment kan verka som en källa av fosfor att överföra till jord- och skogsbruksmark. Med de antagande som redovisas är sjösediment i dagsläget inte en ekonomisk motiverad metod. Det har dock inte inräknats att sjöar samtidigt avlastats från näringsämnen, återförande innebär en cirkuläritet, ingen ny brytning av mineralfosfor mm vilka kan vara parametrar som inte alltid kan översättas enkelt i monetära parametrar.

Slutligen redovisas ett antal aspekter såsom lagkrav, branschkrav mm vilka behöver behandlas innan åtgärdsformen fullt ut kan anses vara användbar. Det ska slutligen framföras att även om det ekonomiska incitamentet inte finns idag så är fosfor en ändlig resurs. Tiden är möjligen inte rätt i nuläget men åtgärdstypen kan komma utgöra en av flera möjligheter för att skapa såväl kretslopp som nationellt oberoende av import av fosforkällor för livsmedelsproduktion.

3 Inledning

3.1 Från sjö till bröd

Det finns en rad olika åtgärder att ta till inom vattenvården för att motverka och minska övergödning. Verktygslådan är ganska omfattande och det finns både nationellt och internationellt en lång erfarenhet. Men trots genomförda åtgärder fortsätter ibland övergödningssyndromen med planktonblomningar.

Men ibland begränsas vissa åtgärder av såväl praktiska som ekonomiska skäl? Inte sällan begränsas genomförande av att åtgärden resulterar i en restprodukt – avfall - som i sin tur blir kostsam att hantera.

Men om det går vända avfall till istället bli en resurs kan såväl incitamentet att genomföra åtgärder ökas som att kanske rent av resursen kan bli till intäkt som räknas av från kostnaden för genomförandet?

I förläggande rapport återges erfarenheter av en i full skala genomförd muddring. Blött sediment har gjorts till torr pellets som därmed kunnat hanteras med traditionell maskinpark. Sediment har blivit gödningsmedel vars tillväxtförmåga på gröda undersökts.

Kedjan ”från sjö till bröd” beror på tidsperspektivet. Det kanske inte är motiverbart idag men kan mycket väl vara imorgon? Tider och kostnader samt synsätt förändras. I takt med förändringar kan föreliggande rapport då fylla en funktion.

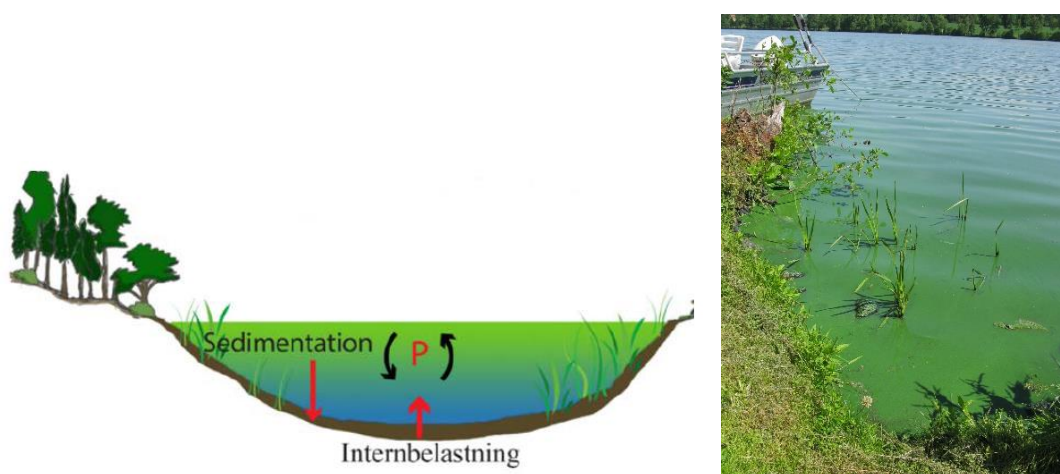


Figur 1. Projektets grundtanke har varit att avlasta sjöar från fosfor där det skapar övergödningssproblem till att kunna nyttjas på produktionsmark som en resurs.

3.1.1 Problematiken med interngödning i sjöar

Sjöar och havsvikar fungerar normalt som sedimentationsbassänger. Vattnet stannar upp och partiklar däribland fosfor sedimenterar. En betydande del av tillfört material lagras in i sedimenten. Efter en tids inlagring kan fosforlager frigöras och återgå till vattenfasen till exempel genom vind, vattenströmmar och omrörning av bottenlevande djur samt vid vissa kemiska förutsättningar. Om bottenarna t ex blir syrefria frigörs den fastlagda fosfor som åter blir tillgängligt i vattenmassan och kan transporteras vidare eller tas upp av alger och andra växter (**Figur 2**).

Flera sjöar har övergått från att vara fosforfällor till att bli fosforkällor. Fosforläckage från sedimenten kan i vissa fall överskrida den mängd som släpps ut från till exempel reningsverk.



Figur 2. Interngödning innebär att näringsämnen som är ansamlade i sediment – oftast fosfor i insjöar – under vissa betingelser släpper till vattenmassan och gynnar alg tillväxt. Vattnet blir grumligt. Interngödning är ofta orsak till att trots minskad yttre tillförsel återhämtar sig inte sjöar på önskat vis.

I många sjöar har den externa tillförseln av näring minskat drastiskt till följd av hårdare lagstiftning, bättre reningstekniker och ett effektivt åtgärdsarbete. Trots detta har den ekologiska statusen ofta inte förbättrats nämnvärt. Detta troligtvis på grund av att ackumulering av fosfor i sedimentet har pågått under så lång tid och att enorma näringsmagasin byggts upp i våra sjöar och kustområden. Dessa näringsdepåer är en orsak till att eutrofieringsproblematiken kvarstår och att åtgärderna än så länge inte har haft någon större effekt (**Figur 2**).

I många sjösystem har vi nått en punkt där den interna belastningen är betydligt större än den externa belastningen och interna näringsflöden kan hålla uppe övergödningsspiralen under lång tid.

3.1.2 Varför använda sediment som gödningsmedel?

Fosfor är ett näringsämne som tillförs produktionsmark bland annat som handelsgödsel. Fosfatmalm kommer på sikt bli en bristvara då det är en ändlig resurs¹. En lokal cirkulering av fosfor från sedimenten - där fosfor är oönskat - till produktionsmark - där fosfor gör nytta - skulle kunna vara en win-win-lösning för både vattenmiljön och jord- och skogsbruksproduktionen.

Sverige har höga ambitioner när det gäller att uppnå de vattenanknutna nationella miljökvalitetsmålen och internationella åtaganden inom Östersjöarbetet (BSAP)² och vattendirektivet³ men även mål för att återföra fosfor till produktionsmark. För att komma till rätta med övergödningen är det viktigt att fortsätta arbetet med att minska utsläppen av näringsämnen men det krävs också konkreta och målinriktade insatser för att reducera näringsdepåerna i bottensedimenten och interngödning.

Det finns ett stort behov av att hitta nya lösningar som är både tekniskt och ekonomiskt genomförbara för att minska effekterna av internbelastning och för att kunna arbeta systematiskt med att reducera näringen i vattensystemen.

3.1.3 Gödning av produktionsmark

3.1.3.1 JORDBRUKSMARK

Gödsling av jordbruksmark görs för att höja såväl skördeutfall som näringsinnehåll i det som skördas dvs livsmedlet. Gödselgivan är beroende vilken gröda som odlas och markförutsättning. Det finns olika ursprung till gödningsmedel och med dem följer också olika krav och regler för dels få sprida, dels för att få optimal nytta. För att få effekt av gödslingen behöver näringsämnena finnas i balans så att växterna kan nyttja dem. Överskott leder till onödig spridning samt till förluster via avrinning, gasavgång etc.

Naturgödsel

- Gödsel med ursprung från husdjur. Två former: *Fastgödsel* har genom avskiljning av urin eller tillsats av strö en hög torrsubstanshalt och erhålls av nötkreatur på djupströbädd och vid uppstallning av hästar i boxar. *Flytgödsel* består av fekalier, urin och vatten. Flytgödsel har låg torrsubstanshalt, lagras i bassäng och kan pumpas.

Biogödsel

- Naturgödsel och andra organiska material kan användas som substrat för rötning i biogasanläggningar. Genom rötningen bryts det organiska materialet ner och växtnäringen blir mer lättillgänglig och snabbverkande. Vid rötning av animaliska biprodukter krävs vanligen ett separat hygieneisering.

Slam från reningsverk

- Slam från avloppsreningsverk som hanterar avlopp från industrier och hushåll kan spridas som gödning på åkermark. Gränsvärden för innehåll av tungmetaller och andra miljöstörande ämnen får dock inte överskridas. Spridningen av slam begränsas även utifrån gröda och tidpunkt. Till exempel får slam inte spridas på åkermark där det odlas bär eller rotfrukter och inte heller på betesmark.

Mineralgödsel

- *Konstgödning* är gödsel framställt genom industriella processer t ex NPK. *Handelsgödsel* omfattar även vissa naturprodukter som guano och chilesalpeter.

Special-gödselmedel

- Utgörs ofta av restprodukter från biogas-, slakteri- och jästproduktion.

Figur 3. Olika typer av gödningsmedel inom jordbruk.

Reglerna för spridning och lagring av gödsel skiljer sig mellan olika områden i Sverige eftersom vissa områden är mer påverkade av kväveläckage än andra, så kallade nitratkänsliga områden. Man får sprida stallgödsel och andra organiska gödselmedel som motsvarar ett genomsnitt på max 22 kg fosfor per hektar spridningsareal och år under en femårs-period. Femårs-perioden är löpande och flyttas fram ett år i taget⁴.

Det finns också begränsningar och villkor för gödning. Inom ekologisk odling får man t ex inte använda lättlösliga mineralgödselmedel.

3.1.3.2 SKOGSMARK

Gödsling görs inom skogsnäring för att öka virkesproduktionen⁵ och spridning sker antingen med helikopter eller med traktor. Den normala gödselgivan är 150 kilo kväve per hektar. Det bästa resultatet av gödsling fås i en medelålders eller äldre barrskog som har slutit sig där man räknar med att öka tillväxten med 10–20 kubikmeter per hektar vid gödsling med kväve. För att skogen ska hinna ta upp kvävet och växa är det viktigt att inte avverka förrän tio år efter gödsling. Då minskar risken för att kväve lakas ut till sjöar och vattendrag efter avverkning. Utmed vattendrag måste en ogödslad zon lämnas. För att räknas som gödsling ska det vara tillförsel av kväve. Tillförsel av andra näringsämnen anses vara kompensationsgödsling. Skogsgödsling måste anmälas till Skogsstyrelsen.

Skogsgödsling i rätt bestånd bedöms göra nytta för klimatet⁶. Den ökade tillväxten gör att mer koldioxid tas upp av träden och kol lagras i träd och mark. Den extra volymen trä bidrar till att minska användningen av fossila bränslen och ökar tillgången på träråvara för energi- och byggsektorn. Gödslingen påverkar växterna på marken så att kvävegynnade arter ökar, till exempel ökar gräs och örter medan bärris som blåbär och lingon minskar. Lavar minskar medan olika mossor ökar. Mängden växter på marken minskar också eftersom skogen blir tätare och mindre ljus når marken.

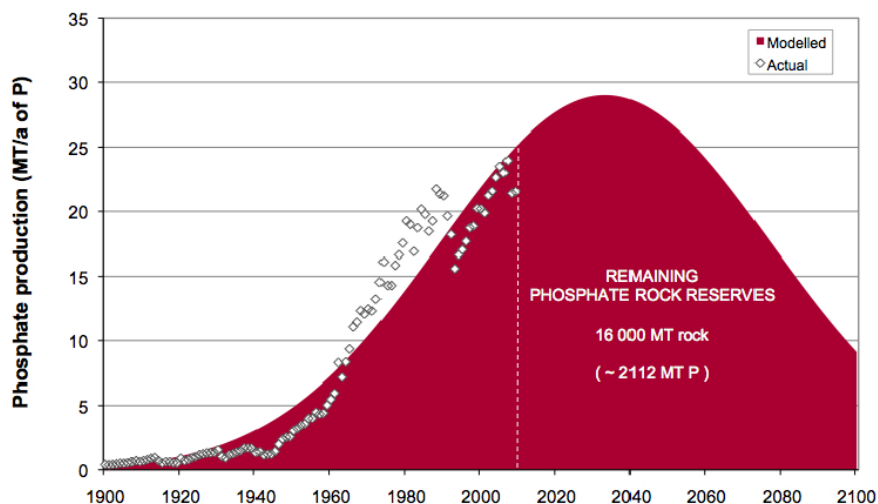
Noterbart är alltså att fosforgödsling i sig inte är intressant inom skogsproduktion.

3.1.4 Fosfatmalm - en ändlig resurs

Handelsgödsel där fosfatmalm är grundkomponent är idag basalt för matproduktion. Utan tillgång konstgödsel skulle jordens befolkning svälta. Fosfor finns även i urin och exkrement som tidigare utgjorde viktiga gödslingsmedel. Men efter andra världskriget har användning av konstgödsel mer än sexfaldigats och världens befolkning trefaldigats.

Fosfor kan dock inte framställas artificiellt. Den geografiska fördelningen av fosfatmalm som fosfor utvinns ur koncentreras till en handfull länder. Överlägset största fyndigheter har Marocko och Västsahara (80%) samt Kina medan övriga länder är Jordanien, Sydafrika och USA. Handel och transporter av mineralfosfor är inte sällan belagda med handelshinder, skatter och tariffer vilket medför höga kostnader för både utvinna och handla med konstgödning¹.

Det finns en teori rörande mineralfosfor som ändlig resurs benämnd *Peak Phosphorus* - då produktionen når sitt tak för sedan avklinga pga minskad tillgång av resurser¹. *Peak Phosphorous* beräknas av forskare nås runt mitten av 2030-talet. Den innebär ökad efterfrågan på de krympande fosfatreserverna. Utmaningar är fortsatt befolkningsexplosion som kräver ökad livsmedelsproduktion, växande konsumtion av fosforintensiva kött- och mejeriprodukter och fosfors betydelse för spannmålsskördarna.



Figur 4. Produktion av fosformalm i förhållande till modellerad tillgång. Fenomenet kallas "peak fosfor"¹.

Återförande av fosfor består idag huvudsakligen av fast- eller flytgödselspridning samt spridning röttslam från reningsverk på åkermark. Det sistnämnda förutsätter avskiljning av tungmetaller, läkemedelsrester etc. Forskning fokuseras för långsiktigt hållbar försörjning av fosfor för vår matproduktion bl a att ta vara på befintliga resurser. Ur detta perspektiv är återvinning av fosfor med på EU:s lista över kritiska råmaterial⁷ och en förändring är viktig för många regioner som vill kunna säkerställa en långsiktigt hållbar matproduktion.

I och med att sjöar varit mottagare för mänskliga aktiviteter näringstillförsel och inlagrat fosfor under lång tid kan sjöar möjligen utgöra en resurs för återföring av fosfor.

3.2 Uppdraget

I föreliggande rapport sammanfattas erfarenheter och slutsatser från två projekt vilka utgör är i följd på varandra. Båda projekten har finansierats av Havs- och Vattenmyndigheten för att utreda om åtgärden ytnära sedimentmuddring för spridning som gödsel på produktionsmark kan vara en av flera åtgärder i verktygslådan för att motverka övergödning av sjöar där frisläppning från sediment utgör en betydande del sk interngödning. Särskild fokus har legat på att utreda om fosfor som "avfall" i sediment kan användas som resurs på land. Då kan åtgärdstypen få ökad drivkraft och vattenvården påskyndas.

3.2.1 Projekt 1: Underlag och muddring 2014-2020

Det första projektet inleddes 2014 med Länsstyrelsen i Östergötland som projektägare och med Länsstyrelserna i Kalmar och Jönköping som samverkansparter (**Tabell 1**). Syftet var att ta fram kunskapsunderlag om metod för ytnära muddring sk toppsediment (0-10 cm) genom att praktisk muddring. Det inkluderade att ta fram nödvändiga underlag för t ex tillstånd för vattenverksamhet, upphandlingstekniska underlag. Förväntat resultat i projekt var att muddring i sig tekniskt kan genomföras t ex att det finns utförare, tillstånd, upphandling mm och att avvattnat näringsrikt sediment efteråt fanns tillgängligt i en form som medgav vidare användning.

3.2.2 Projekt 2: Förädling av sediment till pellets och försöksodling 2018-2022

Det andra projekt avsåg att vidareförädla det upptagna sedimentet i projekt ett till pellets samt genomföra testodling på produktionsmark (**Tabell 1**). Projektet genomfördes praktiskt från 2018 och 2021. En grundtanke i det första projektet var att mer eller mindre direkt kunna sprida muddermassor på produktionsmark. Vid kontakter med branscherna uppkom begränsningar såsom att justering av näringsämneskvoter i muddermassorna för utgöra lämpligt gödningsmedel, tidpunkten för spridning måste vara samtida med upptaget mm. Men projektet omfattade även att belysa om det finns tvärvillkor och lagtekniska definitioner som måste beaktas vid spridning av sediment.

Tabell 1. De två projekt som redovisas i rapporten.

Projekt/beslut	Period	Kommentar
Kan ny teknik minska internbelastningen av fosfor i övergödda sjöar och kustekosystem Fas 1: HaV Dnr: 4845-13 Fas 2: HaV Dnr: 3877-14	Fas 1: 2014-04-22 till 2015-01-31 Fas 2: 2015-05-06 till 2020-05-31	Huvudman: Länsstyrelsen i Östergötland i samverkan med Kalmar och Jönköping Objekt: Ralången (Aneby kommun), Hällerstadssjön (Söderköpings kommun) Koviksnäs (Oskarshamns kommun)
Beredning av sjösediment för återförande till produktionsmark HaV Dnr 1988-2018	2018-07-05 till 2021-02-15 ; förlängning till 2022-02-15	Huvudman: Länsstyrelsen i Jönköping

Det krävs sålunda att mellansteg mellan muddring och spridning som binder ihop de två delstegen. Förväntat resultat i beredningsprojektet var därför att i full skala producera pellets för lagring, transport och spridning samt vetenskapligt testa sediment som gödningsmedel. Eventuella definitioner, möjligheter för certifieringar, tvärvillkor skulle belysas.

Om sediment utgör en alternativ tillväxtstimulerande resurs – d v s det växer inte sämre än ögödslad behandling - så kan produkten få en marknad och övergödda sjöar därmed åtgärdas.

3.3 Syfte och mål

De två projekten är delvis överlappande. De har dock två tydliga syften. Nedan ges en översikt om delmål och delsyften.

3.3.1 Projekt 1: Muddring 2015-2020

3.3.1.1 UPPRÄTTA TILLSTÅNDSANSÖKAN AV VATTENVERKSAMHET FÖR METODEN

Tillstånd för vattenverksamhet krävs för en aktivitet i vatten som överstiger 3 000 m². Ramböll AB upphandlades för upprätta ansökan om vattenverksamhet till Mark- och miljödomstolen innehållande miljökonsekvensbeskrivning (MKB). Handlingar skickades därefter in till Mark- och miljödomstolen av berörd kommun. Två av de planerade tre objekten fick under 2019 tillstånd för muddring medan det tredje (i Kalmar län) inte slutförde ansökan.

Underlaget som togs fram har därefter legat till grund för andra efterföljande ansökningar om tillstånd för vattenverksamhet t ex i Katrineholms kommun, Kalmar kommun. I projektet nyttjades tillstånden genom att muddring utfördes i ett av objekten, Ralången i Aneby kommun, Jönköpings län.

3.3.1.2 UPPRÄTTA KONTROLLPROGRAM FÖR METODEN

Ralången ingår i Motala Ströms Vattenvårdsförbunds (MSV) ordinarie kontrollprogram⁸. Sjön provtas en gång per år avseende på vattenkemi, metaller, klorofyll och växtplankton. Dessutom provtas bottenfauna vart tredje år. MSV har även provtagning i in- och utlopp av sjön sex gånger per år. Sedimentprovtagning i två provpunkter i vardera tre djupintervall samt bottenkartering genomfördes i planeringsprojektet 2014. Det fanns sålunda ett kunskapsunderlag om sjön.

Inom projektet har kontrollprogram för muddrings långsiktiga såväl som kortsiktiga (lokala) effekt tagits fram (**Tabell 2**). Även avvattningen kontrollerades avseende rejektivattens kvalitet. Kontrollerna genomfördes dels av MSV såsom utökning av befintligt recipientkontrollprogram, dels av utföraren före muddring inom egenkontroll samt av Aneby kommun. Detta för att kontrollera att alla villkor i tillstånden för vattenverksamhet efterlevdes.

Kontrollprogrammet har därefter utgjort modell för andra efterföljande projekt. I den handläggningen har platsspecifika ändringar tillkommit men också förbättringar av kontrollers upplägg etc.

Tabell 2. Huvudsakliga moment i kontrollprogram för muddring och avvattning (i sjön Ralången och Barnarpsjön).

Kontrollprogram under genomförandet		
Sjö	Muddring och muddringsområde	Avvattning och avvattnat sediment
Grumling: Före och under muddring, vid referenspunkt samt vid verksamhetsområdet	Muddrad area Upptagen volym	Volym återfört vatten Grumling, näring och metaller på återfört vatten Mängd och torrhalt på avvattnat sediment
Kontrollprogram för långsiktiga miljöeffekter i sjö		
Bottenfauna, Vattenkemi, Växtplankton, Sedimentkemi	Före, 1 månad efter samt 1 år efter, i verksamhetsområdet och vid referenspunkt	

3.3.1.3 UPPRÄTTA TEKNISKT UNDERLAG SAMT GENOMFÖRA UPPHANDLING

En teknisk beskrivning krävs i en upphandling för att tekniskt beskriva vad som ska utföras. Till den tekniska beskrivningen läggs sedan administrativa föreskrifter samt beskrivning för att bedöma vilket sediment som ska tas upp, hur mycket, hur det ska avvattnas och var, hur och när det ska avsättas. En extern konsult – Elander Miljöteknik - anlätades för att ta fram den tekniska beskrivningen.

Upphandlingen utfördes under 2016 och resulterade i två anbud. Totalt 24 företag tog ut förfrågningsunderlaget vilket visade på intresse hos utförare för typen av åtgärder. Under

2017 skrevs avtal men eftersom upphandlingen överprövades genomfördes först under 2019 sedimentupptag och sedimentavvattning i Ralången.

3.3.1.4 GENOMFÖRA MUDDRING OCH AVVATTNING

Sedimentupptag och avvattning utfördes under 2019 i sjön Ralången, Aneby kommun, av NUVA AB. Muddringen innehöll innovationer i flera led av utföraren. Muddringen genomfördes med en vajerstyrd ”hyvel” (Figur 5). Pumpar vatteninblandade och transporterade det hyvlade sedimentet via slangsystem till en avvattningsbassäng på land. Hyveln drogs fram av landbaserad vinsch och dragens djup kontrollerades av dykare som följde hyveln.



Figur 5. Ytnära muddring genomfördes med en hyvel som sög in sedimentet. Sediment pumpades till en landbaserad avvattningsbassäng. Det avvattnade sediment fick torka i containers och användes därefter i försöksodlingar. En viss volym pressades till pellets.

3.3.1.5 SEDIMENTSPRIDNING OCH PROVODLING

Innan upptag påbörjades behövdes en plan för lagring och avsättning av sedimentet på produktionsmark. Lantbrukare i referensgruppen angav att sediment bör spridas vid specifika tidpunkter som inte alltid går att matcha med upptag. Det framkom även att markerna i närområdet var övermättade av fosfor varför transport till spridningsarealer längre bort var nödvändig. Sediment behöver därmed lagras under en period samt vara transporterbart på ett praktiskt och ekonomiskt vis. Hushållningssällskapet i Jönköping anlätades för en förstudie av sedimentet som gödningsmedel.

Övriga viktiga frågor som identifierades som begränsar avsättning på jordbruksmark var:

- Vad innehåller sediment mer än näringsämnet fosfor? Innehåller sedimentet för mycket metaller eller andra föroreningar som kan begränsa såväl avsättning i sin helhet som möjligheten att ge önskad giva??
- Hur påverkas spridning av andra stödsystem, certifieringar mm?
- Omöjliggörs spridning om juridiska eller ekonomiska stöd och bidrag förhindrar det?
- Kan certifieringar som KRAV ekologisk odling mm beröras?

Redan tidigt visade det sig att sedimenten innehöll förhållandevis låga halter av fosfor jämfört med andra gödningsmedel och var samtidigt låghaltigt på övriga näringsämnen såsom kväve och kalium. För att sjösediment ska verka som gödningsmedel behövdes därför sediment-slurryn berikas med näringsämnen för att erhålla önskvärda näringsämneskvoter.

Vidare visade det sig i ett pilotförsök från Barnarpasjön2016 med låggradigt föravvattnat sediment - en TS-halt på ca 4% - att det fanns risk att slurryn rann bort från provytan (**Figur 6**). Det konstaterades även att den uppblötta marken medförde svårigheter att mylla ned slurryn (för att undvika kväveavgång till atmosfären) då det medförde körskador på marken.

Slutsatserna som drogs av det inledande spridnings- och odlingförsöket 2016 var:

- Avvattning av produkten är nödvändigt för användning inom jordbruket. Blött (förvattnat) sediment innehåller för mycket vatten för att dels motsvara fosforgiva, dels nedmylla om kväve är tillsatt.
- Kontroll av såväl näringsämnen som föroreningar (tungmetaller) krävs, näringskvoter behöver balanseras samt eventuellt även reducering av tungmetallinnehållet.
- Produktens egenskaper (fast, flytande, torrt) påverkar möjligheten till avsättning på olika gårdar beroende på maskinpark (flyt-eller fastgödselspridning, markstruktur)
- Mer kunskap om de praktiska delarna för lagring, transport, spridning behövs innan rekommendationer kan ges för storskalig användning
- Samverkan mellan myndigheter och branschen är nödvändig för att belysa definitioner, motstående krav för bidrag, certifieringar etc.



Figur 6. Spridning av sediment från Barnarpasjön2016 för testodling. Sedimentet spreds som flytgödsel då det endast var för-avvattnat och hade en TS-halt på ca 4% d v s ungefär som ute i sjön.

Inom försöket med spridning av muddermassor på åkermark fick Hushållningssällskapet även uppdrag att beskriva tänkta konsekvenser och riktlinjer vid en eventuell spridning av sediment på skogsmark. I beställningen fanns inte utrymme för att genomföra försök med spridning på skogsmark, delvis på grund av att effekten bedömdes kunna avläsas först efter flera år men även på grund av att just skogsmark inte var tilltänkt som avsättningsmöjlighet när projektet planerades. En utredning om möjligheter, eventuella lagkrav och vinning för avsättning på skogsmark då begränsningar för jordbruksmark kan uppstå var dock en viktig komplettering i projektet.

Dessa sistnämnda delar ledde åtgärdstypen vidare in i följdprojektet ”Beredning av sjösediment för återförande till produktionsmark” som utfördes 2018-2022 (**Tabell 1**).

3.3.2 Projekt 2: 2018-2022

I det första projektet identifierades ett antal kritiska delar att möta innan sediment är aktuellt som gödningsmedel för jord- och skogsbruk. Även i detta fall anlätades Hushållningssällskapet i Jönköpings län. Frågeställningarna var:

- Vilket näringsinnehåll och kvoter behövs för ökad tillväxt av grödor?
- Går det producera pellets som möjliggöra lagring, transport och spridning?
- Har sediment gödande verkan på jordbruks- och skogsgrödor?
- Är det ekonomiskt gångbart?

3.3.2.1 NÄRINGSINNEHÅLL OCH BALANSERING

Naturliga sjösediment innehåller inte näringsämnen i tillväxtkvoter för växter. Sediment behöver därför berikas med begränsande ämnen, oftast kväve och kalium, för nå växtnäringsämnesbalans. Även tillskott av andra ämnen kan behövas beroende på spridningsytors markkaraktäristik. Halterna kan vara sjöspecifika, liksom markkaraktärer, varför varierande kvoter/berikningar kan vara aktuella. Likaså kan olika grödor ha olika preferenser.

Målsättningen var att berika upptaget sediment för teoretisk optimal giva anpassad för grödor i försöksodling.

3.3.2.2 PRODUKTION AV PELLETS

I det föregående projektet spreds sediment i blöt (flytande) form - flytgödsel. Erfarenheten av detta var att vatten behöver avlägsnas i så stor grad som möjligt från sediment för att underlätta transport samt spridning med efterföljande nedmyllning. Sediment kan dessutom behöva lagras över tid då genomförande av muddring sällan överensstämmer med lämplig spridningstid. Därför behövdes avvattning göras effektivare än den passiva sedimentation/filtration som utfördes vid muddringen vid Ralången. Olika tekniker för nå en torrhalt lämplig för pressning studerades översiktligt såsom centrifugering, torkning, lagring samt utspädning av mycket torrt material t ex bioaska och benmjöl.

Sediment från Ralången skulle användas. Syftet var att finna utförare och teknik som storskaligt kan producera pellets av sediment.

Den producerade pelletsen skulle också ha hållfasthet för transport, lagring och spridning med en normal maskinpark hos en ”vanlig” lantbrukare. Målet var att använda så konventionella former som möjligt, såsom storsäck etc.

3.3.2.3 ODLINGSFÖRSÖK AV JORDBRUKS- OCH SKOGSGRÖDA

Odlings- och etableringsförsök av sedimentprodukt (avvattnad och/eller pellets) är grundläggande för visa på användningspotentialen d v s att besvara frågan växer det bättre eller sämre än ogödslat samt jämfört med annat gödningsmedel? Att visa på positiva såväl som negativa effekter är basalt vid kommunikering med markägare och för att utreda om nyttan framåt.

3.3.2.4 EKONOMISK ANALYS

Sjösediment måste utgöra kostnadseffektivt alternativ som gödningsmedel för att vara attraktivt. I detta moment var syftet att utifrån kostnaderna i de två projekten visa på den kostnaden per kg fosfor från upptagande till spridd på åkermark. Då projekten inneburit innovationer och utveckling har vissa kostnader anpassats för ett förfarande där vissa ställkostnader kan fördelas på större produktion., i större skala (här har endast mindre volymer hanterats) mm.

3.4 Miljömål och Agenda 2030

3.4.1 Miljökvalitetsmål

Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som ska nås. Det finns 16 miljökvalitetsmål som alla berör viktiga miljöområden⁹. Arbetet med att nå miljökvalitetsmålen och generationsmålet utgör grunden för den nationella miljöpolitiken. Miljökvalitetsmålen med preciseringar ska ge en långsiktig målbild för miljöarbetet och fungerar som vägledning för hela samhällets miljöarbete, såväl myndigheters, länsstyrelser, kommuners som näringslivets och andra aktörers.

Projekten berör tillsammans tre miljömål:

- Ingen övergödning
- Levande sjöar och vattendrag
- Hav i balans samt levande kust och skärgård (indirekt genom att minska transport till havet, direkt beroende på om åtgärder genomförs i kustmiljö)

3.4.2 Agenda 2030

Den 25 september 2015 antog FN:s medlemsländer Agenda 2030, en universell agenda för hållbar utveckling som innehåller sjutton globala mål som ska uppnås till år 2030. Globala målen har i sin tur 169 delmål och drygt 230 globala indikatorer för hur arbetet ska genomföras och följas upp¹⁰.

Globala målen och Agenda 2030 är den mest ambitiösa överenskommelsen för hållbar utveckling som världens ledare någonsin har antagit. I begreppet hållbar utveckling integreras de tre dimensionerna av hållbarhet: social, ekonomisk och miljömässig.

Det svenska miljömålssystemet har funnits sedan 1999 och kan ses som den ekologiska dimensionen av de globala hållbarhetsmålen i Agenda 2030. Insatser för att nå miljömålen bidrar därmed även till de globala hållbarhetsmålen.

Projektet berör fem av målen i Agenda 2030 med tolv delmål (**Figur 7, Tabell 3**).



Figur 7. Fem mål i Agenda 2030¹⁰ som har tydlig bäring på projektet (inringade med ram).

Tabell 3. Delmål inom Agenda 2030 som berör projektens syften.

MÅL	DELMÅL
Mål 2: Ingen hunger	2.4: Hållbar livsmedelsproduktion och motståndskraftiga jordbruksmetoder.
Mål 6: Rent vatten för alla	6.3 Förbättra vattenkvalitet och avloppsrening samt öka återanvändning 6.6 Skydda och återställ vattenrelaterade ekosystem
Mål 12: Hållbar konsumtion och produktion	12.2 Hållbar förvaltning och användning av naturresurser 12.5 Minska mängden avfall markant 12.7 Främja hållbara metoder för offentlig upphandling
Mål 14: Hav och marina resurser	14.1 Minska föroreningarna i haven 14.2 Skydda och återställa ekosystem
Mål 15: Ekosystem och biologisk mångfald	15.1 Bevara, restaurera och säkerställa hållbart nyttjande av ekosystem på land och i sötvatten 15.2 Främja hållbart skogsbruk, stoppa avskogningen och återställ utarmade skogar 15.5 Skydda den biologiska mångfalden och naturliga livsmiljöer 15.X Öka de finansiella resurserna för att bevara och hållbart nyttja ekosystem och biologisk mångfald

4 Upptag av sediment

4.1 Sediment från två sjöar

I undersökningen har sediment från två sjöar används: Barnarpasjön i Jönköpings kommun samt Ralången i Aneby kommun. Upptaget har både genomförts inom ramen för andra projekt som där Länsstyrelsen i Jönköping varit huvudman. Det har varit en löpande samverkan mellan flera projekt för att lära och nyttja varandra.

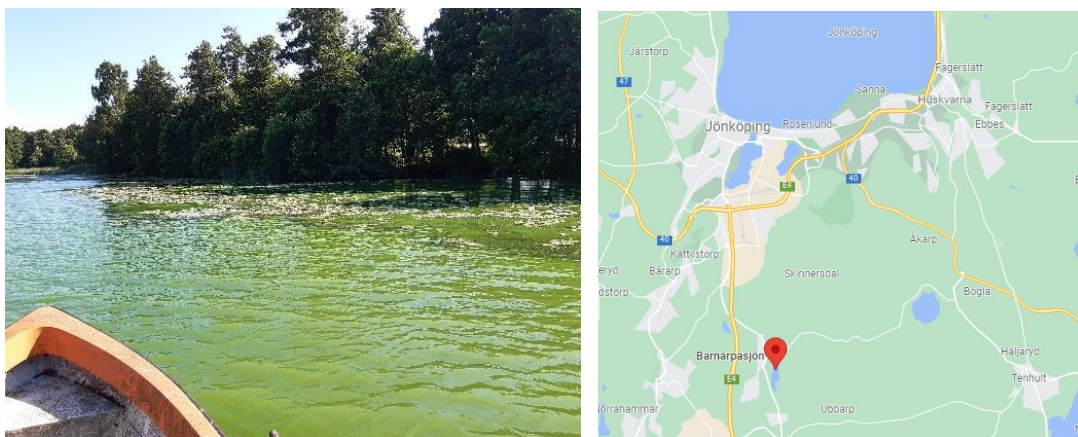
Här redovisas muddringar som genomförts i Ralången. Försöksodling samt avvattningstest med polymertillsats och geotub har utförts på sediment från Barnarpasjön där muddring utförts av Jönköpings kommun.

4.1.1 Barnarpasjön, Jönköpings kommun

Barnarpasjön är belägen ca 10 km söder om Jönköpings tätort. Sjön är förhållandevis liten (0,3 km²), grund med ett medeldjup på 1,5 m och med största djup på 3 m och mycket näringsrik till följd av sjösänkning och tidigare industri- och avloppsbelastning. Idag är externbelastningen låg men intern gödning driver algblomningarna. Barnarpasjön utgör ingen vattenförekomst och har därför inte statusbedömts. Sjön har återkommande och massiva algblomningar. Periodvis har algblomningar lett till ”sjö-kollaps” med omfattande syrebrist i hela vattenpelaren, svavelvätebildning och fiskdöd som följd (**Figur 8**). Områden runt sjön ingår i kommunens plan för utveckling och det finns därför en lokal önskan om förbättrad vattenkvalitet.

Jönköpings kommun har via utföraren sedan 2016 genomfört ytnära muddringar vid flertal tillfällen som försöksverksamhet och utan avsikt att utgöra helsjöåtgärd. Det finns en miljödöm på rätten att muddra 16 ha i sjön. I denna rapport ingår sediment i försöksodlingar från muddringar utförda 2016 (pilotförsök) samt 2020.

Barnarpasjön har utgjort det första test-objektet för flertalet efterföljande sjöar som muddrats med ytnära sedimentborttagning.

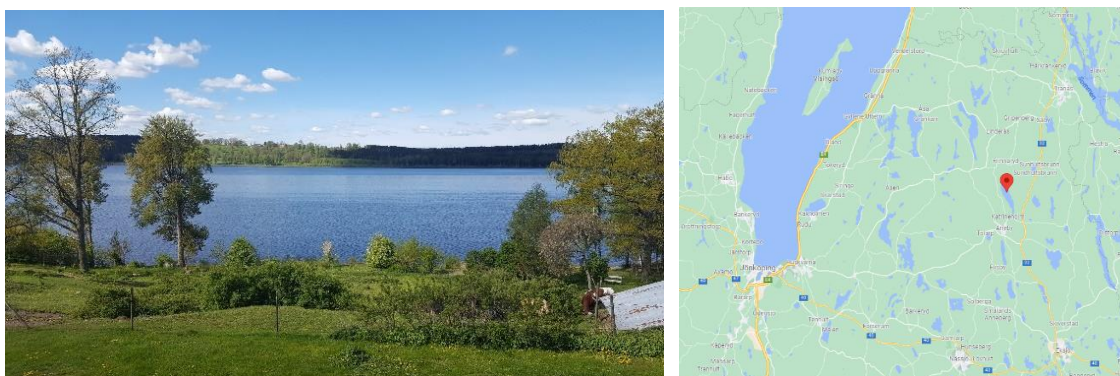


Figur 8. Barnarpasjön i Jönköpings kommun, söder om Vättern, är en sjö med återkommande massiva algblomningar. Mycket av utveckling inom ytnära muddring har genomförts här.

4.1.2 Ralången, Aneby kommun

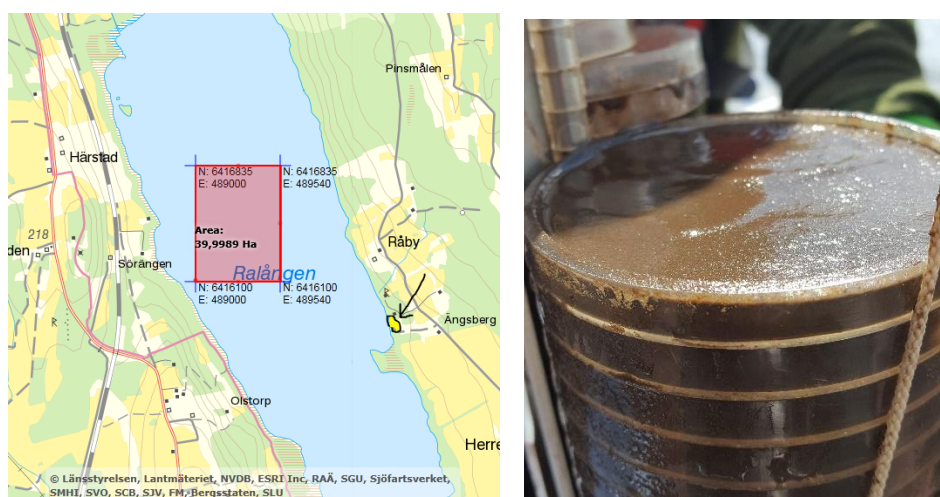
Ralången ligger strax nordost om Aneby i Aneby kommun med sjöyta på ca 5 km². Genom sjön rinner Svartån som har utlopp i sjön Sommen och vidare mot Motala ström vid Linköping. Ralångens medeldjup är 2,5 m. Sjön har en medelkoncentration av fosfor på 50 µg P/l och har klassats med otillfredsställande status enligt vattendirektivets klassificeringsmetodik¹¹.

Fosforbelastningen på Ralången har beräknats till dryga 4 ton per år varav läckage från sjöns egna sediment beräknas utgöra en fjärdedel dvs ca 1 ton per år¹². De externa källorna är idag en bråkdel av de historiska.



Figur 9. Ralången ligger i Aneby kommun i nordöstra Jönköpings län. Svartån rinner genom sjön.

Muddring i Ralången genomfördes hösten 2019. Miljödom fanns för 40 ha men då föreliggande projekt avser utveckling nyttjades ett mindre område på 0,5 ha i områdets sydöstra hörn (**Figur 10**). På muddrat område var djupet ca 3,5 m. Själva muddring exklusive etablering och avstädnig tog ca 3 veckor att genomföra.



Figur 10. Till vänster: Tillstånd finns för ett 40 ha stort område i sjön Ralången (röd rektangel). Inritad pil anger det område på land där avvattnig genomfördes. Muddring genomfördes på 0,5 ha. Till höger: Sedimenten är har hög vattenhalt och innehåller mycket fosfor.

4.2 Avvattning av sediment

Muddrat sedimentet innehåller en stor mängd vatten eftersom sedimenten suggs upp med vatteninblandning och transporteras i slangar med hjälp av pumpar. Upptaget sediment behöver koncentreras och vatten skiljas från det organogena materialet. Det finns olika vis att koncentrera organiskt material såsom sedimentering, filtrering, pressning, centrifugering, flockning efter kemikalietillstas, torkning. Olika metoder har olika krav kan t ex vara tillgång till elförsörjning, ytor, uppställningsplats men också sedimentens egenskaper.

Projektets mål var att visa på en effektiv händelsekedja från upptaget sediment till spridning på produktionsmark, företrädesvis i form av sedimentpellets. Torrhalt i sedimentet i näringsrika sjöar är ofta runt 5-7% d v s mer än 95% utgörs av vatten. För att fysiskt vara möjligt att pressa pellets behöver sediment ha en torrhalt på minst 65-70%¹³.

4.2.1 Passiv avvattning

Med passiv avvattning menas här att vattnet separeras från organiskt material genom egen kraft genom t ex sedimentation, filtrering genom gravitation, avdunstning.

4.2.1.1 BARNARPASJÖN2016

Teknik och material: Upptaget sediment pumpades till ett containersystem av fyra efterföljande containers (**Figur 11**). Funktion var liknande som en trekammarbrunn där sediment koncentreras huvudsakligen i den första containern och vatten fortsätter vidare för ytterligare klarning i efterföljande containers. Ingen ytterligare åtgärd än avdunstning och fortsatt sedimentering genomfördes. Rejektvattnet leddes tillbaka till sjön. Sediment i containersn kan genom detta vis nå en TS-halt på ca 10–15% om tid för dekantering av överskottsvattnet medges.



Figur 11. I Barnarpsjön2016 användes passiv avvattning genom sedimentation.

Avvattnat sediment för provodling: Muddrad yta och total sedimentvolym är okänd. För testodling 2016 användes ca 3 m³ blött sediment (slurry). Slurryn hade en TS-halt på 3,7% vilket är i samma nivå som finns ute i sjön (ca 4%). Komplementnäring av kalium och kväve för de olika försöksleden blandades i slurryn och spreds med ordinär maskinpark för flytgödsel på mark där vall och korn odlades. Spridningen genomfördes utan praktiska problem gällande maskinparken (**Figur 12**).



Figur 12. Spridning av blött sediment från Barnarpasjön 2016 som berikats med kväve och kalium genomfördes med flytgödselspridare.

Kommentar: På den negativa sidan var att avvattnings effektiviteten var låg och torrhalten i var endast marginellt avvattnat jämfört med sjöbotten. Vattnet som sögs in samtidigt som sediment utgjorde en proportionellt stor del vilket medförde onödig utspädning av botten-sedimentet som utgångsmaterial och i princip var det endast det inblandade vattnet som avskildes. Volym och uppehållstid i containersystem bedömdes som otillräcklig då v s låg kvarhållande förmåga av sediment samt låg avvattningsförmåga. Användandet av slurryn på områden längre bort från muddringsområdet begränsas av att mycket vatten behöver transporteras. Den stora vattenmängden som blev resultat av beräknad giva fosfor per ytenhet på marken medförde svårigheter vid nedmyllning.

På den positiva sidan finns den enkla inblandningen av komplementnäring i vattenfas. Sedimentet togs mer eller mindre direkt efter upptag och pumpades till flytgödselspridare. Koncentrering och ökad TS-halt kan förväntas öka över längre tid vilket gör att transport av vatten minskar. Spridning gick tekniskt utmärkt med flytgödselspridare.

4.2.1.2 RALÅNGEN 2019

Teknik och material: I upphandling beskrevs att sediment skulle avvattnas till en grad då det var läggas på hög med släntfot 1:3. Ett sådant sediment är tämligen fast och snarlikt en hög med matjord. Upphandlingen omöjliggjorde tillsats av polymer då avsikten var att nyttja sedimenten på mark för livsmedelsproduktion och osäkerheter rådde om eventuella begränsningar för det vid polymertillsats.

Avvattningsmetodiken utgjordes en bassäng byggd av betonglego (ca 20*6*2 m) försedd med geotextilduk och dränering i botten (**Figur 13**). Då effektiviteten av den gravimetriska filtreringen tämligen snabbt avtog pga igensättning av bottenfilterytan försågs bassängen med tre geotextilomslutna pumpgropar från vilka infiltrerat vatten pumpades till sandfilter i containers utanför bassängen och via kontrollerad avtappning tillbaka till sjön.



Figur 13. Avvattningsanläggning vid Ralången 2019. Rejektvattnet passerade ett sandfilter och via avtappningsrör till sjön. Vid avtappningsröret fanns kran för ta ut prover på rejecktattnet.

Avvattnat sediment för provodling: Efter avslutad muddring avtog med tiden avvattningseffekten. Totalt beräknas ca 250 m³ sediment ha muddrats tillsammans med ca 400 m³ vatten letts in till bassängen (total volym 650 m³). Volymen som återförts sjön uppgick till ca 500 m³. Under muddringen ökades inblandning av vatten för att göra sedimentet pumpbart den långa sträckan till land. Annars hade vattenvolymen kunnat hållas lägre och därmed hade troligen avvattningen varit effektivare.

Under hösten (ca 3 månader) pågick passiva avvattning (fortsatt filtrering och avdunstning). Återstående sedimentvolym (ca 100 m³) överfördes över vintern till sju geotextilförsedda containers med geotextilförsedda hål i botten där det mellanlagrades till kommande sommar och sedimentpressning (**Figur 14**). Vid sen vår var TS-halten ca 25% och volymen var ca 50 m³.





Figur 14. Vid vinterns intåg 2019 flyttades muddrat sediment från Ralångens strand till en mellanlagring i sju täckta containers på ett avfallsupplag i närheten. Fortsatt passiv avvattning pågick under vintern. Ca 30 ton transporterades till pelletstillverkning.

Kommentar - På den negativa sidan konstateras att passiv filtrering med geotextilduk var ineffektiv, inte minst sattes bottendräneringen igen tidigt i processen. Även de tre pumpgrparna som infördes i bassängen för att påskynda processen förbättrade marginellt effektiviteten trots att textilen byttes ut efterhand. Att byta textilduk var inte rationellt. Att låta den passiva processen ensam stå för koncentreringsmedför oönskade tids- och lagringsaspekter. Förflyttning av det otillräckligt avvattade sedimentet till mellanlagring i containers medförde både ett onödigt och kostsamt moment i projektet.

Kommentar - På den positiva sidan var att avvattningen initialt inte tidsbegränsade muddringens utförande då det tog ca en vecka att fylla upp bassängen d v s det avrann inget vatten alls från bassängen under ”fyllningstiden”. Bassängens volym var därmed väl dimensionerad. När bassängen var fylld kunde aktiv muddring balanseras mot fyllnadsgraden genom att när muddring inte genomfördes såsom nätter, helger eller andra perioder skapades nödvändigt utrymme inför nästkommande arbetsdag. Volymen i bassängen begränsade inte muddringens utförande.

Finns ytor där mellanlagring kan fortgå över längre tid kan det vara ett ekonomiskt alternativ för en högre TS-halt, särskilt om det går över årets varmare tid och med täckta lagringsutrymmen.

Sammanfattning: Passiv avvattning av vattenblandat sediment genom geotextilduk kan utifrån dessa försök inte föreslås vara funktionellt.

4.2.2 Polymertillsats, kemisk flockning och geotextil

Då projektet identifierat den passiva avvattningen som begränsade för muddringens genomförande i tid samt alltför låg effektivitet för nå önskad TS-halt genomfördes ett avvattningsförsök i samband med att Jönköpings kommun genomförde en muddringsinsats i Barnarpasjön sommaren 2020. Syftet var främst att se hur polymertillsats med påföljande flockning fungerade i takt med muddringen samt vilken effektiv TS-halt det gav.

4.2.2.1 BARNARPASJÖN2020

Teknik och material: Förstudier på sediment från Barnarpasjön hade genomförts (utföraren ATEK) om vilken polymer som var lämplig och vilken dos. Resultatet från flockningsförsöket visar att de största och starkaste flockarna uppnåddes med Flopam HIB 640 polymer. Tuberna var tillverkade av en geotextil som har en porstorlek på 0,24 millimeter (**Figur 15**).



Figur 15. Förstudier genomfördes med sediment från Barnarpssjön för val av polymer och typ av geotextilsäck.

Sediment pumpades från muddringsaggregatet via en mellanvolym (container) som agerade pumpstation till tub (**Figur 15**). Vid muddring med större flöden pumpas sedimentslammet vanligtvis direkt till avvattningstub. Efter mellanvolymen tillsattes polymer löpande i pumpslangen för att skapa en sediment- och en klarfas. Slammet förtjockades i pumpledningen och stannade kvar i tuben medan klarfasen rann igenom porerna i geotextilen (**Figur 15**). Avståndet från polymertillstasen till geotextiltub var cirka 100 meter och höjddled 7-8 meter. Det avrinnande vattnet rann över gräsmark ned mot sjön, allt vatten infiltrerade i mark innan sjön och ingen tydlig direktavrinning kunde noteras.

TS-halten i muddrat sediment var lägre än väntat, troligen på grund av den stora vattenmängden som sögs vid muddringen. Det medförde att åtgången av polymer samt tubernas fyllnadsgrad blev mindre än väntat. Uppskattningsvis så fylldes tuberna med cirka 1/3 av vad de mängder som beräknats.



Figur 16. Vid muddring av barnarpssjön, Jönköpings kommun, genomfördes test av avvattningsteknik. Polymer tillsattes vid pumpning av muddrat sediment direkt på slang till geotextiltub. Klarfasen rann därefter igenom geotextilen medan flocken kvarstannade.

Vid avvattningen med hjälp av geotuber tillsätts ingen extern kraft utan avskiljningen sker med hjälp av gravitationen. Så småningom byggs det upp en slamkaka på insidan av tuberna vilket gör att rejektvattnet blir renare med tiden. TS-prov togs från tuben en dryg månad efter muddringens avslut och då var TS-halten 18 %. TS-halt efter avvattningen varierar mellan 20-70 procent beroende på slammets organogent/minerogent ursprung (högre TS för minerogent sediment).

TS-halten följdes i tuberna över lång tid (månader) och nådde ca 35% våren efter upptaget (våren 2021). Det förefaller kunna vara möjligt att nå ca 40-50% TS med denna teknik beroende på sedimenttyp, organiskt/mineralinnehåll, särskilt t ex om ytterligare en sommar med avdunstning tillåts.

Kommentar - På den negativa sidan är att det kan vara svårt att flytta sedimentet då avvattning/torkning pågår i geotuben. Det innebär att en lagringsyta åtgår och platsvalet behöver säkerställas över tid.

Kommentar - På den positiva sidan var att tekniken visade på god momentan effekt av flockavskiljningen samt att ingen överdosering av polymer ägde rum. Rejektvattnet hade ungefär samma vattenkvalitet som ytvattenprover i sjön. Tuberna visade god effektivitet på att fånga upp metaller och näringsämnen. Genom löpande tillsats av flockmedel och avskiljning via geotextiltub kunde avvattning följa samma tempo som muddringen och därmed inte utgöra begränsning i tid. I och med att sedimentet direkt införs i geotub är det skyddat för väder och vind. Ytterligare torkning äger rum under mellanlagringen i tuben.

Det nåddes snabbt, i princip momentant, en god TS-halt (ca 25%). TS-halten förväntas öka ytterligare över tid.

Sammanfattning: Polymertillsats med efterföljande flockning och avskiljning i geotextilsäck är en lämplig metod för att avvattna sediment i samma takt som upptaget. Hög TS-halt nås, dock inte tillräckligt för att pressa pellets direkt.

4.2.3 Andra avvattningstekniker som övervägdes

I och med att avvattning för nå erforderlig torrhalt i muddrat sediment tidigt uppdagades som en fråga att lösas inhämtades även information kring andra möjligheter till öka torrhalten.

4.2.3.1 CENTRIFUGERING

Avloppsslam avvattnas ofta genom dekantercentrifugering. Det finns mobila sådana anläggningar som används vid t ex renoveringar, ombyggnationer på avloppsreningsverk (**Figur 17**). Dekantercentrifug har god avvattningsförmåga. Slammet förtjockas med hjälp av polymertillsats och vatten. Nackdelen är att det är tekniskt, försörjningsmässigt och kontrollmässigt krävande. De krav som följer med tekniken är möjliga att uppnå inne vid avloppsreningsverk men svårare att nå ute vid en sjö. I projektet inhämtades prisbilder av mobila enheter (containerbaserad på lastväxlarflak) för inköp på ca 2 miljoner kr, hyra per vecka beräknades uppgå till 30 000 kr. Till hyra tillkommer en rad budgetposter för drift, skötsel mm.



Figur 17. Till vänster: Vid Barnarpasjön genomfördes en pilotavvattning med dekantercentrifug i ett angränsande projekt. Till höger: Det finns mobila centrifuger placerade i infrastruktur i containers som kan ersätta ordinarie avvattning vid t ex reparation av avloppsreningsverk (konceptbild).

I föreliggande projekt fanns inte plats, budget eller kompetens att utveckla med dekantercentrifugering. Momentet bedömdes som alltför krävande och kostsamt.

4.2.3.2 FILTERPRESSNING MED POLYMERFLOCKNING

Filterpress testades med obehandlat material från Ralången. Vid normal avvattning med filterpress tillsätts polymer för att skapa större flockar. Då upphandlingen omöjliggjorde tillsats av flockningspolymer genomfördes tester på ”oflockat sediment”. Testerna visade att filtren satte snabbt igen av finpartikulärt material och vattenavskiljningen blev lågeffektiv.

Då utreddes möjligheten att tillsätta naturliga flockningsmedel såsom bentonitlera eller kitosan. Kitosan är ett derivat från kitin, vilket näst cellulosa är den mest förekommande naturliga polymeren i världen. Den huvudsakliga källan till kitosan är skal från kräftdjur (som krabbor och räkor) vilket är tillgängligt i riklig mängd som en biprodukt från livsmedelsindustrin.

Kitosan bedömdes fungera i förhållande till olika krav på att sprida på åkermark¹⁴. Dock bedömdes det inte finnas utrymme för praktiskt eller ekonomiskt gå vidare med det tekniken.

4.2.3.3 TERMISK TORKNING

Att termiskt torka stora mängder sediment bedömdes som kostsamt då sedimentet har hög fukthalt. Att torka sedimentet på naturlig väg (t ex i solen) skulle kräva stora ytor, ta lång tid och vara osäkert i och med exponering för väder och vind. Omrörning kan öka effektiviteten av torkningen. I hinkar med periodvis omrörning genomfördes naturlig torkningstest som visade på att mindre volymer kan torka till högre TS-halter än 30-35%. Det är dock inte troligt att nå 70% som behövs för att pressa en pellets.

Att transportera vattenhaltigt sediment till en stationär maskinell tork skulle innebära dyra och onödiga transporten av vatten. Projektet bedömde det inte som rationellt att gå vidare med termisk torkning.

4.3 Miljökontroller

I miljödomen för muddring togs ett kontrollprogram fram för åtgärdstypen. Det innefattade förundersökningar, inom och utanför verksamhetsområdet, avvattning samt efterkontroller i sjö. Såväl biologiska som kemiska moment ingick.

4.3.1 Sjö

I detta kapitel redovisas utförandet i sjön Ralången.

4.3.2 Upptaget sediment i Ralången 2019

Totalt muddrades de översta fem (spann av 0-10 cm) av sedimentet på en yta på 5 000 m², vilket motsvarar ca 250 m³ sediment. Utöver sedimentvolymen uppmättes totalt ca 500 m³ vatten in till sedimentationsbassängen, vatten som tillkommit vid insugningen för att uppnå pumpbarhet i den långa överföringen till avvattningsanläggning på land. Avvattningen utfördes som passiv filtrering i bassängens botten genom geotextilduk och genom aktiv pumpning genom geotextil med efterföljande sandfilter av rejektivatten. Totalt avleddes ca 500 m³ vatten till sjön.

Den passiva avvattningen vid sjökanten avbröts i november 2019 då sedimentet nått en TS på ca 28 %. Volymen uppgick då till ca 100 m³. Sedimentet lastades därefter i containers och mellanlagrades över vintern för vidare avvattning till nästkommande vår/sommar.

4.3.3 Beräkning av upptagen fosformängd

Totalt beräknas sjön ha avlastats 25 kg fosfor i de 250 m³ som muddrats. Utöver det beräknas ca 20 g fosfor från vattenfasen (sjövatten) ha letts in i sedimentationsbassängen. Kontroller i utgående vatten från bassängen (500 m³) visade att ca 53 g fosfor avrunnet tillbaka till sjön. Det innebär att <0,3% av upptagen fosfor lämnade bassängen (förlorades) och återfördes till sjön. Det innebär att i princip all upptagen fosfor kvarhölls i sedimentationsbassängen.

4.3.4 Beräkning för åtgärden att få effekt i sjön

Projektet har inte haft för avsikt att utgöra en helsjöåtgärd eller ens komma uppvisa någon minskad övergödningseffekt i Ralången. Projektets syften var att utverka nödvändiga juridiska underlag, finna metoder och kombinationer i åtgärdsflödet samt därefter visa på möjligheten att nyttja sedimentet som gödningsmedel.

Men hur mycket skulle behövas muddras för att få effekt i sjön? I grova drag har intergödningen i Ralången beräknats till ca 1 ton fosfor/år. Muddringen resulterade i att ca 25 kg fosfor togs upp. Om ett antagande att ca 10-30% av denna fosfor mängd kan utgöra sk labil fosfor dvs den mängd som kan frisättas till vattenfas under vissa betingelser så har ca 2-8 kg labilt fosfor tagits ur sjön. Det kan då beräknas utgöra <1% av den interngödande fosfor.

Om interngödningen uppgår till ca 1 ton/år skulle en hundra gånger större muddringsinsats resultera i en minskning med ca 200–800 kg labil fosfor, något som motsvarar 25-75% av den beräknade interngödningen. Det motsvarar att muddring behöver utföras på en yta av 15–50 ha i sjön för att uppvisa en faktisk effekt.

Det finns miljötillstånd för att muddra 40 ha vilket innebär att det finns det lagliga utrymmet för att genomföra en helsjö-åtgärd. Det förutsätter dock t ex att ingen omlagring sker inom sjön så att muddrad yta åter sedimenteras, eller att det finns andra områden i sjön med högre fosforinnehåll som inte åtgärdas alls.

5 Produktion av pellets

För att kunna transportera, lagra och sprida sediment på den tidpunkt på året då gröda kan tillgodogöra sig näring krävs det att sediment är hanterbart och lättillgängligt. I ett tidigare försök spreds sediment i flytande form med flytgödselspridare, något som medförde onödig transport av vatten samt att givan resulterade i att marken blev mycket blöt med svårigheter för efterföljande nedarbetning av näringen. Ytavrinning var ytterligare ett problem som medförde att näringen riskerade rinna iväg.

Som nämnts flera gånger i denna rapport har den största svårigheten med hela återförandetanken bestått i att nå tillräcklig hög torrhalt för att bli möjlig att pressa pellets. När projektet insåg svårigheterna med att öka torrhalten (TS-halten) inriktade projektet istället sig mot att späda ut det blöta sedimentet med något mycket torrt t ex bioaska, benmjöl. Projektet kom då i kontakt med en entreprenör inom lantbruk som pressar pellets av benmjöl i för ekologiskt jordbruk. Efter dialog och diverse tester upphandlades produktion av pellets.

5.1 Krav för pelletsproduktion

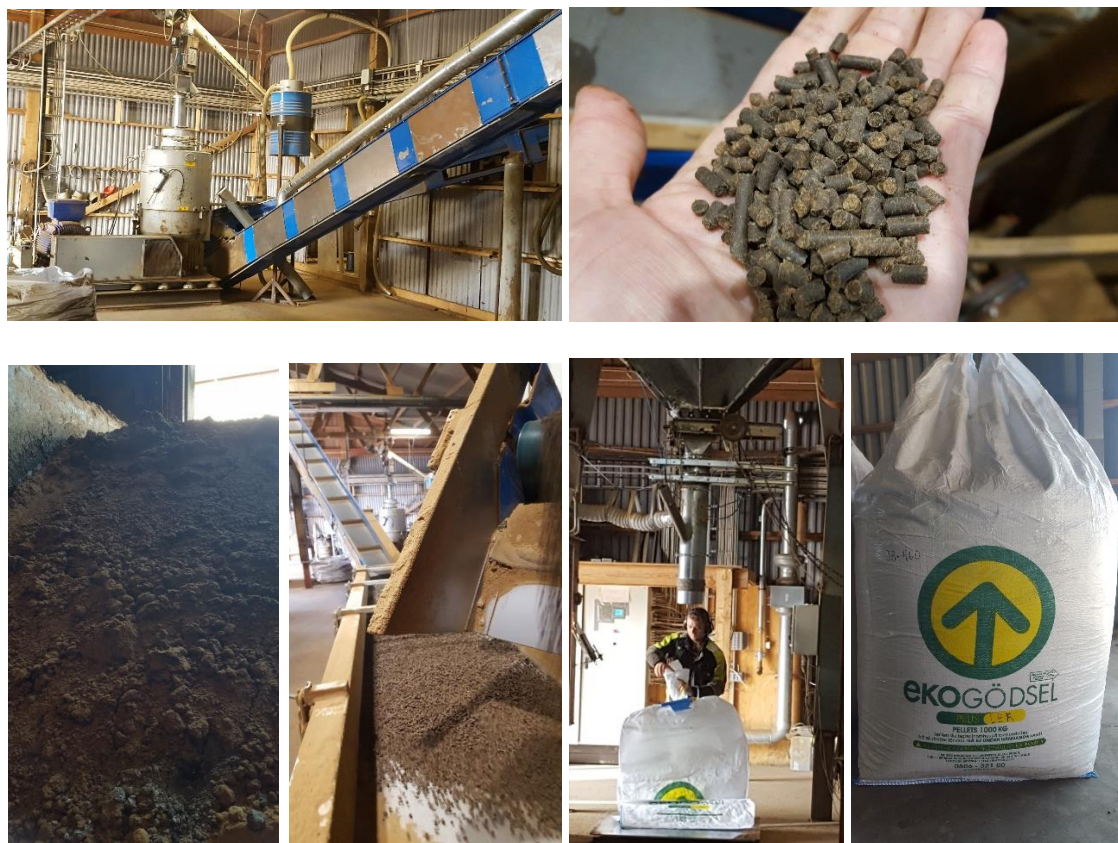
För att organiskt material att kunna pressas till pellets krävs en TS-halt på >65–70%. Vid lägre torrhalt finns risk att vatten inte drivs ut i tillräcklig grad varvid pelletsen inte är tillräckligt hårt sammanpressad, kan innehålla fukt som leder till mögelbildning samt till sönderfall av produkten som följd. Det ställer också krav på att pressen kan pressa materialet till sådan grad att volymändringen är inom pressens kapacitet. Det är möjligt att andra industriella utrustningar finns med annan sådan kapacitet. Den utföraren som användes i föreliggande projekt rekommenderade en TS-halt på >65%¹³.

5.2 Utförande

Cirka 30 ton avvattnat men blött sediment med TS-halt på ca 25–30% lastades i container på lastbil och kördes iväg till Ecoväx AB (**Figur 20**). Där testades inblandning med benmjöl (som består av ca 95 % TS) till en pastamix som skulle kunna bli pressbar. Efter olika för-tester konstaterades att en fördelning med nio tiondelar benmjöl och en tiondel sediment skulle vara gångbart (TS-halt var då ca 65%)¹³.

Pastamixen fick efter inblandning ligga i ca två veckor för binda sig inför pressning (**Figur 18**). Väl vid pressning löpte själva processen på utan hinder rent mekaniskt. Förutom pressning ventilerades (torkning och avkylning) pelletsen. Pelletsen packades direkt i storsäckar (**Figur 18**). All pastamix pressades inte utan pressningen avbröts efter ca 20 ton färdig produkt.

Det gjordes en intressant notering av pastamixen som efter några dagar blev varm och avgav doft. Utförarens spontana tanke var att det uppstått en mikrobiell reaktion vid blandningen av mixen som genererade värmen¹³. Det kan ha sin förklaring i att när bakterier och kol (humusämnen) kom i kontakt med lättillgängliga näringsämnen från benmjölet startade en mikrobiell process, möjligen likt en komposteffekt. Denna process mötte intresse från utföraren som en önskad egenskap vid spridning på åkermark¹³. Komposteffekten behöver utredas ytterligare.



Figur 18. Pressning av pellets genomfördes på en blandning av sediment och benmjöl. Efter pressning packades produkten direkt i storsäck.

5.3 Den färdiga produkten

Totalt producerades 20 storsäckar om vardera ca 1 ton med pellets (**Figur 18**). Ytterligare pressning avbröts då det skulle rendera i närmare 200 säckar totalt om all pasta-mix pressades. Pelletsen kunde därmed lagras och transporteras samt spridas med konventionell konstgödselspridare. Projektet har inte gått vidare med testet för kvalitetssäkra produkten såsom hållfasthets, upplösningstid mm. Däremot analyserades näringsinnehåll för att beräkna giva. Att beskriva pelletsens egenskaper är troligen nödvändigt för kvalitetssäkra den som produkt.

Noteringen om den uppkomna värmebildningen i pastamixen vilken kan bero på kompostaktivitet behöver utredas i särskilt framtida projekt. Om den effekten finns inlagrad i den torra pelletsen och kan aktiveras vid spridning när pelletsen går i lösning ute på produktionsmark så är det ett önskat mervärde på hårt driven åkermark.

Produkten spreds på en demonstrationsdag november 2021 på skogsmark (dispens beviljad för spridning på skogsmark) (**Figur 19**). Pelletsen sköts ca 10 m åt vardera sida utan sönderfalla och några barkskador syntes inte på trädstammarna. Syftet var att testa hållfasthet och spridningsavstånd.

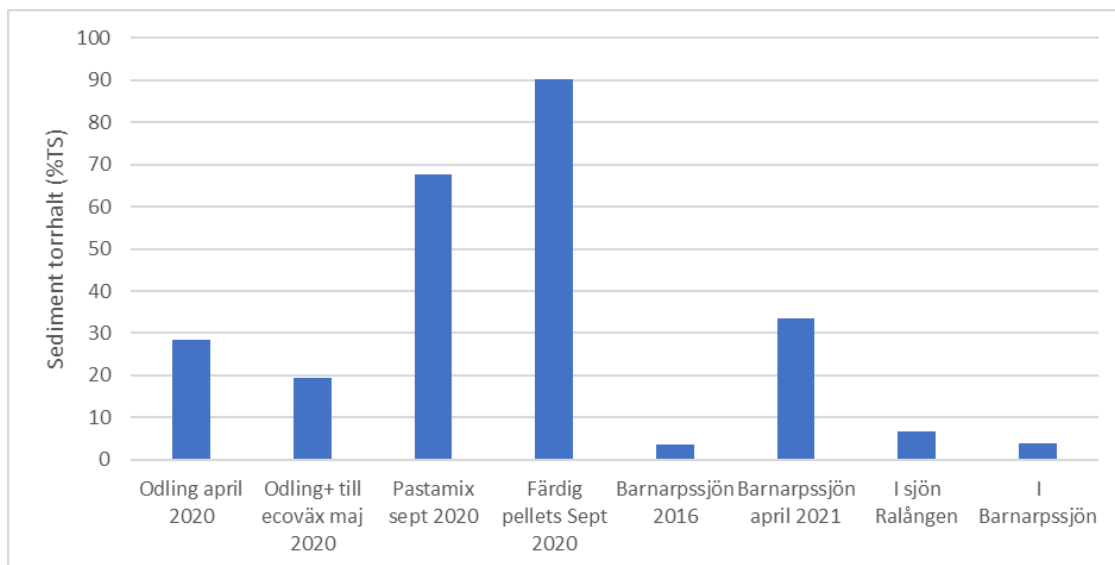


Figur 19. Pelletsen transporterades i storsäckar som kunde hanteras av en normal maskinpark. Pelletsen spreds i skog ca 10 m åt vardera håll och landade med viss täthet i mossmarken.

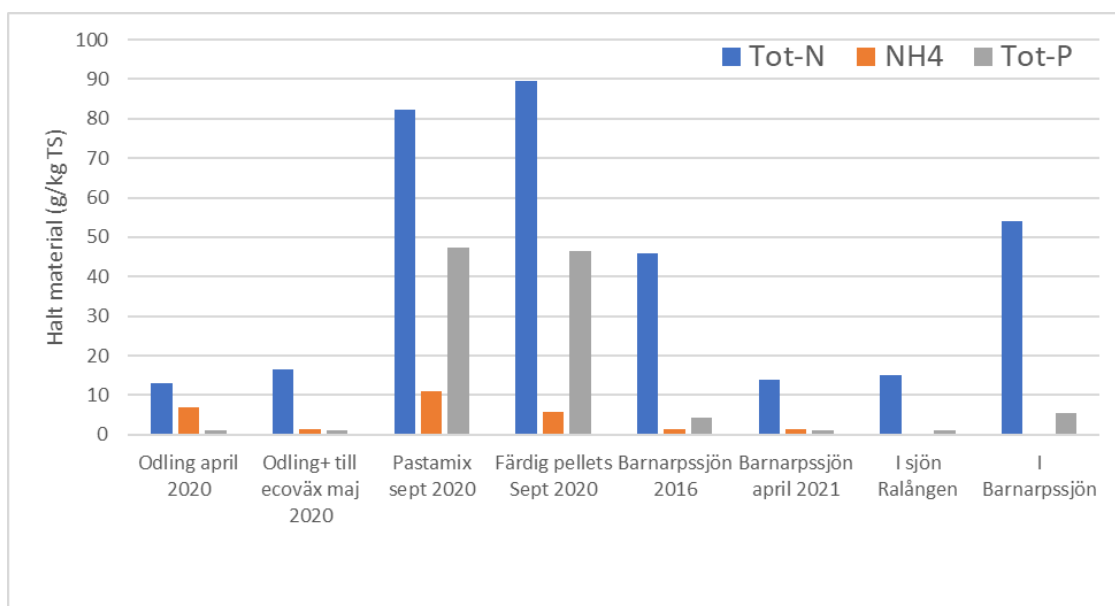
Sammanfattning: Bedömningen i projektet är att när sediment väl har en TS-halt på >65% så finns det utförare som kan pressa, det är möjligt att lagra och transportera samt sprida produkten. För minska behov av andra tillsatser bör avvattning sträva efter nå denna torrhalt.

Sedimenten i försöket har i olika steg uppvisat – och krävt – olika torrhalter (**Figur 20**). Generellt var torrhalten ca 3-5% i denna typ av sjöar. Torrhalten minskades vid muddring på grund av ökad vatteninblandning för att kunna pumpa över långa håll. Avvattning var därefter olika effektiv i öka torrhalten.

Eftersom näringsämnen uttrycks per viktenhet i torrt tillstånd är det möjligt jämföra mellan olika torrhalter. Tillsatsen av annan råvara (benmjöl i detta fall) påverkade näringsämneshalten mycket (**Figur 21**).



Figur 20. Torrhalt (% TS) i olika sediment/pellets material som använts i försöksodlingar.



Figur 21. Halter av näringsämnen fosfor, ammonium och kväve i olika sediment/pellets material som använts i försöksodlingar.

Sammanfattning: Sediment måste nå en TS-halt på 65–70% för att vara pressbar. Det finns då företag som kan utföra pressning. Det återstår att kvalitetssäkra pelletsen. Att utreda om mikrobiell aktivitet kan aktiveras vid spridning/upplösning kan vara ett viktigt mervärde för öka produktens attraktivitet vid spridning på jordbruksmark.

6 Försöksodling – upplägg och resultat

6.1 Kombinationer av sediment i försöksodling

För att kunna nyttja sediment som resurs inom jord- och skogsproduktion undersöktes dess tillväxteffekt i försöksodlingar utförda under olika år med olika grödor samt med olika former av sediment (flytande, halvfast, fast). Försöksodlingar har utförts av Hushållningssällskapet i Jönköping. Försöken har lagts upp på vetenskapligt och enligt standard inom växtodling d v s med olika behandlingar, näringskvoter och i replikat – så kallade försöksled. Alla odlingar har genomförts i anslutning till Hushållningssällskapet i Jönköpings läns försöksområden strax sydväst om Jönköping (Riddersbergs försöksanläggning).

Totalt har fyra försöksodlingar genomförts med sediment i tre olika avvattningsgrader; a) flytande form (flytgödselspridning), b) blöt form (spridning i halvfast form – matjordslignande) och c) pelletsform (helt fast) (**Figur 22**). Sediment från både Barnarpssjön och Ralången har använts vid olika tider och utförande.

På jordbruksmark har vanligt förekommande odlade grödor nyttjats såsom korn, rågvete och vall. För skogsproduktion har plantor av gran och poppel använts.

Försöksodling är en kritisk del för hela projektet d v s att återföra sediment till produktionsmark. Om tillväxtstimulans inte kan beläggas mister kretsloppet sitt motiv och därigenom missa den ekonomiska drivkraften för att åtgärda sjöar. Att kunna visa på tillväxtstimulans är också väsentligt för produkten att vara attraktiva för mottagaren som alternativ resurs.

Flytande sediment från Barnarpssjön , 2016

- Odling genomfördes 2016
- Flytgående sediment spreds som flytgödsel (ca 4% TS-halt)
- Näringsämnen justerade med kväve och kalium
- Jordbruk: Vårveve och vall ; skogsbruk: -

Avvattnat sediment från Barnarpssjön, 2021

- Odling genomfördes 2021
- Avvattnat sediment, blött, spreds i fastform (ca 34% TS-halt)
- Näringsämnen justerade med kväve och kalium
- Jordbruk: Rågvete ; Skogsbruk: -

Sediment från Ralången 2019

- Odling genomfördes 2020
- Avvattnat sediment, blött, spreds i fastform (ca 20% TS-halt)
- Näringsämnen justerade med kväve och kalium
- Jordbruk: Rågvete ; Skogsbruk: Gran, poppel

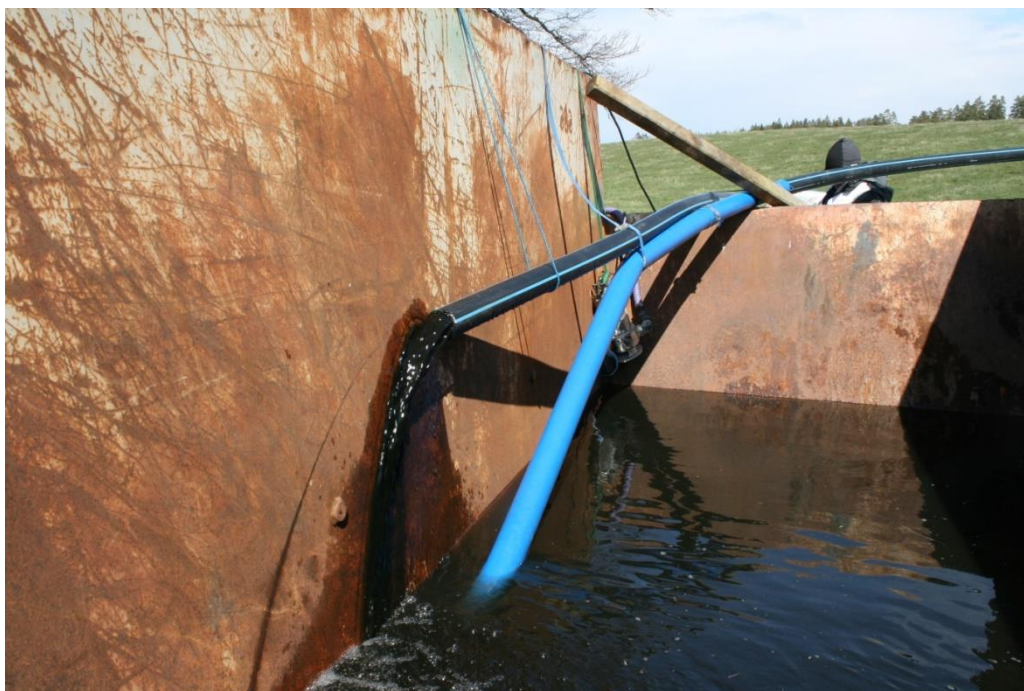
Sediment från Ralången, 2019

- Odling genomfördes 2021
- Sediment pressat till pellets, spreds i fastform (ca 90% TS-halt)
- Näringsämnen justerade med kväve och kalium
- Jordbruk: majs och vårveve ; Skogsbruk: -

Figur 22. Sammanfattning av försöksodlingar.

6.1.1 Försöksupplägg och resultat för åkermark 2016 - Barnarpassjön

Två fältförsök med syfte att värdera gödslingseffekten av bottensediment från Barnarpassjön genomfördes säsongen 2016. Sedimenten har provtagits och analyserats före spridning på försöksplatserna. I samband med skörd har rutvis skörd mätts och provtagits.



Figur 23. Muddring i Barnarpassjön i april 2016. Bottensediment pumpas upp från sjön och lagras i container för sedimentation innan spridning på försöksytorna.

6.1.1.1 GIVA OCH ANALYSER 2016

För beräkning av tillåtna mängder sediment att tillföra åkermarken har regelverket för tillförsel av avloppsslam till jordbruksmark använts¹⁵. Provtagningar av bottensedimentet gjordes före användning i fältförsöken. Utifrån analysresultaten konstaterades att bly var det begränsande ämnet och maximal giva sediment uppgick till 55 ton/ha (TS-halt 3,7 %) (**Figur 23, Tabell 4**). Med denna giva tillfördes åkermarken 9 kg fosfor/ha, 5,5 kg kväve/ha och 8 kg kalium/ha. Jämfört med stallgödsel är växtnäringsinnehållet i sedimentet lågt.

Fosforinnehållet i sedimentet var det som utmärkte sig positivt, sedimentet innehöll ca en tredjedel så mycket fosfor som nötflytgödsel. Sedimentet hade förhållandevis lägre innehåll av både kväve och kalium. Dock var det största problemet att sedimentet hade en låg TS-halt.

Tabell 4. Upplägg av försöksodling 2016 med flytande sediment från Barnarpsjön.

Försöksled	Giva Vall	Giva korn
A	Ogödslat	Ogödslat
B	55 ton/ha sediment till 1:a skörd + mineralgödsel (N, K)	40 kg N/ha + 30 kg K/ha
C	Mineralgödsel motsvarande totala gödselvärdet i led B	75 kg N/ha + 30 kg K/ha
D	-	NPK motsvarande totala gödselvärdet i led F. N40 kg/ha, P 9 kg/ha, K 30 kg/ha
E	-	NPK motsvarande totala gödselvärdet i led G. N 75 kg/ha, P 9 kg/ha, K 30 kg/ha
F	-	Sediment 55 ton/ha + N 35 kg/ha + K 25 kg/ha
G	-	Sediment 55 ton/ha + N 70 kg/ha + K 25 kg/ha

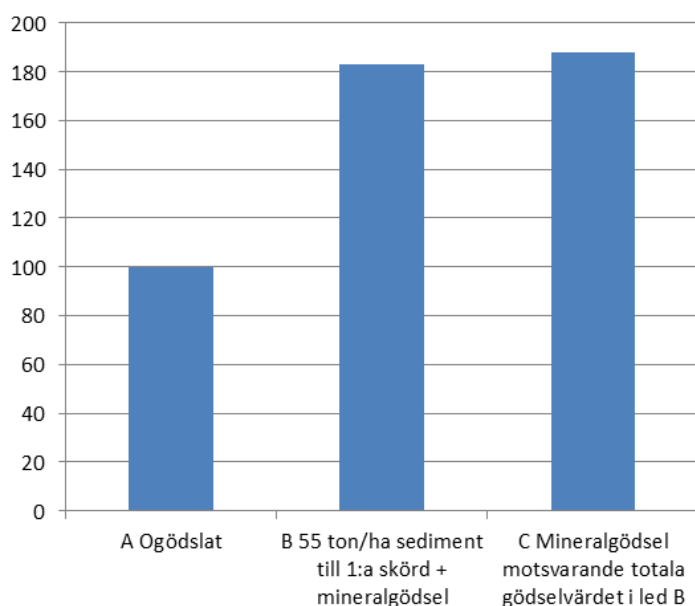
Eftersom bottensedimentet främst ska ses som ett fosforgödselmedel var fokus att undersöka fosforeffekten i produkten. Därför tillfördes sedimentet både kväve och kalium för att inte eventuell brist på dessa näringsämnen skulle hämma tillväxten och påverka skördeutfallet.

6.1.1.2 RESULTAT FÖRSÖKSODLING PÅ ÅKERMARK 2016

Försöksodling Vall: I försöket med vall framkom skillnad i skördeutfall mellan led B, som gödslats med sediment, och led C, som gödslats med mineralgödsel motsvarande totala gödselvärdet i led B. Ledet som gödslats med handelsgödsel uppvisade något högre skörderesultat. Detta kan bero på att gödslingseffekten är något sämre vid tillförsel av sediment, då näringsämnena i produkten kan vara mer svårtillgängliga för växten att ta upp jämfört med handelsgödsel. Det kan också bero på att spridning av sedimentet gjordes i varmt och soligt väder. Detta påverkar inte fosfortillförseln till åkermark men har en negativ påverkan på kvävetillförseln till grödan genom att kväveavgången blir hög i samband med spridning om den inte nedmyllas inom kort.

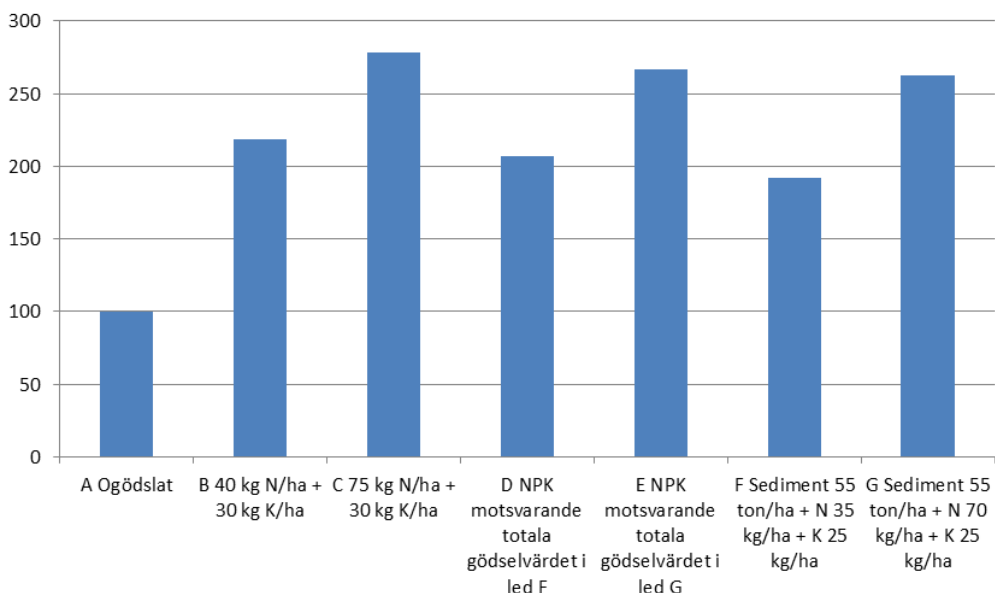
I vallförsöket är det endast första skörden som gödslats med sediment (**Figur 24**). I första skörden gavs något högre skördeutfall jämfört med ledet som bara fått handelsgödsel. Dock är det osäkert om detta är en effekt av tillfört vatten snarare än tillfört fosfor. Vid jämförelse av totalskörden ger ledet som bara fått handelsgödsel högre skörd (**Figur 25**).

**Figur 24.** Skörd av vall som gödslats med flytande sediment från Barnarpsjön.



Figur 25. Relativ skörd (totalskörd) av vall där behandlingar jämförts med obehandlat led som satts till 100%.

Försöksodling korn: I kornförsöket uppmättes något sämre skörderesultat jämfört med handelsgödselleden (Figur 26). Den relativa skörden var högre jämfört med ogödslat led men vid jämförelse med led B och C, där ingen fosfor tillförts, ser det inte ut som någon fosforeffekt alls förekommit. Teoretiskt borde det dock gett effekt då normal fosforgiva till korn ligger på 5–15 kg P/ha.



Figur 26. Relativ skörd (% jämfört med obehandlat) av korn med sediment från Barnarpasjön 2016.

6.1.1.3 SAMMANFATTANDE RESULTAT 2016

Om man studerar förhållandet mellan E (handelsgödsel motsvarande totala gödselvärdet i led G) och G (sediment 55 ton/ha + N70 kg/ha + K 25 kg/ha) i kornförsöket samt led B (55 ton sediment till 1:a skörd + mineralgödsel (N, K)) och C (Mineralgödsel motsvarande

totala gödselvärdet i led B) i vallförsöket sågs en likvärdig skillnad mellan leden i de olika grödorna. Något i behandlingen med sedimentet gjorde att gödslingseffekten blev sämre vid tillförsel av sediment jämfört med spridning av handelsgödsel.

Osäkerheten i fältförsöken var relativt stora då försöken fick en sen start på växtsäsongen vilket kan ha påverkat tillväxten då det inte blev ett normalt vårbruk. Nedmyllning av sediment gjordes inte förrän sex timmar efter spridning. Anledningen var att det var så högt vatteninnehåll i produkten att det inte var körbart förrän efter sex timmar. Denna sena nedmyllning kan också ha påverkat växtnäringsutnyttjandet, då främst kväve som lätt avdunstar i varmt och soligt väder.

Resultaten för både korn- och vallförsöken är inte statistiskt säkerställda, skillnaderna är inte tillräckligt stora. För att få statistisk säkerhet krävs fler försök.

Det kunde inte beläggas några förhöjda värden av tungmetaller i gröda, vare sig i korn eller vall. Däremot fanns en ökning av tungmetallinnehållet i jorden efter tillförsel av sediment där arsenik, barium och bly utmärkte sig.

6.1.2 Försöksupplägg och resultat på åkermark 2020 och 2021 – sediment från Ralången

Två fältförsök med syfte att värdera gödslingseffekten av bottensediment samt pelleterat bottensediment från Ralången lades respektive ut år 2020 samt 2021. Försöken placerades på eller i nära anslutning till Hushållningssällskapets försöksstation på Riddersberg utanför Tenhult sydöst om Jönköping (**Figur 31**). Det är viktigt att försökens odlingstekniska åtgärder stämmer överens med de odlingsförutsättningar som finns hos lantbrukarna i området och därför genomfördes två försök, ett försök med majs som gröda och ett försök med vårvete som gröda.

Sedimentet ses främst som ett fosfor-gödselmedel varför grödor som behöver liten eller ingen fosforgödsling valdes bort. Grödovalen påverkas också av att sedimentets fosforinnehåll är relativt lågt varför inte heller grödor som har högt fosforbehov var aktuellt. Med hänsyn taget till oklarheten om sedimentet i framtiden kommer godkännas som gödselmedel till livsmedels- eller fodergroddor eller bara till energigroddor valdes grödor som kan användas både till livsmedel, foder och energi. Försök med höstgroddor i försöksodlingarna genomfördes inte då dessa sås under sensommaren inför nästa års växtsäsong. Försöken placerades på mark som inte har höga fosforförråd och i möjligaste mån undveks fält med förväntad hög kväveleverans.

6.1.2.1 GIVA OCH ANALYSER

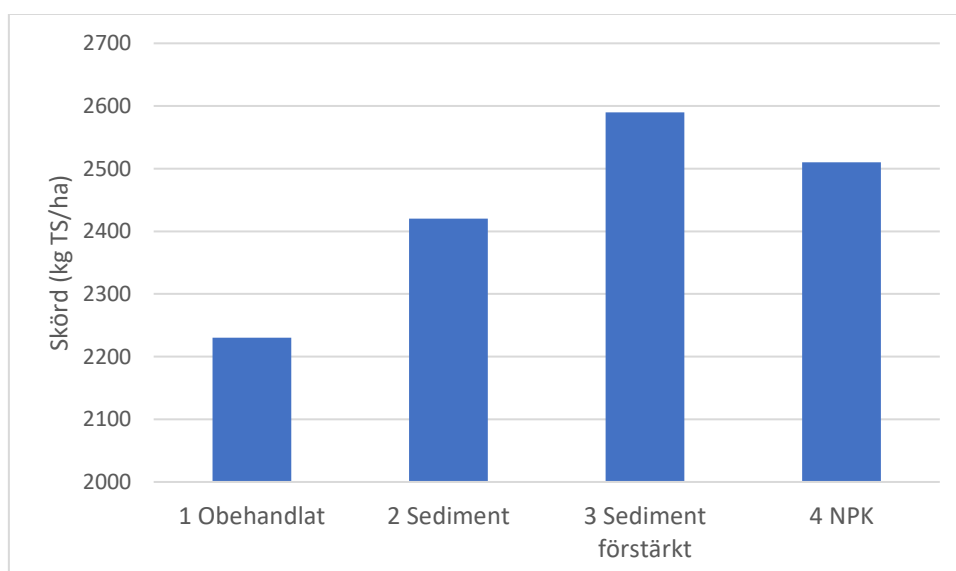
Utifrån analysresultaten kan det konstateras att kadmium var det begränsande ämnet för sedimentet och maximal giva (sjuårsgiva) sediment blev 15,4 ton/ha (TS-halt på 28 %). Med denna giva tillfördes åkermarken knappt 5 kg fosfor/ha. Sedimentet innehöll ungefär en tredjedel så mycket fosfor som nötflytgödsel.

För pelletsen var det begränsande ämnet fosfor och maximal giva (sjuårsgiva) pellets blev 3,6 ton/ha (TS-halt på 90 %). Med denna giva tillförs åkermarken 154 kg fosfor/ha, vilket är den högsta tillåtna tillförseln enligt regelverket.

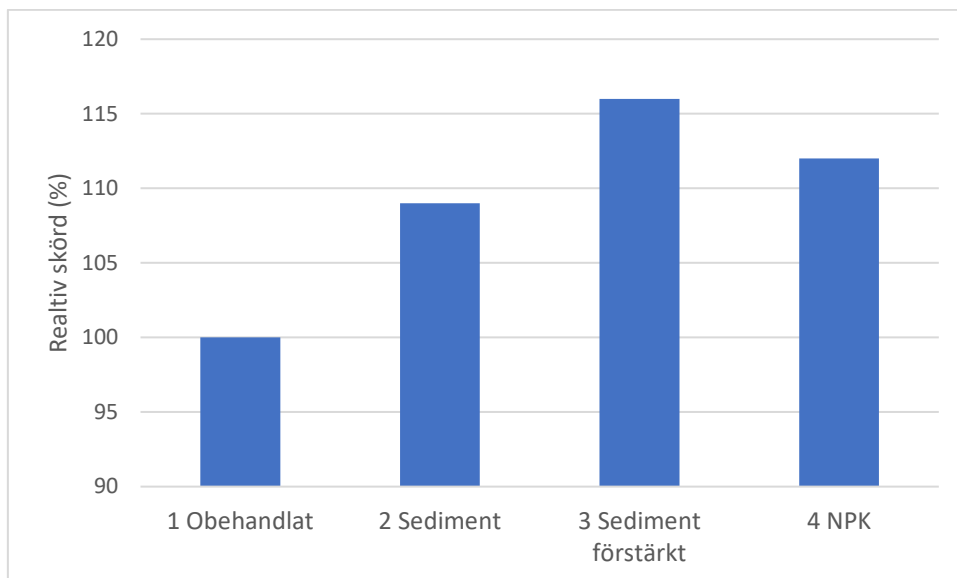
Sediment och pellets spreds med lämplig utrustning och nedbrukades genom harvning utan sladdplanka tvärs parcell snarast efter spridning. Tillförsel av handelsgödsel gjordes jämnt över hela försöket, antingen i samband med sedimentspridningen eller genom kombisådd vid sådd av grödan. Graderingar av stråstyrka gjordes vid gultmognad och skörd. Jordprov i försöksrutorna togs genom generalprov, jordart, mullhalt, pH, AL (P, K, Mg) och HCl-analys (K, Cu). Skördeprov togs rutvis. Växtprover skickades till Hushållningssällskapet Västras analyslabb i Grästorp för analys.

6.1.2.2 RESULTAT FÖRSÖKSODLING PÅ ÅKERMARK 2020 OCH 2021

Vad gäller försöket med vårrågvete (**Figur 31**) visades att ledet med endast tillfört sediment (avvattnat men inte pelleterat) gav något sämre skörderesultat jämfört med handelsgödsellet (**Figur 27**). Den relativa skörden var som väntat ca 10–15% högre oavsett gödningsalternativ än ogödslat led. Enbart gödning med sediment gav ca 8% högre relativ skörd jämfört med ogödslat. För led 3 var tillförseln av sedimentet förstärkt med handelsgödselgiva för att motsvara den rekommenderade givan till vårrågvete. Led 3 och led 4 hade teoretiskt sett samma näringsinnehåll i gödseltillförseln men led 3 (sediment och NPK) gav ca 3-4% högre skördeutfall än enbart NPK (**Figur 27**).



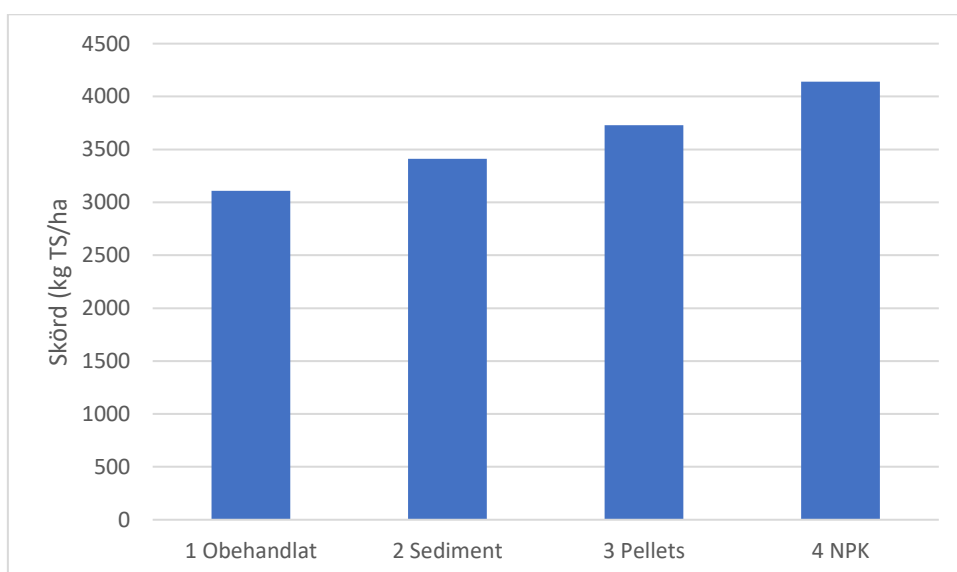
Figur 27. Skörderesultat säsong 2020 vårrågvete, kg TS/ha. Avvattnat sediment från Ralången.



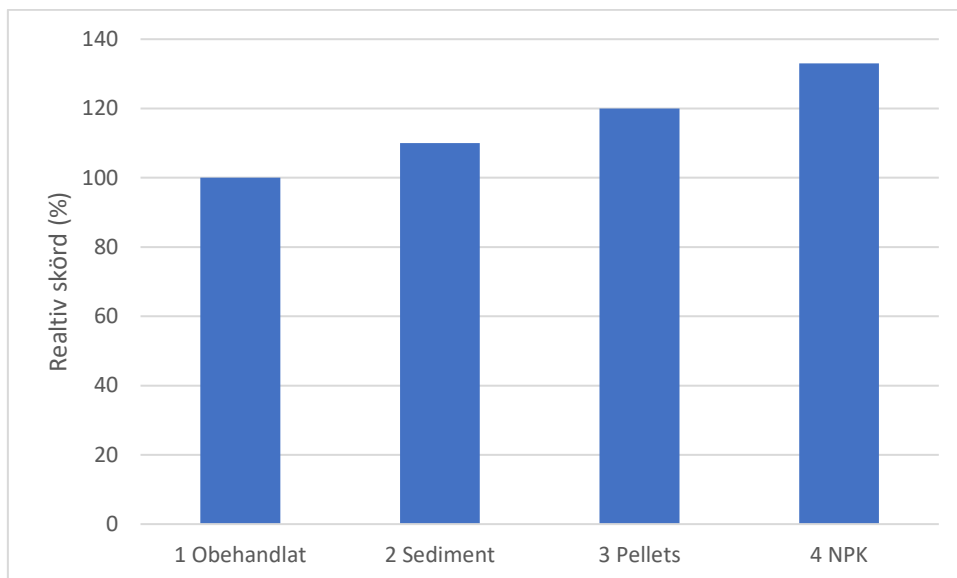
Figur 28. Relativ skörd, vårrågveteförsöket, 2020, totalskörd. Avvattnat sediment från Ralången.

I rågvete-försöket där pellets använts var det små skillnader i skördeutfall mellan leden där gödslade led hade 10–30 % högre totalskörd jämfört med ogödslad (Figur 29). Förväntade relativa skördenivåer var att skillnaderna skulle varit större, särskilt mellan led 1 och led 3 och 4 (20 respektive 30 % högre skörd) (Figur 31).

Led 4 som gödslats med handelsgödsel uppvisade 10–15 % högre skörderesultat än övriga led som gödslats (Figur 30). Det kan bero på att gödslings-effekten kan vara något sämre vid tillförelse av sediment och pellets då näringsämnen i dessa produkter kan vara svårtillgängliga för växten att ta upp jämfört med handelsgödsel. Här hade ett efterföljande efterverkansförsök varit intressant att genomföra för att se resultatet av de tillförda gödselprodukternas efterverkan då det är troligt att växtnäringsämnen i de organiska gödselmedlen sediment och pellets frigörs under en längre period.



Figur 29. Skörderesultat säsong 2021 rågvete, kg TS/ha. Pellets av sediment från Ralången.



Figur 30. Relativ skörd, rågvete försöket 2021, totalskörd. Pellets är gjort på sediment från Ralången, blött sediment utgörs av sediment från Barnarpssjön.



Figur 31. Rågvete försöket säsongen 2021. Bilden till höger visar tydliga visuella skillnader mellan de olika leden, där ledet för pellets till vänster, nollruta i mitten (ogödslad kontroll) och handelsgödsel till höger.

6.1.3 Försöksupplägg och resultat för skogsmark 2020-21 – sediment från Ralången

6.1.3.1 NÄRINGSBEHOV OCH RIKTGIVOR FÖR SKOGSMARK

Vid gödsling av ungskog (plantskog ca 2 m) ska hänsyn tas till att träden ska bygga upp hela sin barmassa och att alla ingående ämnen ska finnas representerade i gödselgivan. För att avgöra behovet har SLU tagit fram en tabell med ”bör-värden” för olika näringsämnen i relation till tillgången på kväve (**Tabell 5**. Bör-värden för makro (N, P, K, Ca, Mg, Mn, S) och mikronäringsämnen (Fe, Zn, B, Cu) anges i procent av kväveinnehållet. Om halterna av ett näringsämne ligger över bör-värdet bör man tillföra extra mycket av detta näringsämne vid nästa gödningstillfälle.). För att avgöra vilka ämnen som bör tillsättas ska barranalys tas inför gödsling. Provtagning av barranalys sker under den tid på året då invintring skett. Vid denna första giva finns även en rekommendation om tillsats av fosfor vid behov.

Tabell 5. Bör-värden för makro (N, P, K, Ca, Mg, Mn, S) och mikronäringsämnen (Fe, Zn, B, Cu) anges i procent av kväveinnehållet. Om halterna av ett näringsämne ligger över bör-värdet bör man tillföra extra mycket av detta näringsämne vid nästa gödningsstillfälle¹⁶.

Ämne	Fosfor (p)	Kalium (K)	Kalcium (Ca)	Magnesium (Mg)	Mangan (Mn)	Svavel (S)	Järn (Fe)	Zink (Z)	Bor (B)	Koppar (Cu)
"börvärden" (%)	10	35	2,5	4	0,05	5	0,2	0,05	0,05	0,02

6.1.3.2 FÖRSÖKSUPPLÄGG OCH PLANTMATERIAL

Försöken har utförts på Äsperyd gård utanför Nässjö på sydsvenska höglandet. Försök med att utröna vitalisering alternativt tillväxtökning genom tillsats av näringen i plantjorden. Fyra olika försöksled genomfördes: 1. Obehandlad kontroll ; 2. Bottensediment, 3. Bottensediment med kväve och näringsämnen enligt börvärden, 4. Endast Skogs-Can (eller näringsoptimerad) (**Figur 32**).

Uppställning med både gran och poppel etablerades i juni 2020 och utfördes som fullständigt blockförsök med fyra upprepningar (**Figur 32**). Försöket övervintrade vintern 2020–2021 och avslutades hösten 2021.



Figur 32. Fågelperspektiv av försöksuppställning med gran och poppel vid försöksodlingens inledning.

Granen är det trädslag som används kommersiellt i skogsbruket, 60–70 % av alla plantor som planteras i Sverige är gran. Det är ett hårdigt väl beprövat trädslag även på sydsvenska höglandet som tål att stå trångt under försökstiden då den är skuggföredragande. Poppel valdes då den är mycket snabbväxande och att trädslaget svarar på näringen i jorden.

För att skogsplantorna i försöket skulle tillgodogöras all näring som tillsattes beräknades att varje planta behövde ca 0,05 m² växtplats/planta för rottillväxt och bibehållen grönmassa. Detta gav 20 plantor/odlingslåda.

6.1.3.3 APPLICERING AV TILLSATSER

Tillsatserna (sediment och näringstillskott) vattnades över plantjoden vid utsättningen av plantorna inför växtsäsong. Plantering skedde i plantlådor/pallkragar på friland med bot-tenduk för bättre kontroll och möjlighet till jämlig bevattning av de olika parcellerna.

Jorden som användes i pallkragarna är omblandad matjord från en nedlagd åker på försöksgården. Totalt planterades 20 plantor per låda, dvs 80 plantor per försöksled. Plantorna sattes i fyra rader om fem plantor i varje rad. Plantorna kom från olika plantsäckar med barrrotsplantor och var slumpmässigt spridda i lådorna (**Figur 33, Figur 39**).

En normal kvävegiva vid skogsgödsling¹⁷ är 120-150 kg kväve (N)/ha. Denna giva kan ges två till tre gånger under en omloppstid i södra Sverige. Att omsätta detta till ett plantförsök visade sig inte vara helt enkelt. Behovet av kväve varierar stort i landet, dels beroende på innehållet i jorden, dels på det naturliga kvävenedfallet men även på hur plantornas näringsbalans ser ut inför planteringstillfället. Rekommenderade givor gäller även för planteringar i skogsmark på växande skog som kan ta upp den näringen som sprids.

För att kvävet ska ha effekt krävs att andra näringsämnen och mikronäringsämnen finns tillgängliga i marken. Ett ämne som ofta saknas på exempelvis torvmark är kalium. I sedimentet fanns kalium med i förhållandet 24 % av kväveinnehållet vilket var i underkant mot den rekommenderade givan på 30–35 % av kvävegivan.

I plantförsöket användes matjord från närliggande åker/skogsmark. Analysen på matjorden visade på tillfredsställande nivåer av erforderliga näringsämnen för skogsplantering. Nivåerna av såväl kväve som kalium och fosfor ligger dock strax under de rekommenderade värdena för växtodling. På de försöksled där kväve tillsats beräknades givan till 150 kg/ha, dvs 15 g/m². Jordens pH låg på ca 5,6.



Figur 33. Igångsättning av skogsplantförsök våren 2020. Plantorna fick stå över till nästkommande säsong d v s hösten 2021. Under 2022 kommer barr-massa att analyserats (d v s plantorna står kvar efter denna redovisning skrivits).

Det finns rekommenderade högsta och lägsta nivåer på innehållet även vid spridning av aska som är en närliggande produkt till sjösedimentet. I normalfallet utgör spridning av aska alltid långt under maxvärdena men tabellen ska ses som en fingervisning och rekommendation. I sjösedimentet fanns inga ämnen som riskerade att ligga för högt utifrån detta intervall vid en normalgiva i skogen.

Rekommendationen är dock att inte sprida mer än 6 ton TS/ha under en omloppstid, dvs 0,6 kg TS/m². Rekommenderad giva för en tioårsperiod är 3 ton TS/ha, dvs 0,3 kg/m². Torrsubstansen i bottensedimentet var 17,8 %. Det gav en maximal giva av bottensediment på 16 ton/ha vilket motsvarade 1,6 kg/m².

6.1.3.4 ANALYSER

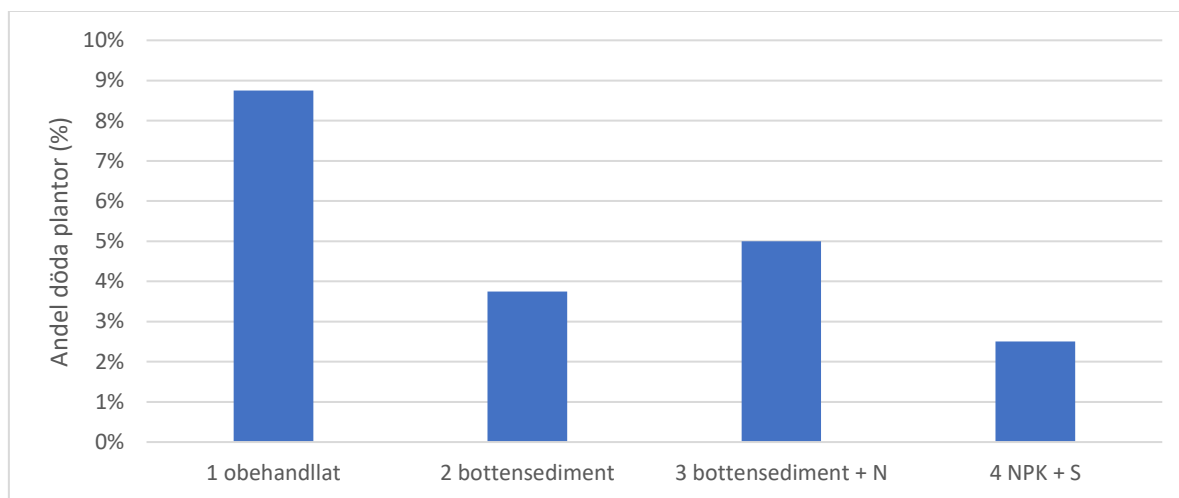
Skogsodlingsförsöket utvärderades avseende 1. Barranalys (endast granplantor – utförs efter projektet slut d v s hösten 2022), 2. överlevnad (antal och andel), 3. Tillväxt.

6.1.3.5 RESULTAT TILLVÄXTFÖRSÖK AV SKOGSPLANTOR 2020-21

Barranalys (kommer utföras efter 2022): Då försöket kommer att vara kvar ytterligare en säsong har inte barranalys gjorts för att inte påverka framtiden i försöket. Barranalys kommer därmed att utföras efter växtsäsong 2022 (utanför projektet). En visuell bedömning har gjorts men det finns ingen märkbar skillnad mellan de olika försöksleden.

Överlevnad gran (antal och andel): I försöket med gran var överlevnaden 100% i samtliga försöksled.

Överlevnad poppel (antal och andel): Andelen döda plantor av poppel uppgick till nästan 9 % i det ogödslade ledet (**Figur 34**). I samtliga övriga behandlingar var dödligheten lägre (2–5 %). Det innebär att ogödslade plantor hade nästan dubbelt så hög dödlighet som gödslade alternativ (**Figur 34**).

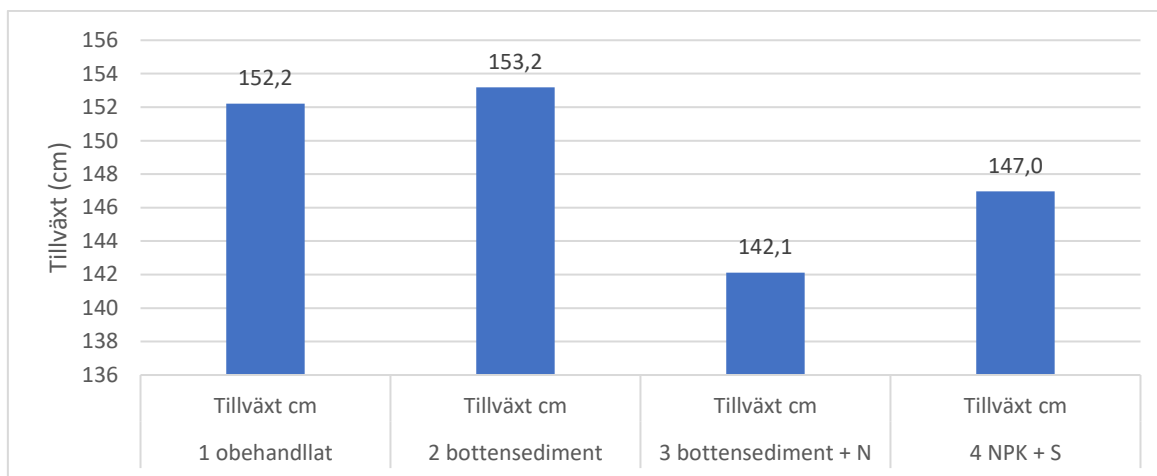


Figur 34. Andel döda plantor av poppel i de olika försöksleden.

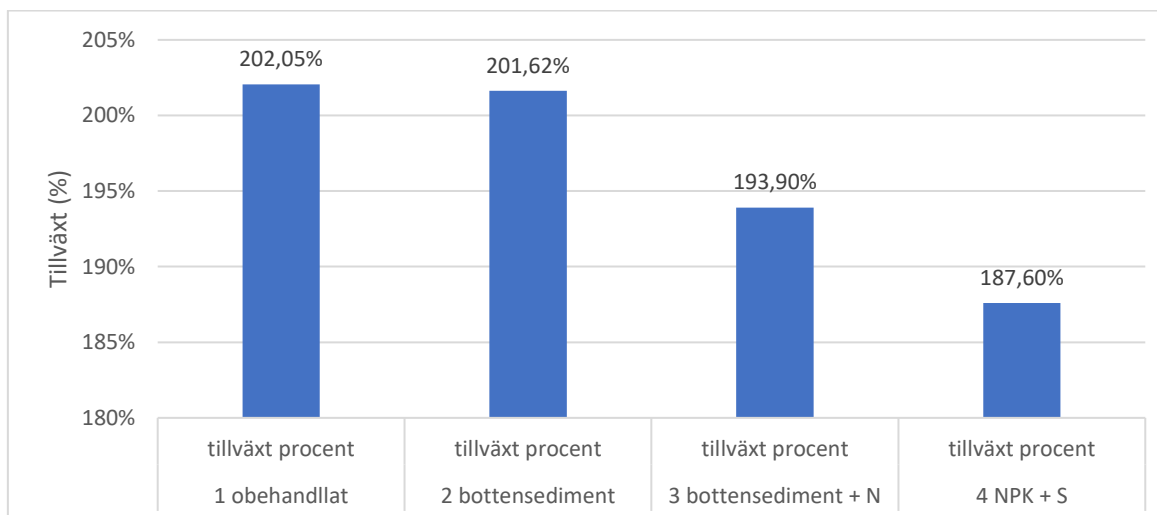
Tillväxt: Tillväxten efter två säsonger har beräknats genom individmätning av samtliga plantor vid start i juni 2020 och vid projektets slut oktober 2021. Då försöksmaterialet var något varierande från start redovisas tillväxten både i procent av individplantans totala storlek och i reella mått (centimeter).

Tillväxt poppel: När det gäller poppel var det obehandlat tillsammans med sedimentgödslat led som uppvisade den högsta tillväxten (**Figur 35**). Denna skillnad var i princip lika för

både faktiska tal och i procentuell tillväxtökning (**Figur 36**). Försöksledet med poppel med tillsatt kväve (N) hade i försöket den lägsta tillväxten.



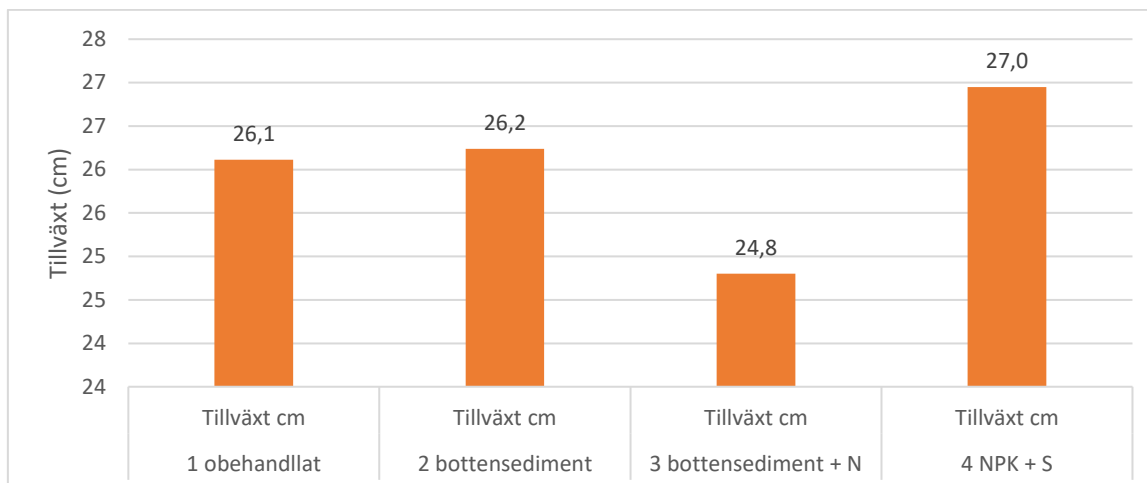
Figur 35. Tillväxt poppel (cm) i försöksodling med olika gödseltyper säsongerna 2020-21.



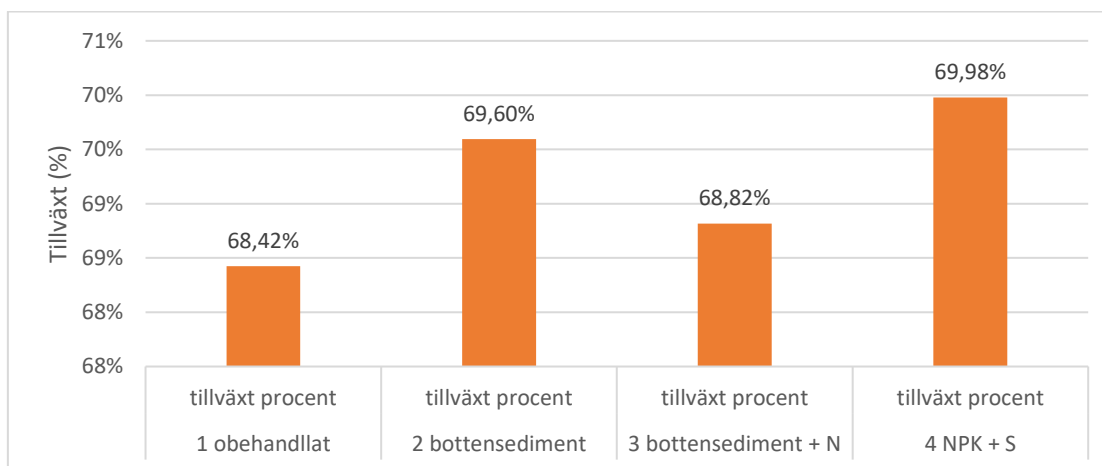
Figur 36. Tillväxt poppel (procent) i försöksodling med olika gödseltyper säsongerna 2020-21.

Skillnader som finns på de olika försöksleden var små. Att tillsatsen av kväve (N) inte har givit utslag kan bero på flera faktorer t ex att två växtsäsonger var kort tid för en gröda som poppel som är flerårig. Dessutom hade planteringssubstratet (jorden) ett högt näringsinnehåll från start och gödning med kväve var möjligen inte akut för plantans överlevnad. Det som gick att ana i försöket var att bottensediment i sig inte påverkar tillväxten negativt.

Tillväxt gran: När det gäller gran var det behandling med kväve (N) samt behandling med bottensediment som hade högst tillväxteffekt (**Figur 37, Figur 38**). Samtliga skillnader var dock så små att det inte fanns någon statistisk säkerhet i resultatet utan det kan möjligen ses som en tendens. Dessutom var försöket med bottensediment och tillsats av kväve (N) det försöksled som hade lägst tillväxt. Precis som vid försöket på poppel är gran en flerårig växt och studier efter endast två växtsäsongers tillväxt är mycket osäkra.



Figur 37. Medeltillväxt gran (cm) i försöksodling med olika gödseltyper säsongerna 2020-21.



Figur 38. Medeltillväxt gran (procent) i försöksodling med olika gödseltyper säsongerna 2020-21

Skador (*subjektiv bedömning*): Det noterades ingen skillnad på skador mellan olika försöksled. Försöksytan har varit skyddat från betande djur genom ett viltstängsel. Även hare verkar ha hållits utanför staketet. De plantor som dött i poppelförsöket dog i början av första säsongen, troligtvis beroende på plantmaterial och plantering snarare än vilken behandling de fått.



Figur 39. Försöksodling i början (våren 2020) samt vid projektets avslut (hösten 2021).

7 Praktiska och juridiska aspekter med sediment som gödselmedel på åkermark

7.1 Regler och risker - åkermark

7.1.1 Spridning av sediment

Bottensedimentet från Ralången innehåller relativt mycket fosfor vilket betyder att det skulle vara ett lämpligt gödselmedel till bland annat spannmål och oljeväxter. Sedimenten innehåller även kväve, dock är mycket av kvävet svårnedbrytbart och det kommer därför ta tid innan det kommer till nytta för grödorna. En begränsande faktor är att sedimentet innehåller halter av tungmetaller, bland annat bly, kadmium och nickel. Det är ofta tungmetaller som styr hur mycket sediment man kan använda på åkermarken för att inte överskrida hälsofarliga nivåer.

I Sverige finns inte något särskilt regelverk för tillförsel av näringsrikt bottensediment från insjöar. Däremot finns regelverk för spridning av organiska gödselmedel på jordbruksmark samt regelverk för spridning av slam på åkermark.

Eftersom upptag och användning av bottensediment i livsmedelsproduktionen är nytt är frågan huruvida man anser att bottensediment ska klassas som slamgödsling eller annat organiskt gödselmedel ännu oklar.

7.1.2 Spridning av organiska gödselmedel

Regler för spridning av stallgödsel och andra organiska gödselmedel finns i Jordbruksverkets föreskrifter och allmänna råd om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring¹⁸. En ny version av föreskriften trädde i kraft den 1 april 2016.

Stallgödsel och andra organiska gödselmedel får inte spridas i större mängd än vad som motsvarar 22 kg totalfosfor per hektar spridningsareal och år, räknat som ett genomsnitt på hela spridningsarealen under en femårsperiod¹⁸. För att marken ska få räknas som spridningsareal måste spridning ha ägt rum någon gång under femårsperioden. Denna bestämmelse gäller i hela landet.

7.1.3 Spridning av slam

Regler för spridning av slam finns både i Jordbruksverkets och Naturvårdsverkets föreskrifter. I Jordbruksverkets föreskrifter jämföras avloppsslam med stallgödsel beträffande spridningsrestriktioner med undantag för kravet på nedbrukning inom 4 timmar i södra Sverige och begränsningen på max 170 kg totalkväve per hektar och år i känsliga områden¹⁸.

Mängden slam som får tillföras per hektar ska anpassas efter markens fosfortillstånd och tungmetallinnehåll och slammets innehåll av totalfosfor, tungmetaller och ammoniumkväve¹⁹. Maximalt tillåtna givor med hänsyn till fosfor och ammoniumkväve listas i **Tabell 6**. Begränsningarna i Naturvårdsverkets föreskrifter gäller på varje enskilt hektar åkermark där slam sprids.

Tabell 6. Maximal mängd totalfosfor och ammoniumkväve som får tillföras åkermark via avloppsslam och andra avloppsfractioner²⁰

P AL-klass	Totalfosfor (kg/ha och år)	Ammoniumkväve (kg/ha och år)	Totalfosfor (kg/ha och spridningstillfälle)
I och II	35	150	245
III-V	22	150	154

För att inte höja metallhalterna ytterligare i jordar där de redan är höga får avloppsslam enligt Naturvårdsverkets föreskrifter²⁰ inte spridas alls på åkermark med metallhalter över en viss nivå. Vidare finns det gränsvärden för hur stor mängd metaller som får tillföras på marker där spridning får ske¹⁵ (**Tabell 7**).

Tabell 7. Högsta tillåtna metallhalt i åkermark samt maximal tillförsel av metaller vid användning av avloppsslam.¹⁵

Metall	Gränsvärden för metallhalt i åkermark (mg/kg ts jord)	Maximal tillförsel av metaller vid användning av avloppsslam (g/ha och år)
Bly (Pb)	40	25
Kadmium (Cd)	0,4	0,75
Koppar (Cu)	40	300*
Krom (Cr)	60	40
Kvicksilver (Hg)	0,3	1,5
Nickel (Ni)	30	25
Zink (Zn)	100	600

* Vad gäller koppar kan större mängder godtas om den aktuella åkermarken behöver koppartillskott.

7.1.4 Branschkrav vad gäller användande av organiska gödselmedel

Upptag av bottensediment från sjöar är en ny resurs och den teknik som nu används är inte använd i stor skala ännu varför livsmedelsbranschen inte utarbetat några riktlinjer eller policys för användning av sådan produkt. Det finns däremot policys för användning av avloppsslam och rötrest. Lagen sätter en lägsta gräns för vad som får tillföras jordbruksmark och branschen har i sina policys högre ställda krav än de som finns i regelverket, med hänvisning till konsumenternas krav.

Mjölkdiranschen har tagit fram en branschpolicy vad gäller användning av slam. Den säger att inget slam får komma in på mjölkgården, men man tillåter inköp av foder som producerats på annan gård där slam används på jordbruksmarken, under förutsättning att slammets är reva-q-certifierat. Lantmännen och kvarnföreningarna har också policys vad gäller slam-användning.

Men ingen har utarbetat någon policy för användning av näringsrikt bottensediment från övergödda sjöar eftersom inte behovet av en sådan policy funnits tidigare. Om spridning av bottensediment från sjöar visar sig bli en fråga inom jordbruket kommer LRF m.fl. behöva ta ställning till användandet. Det är viktigt att ha en nära dialog med LRF och branschföreningar i denna process framåt.

Inom KRAV-certifierad produktion finns regler kring tillförsel av tungmetaller som skiljer sig något mot Naturvårdsverkets¹⁵ gränser för maximal tillförsel av metaller vid användning av avloppsslam på åkermark (**Tabell 8**).

Tabell 8. Gränsvärden tungmetalltillförsel till KRAV-certifierad åkermark.

Ämne	g/ha och år
Bly	25
Kadmium	0,45
Koppar	300*
Krom	40
Kvicksilver	0,8
Nickel	25
Zink	600
Silver	3

*För koppar får större mängder, maximalt 1 kg per hektar, tillföras om du kan visa att den aktuella åkermarken behöver kopparskott.

KRAVs regelverk²¹ anger sediment som ett tillåtet gödselmedel inom ekologisk produktion. Det gäller endast organiska sediment som:

- är utvunna som biprodukter från verksamhet i sötvatten eller tidigare sötvattensområden
- vars källor är fria från bekämpningsmedel, föroreningar och bensinliknande ämnen
- där utvinningen ska ha skett på ett sätt som orsakar minsta möjliga påverkan på vattenmiljön
- Inte överstiger gränsvärden för vissa metaller (**Tabell 9**)

Tabell 9. Gränsvärden som inte får överstigas i sediment som ett tillåtet gödselmedel inom ekologisk produktion²¹.

Metall	Halt (mg/kg TS)	Metall	Halt (mg/kg TS)
Koppar (Cu)	70	Zink (Zn)	200
Nickel (Ni)	25	Kvicksilver (Hg)	0,4
Bly (Pb)	45	Krom (Cr) (totalt)	70
Kadmium (Cd)	0,7	Krom (Cr) (VI)	ej påvisbart

Från och med den 16 juli 2022 gäller de relevanta gränsvärden för förorenade ämnen som fastställs i EU-förordning²². Huruvida bottensediment från näringsrika sjöar ingår i denna beskrivning och därmed är tillåtet att använda inom ekologisk produktion är fortfarande något oklart. Eftersom detta är en nyhet inom branschen har man inte ställts inför frågan tidigare och användning av produkten behöver utredas, riskbedömas och regelverk/riktlinjer behöver tas fram utifrån kunskap om produkten. Genom att certifiera gödselmedlet stärker man upp produktens trovärdighet. En certifiering per sjö kommer då behövas.

7.2 Regler och risker - skogsmark

7.2.1 Varför gödsla skog?

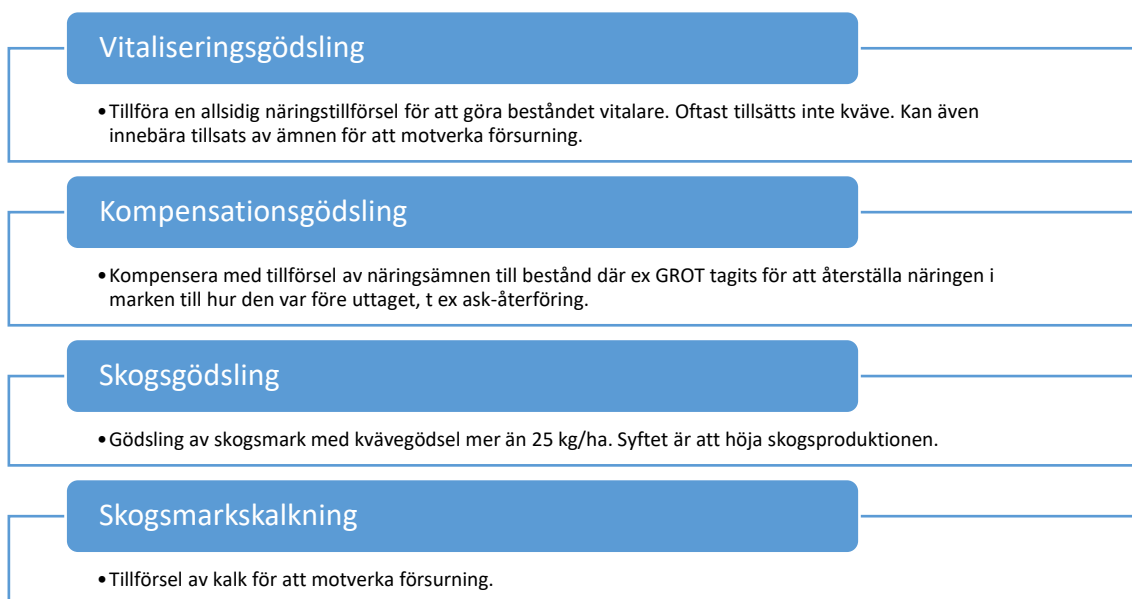
Ett alternativt avsättningsområde för sjösedimentet skulle kunna vara att sprida det på skogsmark. Detta alternativ har rent praktiskt flera fördelar jämfört med spridning på åkermark. Spridning på åkermark kräver att man kommer i rätt tid under växtsäsongen, dels för att undvika körskadorna i växande gröda, dels för att det ska vara en positiv påverkan på den växande grödan men även att valet av gröda kan innebära olika behov av näring för att produkten inte åter ska hamna i vattendraget det hämtats ur.

På skogsmark är tidsaspekten mindre känslig för när givan kommer och lättare att förutse år för år då omloppstiden är betydligt längre. Det är dessutom andra regler kring behandling av produkter från skogen jämfört med produkter från jordbruksmark som ska till livsmedel.

Spridning av näring på skogsmark är inget nytt. Det finns mycket forskning kring området och beprövade tekniker för hantering av spridningen i skogsmark²³. Näringstillförsel handlar traditionellt om att höja produktiviteten eller tillväxten på den aktuella marken. För att kallas skogsgödsling ska syftet med den tillförda näringen vara att höja skogsproduktionen. Vilka näringsämnen som krävs växlar naturligtvis från område till område men för Sveriges del handlar det generellt om att det är kväve som är den begränsade faktorn. Och definitionen av skogsgödsling har därför bestämts till en gödslingsgiva med kväve på 25 kg/ha eller mer.

7.2.2 Begreppet "gödsling" - Tillförsel eller återföring?

Definitionen kan tyckas vara av teoretisk innebörd men beroende på bedömning av vilken sorts näringstillförsel det handlar om är det olika lagar som styr hanteringen (**Figur 40**). Olika typer av gödning på skogsmark (**Figur 40**). Arbetet med bottensediment och spridning i skogsmark liknar mycket hanteringen av aska och askåterföring till skogen. Det finns likheter både i sammansättningen av produkten och utifrån vilka lagar som styr hanteringen då båda i juridisk definition är olika former av "avfall". Den stora skillnaden är att principen kring askåterföring är just "återföring" av de näringsämnen som en gång tagits ut ur det aktuella beståndet, medan bottensediment mer kan beskrivas som tillförsel av något nytt.



Figur 40. Olika typer av gödning på skogsmark.

7.2.2.1 GÖDSLINGENS EFFEKTER PÅ VÄXANDE SKOG

Rätt utförd är skogsgödning med kväve en av de enskilt mest lönsamma och produktionshöjande skogsskötselåtgärderna en markägare kan utföra fränsett traditionell skogsvård som plantering, röjning och gallring. Även kompensationsgödning och vitaliseringsgödning är i ett längre perspektiv lönsam för ekonomin.

Skogsgödning bör utföras i växande fullsluten skog. Bäst ekonomisk effekt har gödningen om den utförs sent i omloppstiden och på medelgoda till goda boniteter. En normal kvävegiva ca 200 kg/ha kan under en tioårsperiod öka tillväxten med 15-20 m³sk/ha. Den ekonomiska tillväxten ökar sannolikt ännu mer eftersom diametertillväxt i slutet av omloppstiden teoretiskt höjer kvaliteten i beståndet.

Kompensationsgödning med ex aska kan fungera produktionshöjande i områden med hög bonitet och mycket kväve i marken. I södra Sverige där rekommendationen²⁴ är att inte kvävegödsla bör aska eller liknande näringsammansättning ha en positiv effekt på växande skog då brist på andra ämnen än kväve fungerar tillväxthämmande. Till bristämnen som kan behöva tillföras skogen hör kalium, kalcium och i enstaka fall fosfor samt en del spårämnen som magnesium.

7.2.2.2 GÖDSLINGENS EFFEKT PÅ SKOGSMARKEN

Gödning av skog bör ske i växande skog, där träden kan ta upp näringsämnena och binda upp dem. Det finns alltid en risk med tillförsel av näringsämnena, ex försurning eller läckage. Vid gödningen bör därför finnas en väl etablerad fältflora som kan fånga upp näringsämnena som inte tas upp av skogen. Utlakning av kväve från växande skog har inte nämnts som ett problem medan gödning i etableringsfasen kan ge upphov till näringsläckage.

7.2.2.3 GÖDSLINGENS EFFEKT PÅ MILJÖN

Lokalmiljön kan påverkas negativt av felaktigt utförd gödsling eller gödsling med fel innehåll. Följer man Skogsstyrelsens rekommendationer²⁴ med skyddszoner, hänsyn till hänsynskrävande biotoper och arter samt givor efter bonitet och geografi bör effekterna inte vara ett problem för miljön. All förändring av den kemiska sammansättningen i marken påverkar dock florán på området och flera studier pågår för att säkerställa att rekommendationerna stämmer bl.a. har studier av mykorrhizasvampar och mossor och lavar gjorts som indikerar att sammansättningen påverkas negativt av kvävegödsling²⁵.

Största risken som idag identifieras i samband med någon sorts tillförsel av näringsämnen är påverkan på skogens vatten. I samband med tillsats av ämnen till mark kring vattensystem kan mark och vattenkemin påverkas, exempelvis genom höjning/sänkning av pH-värdet, så att det blir utfällningar av andra ämnen som är skadliga för miljön. Vid avvattningsmassor kan även tillsats av ämnen förekomma för att påskynda processerna t ex bentonit och kitosan. Vid tillsats av nya ämnen eller bärare av näringsämnen är det viktigt att försäkra sig om att vilken påverkan de har på spridningsområdets miljö.

Tillväxthöjande skogsvårdsåtgärder används även som ett medel att påverka klimatförändringarna. I Norge anses gödsling av skogsmark vara en del av åtgärder för att motverka klimatförändringarna, där ser man mer till den positiva effekten förhöjd tillväxt har gentemot de risker med ex försurning och påverkan på flora²⁶.

7.2.2.4 VAD ÄR SKOGSGÖDSLING RENT JURIDISKT?

Under försöket med upptagning och spridning av näringsämnen från bottensediment gjordes en prövning av vad produkten som tas upp från sjöbotten ska hanteras som. Rent juridiskt är den upptagna produkten att betrakta som ”muddermassa” enligt ett ställningstagande från länsstyrelsen i Jönköping. Det innebär att spridningen hanteras utifrån miljöprövningsförordningen²⁷ och anmäls enligt miljöbalken²⁸ till berörd kommun. Är den berörda volymen i respektive kommun större än 1 000 ton är verksamheten tillståndspliktig och miljöprövning med MKB till Länsstyrelsen ska göras.

Till skillnad mot åkermark finns det ingen direkt lagstiftning som reglerar användning av ex avloppsslam på annan mark än åkermark, alltså inget som reglerar spridning av slam i skogen så länge volymen understiger 1 000 ton. För all spridning av material vare sig i skogs- eller jordbruksmark finns gränsvärden för enskilda ämnen som togs fram för att gälla spridning av aska, dessa togs fram av Skogsstyrelsen 2007²⁴. Dessa rekommendationer av maximalt av ämnen i används idag som vägledande när det gäller såväl aska, slam eller andra produkter som exempelvis bottensediment. När det gäller skogsgödsling styrs innehållet även av var i landet man befinner sig då Skogsstyrelsen väger in det naturliga kvävenedfallet som varierar över landet.

Beroende på näringsammansättningen och volymen av det som sprids i skogen gäller olika regler och krav. För att räknas som skogsbruksåtgärd krävs att det som sprids innehåller kväve av något slag. Enligt tidigare samråd med Skogsstyrelsen²⁹ av den berörda slamprodukten från Barnarpsjön har det konstaterats att även syftet med spridningen spelar stor roll i hanteringen kring lagfrågan. Skogsvårdslagen styr åtgärder vars syfte är att vara en skogsbruksåtgärd. När syftet med spridningen är hantering av eller omhändertagande av bärat sediment hanteras det upptagna sedimentet som ”avfall” enligt EUs avfallsdirektiv

och miljöbalken³⁰. Gränsen mellan skogsbruksåtgärd och en åtgärd för avsättning av en produkt (avfall) är inte helt definierad. Skogsstyrelsen anser dock att slamspridning (från avloppsslam) på skogsmark bör föregås av anmälan om samråd³¹ enligt miljöbalken. Detta på grund av att slamspridning anses vara en åtgärd som kan påverka den omkringliggande naturmiljön.

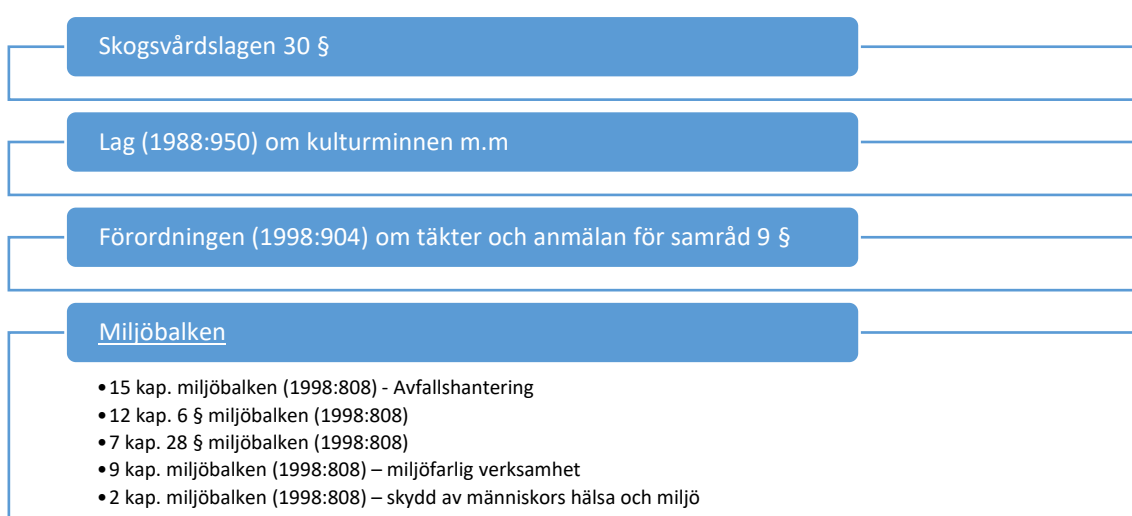
7.2.2.5 LAGAR OCH FÖRORDNINGAR

Inför kvävegödning av skogsmark ska åtgärden anmälas för samråd minst 6 veckor innan planerad åtgärd. Skogsstyrelsen gör en bedömning av verksamheten enligt skogsvårdslagen 30 § (natur- och kulturhänsyn) (**Figur 41**). Skogsstyrelsen gör en bedömning av åtgärdens omfattning och hur åtgärden kommer att påverka naturmiljön och därefter kontakta berörda myndigheter. I de fall Skogsstyrelsen bedömer att åtgärden kommer att påverka naturmiljön på det bedömda området väsentligt (vilket ofta är fallet) hamnar ärendet under miljöbalken. Samråd ska ske enligt miljöbalken³¹ av åtgärder som väsentligt kommer att ändra naturmiljön.

Även bestämmelserna i miljöbalken³² kan i vissa områden påverka möjligheterna till skogsbruksåtgärder som gödning (**Figur 41**). Detta kan vara exempelvis naturreservat, vattenskyddsområden och biotopskyddsområden. I områden som berörs av detta kapitel får en bedömning göras från fall till fall. I och omkring Natura 2000 områden gäller särskilda bestämmelser som hanteras av respektive länsstyrelse. Uppdraget för att bevaka att dessa bestämmelser vad gäller skogsskötsel efterlevs vilar hos Skogsstyrelsen.

Kvävegödning kan även på vissa områden anses utgöra en miljöfarlig verksamhet³³. Detta kan gälla exempelvis i närheten av vattentäkter. Skogsstyrelsen för då dialog med berörda kommuner.

Om det finns kända fornlämningar som berörs av en skogsbruksåtgärd krävs samråd med länsstyrelsen³⁴. Har anmälan skett till Skogsstyrelsen sköts kontakten med Länsstyrelsen av Skogsstyrelsen.



Figur 41. Fakta: lagar och förordningar som styr gödning av skogsmark.

7.2.2.6 SKOGSSTYRELSENS/LÄNSSTYRELSENS DIREKTIV OCH REKOMMENDATIONER

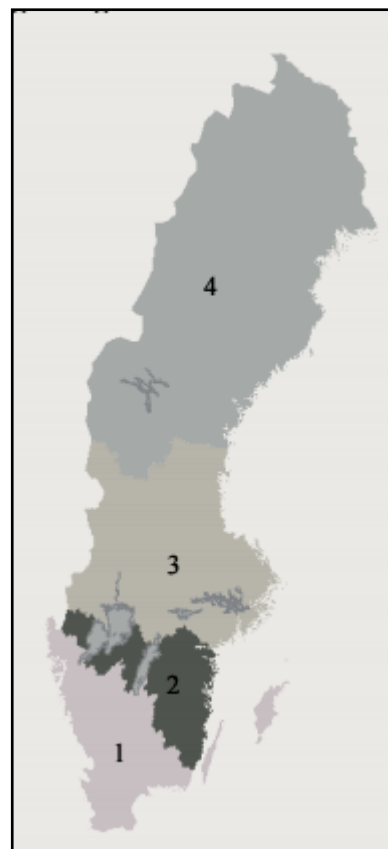
Utförda åtgärder bör alltid dokumenteras i förslagsvis skogsbruksplan. Åtgärder utförda under omloppstiden kan påverka framtida möjliga val i beståndet. Alla skogliga åtgärder där påverkan kan vara väsentlig på naturmiljön bör anmälas för samråd.

Skogsstyrelsens arbete med rutiner kring gödning/askåterföring är idag tio år gamla. Ett behov av uppdatering och komplettering av dagens rutiner har efterfrågats under en längre tid och behov för att möta den stora intresseökningen att sprida näring på skogsmark. Utvecklingen av teknik för spridning och hantering av de olika produkterna går idag fort.

Askåterföring rekommenderas idag på skogsmark som varit utsatt för ett uttag av biobränsle för att kompensera de borttagna näringsämnen. Askåterförel har i viss forskning även visat positiva resultat på bördiga kväverika marker där inget uttag gjorts, medan det på mindre bördiga marker både kan hämma och öka tillväxten. Tillförel av näringsämnen kan även ha en positiv effekt för att minska försurning av marken.

Sverige är indelat i fyra zoner när det handlar om skogsgödning (**Figur 42**). I sydvästra Sverige anses inte kväve vara en begränsande faktor för skogstillväxt och tillfört kväve enbart ökar risken för försurning varför kvävegödning inte bör ske alls. För norra Sverige finns starka incitament för att tillföra kväve ur ett skogligt perspektiv. Aktuell zonindelning finns hos Skogsstyrelsen³⁵ där även rekommendationer finns samlade.

När det gäller kompensationsgödning, typ askåterföring, finns en rekommendation kring det kemiska innehållet, minimihalter av näringsämnen och maxhalter övriga ämnen, för askor lämpliga att sprida i skogsmark³⁶ (**Tabell 10**).



Figur 42. Sverige är indelat i fyra zoner när det handlar om skogsgödning.

Skogsstyrelsen menar att för att begränsa negativa effekter och läckage av näring bör en giva av aska begränsas till 3 ton TS/ha under en tioårsperiod och maxdosen under en hel omloppstid bör inte överstiga 6 ton TS/ha.

Med hänsyn till Skogsstyrelsens rekommendationer så bör bottensediment från övergödda sjöar kunna fungera som, eller som en ingrediens i kompensationsgödsel. Gränsvärdena från de prover som tagits på berörda sjöar i Jönköpings län ligger långt under det rekommenderade maxinnehållet av skadliga ämnen. Högst troligt behöver dock även en del viktiga ämnen tillföras för att produkten ska ha någon tillväxthöjande effekt på skogen och för att Skogsstyrelsens minimihalter av viktiga näringsämnen ska uppnås utan att slå i taket för maxvärden på skadliga ämnen. Sammansättningen av näringsämnen varierar från sjö till sjö och behovet i skogen varierar med.

Tabell 10. Rekommenderade min- och maxinnehåll av ämnen vid kompensationsgödsling³⁶.

Makronäringsämnen, g/kg TS		
Kalcium	125	
Magnesium	15	
Kalium	30	
Fosfor	7	
Spårämnen, mg/kg TS		
Bor		800
Koppar		400
Zink	500	7000
Arsenik		30
Bly		300
Kadmium		30
Krom		200
Kvicksilver		3
Nickel		70
Vanadin		70

Gränsvärdet för krom höjt från 100 till 200 mg/kg TS enligt beslut 2015-12-09 dnr 2015-2821

7.2.2.7 CERTIFIERING ENLIGT PEFC ELLER FSC

Grunden i svenskt skogsbruk vilar på Skogsvårdslagen. I Skogsvårdslagen fastslås att produktion och naturvård ska vara likställda. I Sveriges bygger även skogsbruket på ett delat ansvar mellan de olika aktörerna på marknaden för att uppfylla de miljömål branschen har enats kring. Utöver frivillighet och lagkrav finns två dominerande skogscertifieringar, PEFC och FSC, där markägaren förbinder sig till att följa hårdare miljökrav än de som lagen föreskriver.

PEFC har inga ytterligare restriktioner kring vare sig askåterföring eller gödsling av skogsmark förutom att skogsvårdslagen och Skogsstyrelsens rekommendationer ska följas.

FSC:s krav är också att eventuella kompensationsgödsling, askåterföring eller skogsgödsling skall följa Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd. Enligt denna certifiering³⁷ finns vissa inskränkningar i hur gödsling med kväve ska göras utöver Skogsstyrelsens rekommendationer. Tolkningen är dock att det är Skogsstyrelsens rekommendationer som gäller.

”Skogsbrukare ska bedriva skogsbruket i former som syftar till att upprätthålla markens naturliga processer och långsiktiga produktionsförmåga samt undviker att skada andra ekosystem och biologisk mångfald. Skogsbrukare som tillför/återför kväve/mineralämnena ska med stöd av övergripande dokumentation visa att åtagandena inte utförs i strid mot detta.”

PEFC och FSC reviderar med återkommande intervaller sina styrdokument varför det är viktigt som markägare att försäkra sig om vad som gäller på just sin fastighet

7.2.3 Rekommendation och reflektion kompensationsgödsling

7.2.3.1 BESTÅNDSVAL

Idag saknas rationella metoder för provtagning och hantering av provresultaten av skogsmark inför spridning av näring. Det finns ett par generella rekommendationer för val av bestånd för spridning av aska. Bestånd som anses lämpliga för kompensationsgödsling är:

- Torvmark, näringsfattiga mark med ett relativt sett högt kväveinnehåll, där andra näringsämnen är begränsade för tillväxten
- Marker med hög bonitet/högt kväveinnehåll
- Marker där uttag av näring i form av GROT eller stamved gjorts
- I växande skog (på svagare marker kan eventuellt kompensationsgödsling spridas på kalmark för att motverka försurning)
- Där det inte finns risk för utlakning till vattendrag.

För spridning av bottensediment finns inga rekommendationer. En analys av innehållet i varje enskilt fall får avgöra spridningens lämplighet ur ett skogsproduktionsperspektiv. För att erhålla en positiv tillväxt är det troligt att det i stora delar av landet krävs en tillsats av kväve.

7.2.3.2 FRAKTIONER

Vid spridning efterfrågas en produkt med så jämn fraktionsstorlek och jämnt innehåll som möjligt för att kunna optimera givan. Av förklarliga kostnadsmässiga skäl eftersträvas en produkt med så hög torrhalt som är möjligt då ekonomin för spridningen ofta är avhängd volym och vikt och vatten inte tillför något näringsmässigt. När det gäller spridning av slam finns utarbetade metoder för pelletering av slam, ex med behandling av den pressade produkten med kalk för att undvika konglomerering. Denna produkt får då dessutom en pH-höjande effekt.

Spridningsteknik med beståndsgående maskiner bör vara i ett inledande skede vara den teknik som kommer att användas för den produkt som avhandlas här. Den teknik som kan komma ifråga bör vara ungefär den som idag används för att sprida aska. Optimal fukthalt i aska är 20-40%³⁸. En för hög torrhalt leder till ojämn fraktionering, arbetsmiljöproblem med damm och skador på beståndet. En för låg torrhalt gör att materialet risker att klumpa sig, kladda fast och onödig vikttransport. Aska som sprids idag är ofta krossad och återfuktad, men även spridning av granulerad aska och pelleterad aska förekommer. De senare metoderna ger en jämnare spridning, men kostnaden för efterbehandlingen överstiger ofta nyttan varför krossning är att föredra.³⁸

7.2.3.3 TILLSATS AV KITOSAN OCH BENTONIT

Vid sedimentering av det bottensediment som tas upp har funderingar framkommit om att tillsätta ämnen för att påskynda klarningsprocessen. Upphandlingsunderlaget står att kemikalier inte är tillåtna för avvattning varför utförarna letat naturliga produkter för avvattning. Valet har fallit på kitosan och bentonitlera³⁹.

För spridning i skogsmark finns väldigt lite dokumentation kring dessa ämnen. I stora mängder har bentonitlera en klumpbildande effekt och kan försvåra spridning genom att sätta igen maskiner, fastna och binda fast övriga näringsämnen. Lera har en även slipande effekt på maskinutrustning, men som en tillsats i små mängder bör inte detta påverka utrustningen eller spridningskapaciteten.

Kitosan har vad vi erfarit inte använts i skogsbruk tidigare. Kitosan bör ha en svagt kalkpåverkande effekt men det krävs stora mängder för att effekten på växande gröda ska bli mätbar³⁹.

7.2.3.4 SPRIDNINGSTEKNIK

Ett av problemen kring spridning av produkter i skogen är logistiken. För att det ska löna sig att genomföra en spridning krävs rationella metoder med pålitliga maskiner anpassade till skogen. Spridningen kan antingen ske ifrån luften eller från markgående maskiner. Spridning med helikopter sker i stor skala i norra Sverige medan den vanligaste metoden i södra Sverige är från beståndsgående maskiner. Spridningen begränsas i stor mån av hur miljön vid det aktuella beståndet ser ut och storleken på de ingående spridningsobjekten.

7.2.3.5 MASKINER

Tekniken för spridning av aska, slam, gödsel eller sediment i skogsmark med beståndsgående maskiner är väl beprövad och det finns flera alternativa maskiner på marknaden. Den vanligaste modellen består av en maskin typ skotare eller skördare med påbyggt magasin för pellet och spridare bak. Men även vanlig skogstraktor med gödselspridare kan fungera på mindre objekt. Skogforsk prövar och förfinar ny teknik, exempelvis spridarkassett som med en enkel manöver med skotarens kran kan lyftas över användas tillsammans med skotning och framtiden ser ut att erbjuda mer alternativ.

Mobila pelleteringsverk av aska har tagits fram och skulle med viss modifiering säkert kunna fungera bra för att förädla bottensedimentet till en mer lätthanterlig produkt att sprida. Maskinell spridning i skogsmark kommer troligtvis att vara det dominerande i en överskådlig framtid. Inom askspridningsområdet finns idag väletablerade entreprenörer vilket gör att det inte krävs stora innovationer för att börja spridning av bottensediment. Utvecklingen av obemannade flygfarkoster, drönare, går dock fort och bör kunna vara ett bra framtida alternativ till beståndsgående maskiner där risken för skador på beståndet är betydligt lägre.

8 Kommunikation

8.1 Upplägg av kommunikationsinsatser

De båda projekten noterade tidigt i dess genomförande att det fanns intresse från såväl sjörestaurering, lantbruk som allmänhet och politik. Även media har haft aktiv kontakt med hur det hela förlopt. Många av de planerade besökstillfällena och möten har ställts in till följd av de begränsningar som följt av pandemin. I stort har de båda projekten haft följande riktade kommunikationsinsatser:

- Nationella konferenser och föredrag
- Demonstrationsdagar i fält
- Publikationer i media
- Dokumentation via film på Youtube

8.1.1 Konferenser

Projekten har presenterats på följande konferenser (**Tabell 11**):

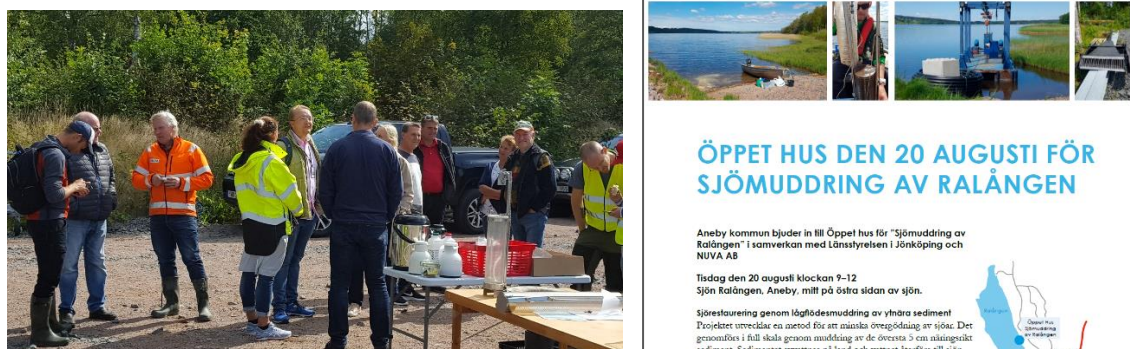
Tabell 11. Genomförda kommunikationsinsatser vid större workshops, konferenser eller liknande.

När	Konferens	Övrigt
2016	Havs- och vattenforum, Göteborg	Poster, samtalsstation
2016	First Nordic Phosphorus Conference, Malmö	Poster, informationsblad
2017	Sjörestaurering, Linköping	Temakonferens
2018	Marin restaureringskonferens, Kalmar	Föredrag
2019	Länsvattendag Jönköpings län	Föredrag
2021	Muddring ytnära sediment, Kalmar	Nätverksmöte

8.1.2 Demonstration i fält

8.1.2.1 DEMONSTRATION AV MUDDRING

Allmänhet inbjöds till en demonstrationsdag vid sjökanten vis Ralången den 20 augusti 2019 samtidigt som aktiv muddring genomfördes (**Figur 43**). Ett 50-tal besökare besökte platsen samt dessutom lokal tryckt media och TV. Även flera kommande projektutförare från andra kommuner besökte platsen.



Figur 43. Öppet hus vid sjön Ralången den 20 augusti 2019.

8.1.2.2 DEMONSTRATION AV FÖRSÖKSODLING AV JORDBRUKSGRÖDOR

När projektet beslutades fanns inplanerat att delta på Hushållningssällskapets årliga sommarmöte både 2020 och 2021. Båda dessa år ställdes mötena in på grund av pandemi.

En mindre informationsträff genomfördes på Hushållningssällskapets försöksodlingar den 20 juli 2021. Testytor med olika behandlingar visades och diskussioner om sediment som gödning diskuterades.

8.1.2.3 DEMONSTRATION AV SKOGSPLANTOR OCH SPRIDNING AV PELLETS I SKOG

I samband med den regionala klimatveckan för Jönköpings län (18-24 oktober 2021) – som passligt nog hade tema ”mat och klimat” – genomfördes den 20 oktober 2021 en demonstrationsdag av försöksuppställning av skogsplanförsöket samt spridning av pellets i skogsmark. Det var en kulen och blöt dag med få besökare (Figur 44).



Figur 44. Demonstrationsdag av spridning av sedimentpellets i skog en blöt, kall och kulen dag i oktober 2021.

8.1.3 Media

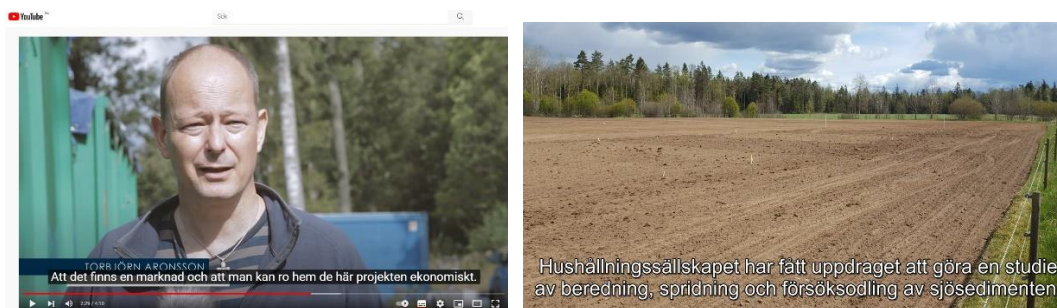
8.1.3.1 RÖRLIG MEDIA – EGNA FILMER OM PROJEKTEN

För att nå nya vägar att presentera projekten har fortlöpande en kommunikatör vid Länsstyrelsen varit inkopplad i projektet (**Figur 45**). Olika moment har dokumenterats med foto, film och intervjuer som därefter satts samman i två stycken filmer på 3–4 minuter styck som lagts på Länsstyrelsens youtube-konto. Den första filmen hade vid tidpunkt för rapportskrivning ca 800 visningar.



Figur 45. En kommunikatör har fortlöpande följt projektet och dokumenterat med rörlig media.

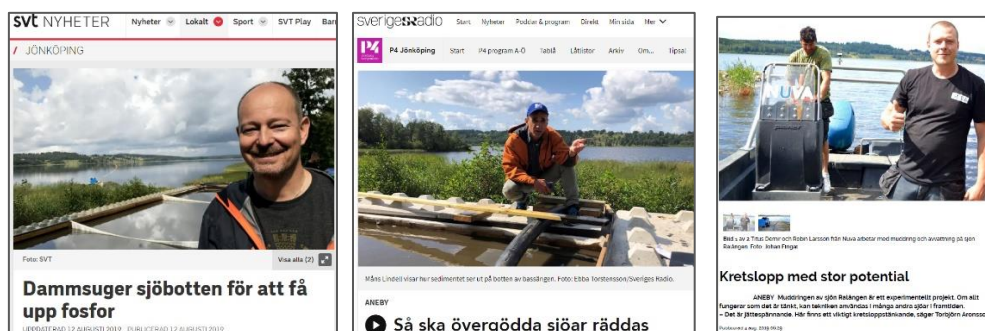
Den första filmen har fokus på själva muddringen och den andra filmen på beredning av sediment till pellets och försöksodling (**Figur 46**)



Figur 46. Två filmer har producerats – en med muddringen och en med försöksodling⁴⁰.

8.1.3.2 MEDIA – PUBLIC SERVICE

Såväl radio som TV har tagit del av projektet och haft inslag om framför allt muddringen (i samband med demonstrationsdagen 2019). Utöver det har flera lokala dagstidningar skrivit löpande om projektet t ex Tranås tidning, Smålandsposten (**Figur 47**).



Figur 47. Exempel på inslag i media där projekten uppmärksammats.

8.1.3.3 FACKLITTERATUR OCH FACKMEDIA

Branscherna har visat intresse av åtgärdstypen och framför allt av att nyttja en ny fosforkälla (Figur 48). I tidningen Hushållssällskapen som utges central av Hushållningssällskapet har två artiklar publicerats.

Tidskriften Land är en välkänd och klassisk tidskrift. I ett nummer från 2019 publicerades en artikel om åtgärdstypen och möjligheten till att tänka nytt inom jordbruket gällande gödningsmedel.

Ytterligare inslag i facklitteratur gjordes 2019 i affärstidningen ATL – denna gång som rörligt media - som är lantbrukets affärstidning är Sveriges ledande nyhetstidning inom jord, skog och entreprenad.



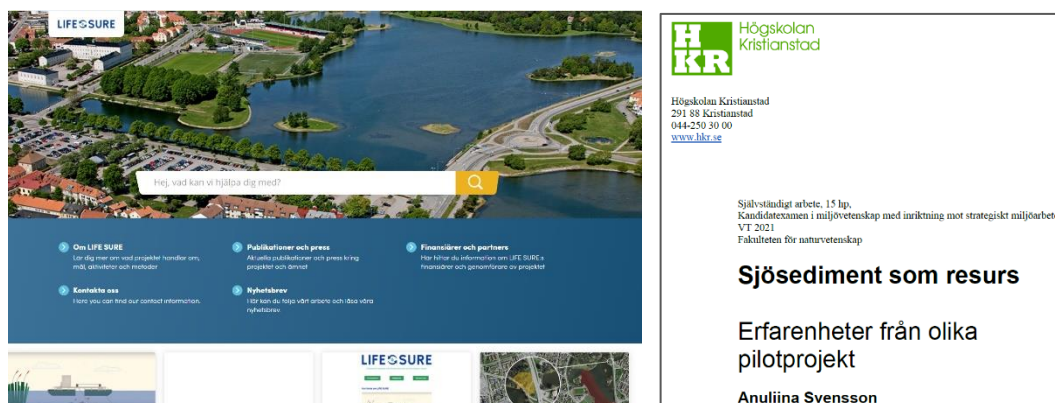
Figur 48. Publiceringar i tidskrifter där projekten uppmärksammats.

8.1.4 Nationellt nätverk med andra muddringsprojekt

Projektledningen har löpande deltagit i två större nätverk med beröring till tekniken: dels den grupp inom LIFE-IP Rich Waters med Vattenmyndigheten i Mellersta Östersjön som projektledare som fokuserat på övergödning av sjöar, dels ett informellt nät av kommuner, länsstyrelser och nationella myndigheter rörande interngödning av övergödda sjöar där yt-nära muddring med efterföljande återföring utgjort en del (Figur 49).

I nätverket finns flera andra pågående projekt t ex LIFE Sure i Kalmar⁴¹, samt det mycket liknande muddringsprojektet i sjön Öljaren i Katrineholms kommun.

Muddringen av Ralången och återföring av sediment har även granskats i examensarbetet på högskolor, exempelvis 2021 vid Högskolan i Kristianstad⁴².



Figur 49. Projektet LIFE Sure i Kalmar har flera gemensamma nämnare med projekten i föreliggande rapport. Till Höger: Olika åtgärdsmetoder för övergödda sjöar har granskats vid Kristianstad Högskola.

9 Ekonomisk analys och kostnadseffektivitet

Hela tanken med att återföra sediment till produktionsmark är att det ska generera en ”intäkt” som kan användas för driva på åtgärdsarbetet med övergödda sjöar. I de två projekten finns flera budgetposter som varit av utredande karaktär vilka inte bör ingå i totalsumman. Därför har ett flertal antagande gjorts för att beräkna kostnaden per kg återfört fosfor.

9.1 Är sedimentgödsling en lönsam affär?

9.1.1.1 PROJEKT ETT – MUDDRING

I det första projektet ingick en rad administrativa moment såsom framtagande av upphandlingsunderlag, tillstånd från Mark-och miljödomstol, diverse projektledningskostnader mm. Den totala projektkostnaden uppgick till 5,93 miljoner kronor och finansierades av Havs- och Vattenmyndigheten genom dels direkt anslag (särskilda åtgärdsmedel) dels genom LOVA-bidrag till deltagande kommuner.

De moment som berör utförandet utgörs av muddring och för-avvattning. Relevanta delsummor inom projektet för att beräkna kostnad per kilo fosfor uppgår totalt till ca 2 000 000 kr. Summan kan därefter användas för omräkning till fullskaleåtgärd.

För att bedöma momenten i ett projekt i full skala har följande antaganden gjorts:

1. Muddring av 20 ha sedimentyta → resulterar i 10 000 m³ blött (för-avvattnat) sediment d v s med samma TS-halt som ute i sjön (ca 5% TS-halt)
2. 50% av kostnaden beräknas utgöras av engångskostnader såsom etablering, projektledning, system mm (1 000 000 kr)
3. Kostnaden per ytenhet antas utgöra 20% av de resterande kostnaderna (1 000 000 kr i pilotförsöket d v s ca 2 milj kr/ha) → 0,4 milj kr/ha* 20 ha = totalt 8 miljoner kr för 20 ha.

9.1.1.2 PROJEKT TVÅ – AVVATTNING OCH PELLETSTILLVERKNING

I projektet genomfördes avvattning, pelletstillverkning och försöksodlingar till en total projektbudgeten ca 1,97 miljoner kronor. Finansiering kommer helt och hållet från Havs- och vattenmyndigheten. I summan ingår även administrativa kostnader såsom arbetstid, projektledning mm. För skatta den faktiska och möjliga reella kostnaden om det hade varit ett fullskaleprojekt – eller åtminstone större än utvecklingsprojekt - har endast vissa poster använts i beräkningen av kostnadseffektiviteten.

De moment som berör själva utförandet utgörs av avvattning i geosäck, pelletspressning inklusive tillsats av torrmedel, transporter. Relevanta delsummor inom projektet för att beräkna kostnad per kilo fosfor uppgår totalt till ca 750 000 kr. Summan kan därefter användas för omräkning till fullskaleåtgärd.

För att bedöma momenten i ett projekt i full skala har följande antaganden gjorts utöver de i projekt 1:

1. 10 000 m³ sediment har avvattnats i geosäck från en TS halt på 5% till 40% d v s åtta gångers avvattningseffektivitet. Det resulterar i 1 250 m³ sediment.
2. Avvattningen i geosäck utfördes i Barnarpasjön för ca 10 gånger större sedimentvolymer. Här har antagits 50% av kostnaden är etablering etc, resterande 50% har räknats som volymsekvivalent.
3. För nå pressbar TS-halt har inblandning av 50% torrt ämne (benmjöl) antagits
4. Transporter har utgjorts ca 10 mil enkel väg från sjö, till pressning och därefter till lagring (retur)
5. Ingen avgång av fosfor har ägt rum i något skede i kedjan.

9.1.1.3 EKONOMISK ANALYS

Beräkningar innehåller en rad antagande på mer eller mindre stabila grunder resulterar i att den mängd fosfor som tagits upp i projektet kostade ca 80 000 kr per kg P att ta upp (**Tabell 12**). Till det kommer kostnaden för avvattning på ca 10 000 kr/kg P och pressning inklusive benmjölstillsats på ca 37 500 kr/kg P. Utslaget per kilogram fosfor (25 kg P upptaget från sjön) blir den totala kostnaden för de praktiska momenten att avlasta sjön 140 000 kr per kg. Med tanke på alla antagande och beräkningar bedöms en rimlig kostnad i projektet vara 60-125 000 kr/kg fosfor ur sjön i projektet (enbart praktiska moment och inga administrativa kostnader).

Om det hade varit en fullskaleåtgärd där 20 ha kan antas utgöra en lämplig yta att muddra och med de antagande och beräkningar som redovisats blir kostnaden av naturliga skäl anorlunda. En åtgärd på 20 ha i sjön Ralången visar att en kostnad skulle kunna vara i storleksordning 37 000 kr per kg borttagen (tillvaratagen) fosfor. Med tanke på alla antagande kan man möjligen avrunda siffran till 20-50 000 kr per kg pelleterad sjöfosfor (**Tabell 12**). Denna mängd fosfor är alltså i pellets form – och baserad kostnad enbart med ursprung från sjösediment. I pelletsen finns även annan fosfor som tillkommit från tillsatsen, i denna beräkning benmjöl. I beräkningen har benmjölets ”värde” som fosfor inte ingått. Det innebär att produkten som finns för spridning har ett väsentligt högre fosforvärde än enbart sedimentursprungens fosfor. Det är den totala mängden fosfor som tillsammans kan ersätta handelsgödsel vid spridning och då bli som en ersättning. Förhoppningsvis innebär detta en minskad kostnad. Det kan leda till att metoden kan utgöra ett alternativ till handelsgödsel.

I dessa beräkningar har endast värdet av upptagne fosfor ingått och inte värdet av åtgärden av miljökvalitet i sjö. Även det har ett värde i sig.

Tabell 12. Kalkyl för åtgärdstypen lågflödesmuddring och återföring till produktionsmark såsom i projekten samt om det skalas upp till helösjöåtgärd i Ralången utifrån skattningar från Ralången.

	Delmoment och kostnad i projekten (avrundat)	Kostnad per kg P i projektet för Ralången	Data från/applikerat på Ralången	Beräknad kostnad för helösjöåtgärd (20 ha muddringsyta) i Ralången
Projekt 1	Muddring: Ca 2 000 000 milj kr Antagande: Etablering=50%, därefter 20% av resterande kostnad per ytenhet vid uppskalning	80 000 kr/kg P	25 kg fosfor på 0,5 ha (50 kg P/ha) → 250 m ³ blött sediment (TS ca 15-20%) → Kostnad 1 000 000 kr + 400 000 kr/ha	1 milj + 0,4 milj/ha*20 ha = 9 milj kr 20 ha → 10 000 m ³ blött sediment innehållande 1 ton sediment-P → 9 000 kr/kg P
Projekt 2	Avvattning (exempel geosäck från Barnarpasjön om 2 000 m ³ sediment med TS 5%): Ca 400 000 kr, Antagande: Etablering=50%, därefter 20% av resterande kostnad vid uppskalning	10 000 kr/kg P	Etablering=200 000 kr: + 200 kr/m ³ *250 m ³ blött sediment → 250 000 kr för 25 kg P	Etablering * sedimentvolym → 200 000 kr + 10 000 m ³ *200 kr/m ³ = 2 200 000 kr. → 1 250 m ³ "torrt" sediment (TS ca 40%) → 1 ton sediment-P → 2 200 kr/kg P
	Pressning av pellets: Ca 150 000 kr	37 500 kr/kg P	ca 8 m ³ (10 ton) sediment inkl benmjöl, press och packning → 20 000 kr/m ³ sediment → totalt 4 kg P från sjö	Pressning * sedimentvolym → 1 250 m ³ sediment * 20 000 kr/m ³ = 25 000 000 kr → 1 ton sediment-P → 25 000 kr/kg P
	Hantering (Lagring/flytt/transporter): Ca 200 000 kr	8 000 kr/kg P	250 m ³ blött sediment → 50 m ³ torrt sediment → 4 000 kr/m ³	Hantering * sedimentvolym → 1 250 m ³ sediment * 4 000 kr/m ³ = 5 000 000 kr → 1 ton sediment-P → 5 000kr/kg P
SUMMA	Totalt för projekt 2 750 000 kr för 25 kg P ur sjö = 110 000 kr/kg P	Ca 140 000 kr/kg P		Sediment: 1 ton P Muddring: 9 milj kr Avvattning: 2 milj kr Pressning: 25 milj kr <u>Hantering: 5 milj kr</u> Totalt: 41 milj kr SUMMA: → 37 000 kr/kg P

9.2 Marknadsmässigt lönsamt?

Kostnaden för att muddra sediment i syfte att ta vara på fosformängden utifrån ovan antagande blir hög – i storleksordning några tiotusen kronor per kg fosfor. Det är avsevärt högre än inköp av mineralgödsel med samma giva som kan sägas ligga kring 50 kronor per kg P i handeln. Det kan bero på att antagande som ingått i beräkningar är för grova eller på att det helt enkelt inte är ett framgångsrikt argument för att använda för att åtgärda övergödda sjöar.

Det ska dock noteras att värdet i att åtgärda en sjö inte enkom kan basera sig på fosforvärdet i sedimentet. Att hela åtgärdens kostnad ska överföras till marknadsvärdet är både orimligt och ologiskt. Det är ett ”mervärde” av själva åtgärden mot övergödning, inte drivkraften.

9.2.1.1 LÖNSAMHET INOM JORDBRUKSPRODUKTION

I växtodlingssammanhang ska sjösedimentet som ingått i studien i första hand idag ses som ett försök till återcirkulering av fosfor. Behovet av fosfortillförsel till åkermark varierar mellan gårdar, fält och områden i landet. Som konstaterats tidigare är fosfor en ändlig resurs vilket gör att kretsloppstänkande är viktigt för att säkerställa framtida fosforgödning. Lika viktigt ur ett kretsloppsperspektiv är att gödselmedlet endast sprids på marker som är i behov av fosfor och där fosfor binds upp i den växande grödan.

Sannolikt finns sjöar med höga fosforhalter i sedimenten som passar för upptag dvs har låga föroreningar av andra ämnen (miljögifter) som är lokaliserade i områden där fosforhalterna i marken redan är relativt höga. Därför är det troligt att sedimenten behöver transporteras en sträcka till marker där behovet av fosforgödning finns dvs från områden med djurgårdar till områden med växtodlingsgårdar. På växtodlingsgårdar finns sällan gödselspridare för flytgödsel och urin utan här sprids gödsel med handelsgödselmaskiner. Spridning med handelsgödselmaskiner förutsätter att sedimentet förädlas till pelleterad eller granulerad form. Sjösedimentet i sig är svårt att få så torrt att det går att pelleteras och då krävs en tillsats.

När det gäller spridning av produkter på åkermark för livsmedelsproduktion finns lagar och regler som reglerar vilket innehåll som får spridas var och till vilken gröda. När det gäller sjösediment finns inga riktlinjer eller policys framtagna och ingen branschrekommendation att följa vilket gör att varje ny spridning av produkten behöver prövas. Att dessutom innehållet i produkten skiftar beroende på från vilken sjö det tas upp ur gör att receptet för givan till åkern blir unikt för varje sjö. Regler kring olika gränsvärden för olika tungmetaller och grundämnen sätter gränser för om sedimentet över huvud taget är lämpligt att använda och hur stor inblandningen av sjösediment kan vara i slutprodukten. För att få en möjlig större avsättning av produkten behöver en branschstandard tas fram i nära samarbete med branschens aktörer där man kan peka på fördelarna med återcirkulerad fosfor.

I växtodlingsförsöken finns tendenser att i en del odlingar med sjösediment förstärkt med kväve ökar tillväxten eller är i nivå med odling och tillsats av vanlig handelsgödsel (NPK). Detta visar på att det finns potential i den återcirkulerade fosforprodukten. Men eftersom många frågetecken kvarstår görs bedömningen att produkten inte är direkt användbar inom jordbruket, i alla fall inte i stor skala. Osäkerheten i produktens innehåll, kostsam hantering och väl beprövade alternativa gödningsprodukter indikerar att det idag inte finns

ekonomisk lönsamhet kring användning av sjösediment på åkermark. Avsättning kan på kort sikt istället finnas inom småskalig odling och trädgård eller möjligen inom skogsbruket.

9.2.1.2 LÖNSAMHET INOM SKOGSPRODUKTION

I ett rent skogsekonomiskt perspektiv utgjorde produkten som användes 2016 från Barnarpasjön idag inte det mest lönsamma material att sprida på skogsmark. Främsta orsaken är att tillgången på aska, som är den närmaste konkurrenten, finns i överflöd och värmeverken betalar för spridningen för att slippa deponera den. Bottensediment som användes 2016 var (jämfört med aska) blöt vilket innebär en högre startkostnad. Askan har jämfört med slammet jämnare ämnesinnehåll oavsett varifrån askan kommer, medan bottensediment varierar från sjö till sjö. Rent teoretiskt är askåterföringen till för att ”återföra” förlorade näringsämnen till bestånd där askan kommer ifrån, medan bottensedimentet är ett ”komplement” till näringsbalansen i utvalda skogsbestånd.

Den ekonomiska vinningen finns nog främst att hämta i en avsättning av en troligtvis icke-skadlig biprodukt från muddringsverksamheten, förvisso med egenskaper som tillsammans med tillsatta ämnen är positiv för växande skog. Den ekonomiska vinningen minskar dessutom med ju fler steg som behövs för att få fram en kommersiell slutprodukt. Med ett förändrat klimat som allt mer påtagligt inverkar på skogen kan dock nya behov av näring komma med exempelvis nya trädslag och längre tillväxtperioder. Varje åtgärd i ett bestånd som kräver körning i beståndet påverkar dock marken genom packning och risk för skador på den stående skogen. Dessa risker samt de biologiska riskerna med att ändra markens kemiska sammansättning bör dock alltid sammanvägas med nyttan av skogsbruksåtgärden inför ett beslut om spridning.

10 Sammanfattning och utvärdering

10.1 Resonemang och reflektioner gällande användning på åkermark

10.1.1 Generell aspekt på sediment som gödningsmedel

Med tanke på vikten av slutna system och kretslopp samt det faktum att fosfor är en ändlig resurs där det redan idag är en utmaning att hushålla med näringsämnet och undvika onödiga förluster är det mycket viktigt att fortsätta arbeta för möjligheterna att ”återvinna” fosfor och andra näringsämnen från bottensediment. För jordbruket och livsmedelsproduktionen vore det bra om man kan fortsätta undersökningarna genom upprepade fältförsök där även efterverkans effekten av bottensediment undersöks. För användning inom livsmedelsproduktionen i Sverige är det avgörande om sedimentet kan visa på trovärdiga och tydligt positiva resultat. I det sammanhanget är det också mycket viktigt att föra en kontinuerlig dialog med branschföreträdare i det fortsatta arbetet framåt. Detta krävs innan man på ett säkert sätt kan rekommendera användning i stor skala inom livsmedelsproduktionen.

10.1.1.1 PRODUKTEN

Tungmetallinnehållet i bottensedimentet är det som begränsar tillförseln. Det betyder att metallreducering av sediment troligen kommer behövas för att återföring av näringsämnena till åkermark ska vara möjlig i större skala.

För att produkten ska vara praktiskt användbar inom jord- och skogsbruket måste den avvattas. Den ambition vi haft i denna undersökning, att pelletera bottensedimentet, är i grunden bra. Men för att nå målet att kunna återföra näringsämnena från bottensediment i stor skala till åkermark behöver man jobba vidare med fortsatt utveckling för att få till en bra stabil pelleterad produkt som inte är så beroende av tillsats av andra råvaror. Här utvecklas också den teknik som används för pelletering vilket kan innebära större möjligheter att pelletera en ren sedimentprodukt i framtiden.

Eftersom bottensedimentet främst ska ses som ett fosforgödselmedel har fokus varit att undersöka fosforeffekten i produkten. Därför har vi valt att tillföra sedimentet både kväve och kalium för att inte eventuell brist på dessa näringsämnen ska hämma tillväxten och påverka skördeutfallet i försöken. Försöket att tillverka pellets för bättre och effektivare spridning samt lägre transportkostnader har varit intressant men med facit i hand borde pelletsens basingredienser varit något annorlunda. Denna gång tillverkades pellets genom blandning av avvattnat bottensediment och benmjöl. Benmjöl är en fosforrik produkt i sig vilket kanske inte är det optimala om man vill öka möjligheterna att få tillbaka stora mängder bottensediment i kretslopp. Nu blev den begränsande faktorn för spridning av pellets nämligen fosfor.

Beroende på vilket innehåll och egenskaper den gödselprodukt som framtagits av sedimentet ser ut kommer att påverka valet om man bör tillföra kväve och/eller kalium eller inte till gödselmedlet till exempel kan det vara lämpligt att tillföra kväve och kalium om produkten

är ett flytande gödselmedel då man helst vill sprida gödseln vid ett tillfälle och en överfart. Om produkten däremot är i form av granulat kan man eventuellt tänka sig att den är bra som rent fosforgödselmedel och behöver då inte vara i form av ett totalgödselmedel. Inom ekologisk produktion finns ofta behov av kvävetillförsel varför det där kan vara en fördel med en gödselprodukt som innehåller både fosfor och kväve.

10.1.1.2 OMRÅDEN FÖR AVSÄTTNING OCH LÄMPLIGA JORDAR

Behovet av fosfortillförsel till åkermark varierar mellan olika gårdar, fält och områden i landet. Det är viktigt ur ett kretsloppsperspektiv att gödselmedlet sprids på marker i behov av fosfor. Sannolikt finns de sjöar med höga fosforhalter i sedimenten, och som passar för upptag dvs inte är förorenade, lokaliserade i områden där fosforhalterna i marken är relativt höga. Därför är det troligt att sedimenten i framtiden behöver transporteras en längre sträcka till marker där behovet av fosforgödsling är stort dvs från områden med djurgårdar till områden med växtodlingsgårdar. På växtodlingsgårdar finns sällan gödselspridare för organiska gödselmedel som flytgödsel och urin utan här sprids gödsel med handelsgödselmaskiner. Spridning med handelsgödselmaskiner förutsätter att sedimentet förädlas till pelletterad eller granulerad form.

10.1.1.3 VIKTEN AV DIALOG MED BRANSCHENS AKTÖRER I FORTSATTAR BETET

Branschen har inga framtagna policys för detta eftersom frågan inte tidigare uppkommit, så branschen kan ännu inte själva rekommendera användande av bottensediment på jordbruksmark. Däremot kan det finnas möjligheter för enskilda lantbrukare att ta emot sedimentet redan idag men om avsättning av produkten ska ut i stor skala i framtiden måste branschen stå bakom användande av produkten.

För möjlighet till användning inom KRAV-certifierad produktion bör man notera att gränsvärdena för vad som är tillåtet innehåll i organiska gödselmedel är mycket lägre än det som gäller enligt svensk lagstiftning dvs Naturvårdsverkets föreskrifter. Utifrån de analyser vi sett för bottensediment hittills kommer det troligtvis bli aktuellt med rening av tungmetaller innan användning av bottensediment till KRAV-certifierad produktion.

10.1.1.4 SAMMANFATTNING SLUTSATSER

För spridning av sjösediment på åkermark kan följande slutsatser dras från föreliggande projekt:

1. Avvattning av produkten är nödvändigt för bred användning inom jordbruket
2. Kontroll av tungmetallinnehållet krävs, eventuellt även reducering av tungmetallinnehållet
3. Produktens egenskaper (fast, flytande, pellets) påverkar möjligheten till avsättning på olika gårdar
4. Samverkan mellan myndigheter och branschen är nödvändig i det fortsatta arbetet

10.2 Resonemang och reflektion rörande användning på skogsmark

10.2.1 Generell aspekt - tillväxttid

Två år är för kort tid för att mäta effekter på olika behandlingar av skogsbestånd. Det är inte möjligt att dra några slutsatser kring utfallet eller se några statistiskt säkra resultat på det material som ingår i försöket.

10.2.1.1 PLANTVAL

Plantval för plantförsöket är barrot för att undvika effekter av medföljande näringsklump. Plantan är ändå uppdriven under optimala förutsättningar och har en väl balanserad näring med sig vid försöksstarten. Vid framtida försök finns en fördel att använda frömaterial för att på så vis inte få påverkan av plantans tidigare tillväxt. Detta kräver dock mer långvariga försök än två växtsäsonger.

10.2.1.2 SPRIDNING I SKOG

Försöket har gjorts under kontrollerade former på plantmaterial i odlingslådor. Det är svårt att omsätta möjligheten att sprida sedimentet i flytande form i plantskog och samtidigt få teckning på samtliga plantor.

Spridning av pellets på stora ytor i växande skog kan däremot få en större täckning. Spridningen fungerar dessutom med konventionell maskinpark.

10.2.1.3 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING

På gran kunde inga direkta kanteffekter noteras medan på poppel märktes kanteffekten visuellt. Det fanns en tillväxtrundning där de yttre stammarna var lägre än de som stod skyddade i mitten. Denna effekt kunde skönjas redan år ett dvs efter en växtsäsong. Men eftersom försöket med poppel av en slump hade samtliga försöksled representerade i de yttre lådorna så antas denna kanteffekt vara lika för alla försöksled och därför inte påverkade det slutliga resultatet i förhållande till varandra.

10.3 Utvärdering av projekten

Inte helt ovanligt kan det vara svårt att förutse alla tänkbara vinklingar som uppkommer vid innovationsprojekt. Så även det som redovisats i föreliggande rapport. Gällande projekt ett uppstod svårigheter med avvattning av sediment, något som både drog ut på tid och var dessutom kostsamt. Det finns också administrativa aspekter som kan medföra att initial plan behövde revideras såsom tid för att få erforderliga miljötillstånd, överprövning av upphandlingar mm.

Med anledning därav har båda projekten behövt förlängas i tid samt även vissa ekonomiska tillskott och/eller budgeteringar.

I det efterföljande projektet utgjorde avvattning det största bekymret. Det ledde till att sedimentet fick förflyttas till mellanlager samt att pressning av pellets inte var möjligt med den torrhet som stod till buds. Därför fick nya vägar hittas för att finna lösningar.

Trots alla motgångar har dock i stort sett flera aspekter gällande muddring med efterföljande spridning kunnat lösas (**Tabell 13**). Det är projektets förhoppning att nästa gång kommer det gå lättare.

Tabell 13. Bedömning av måluppfyllelse för genomförandegrad för respektive syfte i de två projekten.

Projekt	Moment	Mål-uppfyllelse
Projekt 1	Upprätta tillståndsansökan av vattenverksamhet för metoden	😊
	Upprätta kontrollprogram relevant för metoden	😊
	Upprätta tekniskt underlag samt genomföra upphandling	😊
	Genomföra muddring och avvattning	😊
	Sedimentavsättning och första provodling	😊
Projekt 2	Näringsinnehåll och balansering i sediment	😊
	Pelletsproduktion	😊
	Odlingsförsök av jordbruks-och skogsgröda	😊
	Ekonomisk analys	😐

10.4 Utvecklingsbehov och andra aspekter

Under båda projektens gång har flera erfarenheter gjorts. I vissa fall har det inneburit att projekt har fått backa och börja om. I andra fall har fortsättningen fått justeras efter uppkomna förutsättningar. Slutligen har några uppkomna erfarenheter fått hänskjutas till framtiden att lösas. Några av dessa utvecklingsbehov redogörs nedan.

10.4.1 Mikrober och humusämnen

En av de mer intressanta noteringar var den som gjordes av utföraren för pressning av pellets. Blandningen av mikrober, humusämnen och överskott av näring i form av benmjöl medförde en varm pastamix. Tolkningen var att det var ett resultat av mikrobiell aktivitet som stimulerats. Efter pressningen av pellets dravs vatten och syre bort och processen avstannade.

Om det är så att efter spridning av pellets med denna mix (mikrober, kolkälla i form av humus och näring) genererar en ”kompost-effekt” så är den mycket önskvärd på hårt driven åkermark. En ökad stimulans av omsättningen bör generera ökade skördar. Efterföljande studier på komposteffekt bör utföras av det pelleterade materialet.

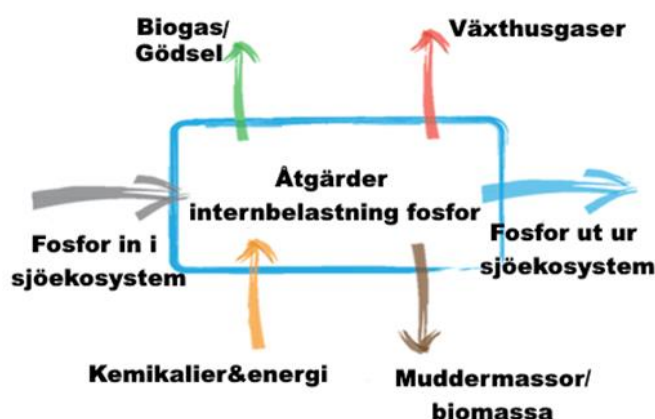
➤ *Den eventuella ”Kompost-effekten” bör utredas vidare.*

10.4.2 Livscykelanalys av olika åtgärdsmetoder för övergödning

Det finns ett brett antal metoder att använda sig av mot övergödning. Ofta betraktas endast den specifika miljönyttan eller dess effekt i aktuell sjö. Men det finns ytterligare faktorer att väga in vid metodval (**Figur 50**). Svenska Miljöinstitutet IVL har gjort en utredning där fem utvalda metoder ställts mot varandra⁴³:

1. Aluminiumbehandling av sediment,
2. Konventionell muddring
3. Lågflödesmuddring
4. Åtgärder vid kommunala reningsverk
5. Utfiskning

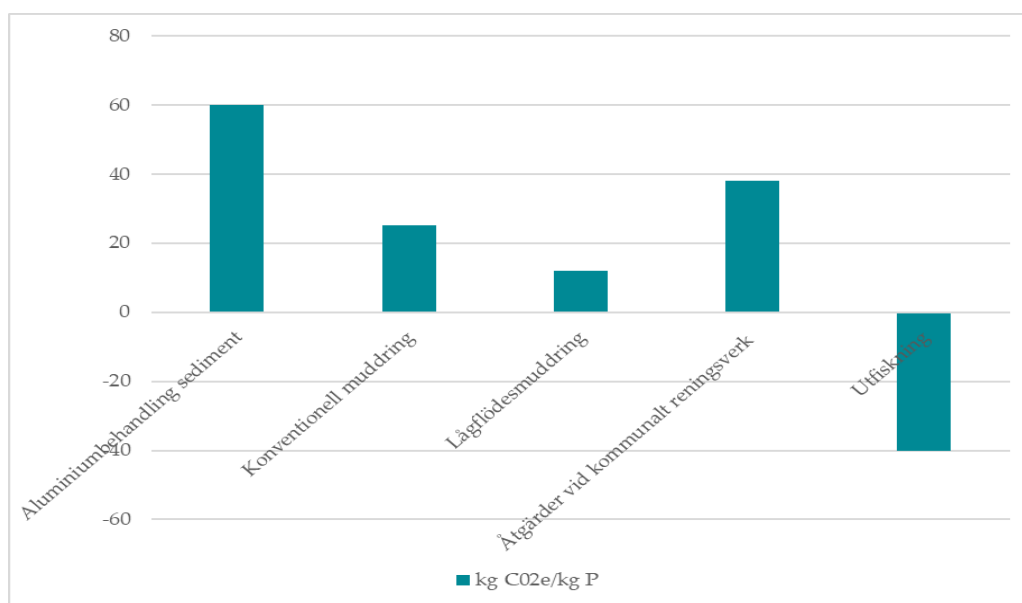
En rad antaganden har behövts göra för att beräkna koldioxid per kilogram avlägsnad fosfor från sjön. I studien har muddring i Ralången ingått som exempel och LCA har beräknats⁴³.



Figur 50. Ingående komponenter i livscykelanalys av sjörestaureringsmetoder⁴³.

Det är ett intressant angreppssätt för olika åtgärder med att betänka hur t ex transporter, tidsfaktor, kemikalier påverkar hela livscykeln (**Figur 50**). Det sätter ytterligare en dimension på metodval. Det totala LCA-avtrycket kan ställas till nytta av åtgärden i den specifika fallet.

Även om beräkningar innehåller flera antaganden ger de dock en fingervisning. Det finns metoder med större eller mindre LCA-avtryck (**Figur 51**). Vid biomanipulering fångas fisk som kan användas för rötning för biogastillverkning. Där blir LCA till och med negativ dvs en klimatnytta samtidigt som miljönytta (**Figur 51**). Det kan konstateras att lågflödesmuddring har tämligen lågt koldioxidavtryck per kilogram fosfor i och med dess låga krav på energi jämfört med de metoder som ställs mot varandra. Huvuddelen av lågflödesmuddringens avtryck kommer från transporter av sediment för spridning på åkermark⁴³.



Figur 51. Beräknad mängd koldioxid per kilogram avlägsnad fosfor från sjöar med olika åtgärder.

Om tanken att lågflödesmuddring och återförande till produktionsmark medför ersätta brytning av fosfatmalm och transport till Sverige torde lågflödesmuddring kunna ges ett betydligt mindre klimatavtryck, kanske t o m i paritet med biomanipulering med efterföljande rötning. Det är dock intressant att ställa LCA mot varandra och hur avfall (muddermassor i detta fall) kan bli en resurs och infoga även det i LCA (**Figur 51**)⁴³.

➤ *Olika åtgärdsmetoders livscykelanalyser bör utredas vidare.*

10.4.3 Andra avsättningsmöjligheter

I föreläggande projekt har en avsättningsmöjlighet ingått – återföring till produktionsmark. Det kan dock finnas andra möjligheter beroende på lokala förutsättningar, sedimentegenskaper och föroreningsinnehåll, ekonomisk analys etc. Nedan görs en kort översyn av några exempel.

10.4.3.1 FÖRBRÄNNING OCH ENERGIÅTERVINNING

Toppsediment har högt organogent innehåll då det utgörs av förmultnade alger. Andelen sand, grus är av naturliga skäl lågt, något som vid muddring i syfte att öka vattendjupet kan dominera sedimentkaraktären. Om en tillräckligt hög TS-halt kan nås för att använda materialet vid förbränning i t ex kraftvärmeverk kan det vara en avsättningsmöjlighet i likhet med hushållsavfall som även det har hög fukthalt. Materialet behöver då inte uppnå en torrhalt som medför att sedimentet förbränns av sig själ utan kan fungera för att reglera förbränningstemperaturen för en kontrollerad förbränning.

Möjligheten avhänger troligen på avståndet till effektiv förbränningsanläggning då transporter kan komma utgöra en stor kostnad. Om avståndet är inom försvarbart avstånd kan det medföra att mer än ”toppsediment” (0-10 cm) kan muddras och sedimentvolymerna på så vis öka och bidra till en större resurs. Metoden med fällning följt av avvattning i geosäck likt föreliggande studie kan vara användbart. Alternativet kräver dock att förbränning av sediment innefattas i förbränningsanläggningars tillstånd.

➤ *Energiåtervinning genom förbränning bör utredas vidare.*

10.4.3.2 TÄCKNING AV DEPONIER

Inte sällan används diverse massor för täckning av deponier. I föreliggande projekt har frågan uppkommit som ett alternativ. Preliminärt resonemang och slutsatser har dock antytt att topp-sediment innehåller för hög organisk halt som medför att det dels nedbryts, dels kan vara gasbildande men även att dess genomsläpplighet av nederbörd kan komma bli oönskat för att innesluta deponier.

Alternativet att enkom se alternativet att behöva deponera material torde medföra stora kostnader och därmed omöjliggöra sjörestaureringen

➤ *Såväl täckning av deponi som deponering behöver inte utredas vidare.*

11 Referenser

- ¹ Birgitta Johansson, 2011. Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Formas 2011 T3:2011
- ² <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/internationellt-samarbete-och-konventioner/konventioner/helcom---skydd-av-den-marina-miljon-i-ostersjon/aktionsplan-for-miljon-i-ostersjon.html>
- ³ <https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/vattenforvaltning-i-sverige.html>
- ⁴ <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/sprida-godsel>
- ⁵ <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/slutavverka/godsling/>
- ⁶ <https://sg-systemet.com/skogsgodsling-och-miljon/>
- ⁷ <https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/>
- ⁸ <https://motalastrom.se/>
- ⁹ <https://www.sverigesmiljomal.se/>
- ¹⁰ <https://www.globalmalen.se/>
- ¹¹ <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA36889742>
- ¹² Länsstyrelsen i Jönköping. 2010. Näringstillståndet i sjöar och vattendrag 2004-2008. Meddelande nr 2010:06
- ¹³ Emil Olsson, Ecoväx AB. Muntligen.
- ¹⁴ Hushållningssällskapet i Jönköping, 2019. PM om Kitosan som tillsats.
- ¹⁵ SNFS 1994:2, Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. Naturvårdsverket
- ¹⁶ Bergh J, 1999. Praktiska rekommendationer vid ungskogsgödsling. SLU
- ¹⁷ SkogForsk, 2005. Skogsgödsling – en handledning. www.skogforsk.se
- ¹⁸ SJVFS 2004:62. Statens jordbruksverks föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring;
- ¹⁹ Naturvårdsverkets föreskrifter (SNFS 1994:2, Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket)
- ²⁰ SNFS 1194:2, Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. Naturvårdsverket.
- ²¹ KRAV, Regel 4.8.4: Tillåtna organiska gödsel- och jordförbättringsmedel (EU): Organiskt rikt sediment från sötvatten som bildats under syrefria betingelser till exempel sapropel. <https://regler.krav.se>.
- ²² Europaparlamentets och rådets förordning (eu) 2019/1009 om fastställande av bestämmelser om tillhandahållande på marknaden av eu-gödselprodukter
- ²³ Emilsson, S., 2006: Från skogsbränsleuttag till askåterföring. RecAsh, Skogsstyrelsens förlag, ISBN 91-975555-2-5
- ²⁴ Hjerpe, K & P Olsson. 2008. Åtgärder för ett uthålligt brukande av skogsmarken. Rapport 13:2008, Skogsstyrelsen
- ²⁵ Nygren, C. 2008. Mykorrhizasvamparnas näringsupptag – nyckeln till ökad förståelse för störningseffekter på svampsamhället? SLU Fakta Skog 9:2008. SLU
- ²⁶ Fornling, P. 2019. Lärorik Norgehistoria om kol och klimat. LandSkogsbruk. 4 december 2019.
- ²⁷ Miljöbalken 1998:808, 12 kap. 34 § Miljöprövningsförordningen (2013:251)
- ²⁸ Miljöbalken 1998:808, 9 kap. 6§
- ²⁹ Skogsstyrelsen L 1763-2015)
- ³⁰ Miljöbalken 1998:808, 15 kap. 1 §
- ³¹ Miljöbalken 1998:808, kap 12, § 6
- ³² Miljöbalken 1998:808, 7 kapitlet
- ³³ Miljöbalken 1998:808, kapitel 9
- ³⁴ Lag (1988:950) om kulturminnen m.m. 2 kap. 10 §
- ³⁵ von Arnold, K. 2007. Kvävegödsling av skogsmark. Meddelande 2:2007. Skogsstyrelsen.
- ³⁶ Skogsstyrelsens meddelande 2/2008.
- ³⁷ Kriterium 6.3.21. Svensk skogsbruksstandard enligt FSC med SLIMF-indikatorer, www.fsc.org
- ³⁸ Pedersen, H. Askungen Vital. <https://www.askungenvital.se/>
- ³⁹ En sammanställning över dessa produkters egenskaper redovisas i bilaga sammanställd av företaget Ekobalans.
- ⁴⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=KQC3zPjOsjk> och
- ⁴¹ LIFESURE - LIFESURE (kalmar.se)
- ⁴² <https://researchportal.hkr.se/ws/portalfiles/portal/40132118/FULLTEXT01.pdf>
- ⁴³ Magnus Karlsson *et al.* Arbetsmaterial. Livscykelanalys av sjörestaureringsmetoder. IVL Svenska Miljöinstitutet. Arbetsmaterial. In prep.