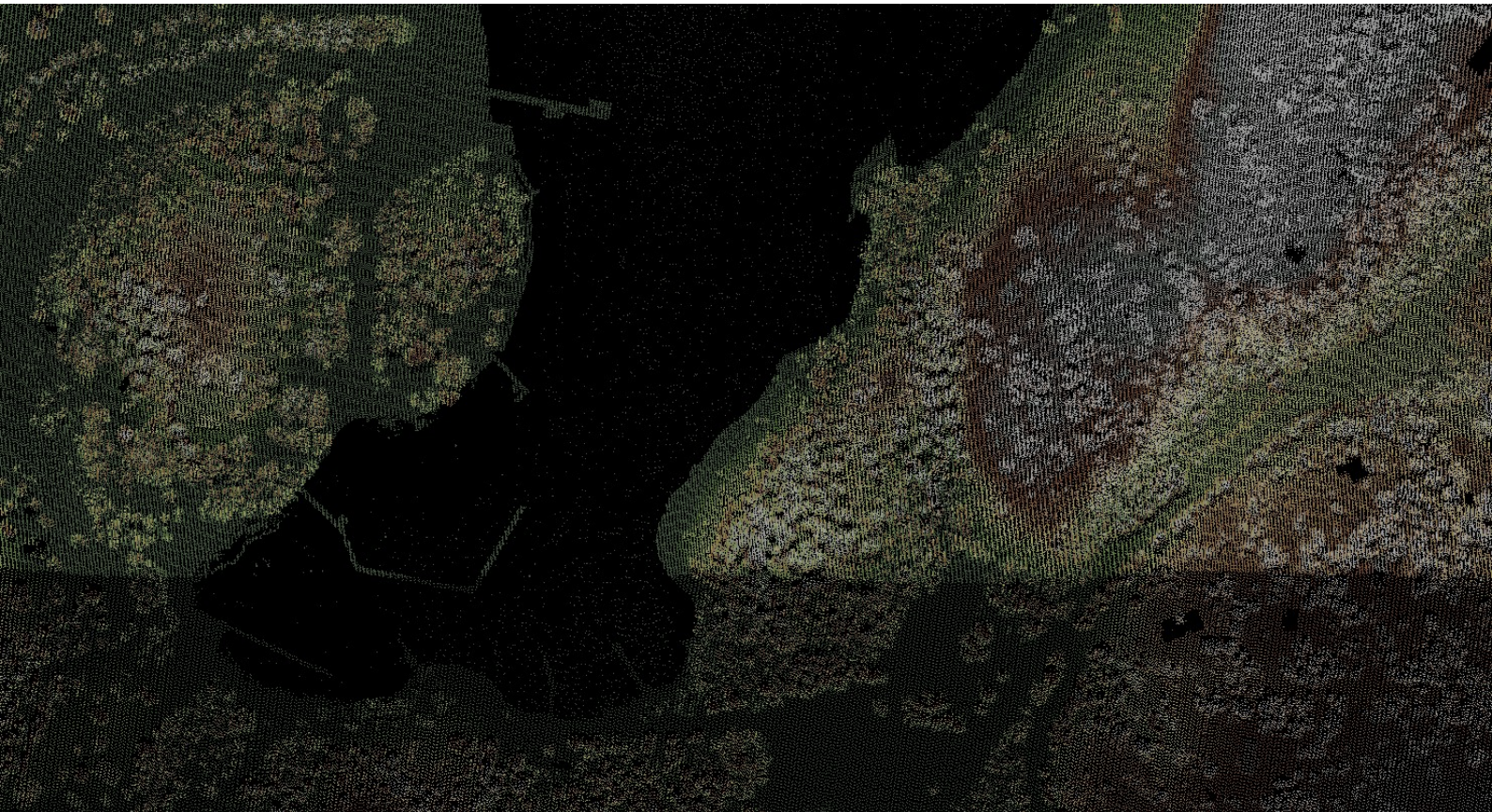


Metodutredningar inom moment B1:3

Projektet Fysisk påverkan i svenska kustvatten

Oscar Törnqvist, med bidrag av Christoffer Keskitalo



Metria AB, 2017-09-22

Box 30016, 104 25 Stockholm

Tel 010-121 80 00

info@metria.se | metria.se



Rekommenderat format vid citering:

Törnqvist O och Keskitalo C. 2020. Metodutredningar inom moment B1:3 – Projektet Fysisk påverkan i svenska kustvatten. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2020:18, 23 sidor.

Projektledare: Ingemar Andersson och Erland Lettevall, Havs- och vattenmyndigheten.

Nyckelord: fysisk påverkan, påverkansfaktorer, exploatering, uppföljning, kustzonsplanering, invallade havsvikar, kustförändringar, kartläggning, kustmiljö, grunda havsområden, marin miljö, LiDAR, fjärranalys, satellitbild, bryggor, byggnationer.

Den här rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten och utgör en underlagsrapport till slutrapporten Fysisk störning i grunda havsområden (Havs- och vattenmyndighetens rapport 2020:12). Innehållet och slutsatserna i rapporten innebär inte något ställningstagande från Havs- och vattenmyndighetens sida.

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2020:18

Omslagsbild: Retursignaler från laserscanning (LiDAR) som visar berg, vegetation och bryggor över vattenområde (svart) vid Stavnäs, Stockholms skärgård.

ISBN, digital version: 978-91-88727-81-7

Innehåll

1	Introduktion	3
2	Invallade havsvikar	4
2.1	Syfte	4
2.2	Vald metodik	4
2.3	Resultat	5
2.4	Diskussion och rekommendationer	6
3	Småbåtshamnar	7
3.1	Bakgrund	7
3.2	Vald metodik	8
3.3	Resultat	9
3.4	Rekommendation	10
4	Utfyllnad av kustområde	10
4.1	Syfte	10
4.2	Metodutredning	11
4.3	Resultat och utvecklingspotential	11
4.4	Rekommendation	12
5	Detektion av bryggor med LiDAR	14
5.1	Syfte	14
5.2	Vald metodik	14
5.3	Resultat	15
5.4	Rekommendation	15
6	Detektion av vass med LiDAR	16
6.1	Syfte	16
6.2	Diskussion	16
6.3	Rekommendation	17
7	Höjdsättning av redan karterade bryggor med LiDAR	17
7.1	Syfte	17
7.2	Vald metodik	17
7.3	Slutsatser	17
7.4	Rekommendationer	18
8	Detektion av byggnationer i vatten med satellitdata	18
8.1	Syfte	18
8.2	Vald metodik	18
8.3	Resultat	19
8.4	Rekommendationer	19
9	Areell avgränsning av bryggor med hjälp av ortofoton	20
9.1	Syfte	20
9.2	Vald metodik	20
9.3	Slutsatser	20
9.4	Rekommendationer	21
10	Sammanfattning	22
	Litteraturlista	23



1 Introduktion

Föreliggande rapport är en sammanställning av resultat från de utredningsmoment som har genomförts inom uppdrag B1:3 i syfte att dels formalisera de delvis oklara metoderna som skulle användas inom karteringen i B1:3, dels utreda nya metoder användbara inom kommande arbetspaket.

Följande punkter har utretts och presenteras i denna rapport:

- **Invallade havsvikar.** Arbetet följde tidigare metodstudier (Lst Blekinge rapport 2014:24, 2016:24), utvärderades och kompletterande rekommendationer kunde utfärdas.
- **Småbåtshamnar.** Utifrån tidigare metodik (Lst Stockholm rapport 2003:18) och tidigare resultat (NV Rapport 6376) reviderades och förbättrades metoden.
- **Utfyllnad av kustområde.** Inom utförd kartering utvecklades synen på framförallt historisk utfyllnad och hur denna skulle kunna följas och kartläggas.
- **Detektion av bryggor och vass med LiDAR.** Momentet undersökte om och hur det är möjligt att förenkla/automatisera kartläggning av bryggor med LiDAR-data. Som en direkt följd av detta moment undersöktes två ytterligare möjligheter för att kartlägga bryggor och deras egenskaper:
 - **Höjdsättning av bryggor med LiDAR.** Eftersom önskemål om kunskap om olika bryggors egenskaper fanns, provades att höjdsätta dem utifrån LiDAR-data.
 - **Detektion av byggnationer (t.ex. bryggor) med hjälp av andra indirekta metoder.** Som ett resultat av svårigheter av och begränsningar med att använda LiDAR för att kartlägga objekt i vattnet testades två alternativa och komplementära metoder; dels en detektion av objekt i satellitdata, dels en areell bestämning av redan kända objekt, karterade som linjer, utifrån ortofoton. Båda dessa metoder bygger på automatisk detektion och avgränsning.

En närmare förklaring av momenten och resultaten från utredningarna och försöken presenteras nedan. För respektive metod utfärdas rekommendationer för eventuell framtida användning, möjligheter och begränsningar.

Slutligen presenteras en sammanfattande rekommendation för samtliga moment, i tabellform.

2 Invallade havsvikar

2.1 Syfte

Uppdraget är att identifiera och kartlägga områden som har invallats och torrlagts. Målet med detta är att peka ut grunda havsområden som har påverkats genom invallning och torrläggning och som skulle kunna bli omfattade av restaureringsåtgärder. Områden större än 1 ha anses här nedan vara betydelsefulla i detta avseende.

Syftet med utredningen var att utgå ifrån den metodik som använts inom projektet "Inventering av torrlagda havsvikar i Blekinge" (Lst Blekinge rapport 2014:24), se i vilken utsträckning detta kan genomförs nationellt och om metodiken i så fall behöver justeras eller kompletteras. I detta län har även förutsättningarna för att restaurera två sådana vikar undersökts (Lst Blekinge rapport 2016:24)

2.2 Vald metodik

Metoden överensstämmer med metoden som använts i Blekinge med ett tillägg av visuell tolkning och typning av resultatet. Man behöver också lägga till några arbetsmoment för att, baserat på annan referensdata, sälla bort falska indikationer, t.ex. dagbrott, indikationer i inlandet som ej hör till havet och indikationer precis i strandlinjen, då vågor och vattenstånd kan göra att vissa vattenytor hamnar under nollstrecket höjdmässigt.

Indata: Fastighetskartan, Höjdmodell Grid2+, Terrängskuggning, Ortofoton, Häradskartor (allt från lantmäteriet)

1. Ta fram landområden i fastighetskartan som har en höjd ≤ 0.0 meter över havet.
2. Välj områden med en yta som överstiger 1 ha och de som ligger nära havskust (< 1000 m).
3. Visuellt granska alla områden (ortofoto) och klassa dessa efter typ av depression. Vid detta förfarande, jämför med den historiska häradskartan (tidigt 1900-tal) för att se om det rör sig om sjö/våtmark.
4. Områden delas in i följande kategorier (typer):
 - a. Avfallsanläggning
 - b. Bergtäkt
 - c. Dike
 - d. Industriutfyllnad
 - e. Invallad vik
 - f. Torrdocka
 - g. Tunnel/väg/viadukt
 - h. Utdikad sjö/våtmark
 - i. Utgård (t.ex. bebyggd mark)
5. Gå igenom klasserna *Invallad vik* samt *utdikad sjö/våtmark* och granska visuellt mot terrängskuggning. Finns en barriär, fördämning eller liknande mellan polygonen och dagens hav/vattenyta behålls polygonen.
6. För respektive område räknas grundläggande statistik och egenskaper för det torrlagda området ut (volym, min och maxhöjd över havet).

7. Slutligen bedöms manuellt vilka som består av naturmark och ligger intill havsvatten och därmed kan omfattas av åtgärder. Resten plockas bort.
8. Resultatet blir restaurerbara invallningar. Om även sådana som exempelvis omfattar urban bebyggelse eller dagbrott skall tas med kan punkt 7 strykas.

2.3 Resultat

Det stora flertalet låglänta områden består av bergtäkter, viadukter/tunnlar och mark i städer. De flesta invallningsföretag ligger längs Mälarens stränder och är relativt små. Av topografiska, geologiska och tektoniska (isostasi/landhöjning) skäl föreligger de flesta havsnära i Blekinge och Kalmar men det finns även några från Östergötland och Stockholms län.

Totalt identifierades 99 områden med höjdvärde 0.0 eller lägre och en area större än 1 ha. Av dessa var 26 invallade vikar och 16 st utdikade sjöar/vattendrag. Objekten fördelar sig mellan länen som följer.

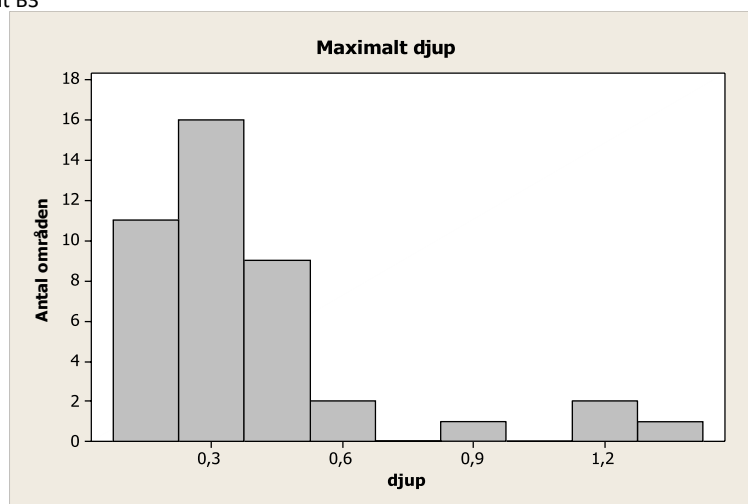
Tabell 1. Invallade vikar/sjöar/våtmarker i Sverige, med area som överstiger 1 hektar. Områden i sötvatten exkluderade i kolumn 3.

Län	Antal områden	Restaurerbara marina?	Kommentar
Stockholm	4	4	
Uppsala	1	0	Objekt i sjö (Mälaren)
Västmanland	1	0	Objekt i sjö (Mälaren/Galten)
Södermanland	1	0	Objekt i sjö (Mälaren)
Östergötland	3	3	
Kalmar	14	14	11 st i ett konglomerat
Blekinge	12 + 1	12 + 1	1 st är > 0,4 och < 1,0 ha
Skåne	6	0	5 st längs Helge å, 1 i ett kalkbrott
Totalt		33	

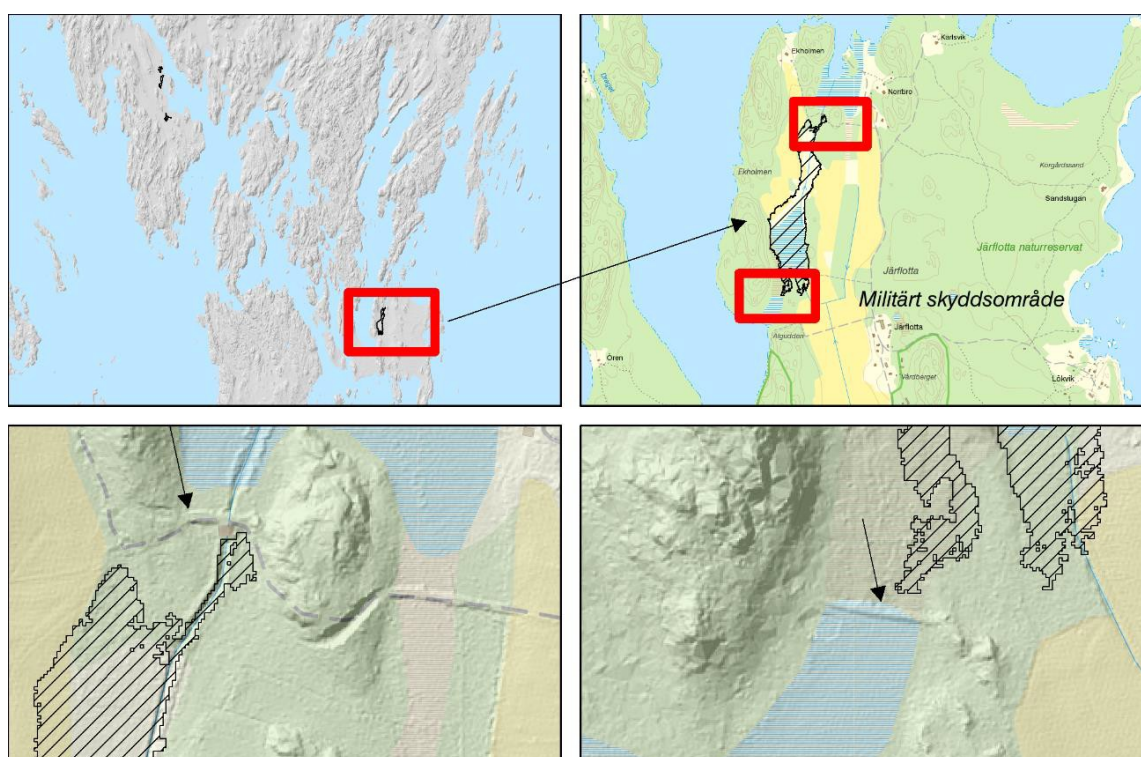
Om en minimarea om 0,4 ha istället för 1 ha väljs tillsammans med kriterierna ovan (vik, sjö/våtmark) tillkommer 1 objekt i Blekinge. Metoden ovan identifierar samma områden som i Länsstyrelsens i Blekinge tidigare studie, om detta mindre objektet tas med.

Eftersom resultatet är en polygonskikt med tillhörande information om min- och maxdjup samt volym kan en skattning av objektets karaktär göras. Det visar sig att merparten av områdena är tämligen grunda, eller med ett maximalt djup om ca 0,3 meter, se figur 1 nedan.

För ett exempel på en tydlig invallning, se figur 2.



Figur 1. Maximalt djup i de identifierade invallade områdena.



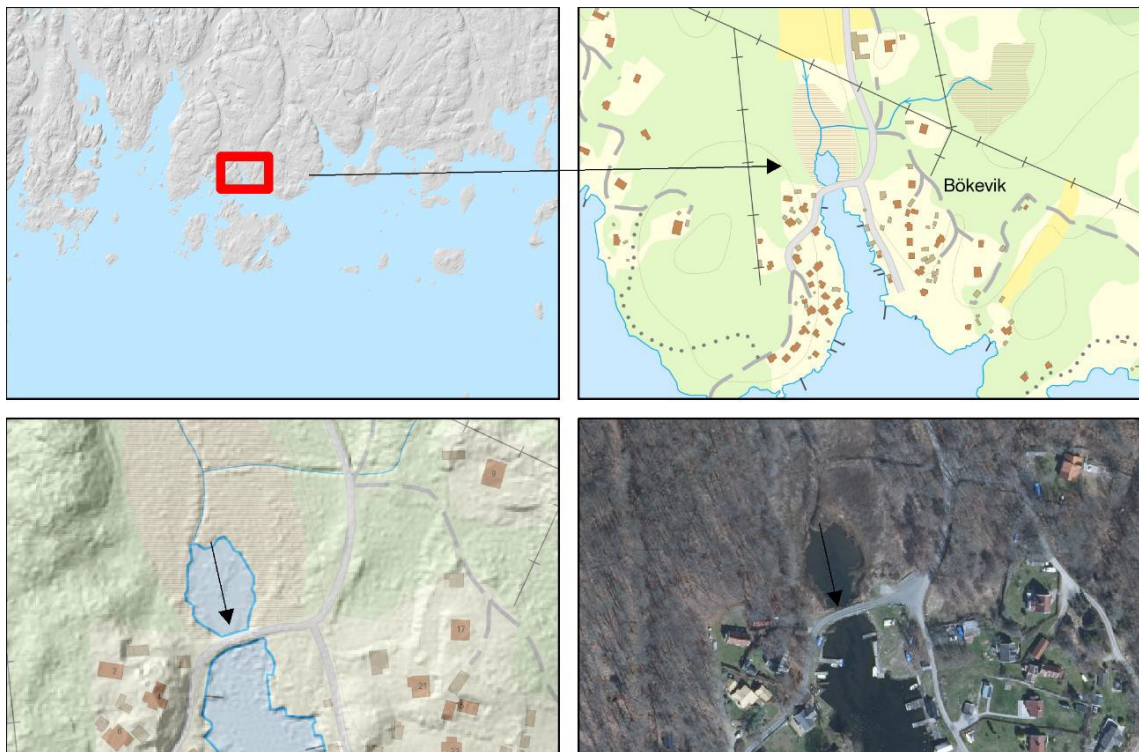
Figur 2. Överst t.v: Invallade vikar i Södermanland på Lisö och Järflotta. Överst t.h: På Järflotta ligger en större utdikning med vallar i norr och söder. Underst de två vallarna i norr respektive söder.

2.4 Diskussion och rekommendationer

Under arbetets gång observerades att det finns ett antal områden där invallning skett utan torrläggning, dvs. där man snört av grunda vikar eller andra grundområden så att vattenutbyte helt upphört eller kraftigt minskat (figur 3). Dessa karterades i samband med att bryggor och andra objekt ritades in och avgränsningen fick någon av klasserna *vägbank*, *stenmur*, *övrigt* och området innanför fick kommentaren "Invallat vatten" respektive "ofullständig invallning". Dessas antal uppgick till 134 st,

varför de är mer omfattande än de invallade och torrlagda områdena. I synnerhet äldre invallningar av denna typ kan bestå av raserade stenmurar varför de kan bli föremål för restaureringsåtgärder. Vissa vägbankar kanske även kan vara lämpliga att göra passager genom.

Denna analys behöver därför kompletteras med invallningar som inte består av torrläggning utan av med vallar avsnörda grunda vattenområden. Klassen "Invallat grundområde" införs lämpligtvis därför och karteras som yta med hjälp av ortofoto i B3. Egenskapen invallning, helt/ofullständigt/okänd bör då noteras.



Figur 3. Exempel på helt eller delvis invallade områden utan torrläggning, med eller utan havsytessänkning.

3 Småbåtshamnar

3.1 Bakgrund

Indikatorn baseras på tidigare arbeten (Länsstyrelsen i Stockholm 2003, Naturvårdsverket 2010) och infördes då en stratifiering önskades mellan enskilda bryggor och större bryggkomplex, där de senare med stor sannolikhet har betydande miljöpåverkan. Tidigare har objekt av denna typ karterats genom att en operatör visuellt granskat större bryggor eller konglomerat av bryggor av gemensam karaktär, dvs. där fler båtar förekommer eller kan tänkas förekomma. Småbåtshamnar har ritats in där den areella täckningen av bryggorna/konglomeraten haft en yta av minst 0,25 ha.

I föreliggande studie utvärderades tidigare analyser och brister i stringens påträffades, då exempelvis kajer, båthus, enskilda bryggor och pirar ingått i de karterade hamnarna. Det var heller inte helt klart hur operatörerna avgränsat sina objekt, i synnerhet med avseende på "buffert" eller på vilket avstånd från exempelvis ett bryggkomplex en avgränsande linje skall ritas. Stundtals ingick en viss landareal i det

karterade området. På grund av detta valdes istället en neutral, maskinell, avgränsning av objekt som sedan editeras genom att falska småbåtshamnar togs bort.

Genom denna metod uppnås inte bara en mer stringent, homogen och formell avgränsning utan även en mer kostnadseffektiv kartering.

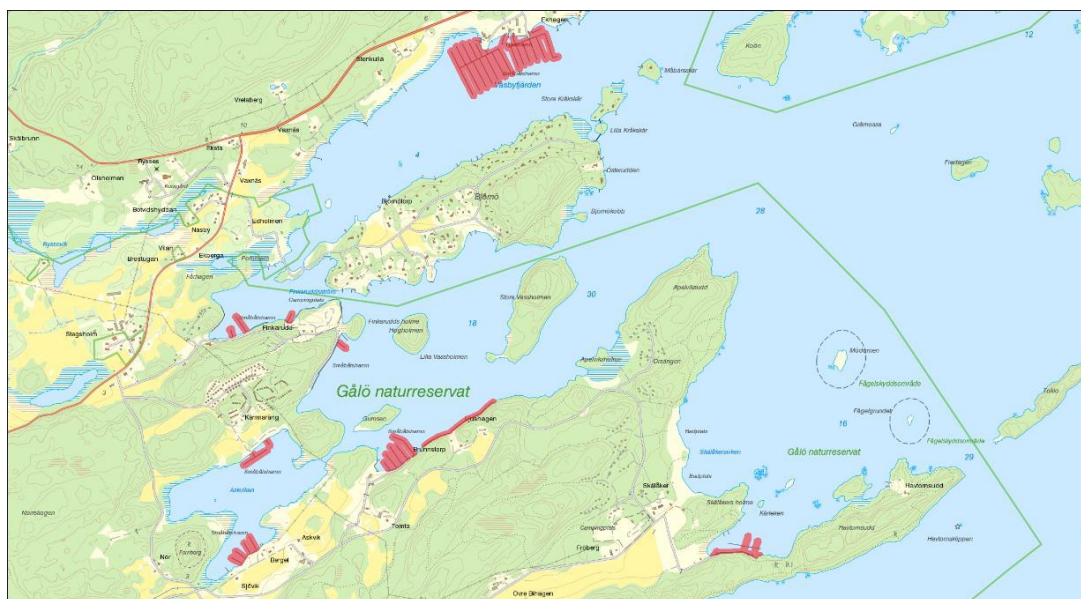
3.2 Vald metodik

Metoden bygger på följande moment:

1. Vi utgår ifrån alla bryggor som har karterats via ortofototolkning.
2. Vi begränsar urvalet till större bryggor, Med större bryggor avses de som sträcker sig > 10 meter från stranden. Vi tar därmed bort små, enskilda bryggor som finns i mängd.
3. Vi buffrar bryggorna med 10 m för att identifiera långa eller komplexa enskilda bryggor. De bryggbuffertar vars enskilda area > 800 m² väljs ut för vidare analys (motsvarar i princip en brygglängd på 14 m för en rak brygga, komplexa bryggor kan vara mindre).
4. Vi buffrar valda bryggor med 20 meter och lägger samman ytor av dessa så att bryggor som ligger närmare än 40 meter från varandra ingår i samma konglomerat.
5. Bryggor som ligger inom de konglomerat som bildats anses utgöra "bryggor i småbåtshamnar". Dessa buffras med 10 m för att en rimlig avgränsning runt bryggplatserna skall bildas, i stort alltså 20 meter från bryggans centrumlinje.
6. De delar av bufferten som skjuter in över land tas bort. "Småbåtshamnar" vars area > 2500 m² (dvs. 0,25 ha) sparas. Se figur 4.

Dessa verifierades mot tidigare kartering av småbåtshamnar. Vi har gått igenom de som inte sammanfaller med tidigare kartering och de som finns i tidigare kartering men saknas i analysresultatet.

7. De framanalyserade "småbåtshamnar" som inte sammanfaller med tidigare karterade småbåtshamnar och som inte inom sin buffert har något av följande: y-bommar, bojar eller minst 3 båtar, raderas.
8. Analysen missar systematiskt bryggor som ligger längs stranden men inte sticker ut mer än 10 meter från land. För att komplettera resultatet utförs följande:
 - a. Bryggor inom 10 m från land som sammanfaller med tidigare karterade småbåtshamnar buffras med 10 m. Ytorna läggs samman och land inom ytan tas bort. De som har en area > 0,125 ha väljs ut och läggs samman bildas konglomerat av enligt punkten 5-7 ovan.
 - b. En överlagring (intersect) görs mellan resterande bryggbuffertar och resultat från tidigare studier (Naturvårdsverket 2010) och de strandnära bryggkomplex som tidigare registrerats som småbåtshamn men nu felaktigt utgått på grund av bristande vattenmask (kraftig bortklippning) får komplettera resultatet.



Figur 4. Exempel på småbåtshamnar, Gålö. Bryggkomplex med area > 0,25 ha tecknade i rött.

3.3 Resultat

Totalt 2 562 st småbåtshamnar togs fram inom analysen, fördelat på följande överlapp med den äldre karteringen (Naturvårdsverket 2010):

- A) 1 306 st småbåtshamnar som överlappar gamla småbåtshamnar
- B) 259 st gamla småbåtshamnar med nya geometrier som lagts till via punkt 8 ovan
- C) 997 st helt nya småbåtshamnar tidigare ej existerande eller missade av operatör



Figur 5. Exempel på hur bryggkomplex bildas av större bryggor men mindre enskilda bryggor samt industriella hamnar utgår. Intill Dalarö.

3.4 Rekommendation

Den GIS-metod som utvecklats här är helautomatisk med efterföljande manuell granskning. Denna bör användas då det bedöms att tidigare karteringar var för godtyckliga och missade en del områden. Man bör dock utveckla detektionen av de strandnära bryggkomplexen ytterligare så att även sådana som aldrig tidigare karterats kan tas fram. Nu kompletterar ju punkt 8 b ovan analysen med de strandnära bryggkomplex som råkar överlappa de äldre redan karterade. Problemet är förstås att hitta en metod som å ena sidan kan tillåtas bilda bryggkomplex av strandnära stora bryggor, å andra sidan inte slår ihop dessa med alla andra bryggor som ligger i närheten i strandzonen. Kanske kan man pröva en mindre buffert och ett strängare kriterium för kandidater till småbåtshamnar i strandzonen, t.ex. bryggor är längre än 40 m inom 0 – 10 meter från land och bilda konglomerat med bryggor inom 20 meters avstånd. Detta behöver finslipas. Se vidare figur 6.



Figur 6. Exempel på behov av metodförfining. I bilden ovan finns två strandnära längsgående bryggor (gula pilar) som ej kommer med i hamnanalysen eftersom de ej detekteras i aktuell metod och ej heller är karterade sedan tidigare. Här måste metoden kunna fånga upp långa bryggor längs stranden och exkludera korta sådana.

4 Utfyllnad av kustområde

4.1 Syfte

Syftet är att kartlägga den totala arealen mark som har fyllts ut vid byggnationer, anläggande av hamn och liknande. Eftersom vi saknar referensvärde för ”opåverkad kustlinje” är det inte möjligt att genom flygbildstolkning kartlägga något annat än en förändring mellan två flygbildsår.

I innevarande moment valdes 1960-talets flygbildsmosaik som nollpunkt eller referensläge för utfyllnader. Med härledning av dagens strandlinje, dvs. så som den definieras inom NSL, karterades den areal som skiljer mellan dagens mark och 1960-talets.

4.2 Metodutredning

För att inte ta med ytor som blottlagts på grund av landhöjning användes Lantmäteriets höjdmodell, Grid 2+, som referens. När en utfyllnad påträffades där det via ortofoto inte var uppenbart om det utgjorde en riktig utfyllnad (som i exemplet en industrihamn) så kontrollerades höjdvärdet av den nytillkomna marken i höjdmodellen. Om höjdvärdet översteg den maximala tänkbara höjningen av land, med marginal för viss vattenståndsskillnad, sammantaget här satt till 0,4 meter, så ansågs marken vara utfylld. Vikt lades här vid om marken dessutom lutade vid stranden. I klartext alltså: om indikationen på utfyllnad hade hölj $>0,4$ m och det förelåg en lutning i stranden ritades arealen in som utfyllnad.

Under arbetets gång stod det klart att det regionvis har skett historiska utfyllnader (dvs. innan referensbilderna, eller 1960-talet i detta fall). Dessa utfyllnader är i sig tecken på avvikelser från en opåverkad hydromorfologisk status (naturligt tillstånd) men detta förhållande har även några följdverkningar:

1. Dagens utfyllnader som påbörjats innan tiden för referensbilden får ingen korrekt avgränsning utan den som gällde vid referensbildens aktualitet.
2. Utfyllnader som gjorts innan referensbilden och där vegetation koloniserat de utfyllda områdena tolkas i dagens bild som orörd mark, eftersom en avgränsning av den historiska utfyllnaden ej kan göras.
3. Utfyllnader som gjorts innan referensbilden där utfyllnaden kvarstår i oförändrat skick tolkas som kaj eller liknande, eftersom en avgränsning av den historiska utfyllnaden ej kan göras.

Ställvis, i synnerhet längs norrlandskusten och då i områden med historisk träindustri, är de historiska utfyllnaderna ansevärd (totalt många kvadratkilometer) och är även resultat av en specifik samhällelig drivkraft som det är viktigt att kartlägga, även i syfte att skatta eller kartlägga sådant som träfiberbankar, sjunktimmer osv.

För att underlätta en framtida kartläggning av historiska utfyllnader noterades vid inventeringen av utfyllnader de inventeringsrutor där sådana historiska utfyllnader kunde påträffas. Dessa uppgår till ca 7% av den totala mängden inventerade rutor och ligger fördelade i närurbana miljöer, se figur 8.

4.3 Resultat och utvecklingspotential

För att åtgärda problemen med utfyllnadskarteringen (punkt 1-3 i listan ovan) föreslås att man i görligast mån utgår från äldre historiska kartor av bästa geometriska kvalitet och med dessa som hjälp kartlägger den totala utfyllnaden, med tidpunkten kring år 1900 som baslinje. Den mest användbara kartsamlingen i detta avseende är häradskartorna.

Häradskartorna har digitaliserats av Lantmäteriet. De bästa för ändamålet är konceptbladen. Vid ett metodtest kunde det slås fast att de får en pixelstorlek om ca 2 meter om de rektifieras mot dagens karta. Uppskattningsvis kan dessa häradskartor användas för att kartlägga utfyllnader med en precision av ca 10 m, med hänsyn taget till upplösning, linjebredd i häradskartan och geometrisk precision (den historiska kartans felmarginal och rektifieringen av kartan). Eftersom häradskartornas geometriska fel inte är systematiskt bör de rektifieras med metoden "Adjust" (ArcGIS) eller motsvarande och anpassas

efter aktuell vy, genom grov rektifiering till karthörn och flera lokala referenspunkter närmast utfyllnaden.



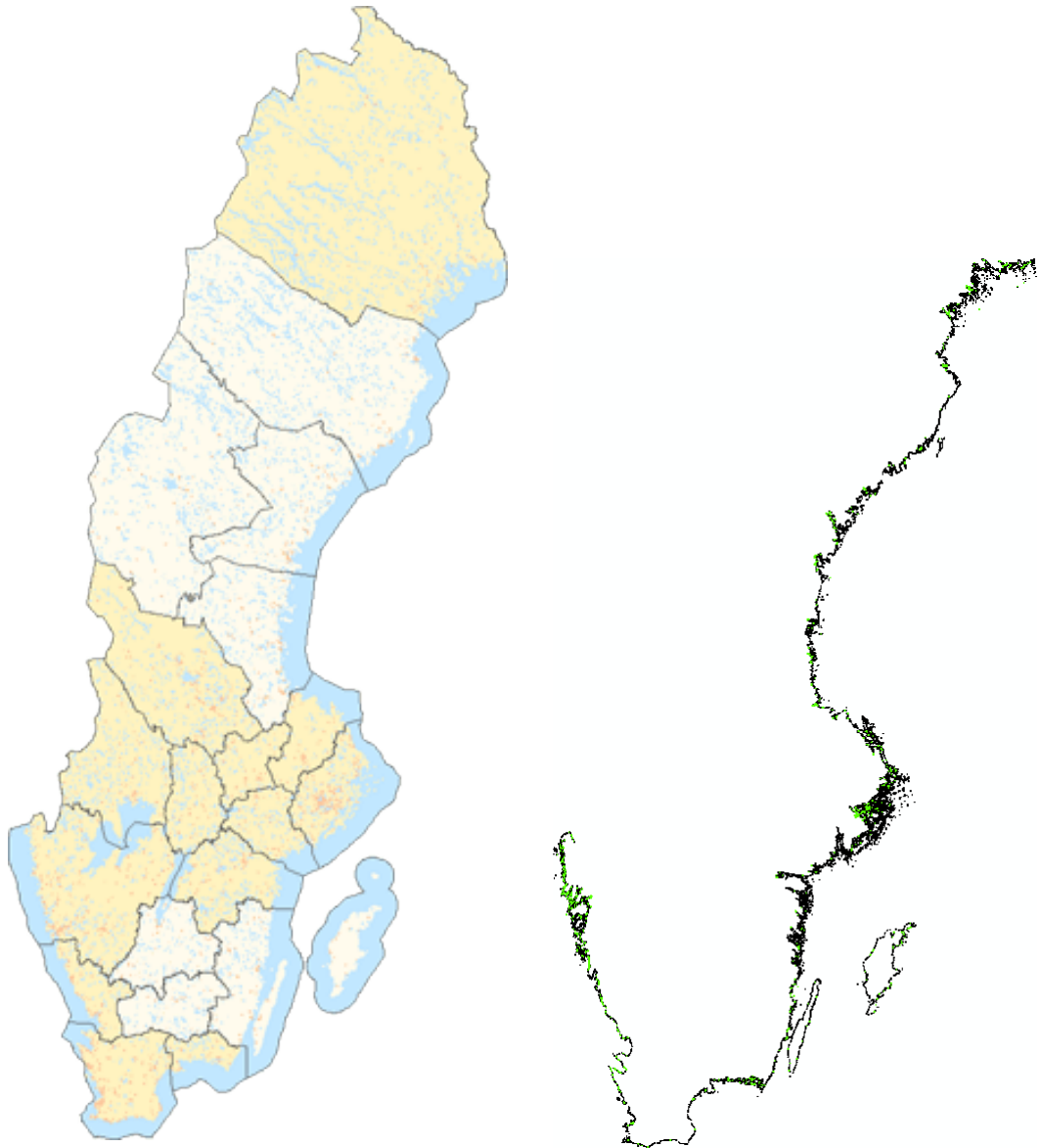
Figur 7. Exempel på historisk utfyllnad som kan kartläggas med häradskartan. I bilden ovan syns industriella utfyllnader (gula pilar) i närheten av Nynäshamn. Häradskartan är här endast grovt rektifierad, som exempel.

Häradskartornas täckning av kusten är dock inte komplett (se figur 8). Existensen av eventuella lämpliga kompletterande kartor är inte utredd.

4.4 Rekommendation

Metria rekommenderar att en testkartering utförs av historiska utfyllnader vid industrihamnar med hjälp av tillgängliga Häradskartor. En mindre utredning skulle kunna visa vilka kompletterande kartor och/eller äldre bilder som Lantmäteriet har till förfogande, framförallt längs den för ändamålet viktiga Norrlandskusten.

Det finns stor mängd äldre flygbilder hos Lantmäteriet framförallt från 1940- och 50-talen. Dessa är dock ännu så länge inte digitaliserade men arbete med att digitalisera äldre material pågår. Från och med den 1 september 2017 tillhandahålls Historiska ortofoton utan licensavgift och med förenklade användningsvillkor. Produkten tillhör då Lantmäteriets öppna data.



Figur 8. Häradskartornas täckning framgår i mörkare gult i kartan till vänster. Smålandskusten, Öland, Gotland och Norrlandskusten saknar alltså sådana kartor. Till höger tecknas i grönt inventerade rutor med historiska utfyllnader och bortgrävningar. I kartbilden framgår att äldre historisk utfyllnad och bortgrävning har förekommit i de flesta tätortsnära områdena i Sverige eller i totalt 7% av de inventerade rutorna.

5 Detektion av bryggor med LiDAR

5.1 Syfte

Det finns över 100 000 bryggor längs Sveriges kust. Av effektivitetsskäl undersöks här om bryggor och andra byggnationer i vattnet kan identifieras och avgränsas med laserdata, mer specifikt med material från Lantmäteriet.

5.2 Vald metodik

För att identifiera och höjdsätta bryggor i LiDAR-data utfördes ett metodtest som mynnade ut i följande.

Indata: Fastighetskartan (vektor), laserpunktmoln (källa Lantmäteriet).

Identifiera bryggor

1. Maskera bort strandzonen (2 m) för att få bort punkter som störs/ligger på land
2. Välj ut första retur och endast de punkter som är singelreturer
3. Välj punkter med intensitet större än 50, klassade som vatten eller oklassade punkter och ligger i vatten (utanför bortmaskad strandzon).
4. Skapa ett raster (2 m upplösning) av punkterna och gör det till sammanhängande ytor.

Detta är ytor som utgörs av relativt hårda objekt på vattenytan, dvs potentiella bryggor eller annat som sticker upp.

Egenskaper hos bryggorna

För varje yta beräknades areal och medianhöjd (detta visade sig vara bättre än medel för det tar bort eventuella outliers i form av träffar på intilliggande båtar). Arealen är användbar som ett mått på täckningsgrad över botten, men den kan inbegripa andra objekt som ligger över vattenytan såsom båtar, stenar mm.

Typ av brygga. Initialt avsågs att klassa bryggorna i hög respektive låg, och därmed att skilja låga flytbryggor från höga pålade bryggor. I verkligheten visade det sig att de smala bryggorna är svåra att exakt höjdsätta och att det förekommer brus från y-bommar, intilliggande båtar osv. Dessutom är det svårt att sätta en gräns mellan låga flytbryggor och höga pålade bryggor eller bryggor med stenkistor eftersom dessa i praktiken ofta är av ganska lika höjd, bl.a. då många flytbryggors höjd anpassas efter tämligen hög bordläggning hos större fritidsbåtar. Vi får alltså en stor mängd bryggor vars höjd ligger runt 1 meter ö.h. och vi kan inte säga något om deras konstruktion.

Det föreligger ett antal brister med att använda LiDAR för att identifiera bryggor.

1. Det finns bara ett heltäckande LiDAR-set och inga givna ortofoton som kan användas för att verifiera resultatet.

2. Upplösningen hos LiDAR-data (minst en träff per 2 kvadratmeter) gör att det är svårt att hitta en smal bryggas faktiska karaktäristika och det är svårt att skilja punkter på bryggan från punkter på angränsande båtar, byggnader, strand osv.
3. Lantmäteriets vattenmask inbegriper ibland bryggor, pirar, plattformar osv. och ibland räknas dessa som land. Man riskerar alltså att missa sådant som ligger strandnära.
4. På motsvarande sätt kan det föreligga blödning från markpunkter som kommer in över vattnet. Man skulle kunna buffra vattnet med t.ex. 2 meter (enligt ovan) för att undvika stranden men då finns fortfarande övervattenssten med som potentiellt brus i modellen.

5.3 Resultat

Ett resultat av momentet var att det bör vara mer meningsfullt att analysera bryggor med hjälp av satellitbilder och ortofoton, vilka uppdateras med relativt täta intervall och som, i fallet ortofoto, har högre upplösning än LiDAR (25 cm).



Figur 9. Detektion av bryggor med LiDAR-data. Pixlarnas höjd över noll-linjen i gradienten gul (0,4 m) till rött (2,94 m). A: För att ta bort vågor sattes en tröskel vid 0,4 m höjd, varför denna flytbrygga filtrerades bort. Denna tröskel skulle kanske kunna tas bort om tröskeln i intensitet sätts strängt. B: Y-bommarna detekteras inte eftersom de är för små. Område vid Bullandö marina.

5.4 Rekommendation

Metria rekommenderar att man testar analysen av ortofoto (små objekt) och satellitbild (större bryggkomplex) istället för att använda LiDAR för att detektera bryggor. Härav uppkom behovet av att undersöka dessa metoder (se vidare nedan).

6 Detektion av vass med LiDAR

6.1 Syfte

När de första testkarteringarna av bryggor med LiDAR utfördes uppstod diskussioner om hur man bäst skiljer bryggor och vassruggar åt. En sekundär målbild som här identifierades var att detektera och avgränsa vassruggar just som sådana eftersom det finns ett värde av att kunna följa dessa vegetationsbälten och deras förändring över tid, exempelvis med syfte att bättre förstå eutrofiering men även konnektivitet i kustzonen och förändrad hydrodynamik. Det uppkom alltså två syften med en vasskartering, varav det senare egentligen faller utanför detta arbetspakets ramar men ändå kommer in i bedömning av hydromorfologisk förändring.

6.2 Diskussion

Efter en utvärdering av LiDAR-materialets möjlighet att skilja vass från andra företeelser (figur 10) visade det sig att det finns tre egenskaper hos laserdata som skulle kunna användas; dess intensitet, dess höjd, samt den klassifikation som Lantmäteriet givit punkterna.

Tanken var, enkelt hållet, att oklassade punkter eller punkter klassade som vatten under "vattenmask" med låg intensitet och höjd ca 0,5 – 2,0 m skulle kunna klassas som helofyter/vass, till skillnad från bryggor som har hög intensitet i laserreturen.

I existerande LiDAR-data har tyvärr vassbälten klassificerats som mark eftersom Lantmäteriet väger in fastighetskartan i klassifikationen och täta vassbälten ofta karteras som land, sankmark eller otydlig strandlinje. Endast mindre bestånd av vass kan därmed detekteras och kartläggningen saknar således all relevans. Lokalt och i mindre skala gäller dock principen om vassens egenskaper i LiDAR varför vassruggarna kan filtreras bort från bryggorna i momentet ovan, som syftar till att detektera bryggor, genom deras låga intensitet.



Figur 10. Vassbälten (gul pil) kan detekteras bara i de sällsynta fall där de är klassade som vatten eller är oklassade i laserdata, som i fallet ovan. Infällt ortofoto som visar vassen, i fastighetskartan t.h. visas att ytan betraktas som vatten och punkterna i laserdata blir då "oklassade" och kan skiljas ut som anomalier, liksom bryggorna (se nedre delen av bilden) som har högre intensitet. Skillnad i intensitet framgår av infälld bild t.h.

6.3 Rekommendation

Baserat på laserdata från Lantmäteriet och med deras klassning av punkter ger inte detektion av vass något användbart resultat. Vass kan dock trösklas bort vid detektion av bryggor baserat på låg intensitet, vilket även görs i föregående moment angående detektion av bryggor med LiDAR.

7 Höjdsättning av redan karterade bryggor med LiDAR

7.1 Syfte

Ovan visades att det är svårt att detektera bryggor ur LiDAR. Vad som inte är behäftat med lika svåra tekniska problem är att höjdsätta bryggor som redan karterats. Utgångspunkten här är de linjer som beskriver bryggor och som Metria har inventerat under 2017. Med dessa som utgångspunkt kan existerande och/eller framtida laserscanning användas för att hämta in höjddata för respektive brygglinje.

7.2 Vald metodik

Indata: laserpunktmoln, fastighetskartan, indexrutor, scanningsområden (NH-rutor), allt från Lantmäteriet, samt inventerade bryggor.

Bryggorna finns tillgängliga som linjer från inventeringen och dessa buffrades till ytor med 1 meter på vardera sida. Med en buffert på 1m åt vardera håll täcker polygonen för det mesta in enbart bryggan och inte kringliggande objekt så som båtar. Bryggpolygonerna klipptes också så att de enbart innehåller vatten för att inte laserpunkter från land skulle ingå. För att hitta en relevant höjd väljs laserpunkter inom ytan med en intensitet över 50 och utanför ytan söktes efter tänkbara korrekta höjdvärden för vattenytan. Medianvärdet för valda höjdvärden i respektive yta väljs och används som höjden för bryggan.

7.3 Slutsatser

Ett problem med att bestämma brygghöjder med hjälp av befintlig laserdata är punkttätheten som är för låg på många ställen (minst 1 punkt per 2 kvadratmeter, i öppen terräng ofta 1 punkt per 0,6 kvadratmeter). Ett visst antal bryggor kan förmodligen sakna laserpunkter helt, medan ett ännu större antal bryggor kan definieras av enbart några få laserpunkter och då kommer dessa punkters värde att få gälla den större bryggpolygonen.

Metoden är datatung och mycket av arbetet fokuseras på att filtrera ner datamängder och analysområden för att den ska kunna genomföras för större områden. Även om inte hela metoden har prövats i en produktionslina så kommer den med eventuella modifikationer att fungera även praktiskt. Dock så diskuterades huruvida resultatet skulle kunna användas i praktiken vid jämförelse och tolkning av fasta bryggor och flytbryggor med ett varierande vattenstånd. Där krävs extra metodutveckling och/eller manuell tolkning, eftersom det är svårt att hitta formella kriterier för morfologin hos olika bryggor, i synnerhet givet laserdatas begränsningar.

En viktig faktor att ta ställning till är att laserdata i skrivande stund endast finns från en viss tidpunkt. Bryggor kan förändras, tas bort och byggas till och detta sker i ganska snabb takt. Man måste därför försöka få relevanta aktuella laserdata över de områden som man avser att studera.

7.4 Rekommendationer

Metoden ovan visar en praktisk och effektiv produktionslina för att höjdsätta bryggor. Beroende på laserdatas egenålder kommer dock bara en del, i skrivande stund kanske hälften, av alla bryggor att kunna höjdsättas. Det beror dels på att bryggor hela tiden förändras (vilket gör att existerande laseradata redan är gammal) och dels på att mindre objekt eller sådana som ligger under Lantmäteriets landmask inte kan höjdsättas. Men kombineras höjdsättning med en analys av faktisk areell utbredning kan mycket sägas om i alla fall många objekts karaktär, varför det åtminstone för statistikändamål och exempelvis regionala jämförelser kan vara givande att göra en höjd- och areaanalys.

8 Detektion av byggnationer i vatten med satellitdata

8.1 Syfte

Ett komplementärt spår som togs upp under metodutvecklingen angående detektion av bryggor med data från LiDAR var att undersöka möjligheten att, som komplement till laserdata, undersöka möjligheten med att använda satellitdata för att detektera och avgränsa bryggor i vatten.

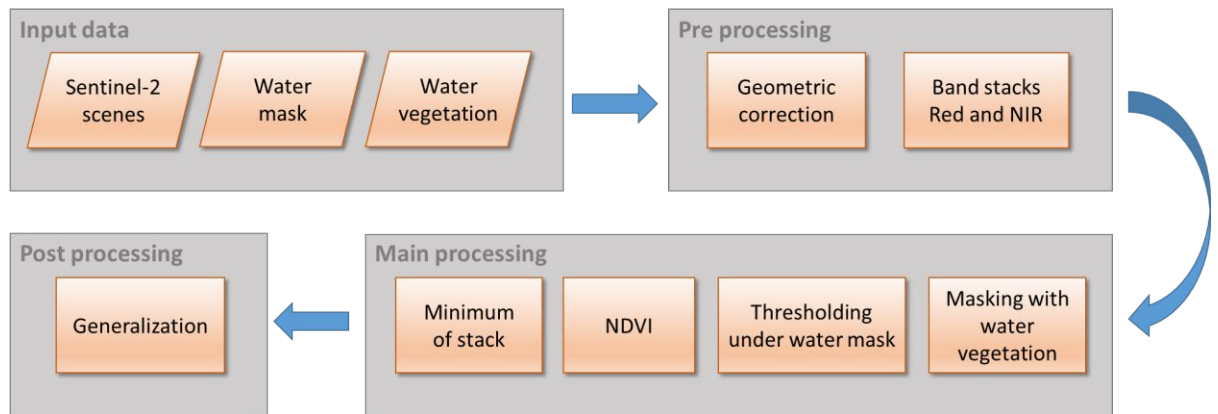
8.2 Vald metodik

Indata: Satellitdata från Sentinel-2. Sentinel 2 har en upplösning på 10 meter och är öppna fria data från Copernicus (EU). Fastighetskartan från lantmäteriet, Nationella marktäckedata (NMD)

Inom det pågående projektet "Nationella marktäckedata", NMD, med syfte att skapa heltäckande nationella marktäckedata, har redan en metod för att kartlägga byggnationer i vatten skapats. Den går i korthet ut på följande moment:

1. Välj ut lämpliga scener från arkiv med data från Sentinel-2.
2. Ta ut banden rött och NIR (nära infrarött) från scenerna.
3. Extrahera minimivärdet från alla pixlar i respektive band
4. Beräkna NDVI-värden (vegetationsindex).
5. Tröskla NDVI under vattenmasken (ur fastighetskartan).
6. Ta bort det som klassats som vattenvegetation i NMD (om denna är färdigställd)
7. Generalisera resultatet genom att klassa vattenområden till 1/0 om det är bebyggt eller ej

Artificiella ytor har högre NDVI än omgivande vatten. Minimivärdena från Sentinel-2 layers stacks ger relativt god kontrast beroende på objektens storlek relativt pixelstorleken (10 m).

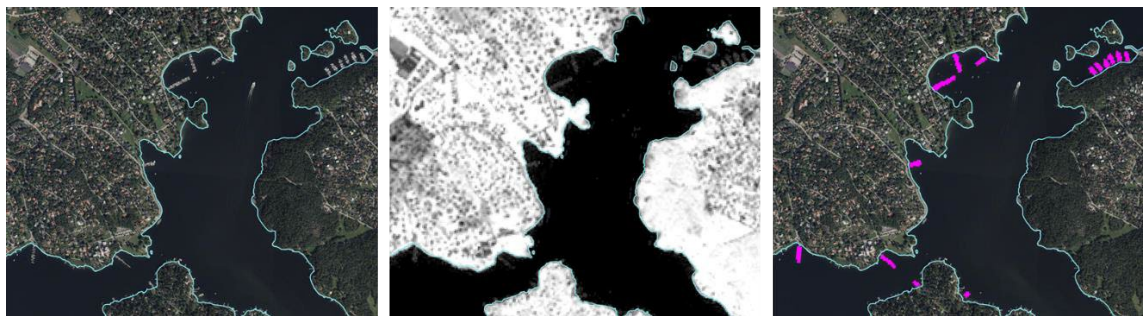


Figur 11. Arbetsflöde för att kartlägga artificiella objekt på vatten med data från Sentinel-2.

8.3 Resultat

Metoden är robust och återupprepningsbar för alla delar av Sveriges vatten och kan utföras årligen, löpande. Till skillnad från vegetationskartering beror inte denna metod av växternas fenologi/växtfas, varför bildernas datum inte är avgörande. Man måste dock maska bort vattenväxter, dvs. resultat från NMD:s vattenvegetationskartering, för att det skall bli bra resultat.

Blödning från land gör att man bör maska bort pixlarna närmast kusten i data från Sentinel-2. Objekt kortare än 10 meter kommer därför inte att kunna detekteras. Denna zon störs även av olika vattenstånd. Metoden vilar därför på om det finns en god vattenmask och stora förändringar i vattenyta via t.ex. extremt vattenstånd eller utfyllnader kommer att påverka resultatet negativt.



Figur 12. Resultat från kartläggning av artificiella objekt med satellitdata. Strandlinjen (t.v.) i blått, i mitten NDVI-värden och t.h. visas karterade objekt i rosa.

Vi bör alltså hoppas på att använda denna metod för att identifiera ganska stora objekt (10-tals meter) som har större täckningsgrad (50%+) i varje enskild pixel.

8.4 Rekommendationer

Bilder från Sentinel 2 tas över Sverige var 3-5 dag, det gör att karteringen kan göras minst årligen och då automatiskt hitta större förändringar mellan år. Metoden är mycket kostnadseffektiv och kan dessutom samfinansieras inom NMD, där HaV redan ingår som kravställare. Den ger till liten kostnad en bra översiktlig bild av exploatering i kustzonen men saknar detaljupplösning och differentiering mellan olika indikatorer, belastningar och drivkrafter. Metoden kan dock användas för att teckna en rumslig statistik

över förändringstakt av en diffus klass "byggnation". Rekommendationen är därför att finansiera denna analys inom NMD och använda denna indikator för statistik.

9 Areell avgränsning av bryggor med hjälp av ortofoton

9.1 Syfte

Då det ovan visat sig vara svårt att identifiera bryggor med LiDAR och denna datamängd dessutom snabbt blir inaktuell även vid höjdbestämmning av redan kända och karterade bryggor, finns istället en möjlighet att kartlägga bryggornas totala areella täckning med ortofoto. Resultatet av detta blir en uppfattning om var bryggkomplex, inklusive båtar, bommar och liknande, förekommer och deras individuella (och sammantaget totala) täckning över vattenytan, vilket kan vara bra för att skatta skuggningseffekt eller hydromorfologisk påverkan.

En förutsättning är att det finns objekt karterade som linjer (bryggor), och även att det finns aktuella ortofoton, från vilka objektens areella täckning kan bestämmas. Detta sker på maskinell väg.

9.2 Vald metodik

Indata: Inventerade bryggor, ortofotomosaiker från Lantmäteriet, IR-produkt (0,5 m upplösning).

1. De karterade bryggornas omslutande rektangel används som "klippfönster" för varje brygga.
2. I en process går man igenom alla bryggor och klipper ut aktuella ortofoton i en buffert runt respektive brygga.
3. Sedan sker en maskinell tröskling mellan kraftig och svag reflektans i bilden, där en kraftig reflektans motsvarar en hårdgjord, ljus yta och en svag reflektans utgör vatten/mörk vegetation. Denna tröskling görs genom att analysera histogrammet. Tröskling i rött band och NIR har testats.
4. Från de trösklade rasterbilderna, där värde 0 representerar vatten och 1 representerar brygga/land, tas land bort genom klippning mot land.
5. Värdet 1 i de resulterande bilderna kan sedan användas som rasterprodukt eller vektoriseras.
6. Vektorernas yta visar aktuell yta i respektive objekt.
7. Om man gör en mosaik av bilderna kan det resulterande rasterskiktet sammantaget visa areell täckning av bryggor/objekt/båtar.

9.3 Slutsatser

Resultatet blir mycket detaljerat (med en pixelstorlek om 0,5 m). Metodtest har givit för handen att NIR-bandet kanske är lite mer tillförlitligt än det röda, som också testades, då den bättre tar bort grunda vattenområden där sandbotten kan slå igenom i RGB-bandet. Man tapar dock lite upplösning eftersom RGB-bilden där det röda bandet ingår håller 25 cm upplösning men för innevarande syfte är detta inte avgörande.



Figur 13. Avgränsning av brygga med hjälp av ortofotomosaik. T.v. bryggan i RGB-ortofoto. I mitten avgränsad med hjälp av röda bandet och t.h. med hjälp av NIR. Resultatet måste maskas bort med vattenmask, inlagd som referens i bild 2 och 3. Notera den något mindre blödningen i trösklingen i NIR, närmast land (gul pil), ovan t.h.

Metoden fungerar mycket bra för bryggor, pirar osv. som är relativt ljusa. Det finns dock de som är mörkgrå eller närmast svarta. För dessa fungerar inte metoden. För dessa kan det istället inträffa att vattnet och grundområdet lyser upp som "brygga". Här måste finnas en felhantering och en framtida utvecklingsmöjlighet är att extrahera referensvärden just ur bryggans centralinje, som ju är karterad.

Den yta som bildas består av alla "ljusa" objekt i aktuellt sökfönster, vilket både är bra och något problematiskt. Statistiskt sett är en neutral bryggglängd ett mer robust mått på regional fördelning av olika objekt eftersom den areella täckningen varierar från dag till dag, då båtar är mobila. Men för att peka ut t.ex. småbåtshamnar med många båtar, bommar och bojar fungerar metoden bra som ett heuristiskt verktyg och för regional statistik, möjligtvis som komplement till analysen av småbåtshamnar beskriven ovan.

Metoden är bra eftersom det produceras nya ortofotomosaiker med ett par års mellanrum. Regionalt kan alltså metoden användas för att följa utvecklingen av exploatering på ett tämligen robust sätt, vilket alltså inkluderar bryggornas faktiska utsträckning (fler båtplatser, tillbyggnad osv), även om man för just varje enskild brygga måste vara medveten om att båtar kan komma och gå varför man inte kan tolka detta resultat ner på pixelnivå. Slutligen så måste bufferten runt varje brygga väljas så att båtar o dyl. i anslutning till bryggan tas med. Detta är inte utprovat i detalj.

9.4 Rekommendationer

Metoden används med fördel för att kartlägga areell täckning av "påverkan" kring redan kända bryggor, alltså inkluderande båtar, bommar osv. Man kan även använda den om man vill omvandla äldre karteringar, t.ex. brygginventeringar i punktform vilka har utförts vid ett flertal gånger tidigare, regionalt och nationellt (Lst Stockholm 2003:18, NV Rapport 6376). Genom denna metod kan man erhålla en areell täckning som säger mer än enskilda linjer. Man skulle dock behöva utveckla metoden något mer för mörka bryggor, där det snarare är reflektansen i bryggans centrumlinje som skall ligga till grund för trösklingen, inte en neutral "ljushet".

Slutligen kan man föreslå en metod som bygger på en kombination av punkt 8 och 9, där förändringar identifieras i en årlig satellitbildsundersökning och man för varje indikerad förändring gör en detaljerad analys av förändringen i ortofotomosaiken. Givet att de håller samma produktionsår får man här en första screening i grövre data och en exakt avgränsning i de mer finupplösta bilderna. Denna metod kan göras automatisk även om tillförlitligheten inte är skattad innan ett pilottest har utförts.

10 Sammanfattning

Sammantaget visar denna rapport att det finns ett antal nya metoder att arbeta med inom kartläggning av byggnationer över vattenytan. I följande tabell åskådliggörs dessa metoders användbarhet:

Tabell 2. Rekommenderat framtida arbete med indirekta och automatiska metoder för kartering av objekt i vattnet.

Nr	Indikator	Användbarhet	Behov av klargörande eller metodutveckling	Rekommenderas?
1	Invallade havsvikar	Detaljerad kartläggning. Dock fåtal objekt och ingen större förändring	Ta ställning till "delvis avsnöra grundområden", dvs. invallning utan sänkning av vattenyta	✓✓✓
2	Småbåtshamnar	Följande statistik, då den bygger på godtycklig tröskel	Finslipa metod för längs med stranden löpande bryggor	✓✓
3	Utfyllnad av kustområde	Större historiska utfyllnader, ev. riktat till analys av någon samhällelig drivkraft	Undersök komplement till häradskartor speciellt för Norrlandskusten	✓ (nationellt) ✓✓✓ (lokalt)
4	Detektion av bryggor med LiDAR	Detaljerad kartering men snabbt föråldrad data	Behöver aktuell laserdata, annars obsolet, då inga nya objekt kan identifieras	-
5	Detektion av vass med LiDAR	Då vassbälten är klassade som land går ej detta	Vass kan karteras utifrån spektral analys av ortofoton	-
6	Höjdsättning av bryggor med LiDAR	Detaljerad kartering men snabbt föråldrad data	Nutidsbild men ändå användbar för regional statistik	✓
7	Detektion av byggnation med satellitdata	Större objekt, årlig kartering	Om ingen kartering av vegetation görs i NMD måste metod utvecklas	✓✓✓
8	Avgränsning av byggnation med ortofoton	Mindre objekt, två-tre år mellan bilderna	Kräver aktuell kartering av linjeobjekt	✓✓
9	Avgränsning av byggnation med ortofoton och satellitdata i kombination	Första screening i satellitdata enligt indikator 7 ovan. Ur detta väljs områden för avgränsning enligt indikator 8 ovan.	Test av tillförlitlighet, "brus". Kräver att ortofoto och satellitbild är av ungefär samma datum eller att ortofoto är något yngre än satellitbilden	✓✓✓

Litteraturlista

Länsstyrelsen Blekinge län, 2014. Inventering av torrlagda havsvikar Blekinge. Rapport 2014:24.

Länsstyrelsen Blekinge län, 2016. Restaurering av två invallade havsvikar i Blekinge. Utredning av förutsättningar och förväntat resultat. Rapport 2016:24.

Länsstyrelsen Stockholm 2003. Exploatering av stränder. Metodstudie för övervakning av exploateringsgraden II. Vidareutveckling av indikatormetoden. Rapport 2003:18.

Naturvårdsverket 2010. *Kartering och analys av fysiska påverkansfaktorer i marin miljö*. Rapport 6376, Naturvårdsverket, Stockholm.