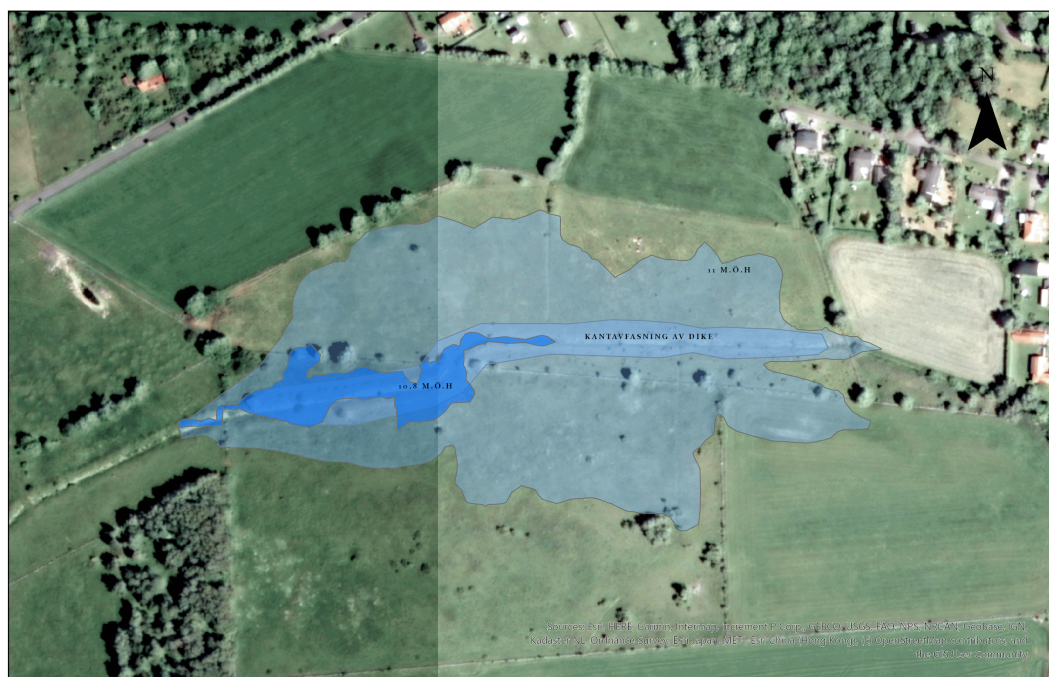




Små åtgärder – stor nytta

För Ölands Vattenråd 2020

av Viktoria Nilsson



0 0,03 0,05 0,1 Kilometer

Valsnäs- avfasning av dikeskanter skapar översilningszoner.

Projektet har medfinansierats av Havs- och vattenmyndigheten genom anslag 1:11 Åtgärder för havs- och vattenmiljön.

Sammanfattning

Öland är det landskap i Sveriges mest störst andel jordbruksmark. Öns långsmala form och kanaliseringar innebär att vattnets väg mellan åkermark och Östersjön är kort. Den naturliga fastläggningen av näringsämnen blir därför liten och stora mängder transporteras årligen till havet. Våtmarker är ett kostnadseffektivt sätt att rena vattnet från kväve och fosfor. Den stora andelen brukad mark gör det dock svårt att hitta områden för våtmarker och även där våtmarker anläggs är det inte alltid nog för att rena den mängd som transporteras.

Frågan har därför väckts om mindre vattenvårdsåtgärder, såsom fosfordammar, tvåstegsdiken, återmeandring och dikesbreddning, skulle vara gynnsamma för näringsretention på Öland.

Det är också viktigt att värdera i vilken utsträckning som erfarenheter från fastlandet är överförbara till öländska förhållanden där de hydrogeokemiska förutsättningarna är annorlunda.

I denna rapport presenterar jag förslag till åtgärder på Öland i 7 landskapsekologiskt skilda delområden. Indelningen baseras bl.a. på de lösa jordlagrens sammansättning och mäktighet och på vilka åtgärder som lämpar sig inom de olika områdena. I de sandiga områdena på norra Öland föreslås borttagande av dikesvallar och avfasning av dikeskanter där diket rinner genom topografiska sänkor. Detta bromsar ner vattenflödet och låter partiklar sedimentera på översvämningsytor vilket har visats kunna avskilja upp till 67 % av total sedimenttransporten. Inom östra Ölands drumlinområde bildas naturliga delta mellan drumlinerna. Sådana sedimentationsprocesser förhindras idag av att diken leder vattnet direkt ut i havet i många områden. Här kan små dämningar i dikena och ute på sjömarkerna bredda vattnet i nya riktningar och återskapa nya delta. Algutsrum-Högsrums moränområde ligger högre upp i delavrinningsområdena och jordarna är intensivt brukade. Här finns dock en hel del betesmark, ofta belägna i topografiska sänkor som lämpar sig sämre för odling. Även här föreslås att dikesvallar tas bort och dikeskanterna släntas av för att tillåta områdena att svämma över under vinterhalvåret. Detta gynnar både näringsavskiljning och betet på Öland som ofta torkar ut under sommarhalvåret. Västra kustslätten är det enda området på ön där det lämpar sig att anlägga fosfordammar då det här troligtvis sker en mindre fastläggning av fosfor än övriga delar av ön. I detta område finns mindre betesmarker än på östra sidan. Därför är nödvändigt att åtgärderna i större utsträckning utförs i jordbruksmarkerna. Då kan åtgärder såsom tvåstegsdiken och mindre fosfordammar lämpa sig. Utmed "Östra kusten", kallat östra landborgsområdet, där vattendragen mynnar, finns värdefulla sjömarker som historiskt tidvis har svämmat över. Här är en förlängning av flödesvägarna genom återmeandring av grundare fåror rätt väg att gå för att återskapa de kustnära våtmarkernas funktioner.

Introduktion

Varje år läcker stora mängder näringsämnen ut i Östersjön vilket bidrar till övergödning av havet med allvarliga konsekvenser som följd (Gustavsson m.fl., 2012). En stor andel av läckaget kommer i från jordbruket då det transporteras från åkrarna ut genom våra vattendrag (Larsson och Granstedt, 2010). På grund utav Sveriges långa kuststräcka mot Östersjön blir läckaget från land till hav stort. Landets jordbrukstätaste landskap är Öland där mer än hälften av landarealen består av jordbruksmark (Jordbruksverket, 2020). Flödesperioderna på ön skiljer sig från fastlandet genom stora variationer med stora flöden under vinterhalvåret och helt uttorkade vattendrag under sommaren. Det torra klimatet, låg andel nederbörd, stor vindexponering och många soltimmar bidrar till en stor avdunstning under sommarhalvåret (Ekstam, 2001). Utöver nämnda faktorer så har den omfattande utdikningen av merparten av Ölands naturliga våtmarker ökat flödesvariation ytterligare och de naturliga vattenmagasinen har på många ställen helt försvunnit. En stor del av våtmarkerna i Sverige dikades ut under 1700- och 1800-talet för att ersättas av odlingsmarker, detta för att kunna föda landets växande befolkning (Lundquist, 1966). Idag finns det få naturliga bäckar och vattenmagasin kvar i landskapet och vattnet transporteras istället snabbt ut genom diken och kanaler. De uträtade vattendragen gör vägen från jordbruksmark till recipient kort på den långsmala ön vilket tillsammans med höga flödestoppar transporterar stora mängder näringsämnen ut till Östersjön. Jordbruket har förändrats mycket sedan 1800-talet och med facit i hand kan vi konstatera att omfattningen av den systematiska utdikningen inte var hållbar. Problemen har inte bara visat sig genom att de tänkta åkermarkerna efter en tid blev obrukbara utan också genom att landskapets naturliga vattenmagasineringsförmåga försämrats och stora vattenmagasin helt försvunnit.

Det är en omöjlig uppgift att försöka återskapa hur hydrologin en gång såg ut på Öland då stora delar av dagens infrastruktur, jordbruk och vägar är uppbyggt kring hur vattnet rör sig idag. Flera av de utdikade våtmarkernas funktioner på Öland går dock att rehabilitera. Detta är troligtvis den bästa väg att gå där förutsättningar finns då våtmarker har flera positiva effekter utöver rening av näringsämnen, de är så kallade multifunktionella (Andersson, 2012). De historiska våtmarkerna är dock inte alltid belägna i områden där belastningen av näringsämnen är som högst och i andra fall kan berörda markägare vara emot tanken att hålla kvar vatten där man en gång försökt bli av med det. Även i de delavrinningsområden där möjligheten finns att restaurera våtmarker för näringsavskiljning är det inte alltid tillräckligt med en våtmark för att rena så mycket som önskas, särskilt i de hårt belastade delarna av ön. Att kunna rena vattnet på fler ställen längst vägen skulle troligtvis ge en bättre effekt. Därav har frågan väckts om det kan vara gynnsamt för näringsavskiljning att skapa flera mindre åtgärder förutom våtmarker, som tar mindre mark i anspråk längst med diken. Runt om i södra Sverige har det gjorts åtgärder som fosfordammar, tvåstegsdiken, dikesbreddning mm. Öland skiljer sig dock så pass mycket i från fastlandet, även från övriga Kalmar län, att det

inte är självklart att liknande åtgärder är effektiva eller ens möjliga på ön. En stor faktor till detta är den för Sverige säregna hydrogeologi och den stora variationen av jordarter på Öland. Det finns en stor heterogenitet och det ena området är inte det andra likt.

Syfte

I detta projekt syftar jag till att utreda vilka olika åtgärder som skulle ge en positiv effekt för näringsavskiljning på Öland. Öland delas in i sju delområden baserat på markanvändningen och de lösa jordlagrens sammansättning och mäktighet. Åtgärdsförslag utvecklas därefter med hänsyn till delområdenas egenskaper. Fokus är på representativa åtgärder för respektive område. Områdena utvärderas och analyseras utefter placering i landskapet, jordmån, lutning, belastning, vattenföring samt övriga faktorer som kan påverka vilken åtgärd som är bäst lämpad.

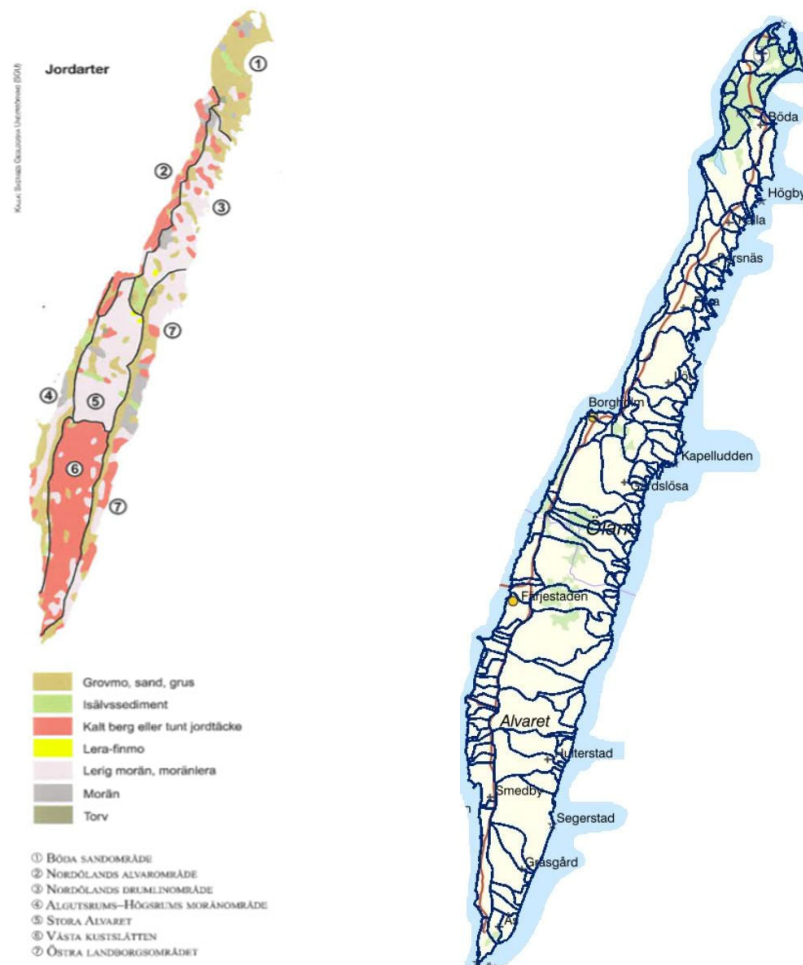
Metod

Öland kan grovt delas in i 7 delområden, Böda sandområde, Nordölands alvarområde, Nordölands drumlinområde, Algutsrums-Högsrums moränområde, Stora alvaret, Västra kustslätten och Östra landborgsområdet, se figur 1 (Claesson och Mikaelsson. 2001).

Böda sandområde (1 i figur 1) sträcker sig från öns nordspets och ner mot Högby i öst vilket domineras av sandiga jordar och skog. Sydväst om detta finns Nordölands alvarområde (2) där marken skiftar mellan ett tunt jordtäckte av morän varvat med stora partier alvar. På motsatt sida av ön ligger nord Ölands drumlinområde som har ett djupare jordtäckte med framförallt morän och sand (3). Delområdets kustlinje är djupt flikig med vikar och uddar.

Algutsrums-Högsrums (5) moränområde på mellersta Öland sträcker sig från Köpingsvik i norr till Färjestaden i söder, men inkluderar inte kust sträckorna då dessa skiljer sig från öns ”mittland”. De centrala delarna består huvudsakligen av lerig morän ned till söder om Skogsby där Stora alvaret (6) tar vid och fortsätter ca 37 km söderut. Stora alvaret täcker nästan en femtedel av hela Ölands yta.

Västra kustslätten (4) sträcker sig från Borgholm i norr till Grönhögen i söder. Marken sluttar här mot väster. Vattendragen är kortare än på östra sidan (figur 1). Västra kustslätten är en mosaik av morän, svallsediment och bördiga ler- och siltjordar. Östra landborgsområdet (7) utgör östra sidans kuststräcka, som karaktäriseras av stora strandbildningar, såsom Ancylos- och Litorinavallen, där den största delen av bebyggelsen återfinns. Byarnas placering på sydöstra Öland kan antagligen förklaras av att ”östra landborgen” under medeltiden erbjöd lämpliga platser mellan uppdämda grunda alvarsjöar i väster och odlingsbara åker- och sjömarker i öster. Idag är vallarna genombrutna av djupa kanaler som leder vattnet igenom dem och österut vilket hindrar vatten från att ansamlas på västra sidan. Området domineras av sand och moränjordar.



Figur 1. Vänster: Karta över Öland indelat i områden efter jordartskaraktär. 1: Böda sandområde, 2: Nord Ölands alvarområde 3: Nord Ölands drumlinområde 4: västra kustslätten 5: Algutsrums-Högsrums moränområde 6: Stora alvaret 7: Östra landborgsområdet. Observera att bildens textförklaring inte stämmer.

Bild tagen ur Natur och kultur på Öland. 2001.

Höger: Ölands delavrinningsområden.

GIS-analys och belastningsberäkning

Hypotetiska översvämningsytor har skapats i ArcGIS pro genom att utläsa höjdkurvor och terräng med hjälp av GSD-höjddata, grid 2+.

Uppgifter om lokal vattenföring samt kväve-och fosforbelastning för områdena erhöles från SMHI (modelldata per område). För att beräkna hydraulisk belastning på åtgärdsförlagen divideras beräknad avrinning till platsen ($\text{m}^3/\text{år}$) med ytan för åtgärd.

Beskrivning av åtgärder

Fosfordamm

Fosfordammar kan anläggas både i och på sidan av diken beroende på hur stor vattenföringen är i området. De fungerar bäst om de anläggs i leriga jordar då fosfor ofta är partikelbunden till just lera. Det är i den partikelbundna formen som fosfor som kan sedimentera (Braskerud, 2002). Dammen ska inte ha för hög hydraulisk belastning så att vattnet passerar dammen för snabbt, då minskar chansen för sedimentation. Dammen ska ha en långsmal

utformning, minst dubbelt så lång som bred och med en djuphåla vid inloppet där allt vatten passerar för att övergå i en grundare vegetationstäckt del (figur 2). Inlopp och utlopp ska vara så långt ifrån varandra som möjligt. Under gynnsamma förhållanden kan en damm på 0,08 ha, som utgör 0,3 % av tillrinningsområdet, har visats kunna avskilja 36 % totalfosfor (Kynkäänniemi, 2013). Dammarnas fosforavskiljning har dock visats variera mycket, mellan 1-88 %. Det beror främst på utformningen och storleken (dammarean) relativt tillrinningsområdet för dammen (Braskerud et al. 2005). Även viss kväverening erhålls i en fosfordamm, både genom denitrifikation och växtupptag i den grundare delen (Greppa näringen, 2017). Dammen behöver rensas på sediment när den börjar fyllas upp. Sedimentet kan återvinnas genom att återföras till närliggande åkermark.

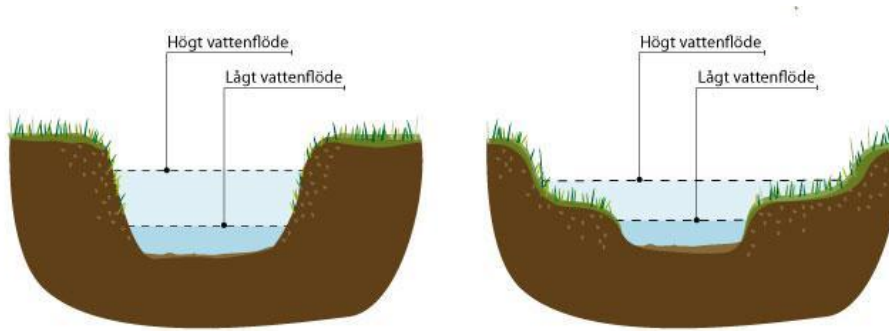


Figur 2. Fosfordamm i genomskärning.

https://greppa.nu/download/18.8b9904915cb0bb0186c421e/1497859050574/Praktiska_råd_nr_25_Fånga_fosfor_med_en_fosfordamm.pdf

Tvästegsdike

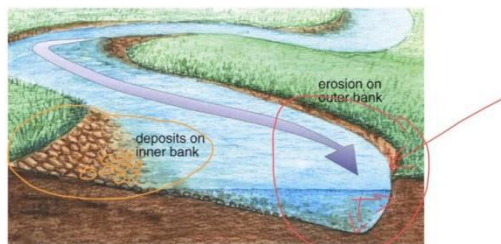
Tvästegsdiken har på senare år blivit allt mer populära i USA. Tanken är att försöka efterlikna naturliga vattendrag som ofta består av en smalare djupfåra med bredare översilningsytor. Ett flertal tvästegsdiken har anlagts i Indiana, Ohio och Michigan där jordbruksmarken ofta ligger platt med mindre än 1 % lutning, inte helt olik delar av Öland. I leriga jordar innebär detta att dikena ofta behöver rensas då det snabbt skapar hydraulisk störning vid erosion, något tvästegsdiken har visat kunnat minska (D'Ambrosio J, 2015). Ett tvästegsdike innebär att den ursprungliga dikesfåran är kvar, men en breddning på 2-4 meter x mittfåran anläggs, något högre upp än botten på mittfåran, vilket då bildar en eller två terrasser. De vegetationsklädda terrasserna översvämmas vid höglöde vilket bromsar flödet och låter partiklar sedimentera (figur 3). Tvästegsdiken bör anläggas i grunda diken och utgöra en sträcka på minst 0,5 km. Terrassen är täckt med vegetation vilket bidrar till kväveretention i form av denitrifikation. Amerikanska studier visar på att tvästegsdiken är 2-14 gånger effektivare på nitrat rening än vanliga trapetsformade diken, se figur 3 (D'Ambrosio J, 2015). Tyvärr finns inte så mycket forskning om fosforavskiljningen. De antas ha en relativt hög avskiljning under höglöden gentemot vanliga diken då vattnet bromsas upp på terrasserna och partiklar hinner sedimentera. Utformningen minskar även risken för erosion vid höga flöden och igenslamning vid låga. Terrassen kräver ett visst underhåll men i regel mindre än ett vanligt dike. Tvästegsdiken gynnar både biologiskt mångfald, näringsretention och kan ha en utjämnande effekt på vattenflödet. I Sverige finns än så länge inte så mycket erfarenheter av effekten av tvästegsdiken. Den kunskap som finns är till stor del är baserad på amerikanska studier.



Figur 3. Till vänster ett klassiskt trapetsformat dike och till höger ett tvåstegsdike med terrasser som översvämningsplan.
<http://greppa.nu/atgarder/anlagg-tvastegsdiken.html>

Återmeandering

I naturliga vattendrag för vattnet med sig finkornigt sediment uppströms till mer och mer grovkornigt nedströms p.g.a. vattnets ökade hastighet (längd/tidsenhet). Nedströms formar detta sidofält där grovkornigt varvat med finkornigt sediment lägger sig på sidorna vilket får vattnet att ändra riktning. När vattnet börjar ändra riktning formas så kallade “pools och riffles”. Pools bildas i ytterkanten av meanderbågar där vattnet för med sig material vilket i nästa båge kan, i den inre delen, sedimentera då vattnets hastighet bromsas upp, se figur 4 (Sand-Jensen, 2006). Slingrande vattendrag medför större variation i flödet och skapar en heterogenitet i vattendraget. Vid höglöden tillåts området i mellan bågarna att svämma över och bildar då en tillfälligt bredare och större vattenlinje vilket i större vattendrag brukar kallas “flodplan”. På “flodplanen” får vattnet ett långsammare flöde vilket resulterar i att partiklar hinner sedimentera och filtreras av växterna. Detta har enligt flera studier visats vara en effektiv reningsprocess vilket presenteras mer i nästa stycke “dikesbreddning”.



Figur 4 visar en meander där pilen illustrerar hur vattnet med högst energi träffar ytterkanten av kurvan vilket skapar erosion medan den inre delen av kurvan får ett långsammare flöde där partiklar sedimenterar.

Dikesbreddning/ avfasade dikesslänter

Vattendragen på Öland är ofta omgivna av höga dikesvallar vilket gör att det finns väldigt få områden som svämmas över även vid riktigt höga flöden. I låglänta områden där kanalen skär igenom kan vallar tas bort på vissa sträckor och dikeskanterna fasas av så området runt om tillåts svämmas över. Avfasade kanter som gör diken/kanaler flackare bidrar till att vegetation

lättare kan etablera sig vilket ökar näringsupptaget, minskar vattenhastigheten- och sedimenttransporten, samt minskar risken för erosion (Aronsson m.fl. 2019). Att låta ängar och betesmarker svämma över utnyttjades i det äldre odlingslandskapet. Historiskt använde man sig av så kallad överdämning för att sakta ner vattnet över dessa marker just för att komma åt näringsämnena för att göda marken (Tollin, 1984). Forskning i Danmark visar att översilningsområden/flodplaner runt vattendrag är effektiva för sediment och fosforfastläggning där sedimentdepositionen visade sig variera mellan 17-62 % (Kronvag. m.fl., 2007). Detta är en lösning som troligen passar de öländska förhållandena väl då störst avskiljning i dessa system sker under vinterhalvårets högflöden och alltså inte är beroende av vattenföring under sommarhalvåret. Den korta varaktigheten av dränkning innebär vidare att vegetationen förblir lämplig som naturbetesmark. Vidare studier har även visat på hög avskiljning av partikelbundet kväve genom sedimentering men också för nitrat genom växtupptag och denitrifikation, det senare när temperaturen är över 0° C (Andersen E, 1999).

Floddelta

Floddeltan kan uppstå när ett vattendrag möter ett annat vatten. Har vattnet hög hastighet för det med sig sand, grus och andra partiklar ner mot recipienten. När vattnet möter ex havet bromsas flödet upp och partiklarna sedimenterar. Först sedimenterar de större tyngre partiklarna vilket skapar bäddar. Bäddarna skapa med tiden dämningar som får vattnet att ta fler vägar än tidigare vilket ofta skapar ett mönster likt en solfjäder. I andra fall uppstår delta när havets saltvattenvågor möter flodens sötvatten. När vågorna träffas förlorar vattnet energi vilket resulterar i att vattnet bromsas upp och sediment deponeras längst kusten (Seybold m.fl., 2007). Inom Ölands drumlinområde finns flertalet områden där naturliga floddelta bildas. Dikningar i områdena har dock förhindrat vattnet från att röra sig fritt och stora delar av “deltamönstret” har förstörts.

Reglerbara dämmen i diken

Ölands huvudvattendrag har ofta långa sträckor som mer påminner om större diken än fastlandets strömmar och bäckar. Diken har ofta en rik bottenvegetation och även fast de är raka och har kort uppehållstid så ska de inte underskattas i näringsavskiljning. Studier har visat att vegetationsklädda diken inhyser avsevärt mer bakterier för denitrifikation än diken utan vegetation (Cui m.fl., 2020). Denitrifikationen är dock som mest effektiv under den varmare vegetationsperioden och kräver då syrefria förhållanden vilket kräver vatten i diket (Kröger. m.fl., 2014). I diken på Öland står det sällan vatten in under vegetationsperioden. Vanligt i dikessystem är ett högt flöde under slutet på vintern och våren för att sedan torka upp relativt snabbt. Kvarhållning av vattnet genom reglerbara dämmen sänker vattenhastigheten och håller kvar vattnet en längre period. Detta har visats kunna reducera framförallt kväve genom denitrifikation och växtupptag (Kröger m.fl., 2011). Det kan vara riskabelt att hålla kvar vatten i huvudkanalerna genom denna typ av dämning då det hindrar fiskvandring, något som redan är hotat på många ställen p.g.a. mänsklig påverkan på vattendragen. I mindre dikessystem utan fisk kan detta dock vara ett alternativ. Luckan sköts av markägaren/arna själv som faller upp luckan efter vårbruket och ner när det är dags för höstskörden. När luckan står upp under växtperioden höjs grundvattennivån vilket fungerar som en underbevattning av grödorna.

Övrigt

Heterogenitet längst kantzonen runt diken är viktigt för biologisk mångfald. Diken har visat sig vara viktiga spridningskorridorer och med en stor biodiversitet av både akvatiska och terrestra arter, särskilt när det lämnas en buffertzona runt diket (Kozelová, m.fl., 2020). Buffertzoner kan också reducera läckaget från åkrarna ner till vattendragen. Att försöka arbeta för att skapa naturlig variation i vattendragen kan gynna mycket mer än bara näringsavskiljning. Att varva öppna, varma och bredare dikessträckor där flödet är långsammare med mer skuggade smalare sträckor med snabbare flöden samt områden där större ytor tillåts svämma över skapar vattendrag mer likt naturliga bäckar och åar.

Åtgärdsförslag anpassade till öländska förhållanden

Böda sandområde

Norra Öland domineras av sandiga jordar och skog. P.g.a. skogsbruket är delar av norra Öland effektivt utdikad. En del av vattendragen passerar igenom rikkärr strax innan mynningen ut i havet. Sådana vilka är känsliga för övergödning. Åtgärder uppströms kan minska belastningen på rikkärren och de populära badvikarna på norra Öland. I skogsmark är förlusten av fosfor sällan ett problem. Kväveläckage kan däremot förekomma i områden med höga humushalter i form av organiskt kväve (Brookshire m.fl., 2005). Det kan också föra med sig skadliga ämnen så som kvicksilver och metylkvicksilver (Bishop K. 2013). Dessvärre är det svårt att göra åtgärder i sand då sanden lätt eroderar. Därav finns det få alternativ inom detta område. Det finns dock mindre sänkor längst vattnets väg där branta dikeskanter tillsammans med vallar håller vattnet på plats. Här föreslås att dikesvallar tas bort och dikeskanter fasas av för att tillåta mindre områden svämma över längst vattnet väg. Nedan presenteras en åtgärd representativ för delar av Böda sandområde.

Platsen ligger i Böda kronopark och är till skillnad från sin omgivning glest på träd och har ett relativt öppet fältskikt p.g.a. beteshävd. Diket har en låg medelvattenföring på 400 000 m³/år men flödet följer trenden i de öländska vattendragen med en hög topp mellan december och april till att mer eller mindre helt torka ut under sommarhalvåret. Näringsbelastning är relativt låg med ett arealspecifikt läckage på 3,7 kg kväve/ha och år och 0,06 kg fosfor/ha och år. Detta beror både på att området domineras av skog och inte jordbruksmark men också på den låga vattenföringen. En hög vattenföring är positivt korrelerad med belastningen näringsämnen (Weisner m.fl., 2015)

Åtgärdsförslag för platsen:

I detta område föreslås att dikeskanter fasa av och att dikesvallar tas bort. Sträckan är ca 126 meter lång och båda sidorna av diket är glesa och skulle teoretiskt sett kunna svämmas över, se figur 5. Området är svårt att utreda genom höjdkurvor och fältbesök. Manuell avvägning av höjdpunkter bör göras för att veta hur stor yta som kan påverkas vid höglöden. Årsmedel av den totala sedimenttransporten till området är 56 300 kg/år. Ställt mot tidigare

studiers resultat på liknande åtgärder skulle ca 9 571-34 906 kg sediment/år kunna stoppas upp i området. I totalsedimentet är både partikelbunden kväve och fosfor inkluderad.

Belastning till området:

Kväve: 1 300 kg/år

Fosfor: 28 kg/år



Figur 5. Till höger visas ytan för åtgärdsförslaget i Boda skogsområde. Till höger: karta över delavrinningsområdet samt platsen för åtgärd.

Östra landborgsområdet.

Östra landborgsområdet utgör östra kuststräckan av Öland från drumlinområdet i norr ända ner till sydspetsen av ön. Längst kusten finns mängder med unika sjömarker där meandrande vattendrag svämmas över och bildar våtmarker under våren. Dessvärre har många av dessa meandrande vatten dessvärre rätats ut, framförallt under dikningsepoken men även senare. Idag leds vattnet istället rakt igenom sjömarkerna ut i havet istället för att bredas ut över markerna. Här föreslås återmeandring för att återskapa de kustnära våtmarkerna. Nedan presenteras två områden representativa för östra landborgsområdets sjömarker samt ett förslag inom samma område men på västra sidan om Ancylusvallen en bit uppströms.

Egby – återmeandring

Egby sjömarker är ett av Ölands värdefullaste naturområde beläget längst östra kuststräckan. Området ingår i Ramsarkonventionen som arbetar för att skydda och bevara värdefulla våtmarker runt om i världen. Det är även ett Natura 2000 område och bedöms vara mycket artrikt och inhysa flera olika biotoper. Tyvärr är statusen på flera utav dessa biotoper i dagsläget inte god. En viktig orsak är den höga koncentrationen näringsämnen som läcker ut i området. Flera års provtagning visar på höga halter av nitrat. Delavrinningsområdet avvattnar ett område på ca 14,5 km² vilket till stor del består av jordbruksmark.

Åtgärdsförslag för Egby sjömarker:

En äldre något meandrande huvudfåran syns fortfarande tydligt på flygfoton och en liten del av vattnet rinner fortfarande igenom denna, se figur 6. Huvudflödet rinner istället igenom ett

rakt dike som grävdes så sent som på 1970-talet. Början av den meandrande fåran är också sänkt och djupare än vad den ursprungligen varit men övergår i en grundare slingrande fåra som svämmar över under våren. Förslagsvis så täcks början av det raka diket igen så att vattnet tvingas in i den gamla fåran. Detta kan lätt göras med de massor som idag utgör dikesvallar kring den raka sträckan. Vid höglöden kan vattnet fortfarande leta sig över dämningen över till det raka diket. Den första biten av den meanderande sträckan bör rensas och schaktas ut några dm för att undvika översvämning uppströms. Under vintern/våren bildas en naturlig våtmark på fuktängarna nära utloppet vilket kommer fortsatt ske efter igenläggning av diket. Genom att lägga igen utloppet för det raka diket kommer vattnet i våtmarken hållas kvar längre än före åtgärd samt över en större yta. Ytan som troligen berörs syns på flygfoton från 70-talet vilka är tagna innan den sena dikningen skedde, se figur 6. Detta gynnar platsens artrika fuktängar och skapar ett bra bete runt våtmarksområdet längre in på sommaren. Genom en enkel återmeandring skapas översvämningssytor som i kombination med små dämningar behåller vattnet i början av vegetationsperioden.

Uppskattad näringsavskiljning av 12 ha våtmark som bildas av återmeandring:

Kväve: 2 076 kg/år motsvarar ca 18 % av belastningen.

Fosfor: 90 kg/år vilket motsvarar 45 % av belastningen.



Figur 6. Egby sjömarker. Vänster bild, flygfoto från 2013: Blå linje visar hur vattnet rinner idag, både genom den södra raka kanalen och den äldre meandrande fåran i norr. Höger bild, Uppskattad max vattenspegel baserat på +2 grid höjdkurvor

Norra Kvinneby – Återmeandring

Kanalen söder om Norra Kvinneby avvattnar ett område på ca 850 ha av intensivt jordbruk vilket sista sträckan rinner igenom sjömarkerna. På flygfoto från så sent som 50-talet ser man att sista sträckan innan Östersjön hade en naturligt slingrande utformning med flodplaner som översvämmades under vinter, se figur 7.

Åtgärdsförslag:

Återmeandra vattendraget så att tillfälliga våtmarker skapas ute på sjömarkerna.

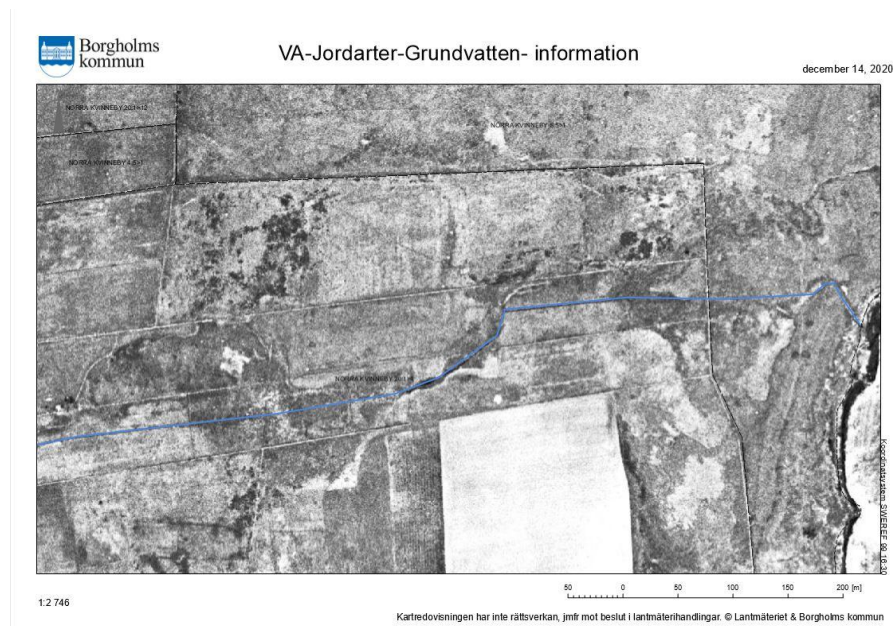
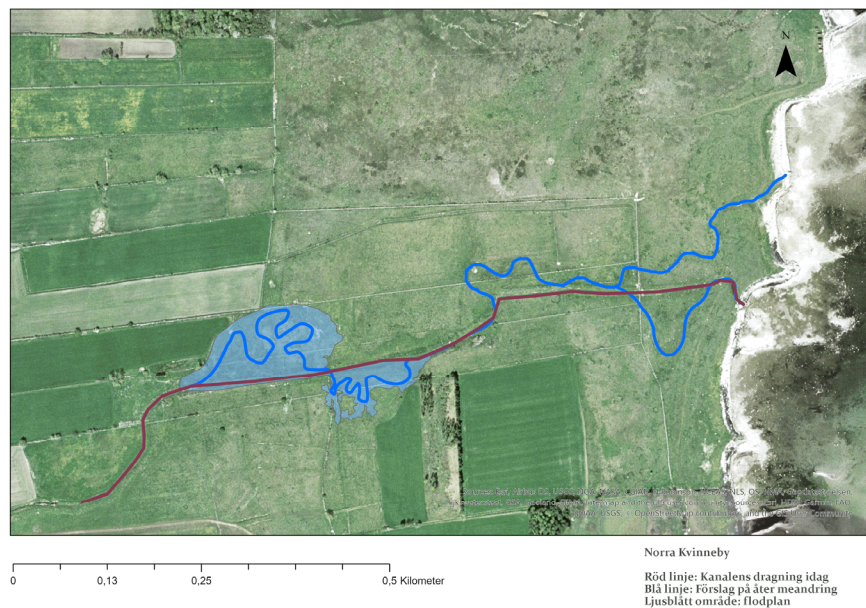
Meanderfåran behöver grävas ut och formas då den ursprungliga lagts igen. Denna behöver dock inte vara så djup som kanalen då tanken är att det ska bildas flod banker som svämmas över under höglöden. Förslagsvis läggs en flack tröskel i den gamla kanalen på områdena där

de nya vägarna grävs så att vattnet huvudsakligen letar sig in i dessa. De blåmarkerade områdena i figur 7 visar grovt hur området runt den nya fåran svämmas över vid högflöden om man lägger dämningarna på rätt nivå. Åtgärden skapar flera grunda våtmarker där vattnet bromsas upp och stora delar av den höga kvävebelastningen kan fångas upp.

Uppskattad retention baserat på tidigare studier skulle kunna vara upp till 17 000 kg sediment/år vilket är 67 % av transporten. Det är troligt att avskiljningen blir hög p.g.a. den långa sträckan och den stora effekten åtgärden får på vattnets hastighet.

Kväve: 5 000 kg/år- Hög

Fosfor: 98 kg/år. Medel



Figur 7- Över bilden: Återmeandring i Norra Kvinneby.

Nedre bilden: Flygfoto från 1950-talet vilket visar hur området en gång naturligt svämmas över. Blå linje representerar hur den grävda kanalen går idag.

Enetri- Vattenfördröjandeåtgärd med översilningsplan

Väster om sjömarkerna ligger Ancylusvallen och i söder Litorinavallen. På västra sidan av vallarna bildades förut naturliga våtmarker och grunda sjöar. Väldigt få sådana finns idag kvar då man grävt och ibland sprängt diken och kanaler genom vallarna för att dräner våtmarkerna. På flera områden på östra Öland sträcker sig kanalen längst med vallen en längre sträcka, troligen för att dränera en tidigare våtmark, innan den spränger igenom vallen ut mot sjömarkerna. Ett sådant område är Enetri på sydöstra Öland. Kanalen som mynnar i Enetri avvattnar fram till området för åtgärd ca 1 140 ha. Kanalen är djup, på många ställen sprängd ner i bergflisan för att uppströms kunna avvattna alvarsjöarna Göljorna. Strax efter åtgärden möts den berörda kanalen av en annan kanal söder ifrån. Det norra avrinningsområdet är ca 1 170 ha och det södra ca 610 ha. Åtgärden berör bara det norra delavrinningsområdet men en liknande åtgärd är möjlig även för den södra kanalen i samma område. Det arealspecifika läckaget är enligt SMHIs modellvärde 0,14 för fosfor och 6,2 kg/ha och år för kväve. Enligt Naturvårdsverkets klassificering klassas det som medelhög belastning för fosfor och hög för kväve.

Åtgärdsförslag i Enetri:

Vattnet leds in i en ny fåra som formas likt en hästsko. I U-delen av skon finns ett djupare parti och i mitten och uppåt ett grundare översvåmningsplan, se figur 8. För att få en viss omsättning på vatten kan en mindre dämning i kanalen anläggas så att vattnet tvingas in i hästskon även vid medel flöden. Vid högflöden kan vattnet fortsätta rakt fram i kanalen vilket är positivt då den höga vattenföringen hade riskerat att spola ut sediment ur våtmarksområdet. Våtmarksområdet blir ca 0,14 ha och uppskattas kunna avskilja 1 335 kg kväve/ år och 70 kg fosfor/år, vilket är ca 60 % av fosforbelastningen. Förutsättningen är att området sköts och med jämna mellanrum rensas på sediment i djuphålan, vilket med fördel kan återföras till åkermark. Studier har visat att dammar som inte sköts snabbt minskar i effektivitet med åren. Åtgärden kan även komma att få ett rekreativvärde då en cykelväg nyligen anlagts i nära anslutning till området. Åtgärden kan dock, trots den lilla ytan bli kostsamt då stora mängder jordmassor behöver schaktas och eventuellt fraktas bort.

Det är svårt att göra några beräkningar för åtgärden men djuphålan kan jämföras med en fosforfälla vilket uppskattas kunna avskilja

Belastning:

Kväve: 7 414 kg/år- Hög

Fosfor: 114 kg/år- medel



Figur 8, Vattenfördröjande åtgärd i Enetri. Ett delflöde leds in i den hästskoformade översilningsytan.

Östra Ölands drumlinområde

Drumlinområdet på östra Öland utgör långa grunda vikar med ett rikt fågelliv. När sötvattnet från land möter det bräckta havsvattnet ute på de säregna sjömarkerna bildas floddelta. Dikningar längst drumlinområdet har skadat deltabildningen och idag leds merparten av vattnet rakt ut i de grunda vikarna vilket riskerar att försämra vattenkvalitén. Många av vikarna i området är, p.g.a sin utformning, något avskärmade från övriga havet vilket gör utbytet av vatten långsammare. Nedan presenteras ett exempel för området.

Södvik – Floddelta

Södviken ligger inom östra Ölands drumlinområdet och är en av östra Ölands viktigaste rast- och häckningslokaler för fågel. Området ingår i RAMSAR, Natura 2000 samt är ett naturreservat. Två vattendrag mynnar ut i viken, i exemplet ingår bara ett av dessa. Detta vattendrag är kanaliserat ända ut till viken utanför sjömarkerna. Troligen har vattnet innan dikning fått leta sig fritt över de sandiga sjömarkerna och bildat grunda förgreningar från huvudfåran, så kallat floddelta. Det syns tecken av detta på flygfoton där viss översvämning och deltabildning sker, se figur 9. Ett sätt att skapa fler förgreningar är att lägga större sten i olika storlekar i den raka fåran för att få vattnets rörelseenergi att byta riktning varvat med små tätare flacka dämningar som fördröjer vattnet på vägen men inte stoppar eventuell fiskvandring. Det finns en hel del studier som visar på att floddelta system är bra för näringsavskiljning då det bl.a. ökar vattnets uppehållstid och sänker hastigheten så partiklar kan sedimentera längst vägen. Det finns dock få tydliga siffror på hur mycket som kan avskiljas samt hur och när de fungerar som bäst.

I Södviken är det troligt att små dämningar i huvuddiket för att gynna deltabildningen även skulle skapa tillfälliga våtmarker under våren i sänkorna ute på sjömarkerna.

Belastning:

Kväve: 4 800 kg/år -Hög.

Fosfor: 82 kg/år- medel.



Figur 9. Till vänster, rakt grävt dike som mynnar i Södviken. Till höger, flygfoto som visar hur deltamönster skapas i området när vattnet får en längre väg.

Algutsrum- Högsrums moränområde

Delområdet Algutsrum-Högsrums moränområde är beläget på mellersta Öland.

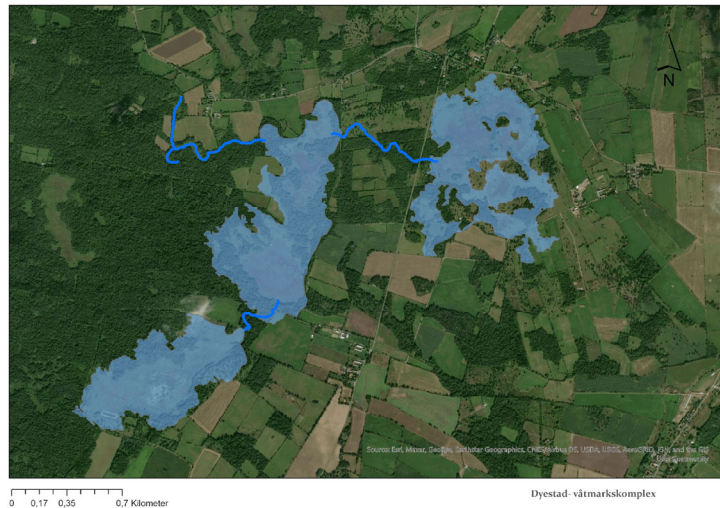
Avrinningsområdena som mynnar ute på sjömarkerna på östra landborgsområdet har sin start inom detta delområde. Inom delområdet finns förutsättningar för flera olika vattenvårdsåtgärder såsom tvästegsdiken, avfasning av dikeskanter, återmeandring och restaurering av utdikade våtmarker. Våtmarker faller egentligen inte under kategorin för små åtgärder men för detta område kommer ändå ett sådant exempel att presentera. Varför förklaras under åtgärden "Dyestad". Utöver detta presenteras ett område lämpligt för avfasning av dikeskanter och borttagande av dikesvallar i en beteshage.

Dyestad- våtmarkskomplex

Våtmarkerna vid byn Dyestad, Himmelsberga och Björkerum tillhör området Algutsrum-Högsrum moränområde vilket gränsar till östra landborgsområdet och har tillsammans en våtmarksyta på nästan 150 ha. Ursprungligen gick vattnet in i Dyestadsmosse och sedan vidare norrut till Kritmossen/Vargmossen och sedan österut mot Grossmossen, se figur 10. Troligen mottar även södra delen av Amunds mosse vatten från Kritmossen då marken slutar norrut här och en vägtrumma binder ihop dem under landsvägen. År 1933 grävdes ett nytt dike i området mellan Dyestads mosse och Kritmossen i ett försöka att dränera våtmarken och skapa nya odlingsytor. Detta gör att vattnet som har passerat Dyestads mosse avvattnas av

diket och endast en liten del av vattnet går vidare upp till Kritmossen. Vattnet innehåller troligen inga höga halter näringsämnen då sträckan innan våtmarken är ett naturligt meandrande vattendrag med översilningsytor och vattnet renas ytterligare när det når våtmarken. Dock gör dikets avvattning så att vattnet får en betydligt kortare väg genom landskapet vilket leder till högre flödestoppar och mindre tid för grundvatteninfiltration i området. Detta skulle relativt enkelt kunna lösas genom att lägga en bottenfyllning i diket vid våtmarkens utlopp med en svag lutning för att inte hindra fiskvandring. Detta skapar en dämning som håller kvar vattnet längre i våtmarken, utjämnar flödet, förlänger perioden med flöde och minskar den hydrauliska belastningen nedströms. Mer vatten kan istället leta sig upp mot Kritmossen och Grossmossen vidare ut till kanalen som mynnar i Folkeslunda, se figur 10. Åkermarkerna kommer först nedströms i båda diken. Det södra diket mynnar i en våtmark på sjömarkerna inom östra landbordsområdet. Nedströms finns flertalet beteshagar där dikesavfasning skulle vara ett bra alternativ för att fånga upp en del av näringsämnena för att minska belastningen på den slutliga våtmarken innan mynningen.

Åtgärden påverkar en väldigt stor yta men kräver små insatser att utföra. Den är ett bra exempel på hur det ofta ser ut i delområdets landskapstyp. Inom Algutsrum-Högsrums moränområde finns flertalet utdikade våtmarker, i folkmun kallade mossar, vilka för länge sedan övergivits p.g.a. misslyckade odlingsförsök. Eftersom de dräneras på vatten, och betet många gånger upphört, har de växt igen. Av denna anledning faller det sig naturligast att lyfta fram vikten av att restaurerar våtmarkerna då det i många fall inte är en så stor åtgärd bara en stor yta.



Figur 10, Övre bild: Dyestads våtmarkskomplex och dess förbindelser.

Nedre bild: Karta över våtmarksområdet och åtgärdsförslaget markerat med ett X.

Valsnäs/Löt- Avfasade dikesslänter

Området ligger sydväst om Löt i en beteshage. Längre nedströms går kanalen i genom en anlagd våtmark och mynnar slutligen söder om Valsnäs. Huvuddiket kommer från väst och rinner öster ut i hagen. Området består av kärrtorv och sand och marken runt det djupa diket var under fältbesök sommaren 2020 mycket torr.

Åtgärdsförslag:

En avfasning av dikeskanterna och bortförsel av dikesvallar hade låtit det ljusblå området i figur 11 svämma över under högflöden. Massorna kan förslagsvis användas för att valla upp den sydöstra delen för att säkerställa att detta stycke inte blöts ner. Området som tillåts svämma över är totalt 3,9 ha med en dikessträcka på 360 m. Det arealspecifika läckaget för delavrinningsområdet är 8 kg kväve/ha och år och 0,13 kg fosfor/år vilket för kväve klassas som högt och för fosfor medel (Naturvårdsverket, 2000). Beroende på uppehållstiden på översilningsytan bör man kunna förvänta sig en bra avskiljning av både fosfor och kväve. För att skapa ännu bättre förutsättningar för rening kan man skapa en mindre dämning vid utloppet för att hålla kvar vattnet något längre även vid medel flöden. Runt ca 12 000 kg totalsediment/år av 19 300 är möjligt om man jämför med liknande områden som studerats i Danmark.

Belastning till område

Kväve: 7 200 kg/år -Hög

Fosfor: 122 kg/år -Medel





Figur 11. Övrebild: Bilden visar det raka diket i Valsnäs och den torra beteshagen det skär igenom. Augusti 2020. Nedrebild: Kantavfasning och borttagning av dikesvallar i beteshage skapar en tillfällig våtmark i en naturlig topografisk sänka.

Västra kustslätten

Detta delområde täcker sydvästra Öland och utgör den långsmala sträckan väster om landborgen. Här rinner allt vatten västerut vilket gör vattendragen betydligt kortare än de på östra sidan. I detta område är jordlagret djupare över berget med mer lera och silt än de andra delområdena. Här är därför fosforfastläggningen troligen mindre än på östra sidan där kalkstenen ligger betydligt ytligare. Därför är västra kustslätten det enda området på Öland där fosfordammar troligen är lämpade. Utmaningen i delområdet är att nästan all mark brukar och det finns få övergivna platser och beteshagar. Det är även färre utdikade våtmarker att restaurera än på östra Öland. Här krävs det att leta fram de få platser som inte används för jordbruk och att hitta markägare som kan vara intresserade av mindre åtgärder inom jordbruksmarkerna. Nedan presenteras två områden lämpliga för fosfordammar samt ett område intressant för ett tvåstegsdike.

Resmo – fosfordamm

Området i Resmo strax norr om Mörbylånga ligger i en större utdikad våtmark. Området har en relativt låg vattenförling på ca 405 000 m³/år jämfört med Enetri som har en vattenförling på 2 miljoner m³/år. Nästan hela våtmarksområdet odlas men desto närmare diket ju blötare är det och svårare att bruka jorden. Det föreslagna området ligger på den enda delen som är obrukad och där en markägare visat intresse att göra någon form av åtgärd, se figur 12.

Åtgärdsförslag:

Fosfordamm över en ca 150 m sträcka. Eftersom vattenförlingen är så pass låg kan en åtgärd likt denna troligen ge en viss avskiljning utan risk för urspolning av sediment vid höglöden då toppen inte blir fullt så hög.

Belastning till fosfordamm:

Kväve: 3 500 kg/år - Hög- mycket hög

Fosfor: 45 kg/år- Hög

Beräknad fosforretention:

19 kg/år vilket motsvara 43 % av belastningen



Figur 12. Till vänster: fosfordamm i Resmo mosse.

Höger: Hillshade över "Kleva mossen" i norr och "Resmo mosse" i söder, utmarkerat med ett kryss. Det går tydligt att urskilja konturerna där de båda våtmarkerna en gång varit. De är idag utdikade och uppodlade.

Beteby

Beteby på sydöstra Öland ligger strax söder om Mörbylånga tätort. Av flygfoton från 70-talet kan man utläsa hur den ursprungliga bäcken meandrat över fälten och bildat naturliga våtmarksområden, se figur 13. Idag är samma sträcka uträtad men marken obrukad och i igenväxnings fas. Jordlagret består av vittringsjord av ler och silt.

Åtgärdsförslag:

En långsmal fosfordamm hade bromsat upp flödet och fångat upp en betydande del av näringsämnen transporteras från de odlade lerjordarna uppströms, se figur 13. En långsmal utformning gör det även lättare att rensa djuphålan vid behov.

Belastning till fosfordammen:

Kväve: 3 400 kg/år- Hög

Fosfor: 57 kg/år- Hög

Uppskattad fosforretention:

22 kg/år - ca 38 % av belastningen



Figur 13. Övre bild vänster: Flygfoto från 1970-tal som visar hur vattnet rörde sig innan nya diken drog över området. Överbild höger: Flygfoto från 2013 visar vart vattnet rinner idag. Nedre bild: Åtgärdsförslag: en långsmal fosfordamm bromsar upp vattnet på vägen.

Kleva - Tvåstegsdike

I kanalen ner till Kleva mossen, strax norr om Resmo finns en dikessträcka på 380 m. Sträckan har på sin östra sida en beteshage och på västra sidan åkermark. På östra sidan i beteshagen finns det möjlighet att skapa ett tvåstegsdike, se figur 14. Översvämningsplanet kan göras relativt brett, nästan 15 m vilket då skulle ge en våtmarksyta på ca 0,6 ha. Eftersom ytan ligger i en beteshage går det för markägare att söka både betesstöd och våtmarksstöd för tvåstegsdiket om det utformas rätt. Att tänka på är att inte göra kanten ner till översvämningsplanet för brant så djurens tramp får sediment att rasa ner samt se till så att det ligger tillräckligt djupt för att bli fuktigt nog för våtmarksväxter att trivas.

Belastning till tvåstegsdiket:

Kväve: 3 800 kg/år- Hög

Fosfor: 50 kg/år- Hög



Figur 14, Tvåstegsdike på en sida av ett större dike i Kleva på västra kustslätten.

Diskussion

Genom att undersöka och studera Öland indelat i 7 landskapsekologiskt skilda delområdena har följande slutsatser kunnat dras:

Den stora arealsandelen med sandiga marker med hög erosionsrisk gör åtgärdsalternativen få inom Böda sandområde. Goda effekter kan förväntas av mindre dämningssåtgärder i kombination med att fasa av dikeslänter och ta bort dikesvallar. Detta kan göras i skogsområden där naturligt topografiska sänkor finns som kan tillåtas svämma över utan att skada skogen. Nedströms, närmre utloppen, är ett alternativ att lägga material såsom större sten och annat material för att tvinga vattnet i fler riktningar vilket kan skapa mönster liknande deltabildningar.

Inom Nordölands drumlinområde är också en stor andel av marken dominerad av sand, men där naturliga floddeltan till viss del spontant bildas på sjömarkerna. Deltabildningen kan förbättras genom att minska avvattningen från dikena som ofta skär igenom deltan och hindrar översvämning. Flera av utloppen inom drumlinområdets vikar har samma förutsättningar som den föreslagna åtgärden i Södvik. Inom Östra landborgsområdet finns längst stora delar av kuststräckan dränerade sjömarker som skulle kunna restaureras. Här mynnar också de största avrinningsområdena med högst belastningar av framförallt nitrat vilket gör att endast kustnära våtmarker inte är tillräckliga utan risker att bli mättade. Fler åtgärder uppströms behövs likt

förslaget att restaurera utdikade våtmarker inom algutsrum-högsrums moränområde eller dikesavfasning likt förslaget i Valsnäs.

Det är troligtvis inte gynnsamt att på östra sidan fokusera på åtgärder som främst gynnar fosforavskiljning då den höga kalkhalten bidrar till fastläggning av fosfor. Då kalcium till skillnad från b.la. järn, som också lätt bildar komplex med fosfor, inte släpper fosfor vid anoxiska (reducerande) förhållanden är föreningen stabil även om den hamnar i en syrefri miljö. I vilka former fosfor förekommer och transporteras i vattendragen behöver undersökas vidare för att bättre kunna utforma kostnadseffektiva reningsåtgärder på Öland. Det finns en problematik i att vanliga fosforanalyser inte visar förekomstformerna. I labbanalyser analyseras oftast både löst oorganiskt fosfor, även kallat ortofosfat eller molybdatreaktivt fosfor (MRP), och totalfosfor. Totalfosfor är all fosfor i vattenprovet, både i löst och partikulär form, i enkla till komplexa oorganiska föreningar och bundet i organiskt material. För att kunna analysera totalfosforhalten måste alla komplexa föreningar först brytas vilket ger oss fosfor i löst oorganisk form (Persson, 1998). Genom analysen får vi alltså inte svar på vad fosfor varit bunden till oavsett om man analyserar resten av vattnet utan bara andel oorganisk och andel organisk. SMHI har av förklarliga skäl därför inte med denna faktor i sin modellberäkning för fosforläckage på Öland vilket innebär att det som presenteras som totalfosfor kan vara fosfor som komplexbundits till kalcium och således inte har lika effektiv eutrofierande påverkan. Komplexbunden fosfor kan också frigöras av organiska syror som bildar ofullständig nedbrytning i syrefria miljöer.

Den låga till obefintliga vattenföringen under sommarhalvåret gör att översvämningsytorna där avskiljningen främst sker under vintern lämpar sig bra i de längre bäckarna på östra sidan. Detta då det kan dämpa högflöde under vinterhalvåret genom att sänka vattenhastigheten samtidigt som det ger tid till partiklarna att hinna filtreras och sedimentera på de vegetationstäckta ytorna. Optimalt är att hitta beteshagar med topografiska sänkor där dikeskanterna fasas av så översvämning är möjlig. Områden som står blöta en bit in på våren ger ofta ett grönt och frodigt bete in på sommaren och djurens hävd hindrar området från igenväxning. Västra kustslätten saknar till stor del möjligheten att restaurera utdikade våtmarker då det funnit färre av dem i detta område och de få som funnit har dikats ut med ett mer lyckat resultat än på övriga delar av ön. Det finns få platser som inte är uppodlade men med markägarens tillstånd finns goda möjligheter för fosfordammar och tvåstegsdiken inne i åkerlandskapet. En faktor som kan få markägare att vilja avvara mark är miljöstöden denne kan få för förlusten av jordbruksmark.

Tyvärr presenteras inga åtgärder för stora Alvaret och Nordölands alvarområde i denna rapport. Anledningen är att det finns sämre förutsättningar för åtgärder andra än att försöka återskapa utsprängda alvarsjöar och våtmarker på Stora Alvaret. Detta föll inte inom ramen för projektet då åtgärderna inte hade varit små och inte direkt haft en effekt på näringsavskiljning då det generellt sett inte är något jordbruk på alvaret, med några undantag. Att lyfta är dock att åtgärder för att magasinera vatten högt upp i avrinningsområdet kan ha betydelse längre nedström då det troligen kan utjämna flödessäsongen. SMHI visade i en rapport 2019 att fördröjningsmagasin i form av våtmarker endast har en väldigt lokal effekt på

flödet. På Öland kan troligen det mesta inom ett avrinningsområde ses som relativt lokalt och då de geohydrologiska förhållandena skiljer sig så pass från fastlandet kan effekten bli mer påtaglig på Öland än i andra delar av landet. Detta är något som behöver undersökas närmare för att se vad effekten skulle bli av restaureringar ute på Alvaret. Även på Nordölands alvarområde är kanalerna spränga ner i bergflisan vilket också gör mindre åtgärder svåra även när det finns områden där vattnet hade kunnat tillåtas breddas ut.

Referenser

Almgren, G. 1990. Lövskog – Björk, asp och al i skogsbruk och naturvård. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Andersen, H.E. 2004. Hydrology and nitrogen balance of a seasonally inundated Danish floodplain wetland. *Hydrological Processes*. 18.3: 415-434.

Andersson, K. 2012. Varför multifunktionella våtmarker. *Stockholm Environment Institute*. 2012:08.

Aronsson, H, m fl. 2019. Effekter av åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark och åtgärds utrymme. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. *Ekohydrologi*, 160

Bishop, K. 2013. Mark och vatten. *Future forests*. SLU. 2013:3

Braskerud B.C, mfl. 2002. Factors affecting phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecological Engineering*. 19:1:41-61.

Braskerud, B. C, mfl. 2005. Can constructed wetlands reduce the diffuse phosphorus loads to eutrophic water in cold temperate regions. *J. Environ. Qual.* 34:2145-2155.

Brookshire, N.J. Coupled cycling of dissolved organic nitrogen and carbon in a forest stream. *Ecology (Durham)*, 86(9): 2487–2496.

Claesson, T och Mikaelsson, J. 2001 Kalmar län, Länsstyrelsen. *Natur och kultur på Öland*, Kalmar: Länsstyr. i Kalmar län.

Cui, N, mfl. 2020. Roles of vegetation in nutrient removal and structuring microbial communities in different types of agricultural drainage ditches for treating farmland runoff. *Ecological engineering*. 155:1.

D'Ambrosio, J, m fl. 2015. Evaluating Geomorphic Change in Constructed Two-stage Ditches. *Journal of the American Water Resources Association*, 51.4: 910–922.

Ekstam, B. 2001. Vattnet i landskapet. I Forslund, M. (Red.) *Natur och kultur på Öland*.

Länsstyrelsen i Kalmar

Gustafsson, Bo G., m.fl. 2012. Reconstructing the development of Baltic Sea eutrophication 1850–2006. *Ambio* 41:6: 534-548.

Karlsson, A-M. 2020 En resa genom jordbruksmarkerna i Sveriges landskap. Jordbruksverket. <https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2020/07/20/en-resa-genom-jordbruksmarkerna-i-sveriges-landskap/>

Kjellson, A. m.fl. 2018. Våtmarksstrategi. *Våtmarksfonden*. Nyköping.
<http://vatmarksfonden.se/wp-content/uploads/2018/12/v%C3%A5tmarkstrategi.pdf>

Kozelová, I, m.fl. 2020. The role of artificial ditches and their buffer zones in intensively utilized agricultural landscape. *Environmental monitoring and assessment*, 192(10):656.

Kronvang, B., I. K. mfl. 2007. "Water Exchange and Deposition of Sediment and Phosphorus during Inundation of Natural and Restored Lowland Floodplains." *Water, Air and Soil Pollution* **181**: 115-121.

Kröger, R, mfl.. 2014. Denitrification potential of low-grade weirs and agricultural drainage ditch sediments in the lower Mississippi Alluvial Valley. *Ecol. Eng.* **73**: 168-175

Larsson, M och Granstedt, A. 2010. Sustainable governance of the agriculture and the Baltic Naturvårdsverket, 2000. Environmental quality criterias, Lakes and watercourses. Stockholm: *Swedish Environmental Protection Agency* (Naturvårdsverket).

Lindström, G. 2019. Hydrologiska aspekter på åtgärder mot vattenbrist och torka inom avrinningsområden. *SMHI hydrologi* nr 122

Lundquist, Å. 1966. När Öland dikades ut. *Öländsk bygd*: 55-77.

Persson, G. 1998. Analysmetoder för fosfor och kvävefraktioner i vatten. SLU.
<http://info1.ma.slu.se/miljotillst/eutrofiering/Analysmetodik.ssi> (Hämtad: 2020-12-17)

Sea Agricultural reforms, food production and curbed eutrophication. *Ecological Economics* 69:10: 1943-1951.

Seybold, H. 2007. Modeling river delta formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, 104(43):16804–16809.

Tollin, C. 1984. Våtslätter- Myren som kulturlandskap. *Kulturminnesvård.*: 7-13