

Kartering av potentiella rikkärr, Gotlands län

Projektrapport | 2024:8



Länsstyrelsen
Gotlands län

Titel: Kartering av potentiella rikkärr Gotlands län

Författare: Elin Håkansson, Marianne Melander Åkerholm, Karin Nordkvist och Jonas Wiklander, Sweco.

Rapportnummer: 2024:8

Diarienummer: 511-4269-23

Utgivningsår: 2024

Omslagsbild: Mikael Hagström

Innehåll

INLEDNING.....	5
UPPDRAGSORGANISATION OCH AVTAL	6
METODIK	6
Vegetationskartering.....	9
Vegetationskartering utifrån ortofoton.....	9
Ag i ortofoton	9
Rikkärr i ortofoton	10
Modelleringar (ag, rikkärr)	12
Noggrann kartering i träningsområden och valideringsområden.....	12
Träning och applicering.....	13
Kombinera modellernas resultat	14
Vegetationshöjd.....	14
Öppen vattenyta.....	15
Sammanslagning.....	15
Kända och potentiella rikkärr	16
Attributtabell	17
Utvärdering	18
RESULTAT	20
Vegetationskartering.....	20
Felkällor	22
Vegetationshöjd.....	24
Öppen vattenyta.....	26
Felkällor	28
Kända och potentiella rikkärr	29
FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE	34
Förbättra GIS-analysen ”kända och potentiella rikkärr”	34
Jämföra med bilder från tidigare år	34
Undersöka höjd som 4:e band	35
Körspår	35

Validering i fält.....	36
BILAGA 1 LEVERANSBESKRIVNING GEODATA.....	37
BILAGA 2 SAMMANSTÄLLNING ÖVER ANVÄNT INDATA	38
BILAGA 3 METODUTVECKLING.....	42
BILAGA 4 TEKNISKA DETALJER KRING MODELLER/TRÄNINGSDATA.....	46

Inledning

Länsstyrelsen ansvarar för skötseln av merparten av Gotlands naturskyddade områden och för naturvårdsåtgärder för hotade arter med åtgärdsprogram. För att genomföra strategiskt lokaliserade åtgärder krävs kunskapsunderlag i form av exempelvis inventeringar, karteringar och hydrologiska analyser.

Rikkärr är en av Gotlands karaktärsnaturtyper. Resultat från upprepade inventeringar av rikkärr tyder på att dess bevarandestatus på flera håll har försämrats på grund av igenväxning av ag. Ag är ett konkurrenskraftigt högvuxet halvgräs som växer i täta bestånd. Igenväxning av ag är ett problem då den biologiska mångfalden i de annars mycket artrika rikkärsmiljöer går förlorad.

Sweco har på uppdrag av Länsstyrelsen Gotland utfört en kartering av Gotlands okända potentiella rikkärr med hjälp av fjärranalys av ortofoton samt andra tillgängliga geodataunderlag.

Uppdragets omfattning:

1. Vegetationskartering med fjärranalys/modellering, kartera förekomsten av halvgräset ag i landskapet över hela Gotland.
2. Vegetationskartering med fjärranalys/modellering, kartera förekomsten av vegetationstypen rikkärr (fri från igenväxning av ag) i landskapet över hela Gotland.
3. Kända och potentiella rikkärr, ta fram ett GIS-lager med rikkärr på Gotland. Lagret omfattar både redan kända rikkärr och potentiella tidigare okända rikkärr.
4. Komplettera attributtabellen i rikkärrs-lagret med information hämtat från vegetationskarteringen, exempelvis beräkna andel igenväxt med ag och andel som utgör potentiell artrik rikkärrsvegetation.
5. Komplettera attributtabellen i rikkärrs-lagret med data som tyder på hydrologisk påverkan, förekomst av diken.
6. Beräkna graden av igenväxning av buskar och småträd i rikkärspolygonerna.

Syftet med uppdraget är att ta fram ett underlag som indikerar var det kan finns rikkärr (utanför de redan kända rikkärren) med potentiellt höga naturvärden och tvärtom, var igenväxning gått så långt att naturvärdena sannolikt är låga. Hydrologisk påverkan samt igenväxning signalerar också att naturvärden sannolikt har påverkats negativt.

Arbetet har krävt olika former av metodutveckling. Val av metoder och analyser har skett i nära samverkan med Länsstyrelsen Gotland.

Leveransen av uppdraget består av:

- Rapporten
- Bilaga till rapporten med leveransbeskrivning
- GIS-skikt, levereras i en geodatabas

Uppdraget har utförts under dec 2023 fram till mars 2024.

Uppdragsorganisation och avtal

Uppdraget har beställts av Annika Forslund, Länsstyrelsen Gotland.

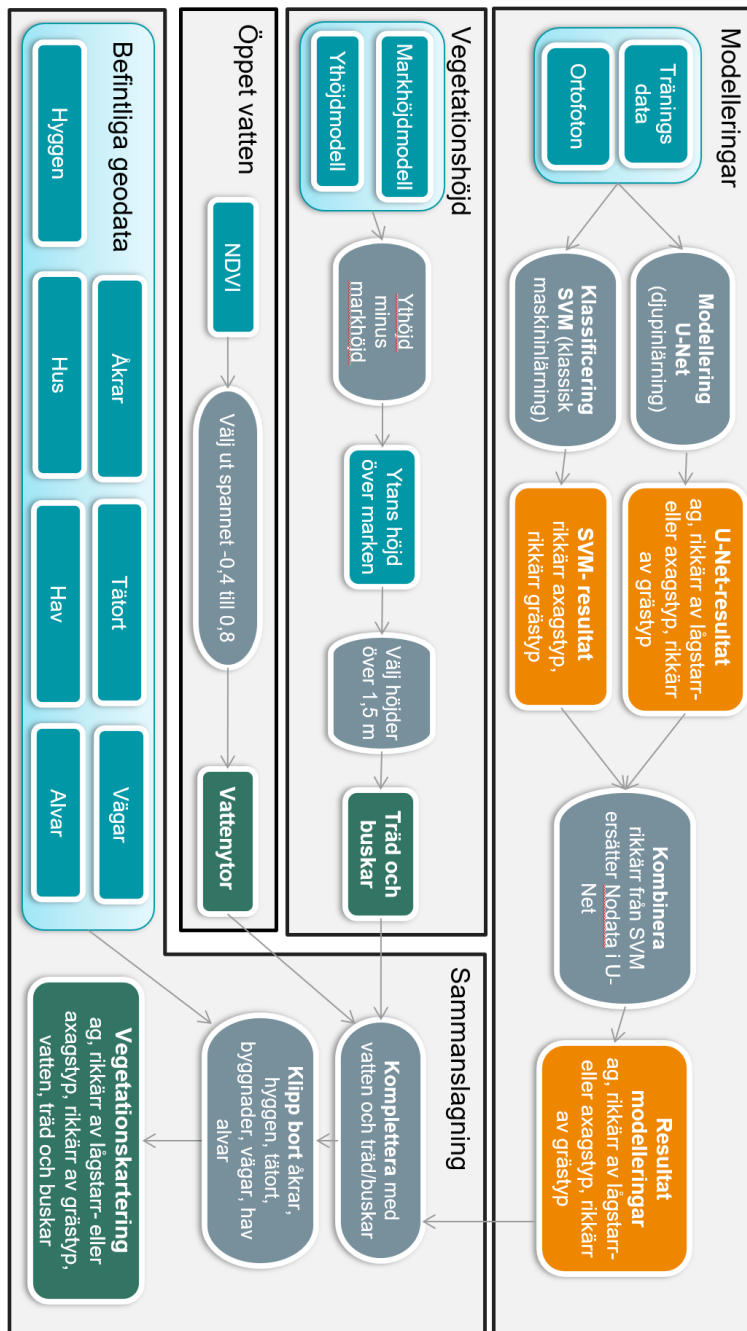
Uppdragsledare har varit Marianne Melander Åkerholm, Sweco.

Arbetsgruppen har bestått av Elin Håkansson, Karin Nordkvist och Jonas Wiklander från Sweco, samt Mikael Hagström från Fennicus Natur.

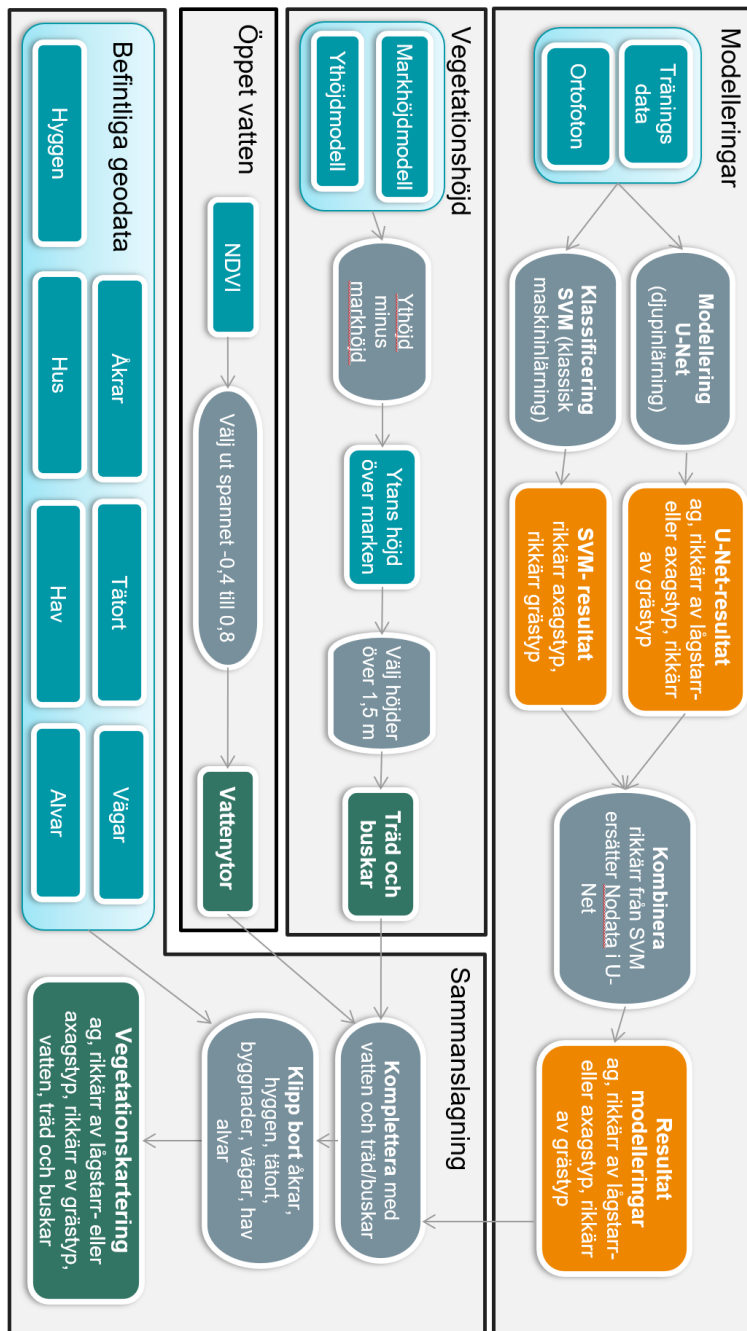
Avtalet mellan Sweco och Länsstyrelsen Gotland utgör ett avrop från ramavtal dnr 511-4269-23, om kartering av rikkärr inom åtgärdsprogram för hotade arter och våtmarkssatsningen, dnr 511-5037-23.

Metodik

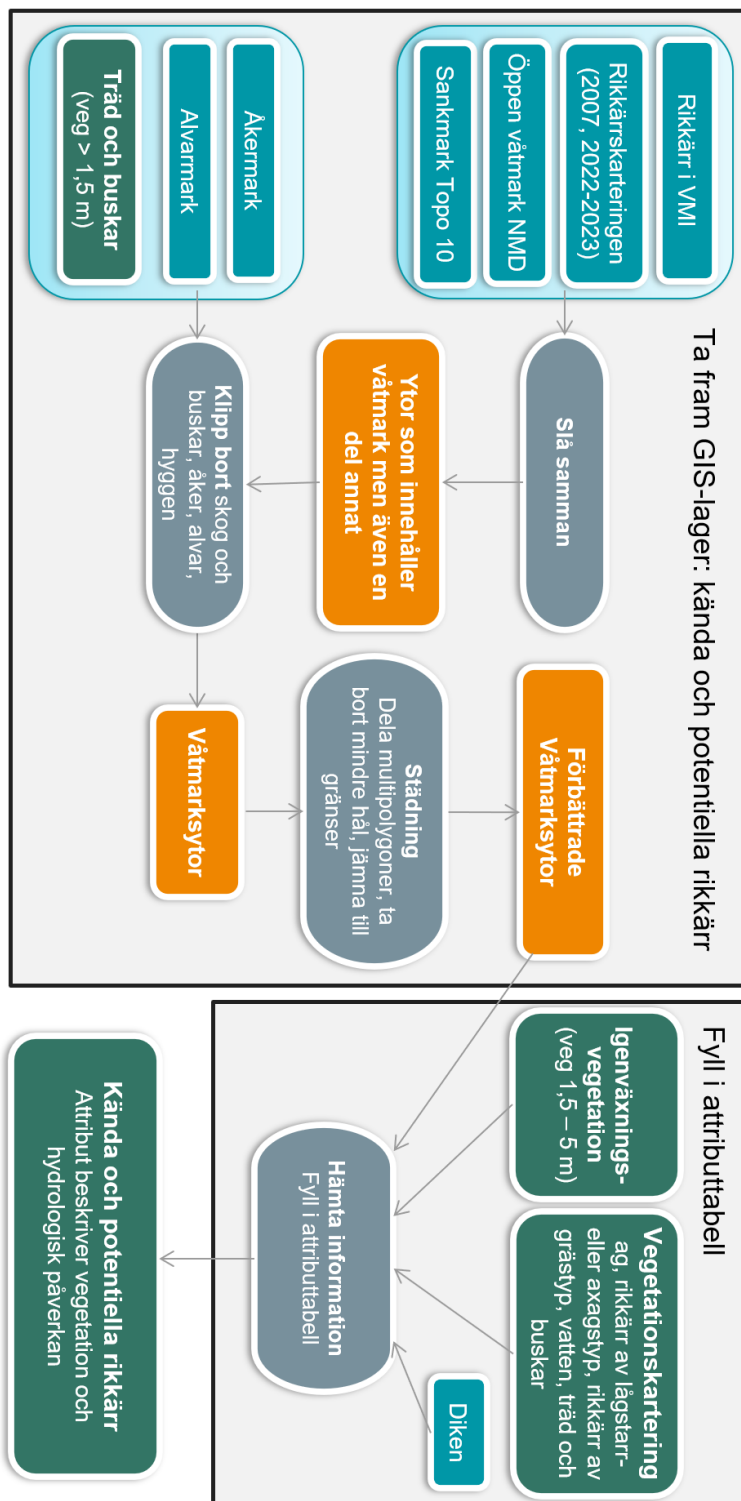
Flödesschemat i



Figur 1 beskriver översiktligt arbetsgången och de moment som har använts för att ta fram en heltäckande vegetationskartering över Gotland (punkt 1 och 2 i listan som presenteras uppdragets omfattning i inledningen). Resultat av delmomenten modelleringar, vegetationshöjd och öppet vatten samt ett antal befintliga geodata kombineras i slutet (sammanslagning) för att ta fram en heltäckande vegetationskartering över Gotland.

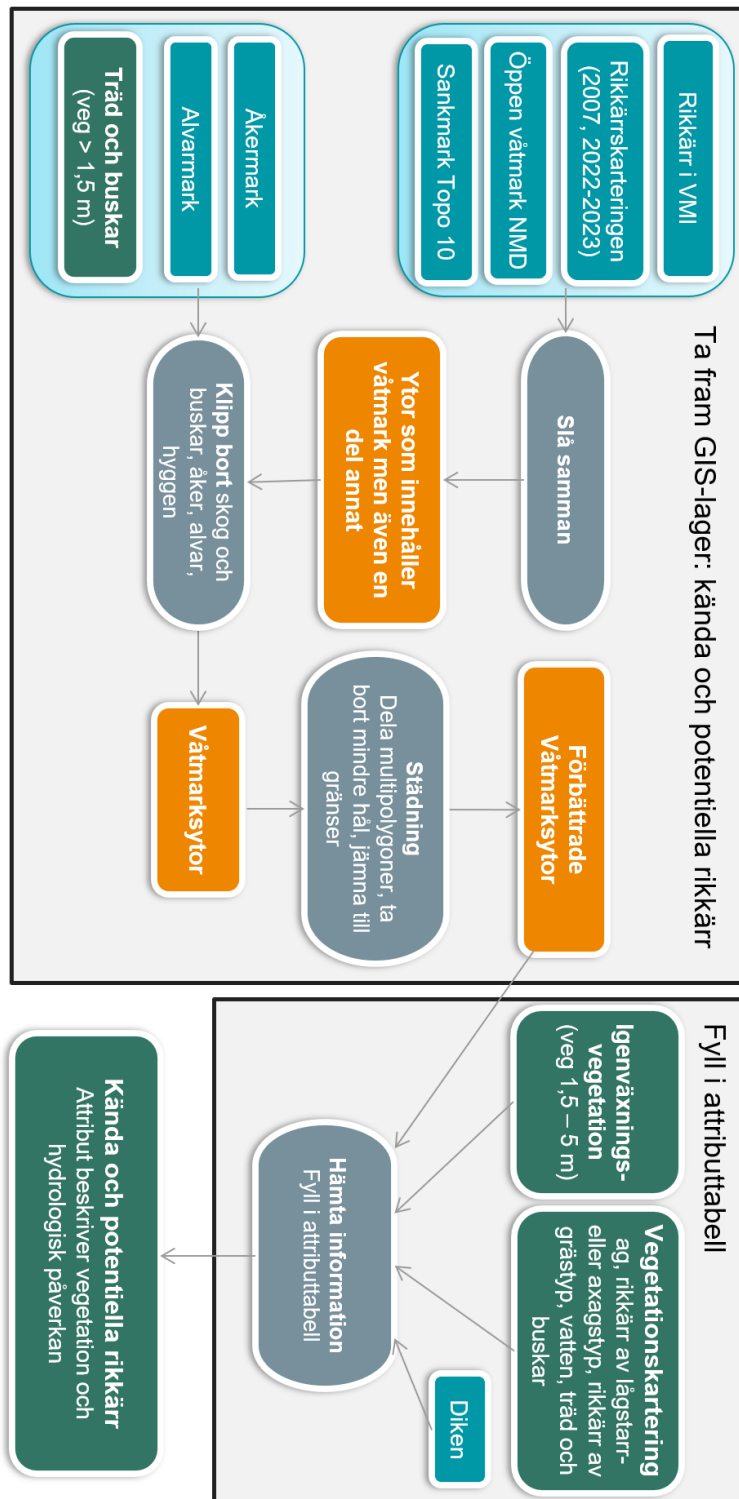


Figur 1: Flödesschema som översiktligt beskriver vegetationskarteringens moment. Gröna rutor beskriver data som tagits fram inom projektet. Blå rutor utgör befintliga geodata. Orange färg representerar intermediära data, dvs tillfälliga lager.



Figur 2: Flödesschema som översiktligt beskriver momenten för att skapa ett GIS-lager med kända och potentiella rikkärr på Gotland. Lagret innehåller attribut hämtade från vegetationskarteringen samt förekomst av diken. Gröna rutor beskriver data som tagits fram inom projektet. Blå rutor utgör befintliga geodata. Orange färg representerar intermediära data, dvs tillfälliga lager.

Flödesschemat i



Figur 2 beskriver översiktligt arbetsgången och de moment som har använts för att ta fram ett GIS-lager med rikkärr på Gotland med attribut som anger andel av vegetationstyper hämtade från

vegetationskarteringen, förekomst av diken (ja/nej) och graden av igenväxning (punkt 3–6 i listan som presenterar uppdragets omfattning i inledningen). Delmomenten beskrivs närmare i respektive underrubriker nedan.

Vegetationskartering

Vegetationskarteringen innehåller klasserna ag, rikkärr av lågstarr- eller axagstyp, rikkärr av grästyp, vatten samt träd och buskar. Delmomenten beskrivs närmare i respektive underrubriker nedan.

Vegetationskartering utifrån ortofoton

Ag, rikkärr av lågstarr- eller axagstyp och rikkärr av grästyp lämpar sig väl för identifiering utifrån ortofoton då de har karaktäristiskt utseende (se beskrivningar i avsnitt Ag i ortofoton och Rikkärr i ortofoton).

Vegetationskartering har därför i huvudsak baserats på bildanalys av ortofoton. Vi har försökt att så långt som möjligt automatisera identifieringen av vegetationstyperna. Samtliga moment gjordes med bildanalysverktyg inbyggda i ArcGIS Pro. I analyserna har ortofoton i färg från 2022 med en upplösning på 0,4 meter använts. Samtliga foton är tagna i juni inom loppet av två dagar (4:e – 5:e juni), vilket ger bilder med ett likartat utseende över hela Gotland.

Ag i ortofoton

Vegetation som domineras av halvgräset ag, *cladium mariscus*, syns tydligt i ortofoton på grund av blomställningens karaktäristiska brunaktiga färg i kombination med det täta växtsättet i runda tuvor (Figur 3 och Figur 4). Det gör att agen lämpar sig för kartering med hjälp av bildanalys av ortofoton.



Figur 3: Agens koncentrisk växtsätt, Gajstmyr. Foto: Mikael Hagström.



Figur 4: Agens karaktäristiska bruna färg och växtsätt i runda tuvor syns tydligt i ortofoton.

Rikkärr i ortofoton

Rikkärrsvegetation delades upp i två typer, på grund av att de har spektrala olikheter (det vill säga ser olika ut i ortofoton, se Figur 7), rikkärr av lågstarr- eller axagstyp (**Fel! Hittar inte referenskälla.**) och rikkärr av grästyp (Figur 6). Rikkärr av lågstarr- eller axagstyp avser rikkärrsvegetation där marktäcket domineras av axag och andra lägre halvgräs. Rikkärr av grästyp avser rikkärrsvegetation som domineras av

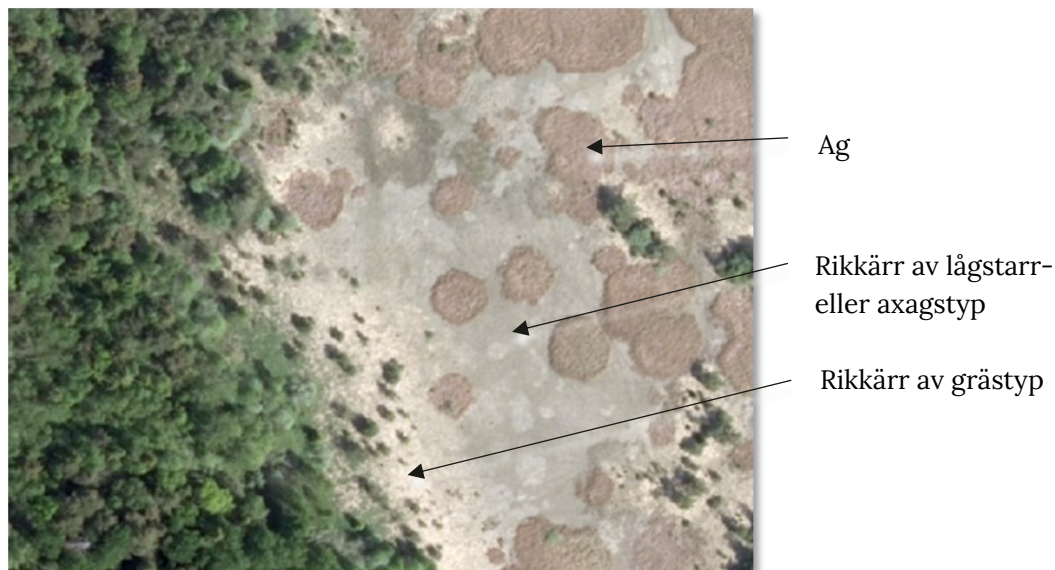
gräsarter, exempelvis blåtåtel.



Figur 5: Rikkärr av lågstarr- eller axagstyp. Foto: Mikael Hagström.



Figur 6: Rikkärr av grästyp, Hajdkvie myr. Foto: Mikael Hagström.



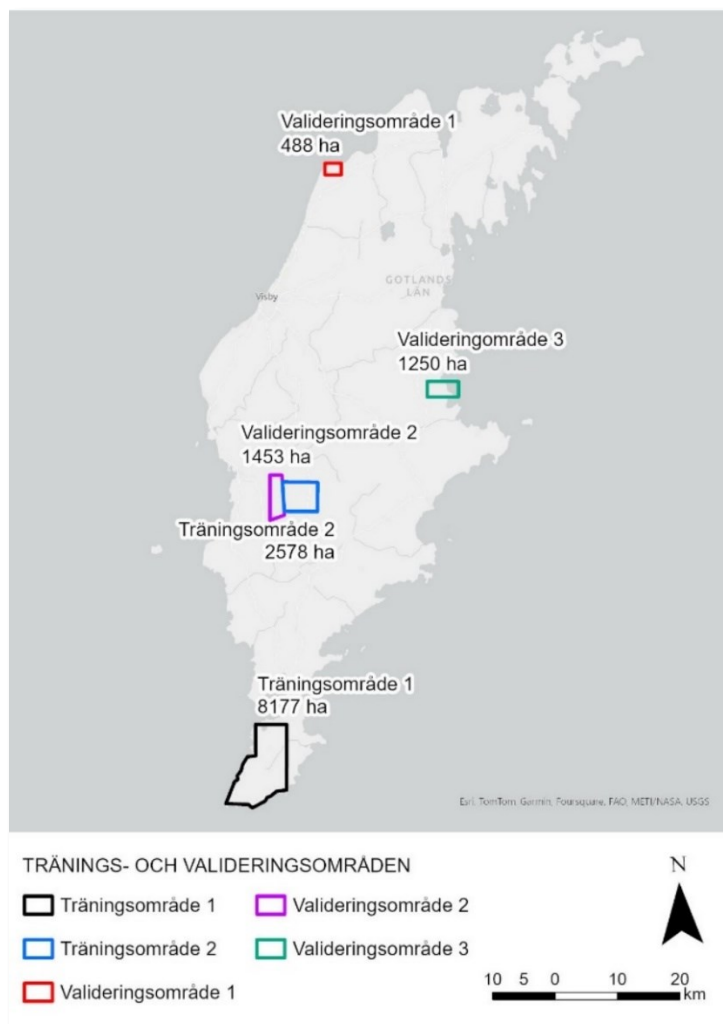
Figur 7: Ortofoto där både Rikkärr av lågstarr- eller axagstyp och rikkärr av grästyp tydligt syns. Lågstarr- eller axagstypen har en lila/blå/grå nyans och grästypen har en ljusare beige färg. I bilden syns också tuvor av ag med dess bruna färg och runda växtsätt.

Modelleringar (ag, rikkärr)

Två modeller har använts för att kartera ag och rikkärr, en baserad på maskininlärning och en på djupinlärning. Resultaten från dessa har både använts var för sig och i kombination, vilket beskrivs i rubrikerna nedan.

Noggrann kartering i träningsområden och valideringsområden

Ett antal områden på Gotland utsågs till träningsområden respektive valideringsområden (Figur 8). I dessa områden, men bara inom de polygoner som motsvarar kända och potentiella rikkärr (se avsnitt Kända och potentiella rikkärr), gjordes en noggrann kartering av de aktuella vegetationstyperna. Karteringen gjordes med hjälp av klassisk maskininlärning, support vector machine (SVM), för att få ett utkast. Utkastet redigerades därefter manuellt för att korrigera felklassningar, vilket var nödvändigt eftersom en automatisk klassificering inte blir helt korrekt. Redigeringen gjordes i verktyget pixel editor.



Figur 8: Validerings- och träningsområden på nordvästra, östra, mellersta och södra Gotland

Träning och applicering

Karteringen från träningsområdena nyttjades som träningsdata i modelleringar för att identifiera de aktuella vegetationsklasserna i landskapet: ag, rikkärr av lågstarr- eller axagstyp och rikkärr av grästyp.

U-Net är en pixelbaserade djupinlärningsmodell som kan användas för klassificering av rasterbilder/ortofoton. Träningsdata till U-Net skapades med ett verktyg i ArcGIS Deep Learning toolbox som annoterar kartbilder uppklippta i små så kallade "image chips". Modellen tränades med träningsdatat och applicerades därefter på hela Gotland för att identifiera de eftersökta vegetationstyperna.

Karteringen från träningsområdena användes också som träningsdata i en klassisk maskininlärning med modellen SVM. Även denna modell appliceras på hela Gotland.

Kombinera modellernas resultat

För att dra nytta av respektive modells styrka kombinerades resultaten genom att låta pixlar som i U-Net-modelleringen klassificerats som övrig mark/Nodata men i SVM-modelleringen identifierats som rikkärr tilldelas SVM-modelleringens. Detta kan också förklaras så att rikkärrspixlar från SVM-klassificeringen ersätter övrigt/Nodata i U-Net-resultatet. Se bakgrunden till detta metodval i bilaga 2 Metodutveckling.

Vegetationshöjd

Lantmäteriets ythöjdmodell och markhöjdmodell har använts för att ta fram raster som visar vegetationens höjd över mark med syfte att identifiera ytor som består av träd och buskar.

Lantmäteriet producerar en ythöjdmodell med hjälp av matchning av överlappande flygbilder. Ythöjdmodellen är en så kallad 2.5D-modell: den är inte ett tredimensionellt punktmoln utan ett raster där rastervärdet i varje pixel visar höjden över havet på det som syns från luften, till exempel skogens krontak, den övre ytan av buskage, övrig vegetation och byggnader. På öppen mark visas markytans höjd över havet. Ythöjdmodellen har 0,25 m upplösning.

Ythöjdmodellen baseras på flygbilder från det nationella bildförsörjningsprogrammet. Bilderna som använts i detta arbete är insamlade 4 och 5 juni 2022, dvs samma bilder som används till vegetationskarteringen.

Markhöjdmodellen baseras på Lantmäteriets nationella laserskanning och visar markytans höjd över havet. Markhöjdmodellen som använts har 1 m upplösning.

Ytans höjd över mark beräknades genom att subtrahera markens höjd över havet (markhöjdmodellen) från ytans höjd över havet (ythöjdmodellen). Vid subtraktionen har värdet i den närmaste markmodellspixlen använts, så kallad nearest neighbour-sampling. Den resulterande ythöjden över mark har 0,25 m upplösning. Byggnader och annat klipps senare bort från studieområdet, se avsnitt Sammanslagning. Inom studieområdet visar rastret vegetationens höjd över mark. Fortsättningsvis benämns lagret vegetationshöjd.

Vegetationshöjden har använts för att ta fram två höjdmasker, en med tröskelvärde 1,5 m och en med tröskelvärde 5 m. Höjdmaskerna är binära raster som visar var ytan är högre (rastervärde 1) respektive lägre (rastervärde 0) än höjdtröskeln. Vegetation över 1,5 m antas vara buskar och småträd och vegetation över 5 m antas vara träd.

Ett tredje binärt raster med höjdspannet 1,5 – 5 m togs också fram vilket i våtmarker antas utgöra igenväxningsvegetation.

Vidare har rastret med 1,5 m-masken (träd och buskar) använts till att skapa polygoner av sammanhängande områden med vegetationshöjd över 1,5 m. Luckor mindre än 200 m², helt omslutna av vegetation över 1,5 m, har fyllts igen genom att inkluderas i omgivande polygon.

Öppen vattenyta

Kartering av öppen vattenyta identifierades med NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) vilket är ett värde som beräknas från det röda och nära infraröda bandet i ett IR-ortofoto enligt $(NIR - \text{röd}) / (NIR + \text{röd})$. NDVI indikerar mängden levande vegetation, men går även att använda för att ta fram öppna vattenytor. IR-ortofoton från 2022 har använts för att beräkna NDVI.

Tanken var att kunna fånga större vattenspeglar likt exemplet i Figur 9 nedan. För att fånga detta har spannet -0,4 till -0,8 från NDVI använts.



Figur 9: Vattenspegel Hangvar sudrebys. Foto: Mikael Hagström

Sammanslagning

Samtliga ovan beskrivna skikt har sedan slagits samman till ett resultatskikt enligt flödesschemat i Figur 1.

I samband med metodutvecklingsfasen och visuell granskning av vegetationskarteringens resultat framträdde vissa systematiska fel i resultatet. Färgen på ett hygge kan delvis likna rikkärr i ett ortofoto, plöjda åkrar har en liknande brun färg som ag och gröna träd och buskar

kan på pixelnivå likna framför allt rikkärr som också kan ha en grön nyans. Grunt vatten kan ha många olika färgnyanser och misstas för både ag och rikkärr.

Med syfte att minimera felklassningar kompletterades därför modelleringarnas resultat med ytterligare geodata för att få fram ett slutligt karteringsresultat.

Vegetationsklasserna kompletterades med öppet vatten framtaget med hjälp av NVDI (avsnitt Öppen vattenyta) och ett lager som antas representera träd- och buskar, vegetationens höjd över marken från 1,5 meter och uppåt (avsnitt Vegetationshöjd).

Slutligen klipptes följande ytor bort ur karteringen: åkrar, hyggen, tätort, byggnader, vägar, alvar och hav. Kvarvarande yta i karteringen antas representera i huvudsak naturmarker av olika slag. Karteringens resultat pekar ut var vegetationen domineras av ag, var det finns rikkärr av lågstarr- eller axagstyp respektive rikkärr av grästyp samt var det finns öppet vatten samt träd- och buskvegetation.

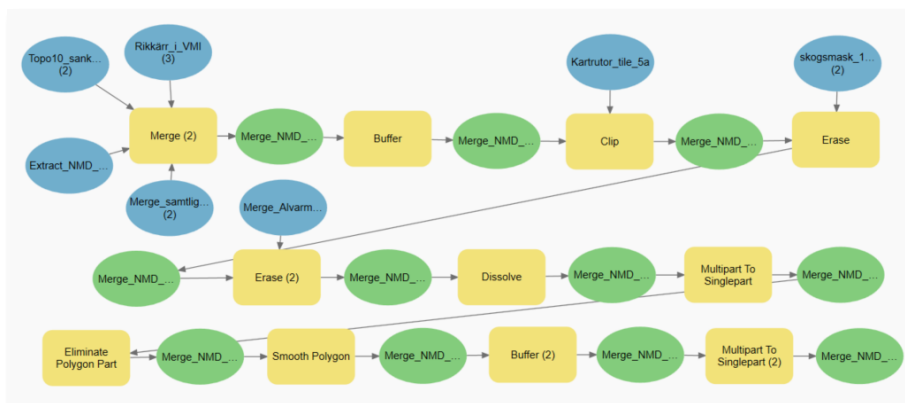
Kända och potentiella rikkärr

Befintliga geodata har kombinerats i ett antal steg med syfte att ta fram ett GIS-lager i polygonformat som så bra som möjligt representerar både tidigare kända rikkärr och potentiella rikkärr på Gotland. Minsta karteringsenhet sattes till 0,1 ha, vilket innebär att resultatet inte innehåller polygoner som är mindre än så.

Översiktlig arbetsgång (se också översiktligt flödesschema i Figur 2 och mer detaljerat flödesschema från model builder i ArcGIS Pro i):

- Först har flera underlag slagits samman till ett (merge):
 - » Rikkärr i VMI
 - » Tidigare kända rikkärr från Rikkärskarteringen (2007 och 2022–23)
 - » Klassen Öppna våtmarker från NMD
 - » Sankmarker från Topografi 10
- Sedan har ett antal underlag tagits bort (erase):
 - » Objektshöjder över 1,5 meter från ythöjdmodellen (skogsmask)
 - » Åkermark från Blockdatabasen
 - » Alvarmark
- Sist har det skett ett antal steg för att städa upp och snygga till resultatet, bl.a:

- » Dela upp multipolygoner
- » Ta bort hål mindre än 200 kvm i polygoner
- » Jämna till polygonlinjen
- » Ta bort polygoner under 1000 kvm
- Slutligen har det lagts till ett antal attribut till attributlistan och fyllts på med data från det sammanslagna skiktet.
 - » Andel ag
 - » Andel rikkärr axagstyp
 - » Andel rikkärr grästyp
 - » Andel öppet vatten
 - » Andel buskar och småträd enligt NMD
 - » Andel buskar och småträd (igenväxning, vegetationshöjd 1,5 – 5 m)
 - » Förekomst dike
 - » Ingår i Rikkärskarteringen



Figur 10: Flödesschema som beskriver framtagningen av GIS-lagret med kända och potentiella rikkärr.

Attributtabell

GIS-skiktets attributtabell innehåller följande variabler:

- Andel ag
- Andel rikkärr av lågstarr- eller axagstyp
- Andel rikkärr av grästyp
- Andel vatten
- Andel igenväxning ythöjd
- Andel igenväxning NMD

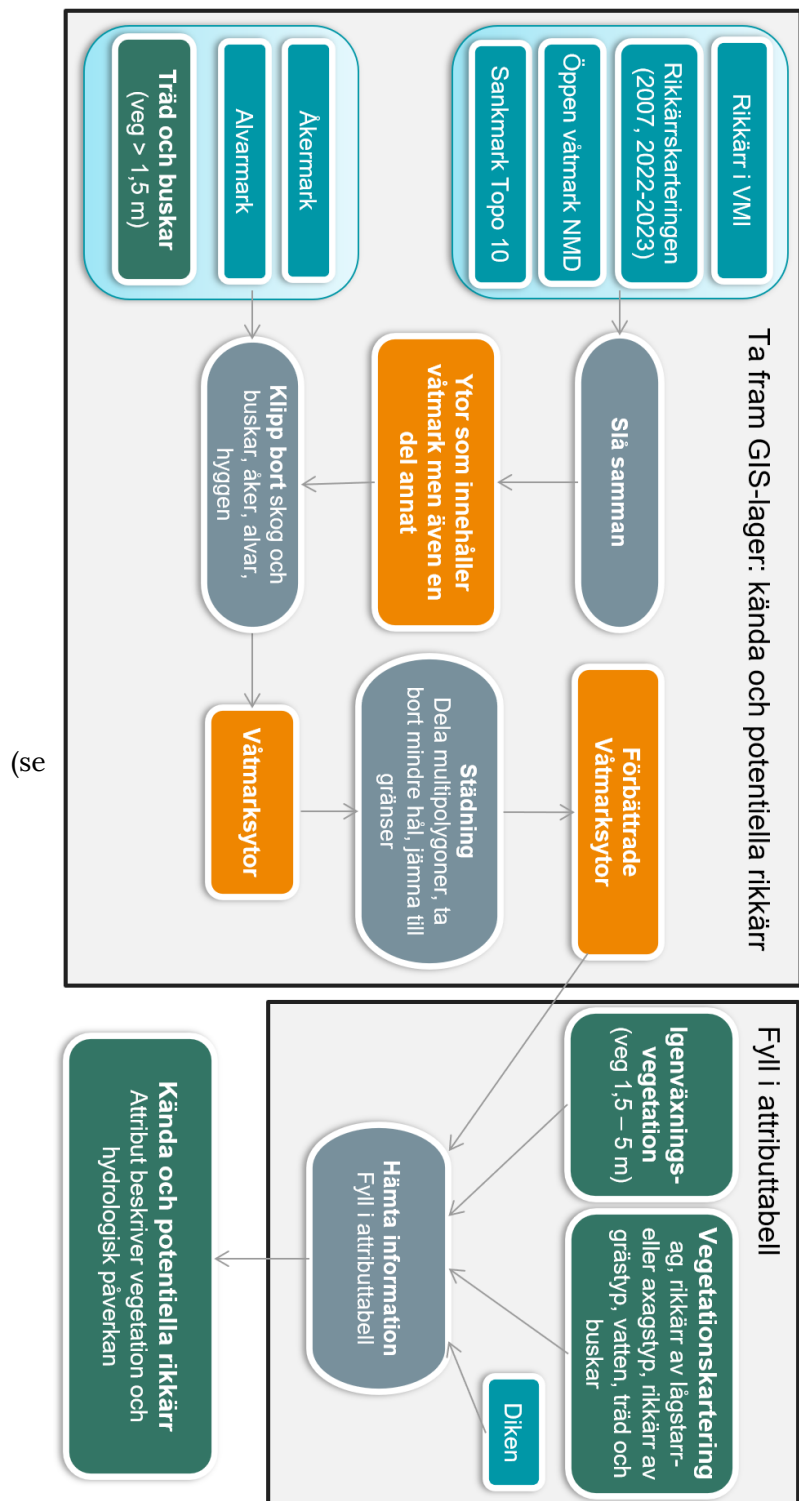
- Förekomst dike
- Ingår i rikkärrsinventeringen

Andel ag, rikkärr samt öppet vatten

Andel ag, rikkärr lågstarrstyp, rikkärr grästyp och öppet vatten tas från vegetationskarteringen och beräknas som arean av de pixlar inom polygonen som klassats som respektive klass, dividerat med polygonens area.

Andel igenväxning från ythöjdmodell

Andel igenväxning från ythöjdmodell beräknas som arean av de pixlar inom polygonen som klassats inom höjdspannet 1,5 – 5 m. Eftersom vegetation över 1,5 m har använts i GIS-analysen så visar detta i princip vegetation från de hål under 200 kvm som tagits bort i städningssteget



Figur 2).

Andel igenväxning från NMD

Andel igenväxning från NMD beräknas från indata NMD Tilläggsskikt

objekttäckning höjdintervall 0,5–5 m (se bilaga 2). Indata anger täckning av höjder inom spannet 0,5–5 m och är baserat på laserskanningen, vilken utfördes 2012 på Gotland. NMD produceras i 10 m pixlar.

Skiktet behövde först städas genom att ta bort pixlar där det även finns höjder i 5–45 m rastret (eftersom laserskanningen kan ge flera returerna från ett och samma träd). Sedan beräknades medelvärdet (zonal statistics) på de pixlar som blev kvar inom respektive polygon.

Förekomst dike

Attributet "förekomst av dike" grundar sig på Skogsstyrelsens rikstäckande dikeskartering från 2021 (se bilaga 2). Polygoner där det förekommer ett dike från indata har en 1:a i detta attribut (select by location), övriga polygoner har en 0:a. Detta är den enda variabeln som säger något om objektets hydrologiska status.

Ingår i rikkärrskarteringen

Attributet "ingår i rikkärrskarteringen" grundar sig på indata "Lst I Inv Rikkärr Objekt" samt två skikt som vi fått direkt från Lst Gotland från senaste återinventeringen 2022-23 (se bilaga 2). Polygoner som ligger inom eller delvis inom kända rikkärr har fått en 1:a i detta attribut (select by location, intersect), övriga polygoner har en 0:a.

Utvärdering

Att definiera träningsdata och träna modeller är ett iterativt arbete, och det behövs ett sätt att objektivt jämföra prestandan hos modeller som är tränade på olika sätt och med olika träningsdata. I valideringsområdena användes en noggrant och delvis manuellt rättad kartering inom kända och potentiella rikkärrsytor som ett facit att utvärdera modelleringens resultat mot.

Resultat har utvärderats med hjälp av en så kallad confusion matrix som ger mått på i vilken grad modellen identifierar rätt saker på rätt ställen (sanna/falska positiva/negativa). Matrisen togs fram genom att välja lämpliga pixelvärden och addera rasterfilerna karteringsresultat och facit med varandra med hjälp av verktyget Raster Calculator (Figur 11). Pixelvärdet i resultatfilen, confusion matrix, representerar då en av kategorierna som presenteras i

Tabell 1.

Raster calculator: rasterfil med resultat + rasterfil med facit
= en rasterfil där pixelvärden utgör en confusion matrix

RESULTAT	
Klass	Pixel value
Ag	1
Rikkärr axagstyp	2
Rikkärr grästyp	3
Övrigt	4

+

FACIT	
Klass	Pixel value i facit
Ag	10
Rikkärr axagstyp	20
Rikkärr grästyp	30
Övrigt	40

=

CONFUSION MATRIX	FACIT			
RESULTAT	Ag	Rikkärr axagstyp	Rikkärr blåtåteltyp	Övrigt
Ag	11	21	31	41
Rikkärr axagstyp	12	22	32	42
Rikkärr blåtåteltyp	13	23	33	43
Övrigt	14	24	34	44

Figur 11: Schematisk bild som beskriver en confusion matrix. Rasterfil med resultat + rasterfil med facit = en rasterfil där pixelvärden utgör en confusion matrix.

Tabell 1: Pixelvärden och de kategorier de motsvarar i confusion matrix som skapas med hjälp av verktyget Raster Calculator

Kategori	Pixelvärde i confusion matrix
Korrekt klassad ag	11
Ag klassat som rikkärr av axag-typ	12
Ag klassat som rikkärr av grästyp	13
Ag klassat som övrigt	14
Rikkärr av axag-typ klassat som ag	21
Korrekt klassad rikkärr av axag-typ	22
Rikkärr av axag-typ klassat som grästyp	23
Rikkärr av axag-typ klassat som övrigt	24
Rikkärr av grästyp klassat som ag	31
Rikkärr av grästyp klassat som axag-typ	32
Korrekt klassad rikkärr av grästyp	33
Rikkärr av grästyp klassat som övrigt	34
Övrigt klassat som ag	41
Övrigt klassat som rikkärr av axag-typ	42
Övrigt klassat som rikkärr av grästyp	43
Korrekt klassat övrigt	44

Resultat

Vegetationskartering

Utvärderingen visar att ag generellt karterades med mycket goda resultat och att karteringen av rikkärrsvegetation inte uppnår riktigt lika hög träffsäkerhet.

Utvärderingen av vegetationskarteringen i en confusion matrix i valideringsområde 3 presenteras i Tabell 2 där enheten är procent av markytan och i Tabell 3 där enheten är hektar. Valideringsområdet är 41 ha varav 9 ha ag, 6 ha rikkärr av lågstarr- eller axagstyp och 1 ha rikkärr av grästyp.

Utvärderingen visar att 87 % av agen i valideringsområdet identifierades som ag och att 13 % av agen klassades fel. Det vanligaste felet är att ag klassas som rikkärr av lågstarr- eller axagstyp (8 %). Modelleringen skapar dock också falska positiva resultat, det vill säga att övrig mark felaktigt klassas som ag. Totalt klassades 5 % av övrig mark felaktigt som ag.

Utvärderingen visar att 65 % av rikkärr av lågstarr- eller axagstyp i valideringsområdet identifierades korrekt och 35 % klassades fel (19 % klassas som ag, 3 % som rikkärr av grästyp och 13 % som övrig mark). Modelleringen klassar felaktigt 7 % av övrig mark (2,6 ha) som rikkärr av lågstarr- eller axagstyp, det vill säga ett felaktigt positivt resultat.

Utvärderingen visar att 23 % av rikkärr av grästyp i valideringsområdet identifierades korrekt och 75 % klassades fel. Det vanligaste felet är att rikkärr av grästyp klassas som rikkärr av lågstarr- eller axagstyp (40%). Det innebär att 65 % av rikkärr av grästyp hamnar i en rikkärsklass. Denna felklassning är i vissa avseenden acceptabel eftersom båda klasserna har höga naturvärden. Modelleringen klassar felaktigt 0,6 % (avrundat till 1 % i Tabell 3) av övrig mark (0,2 ha) som rikkärr av lågstarr- eller axagstyp, det vill säga ett felaktigt positivt resultat.

Tabell 2: Resultat av utvärderingen vegetationskarteringen i en confusion matrix, med enheten procent.

Klassad som	Verklig klass			
	Ag	axagtyp	grästyp	Övrigt (noddata)
Ag	87%	19%	27%	1%
axagtyp	8%	65%	40%	6%
grästyp	0,1%	3%	23%	0,3%
Övrigt (noddata)	5%	13%	11%	92%

Tabell 3: Resultat av utvärderingen vegetationskarteringen i en confusion matrix, med enheten hektar.

Klassad som	Verklig klass			
	Ag	axagtyp	grästyp	Övrigt (noddata)
Ag	7,7	1,1	0,3	0,4
axagtyp	0,7	3,7	0,4	1,6
grästyp	0,001	0,2	0,2	0,1
Övrigt (noddata)	0,5	0,7	0,1	23,6

Felkällor

Modellerna identifierar ag med hög träffsäkerhet, vilket är vad man kan förvänta sig då den har en karaktäristisk, brun färg. Rikkärrsvegetation är svårare att kartera eftersom dess utseende i ortofoton inte är lika avvikande från övrigt landskap. Liknande färger kan exempelvis synas i skog. Resultatet av modelleringar studerades visuellt för att försöka förstå eventuella felkällor. Att klassen rikarr grästyp har lägst träffsäkerhet kan även bero på att det fanns väldigt liten andel grästyp i facitområdet.

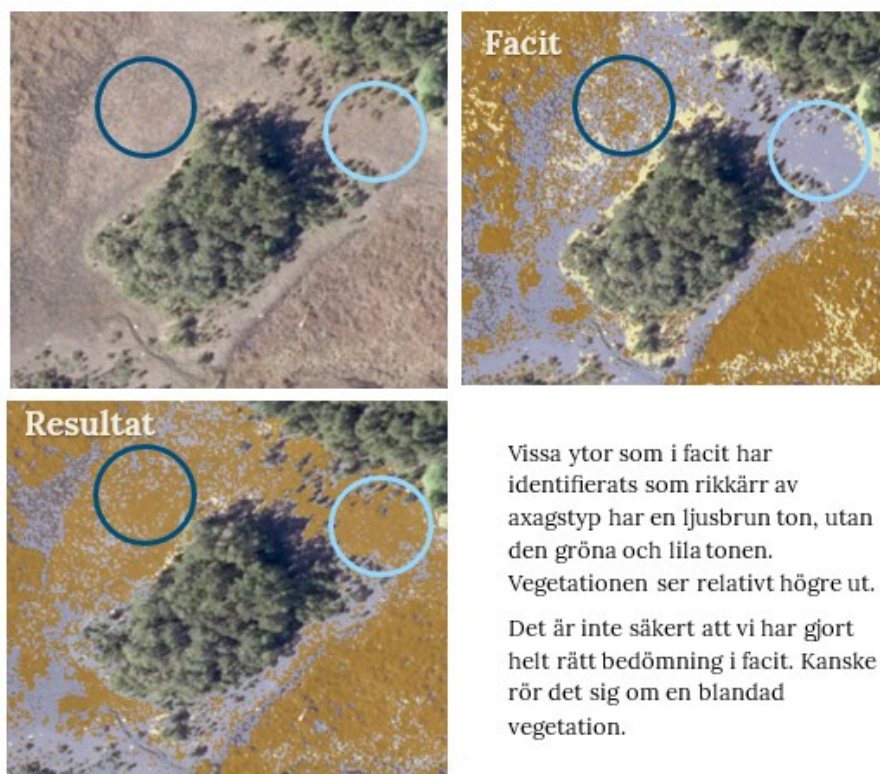
Blandad vegetation

En felkälla kan ligga i svårigheten att skapa ett facit i områden med blandad vegetation. Vissa ytor är tydliga och det är lätt att avgöra vilken vegetationsklass det ska vara. Men i andra områden är vegetationen blandad, exempelvis agtuvor med inslag av axag. Resultatet av modelleringar blir i vissa områden "pixligt" vilket tyder på en blandning av vegetationstyper. Även i facit är dessa områden generellt identifierade som en blandning av vegetationstyper med samma "pixliga" mönster.

Kanske är det så att resultatet på pixelnivå, pixel för pixel, skiljer sig åt, men att helheten på ett sätt är korrekt – dvs att det rör sig om en blandning av vegetationstyperna i både facit och resultatet. Se exemplet i Figur 12. Vid utvärdering av ett sådant område kan en confusion matrix visa på stora fel i resultatet.

Felbedömningar i facit av svårbedömda områden

En annan felkälla kan vara rena felbedömningar av vegetation i träningsdata och facit. Det finns ytor som är svårare att bedöma, även för experter på flygbildstolkning. Ett exempel är områden som till struktur och växtsätt liknar ag men som har en ljusare färg och därför bedömts vara rikkärr av lågstarr- eller axagstyp (se ett exempel i Figur 12) medan modelleringen bedömer att det är ag. Enda sättet att säkert veta är dock att åka ut och studera dessa områden i fält, vilket inte har rymts inom ramen för det här projektet. Den typen av felbedömningar påverkar utvärderingen av resultatet.



Figur 12: Exempel på område där det är svårt att utifrån ortofoton avgöra vegetationstyp. Antagligen rör det sig om blandad vegetation. Området i den mörkblå ringen pekats ut som blandad vegetation i både facit och resultat, men andelen av ag är större i resultatet. Helheten är på ett sätt rätt – blandad vegetation – men utvärderingen ger dåliga siffror i confusion matrix. Området i den ljusblå ringen bedöms vara rikkärr av lågstarr- eller axagstyp i facit men modelleringen bedömer att det är ag. Ytorna är relativt svårbedömda då de inte har typiskt utseende av vare sig ag eller axag och kanske rör det sig även här om blandad vegetation. Enda sättet att veta säkert är att besöka området i fält.

”Grön ag”

Ytterligare en felkälla är ag som i ortofoto har en grönaktig färg, vilket är vanligt förekommande i kanten mot vatten (se Figur 13). Den gröna agen klassificeras systematisk som rikkärr av lågstarr- eller axagstyp på grund av den gröna nyansen. Detta leder till sämre resultat av modelleringen. Felklassningen utgör ett falskt positivt resultat för rikkärr av lågstarr- eller axagstyp och en falsk negativt resultat för karteringen av ag. I projektet har vi inte kunnat bedöma hur vanlig den här typen av ”grön ag” är i landskapet, men vi har valt ut träningsområden och valideringsområden där den förekommer för att studera hur modelleringen hanterar den.



Figur 13: Ag som i kanterna mot vatten har en grönaktig färg. Modelleringarna identifierar den gröna agen som rikkärr av lågstarr- eller axagstyp på grund av den gröna nyansen.

Vegetationshöjd

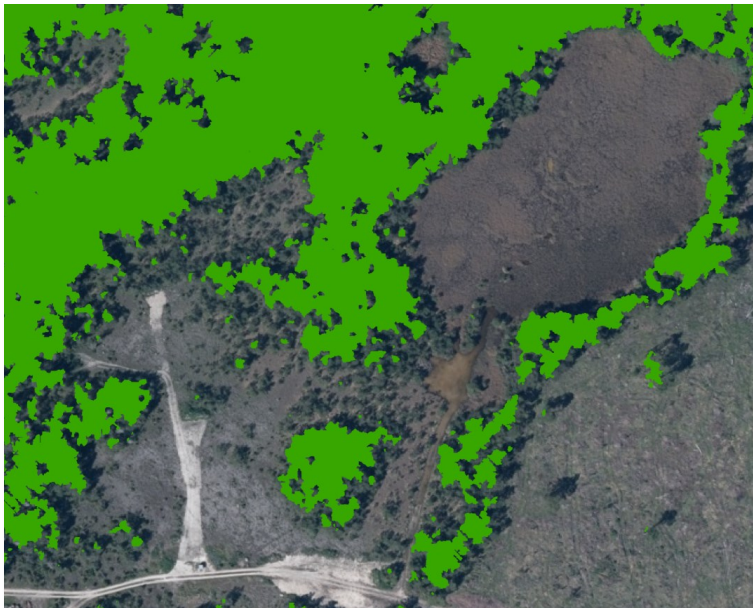
Vegetationshöjden har använts för att ta fram två höjdmasker, en med tröskelvärde 1,5 m och en med tröskelvärde 5 m. Vegetation över 1,5 m antas vara buskar och småträd och vegetation över 5 m antas vara träd.

Tanken var först att använda vegetation över 5 meter i GIS-analysen analys som syftar till att identifiera potentiella rikkärr. Men vid jämförelse visade sig höjdmasken med 1,5 m tröskelvärde, som alltså visar var vegetationens höjd över mark är över 1,5 m, fungerar bättre än 5 m-masken för avgränsning av öppen mark (avsnitt Kända och potentiella rikkärr samt Figur 14-17).

Ett tredje binärt raster med höjdspannet 1,5 – 5 m togs också fram vilket i våtmarker antas utgöra igenväxningsvegetation. Andel igenväxningsvegetation har förts in i attributtabellen för GIS-skiktet som visar kända och potentiella rikkärr. Eftersom vegetation över 1,5 m har använts i GIS-analysen så visar detta i princip vegetation från de hål under 200 kvm som tagits bort i städningssteget (se Kända och potentiella rikkärr samt Figur 16).



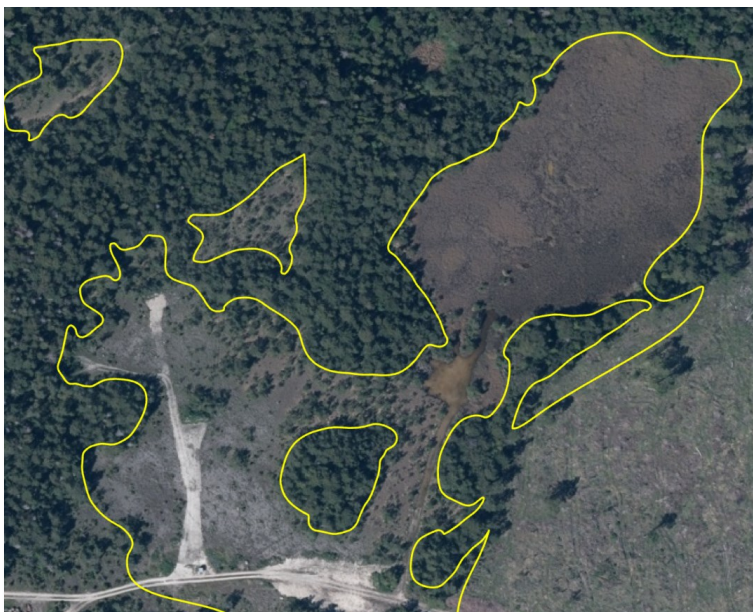
Figur 14: Område strax sydost om Bendes, ortofoto.



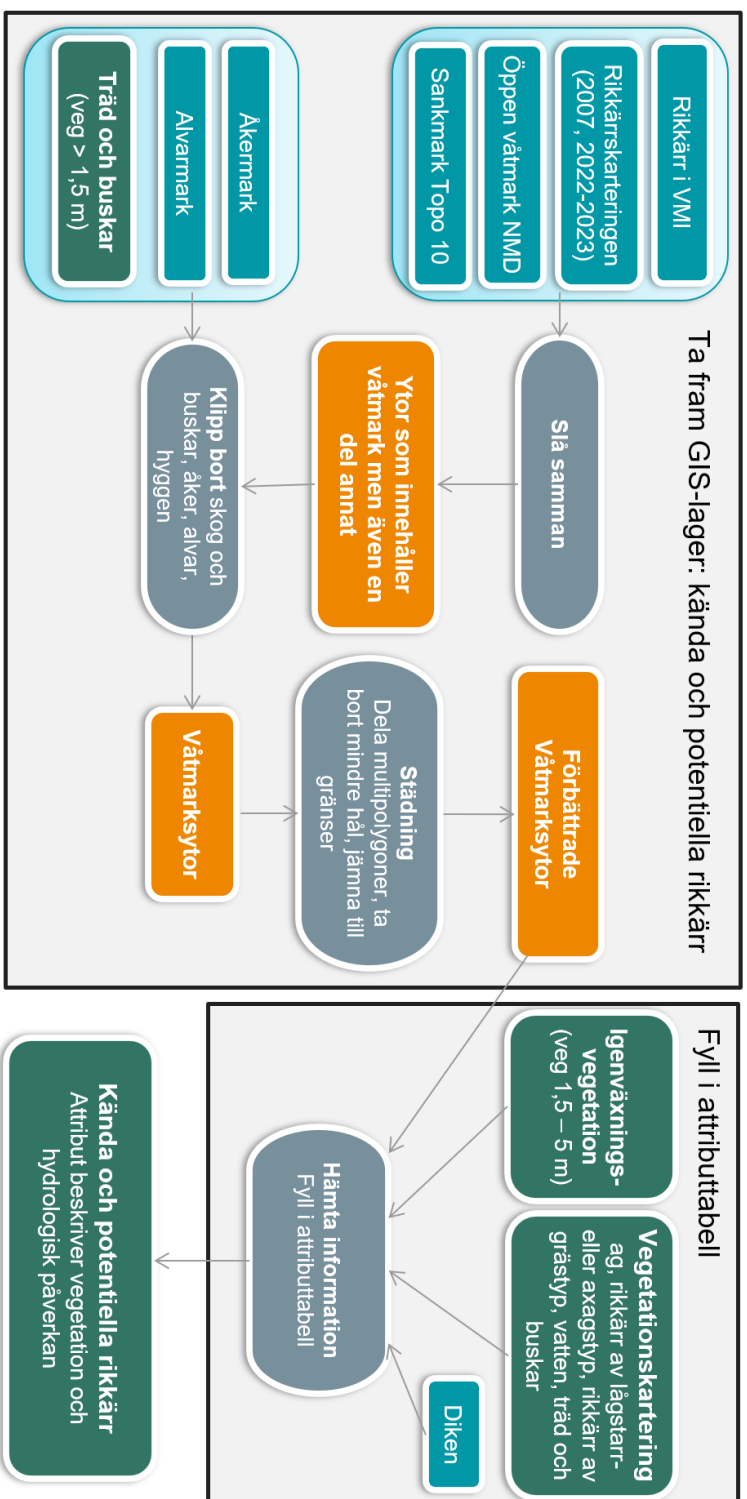
Figur 15: Vegetationshöjd 5 m i grönt, markerar samma yta som skogen i ortofoto ovan.



Figur 16: Vegetationshöjd 1,5 m i grönt. Röda cirklar visar exempel på vegetation över 1,5 m och under 5 m som kommer att räknas som andel igenväxningsvegetation.



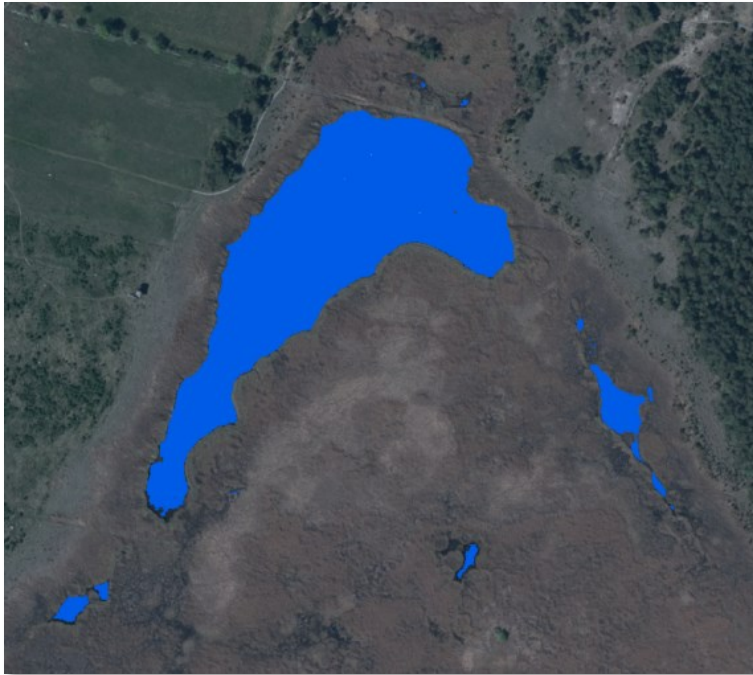
Figur 17: Gul linje visar GIS-skiktet kända och potentiella rikkärr. I det här fallet kommer ursprungspolygonen från skiktet "rikkärr i VMI", vilket sedan bl.a. har klippts mot 1,5 m vegetationshöjd och sen hanterats enligt



Figur 2.

Öppen vattenyta

Öppet vatten har klassificerats med NDVI och stämmer fint överens med landskapet, se Figur 19. Klassen sammanlagras tillsammans med vegetationsklasserna i slutresultatet enligt Figur 1 och andel vatten inom potentiella rikkärr kan utläsas i attributtabellen enligt rubriken Kända och potentiella rikkärr.



Figur 18: Blått visar klassen öppet vatten och hur den fångar vattenytan i rikkärret.



Figur 19: Samma område som ovan men bara ortofoto, för att visa vattenytan.

Felkällor

Den öppna vattenytan verkar behöva vara av en viss storlek för att kunna karteras med denna metod. Smalare objekt, t.ex. vattendrag, fångas inte (se figur Figur 20).



Figur 20: Bildexempel på vattendrag som inte fångas med NDVI-metoden. Bara en

*liten del del längst i söder kommer med som öppet vatten, markerat i blå färg.
Mallgårds källmyrs naturreservat.*

Även skuggor kan i vissa fall ha karterats som öppet vatten, se Figur 21-
Figur 22.



Figur 21: Inom de gula cirkeln har skuggor från träden felaktigt karterats som öppet vatten. Vattnet till höger i bild är däremot korrekt klassat.



Figur 22: Samma område som ovan men bara ortofoto,.

Kända och potentiella rikkärr

Skiktet kända och potentiella rikkärr innehåller totalt 7 421 st polygoner, varav 2 936 st är mindre än 0,25 ha.

Totalt innehåller skiktet "Kända och potentiella rikkärr" 11 245 ha, varav 9 773 inte ingår i rikkärsskarteringen, dvs 87% av arealen består av potentiella rikkärr.

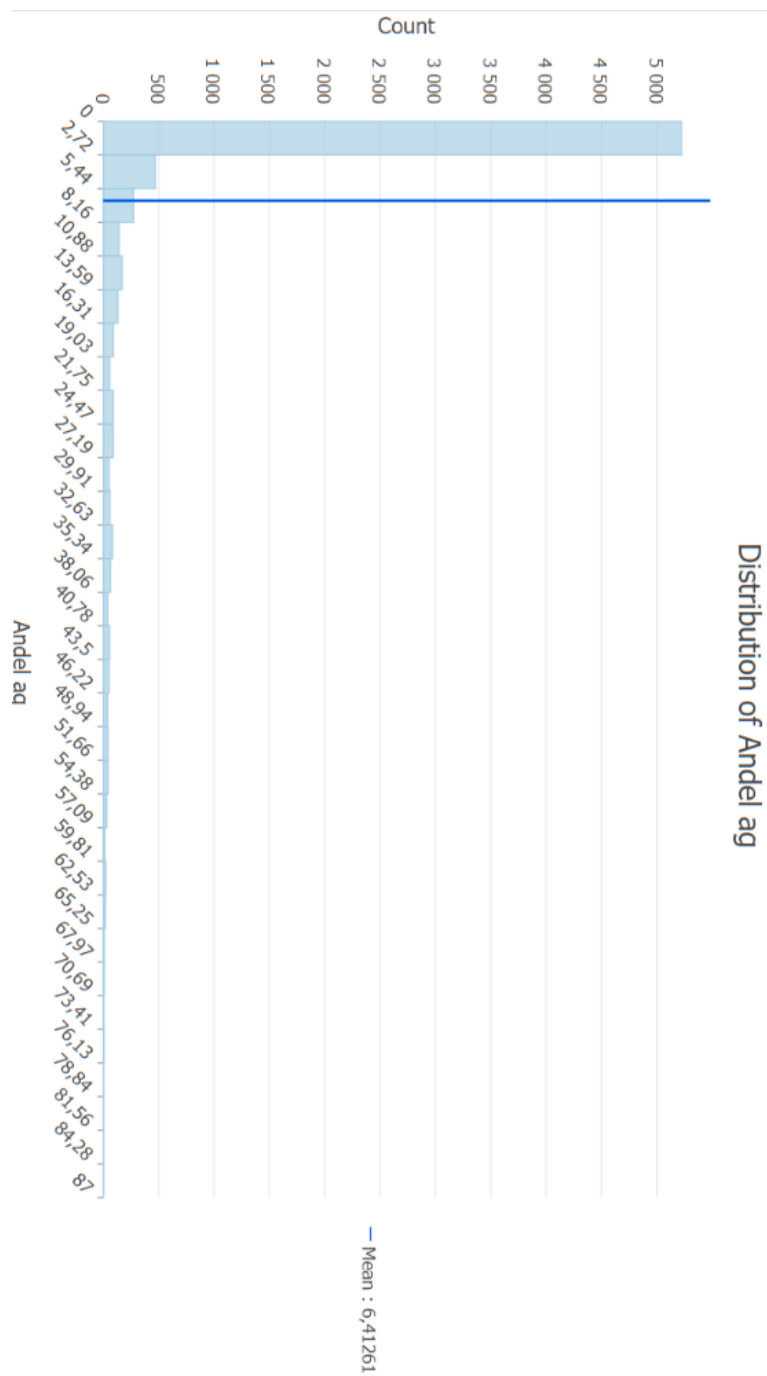
Majoriteten av polygoner är åt det mindre hållet och medelstorleken ligger på 15 000 kvadratmeter, eller 1,5 ha (se Figur 23).

Andel ag ligger generellt sett lågt med ett medel på 6,4% (se Figur 24). Detta bör förstås även jämföras med storleken på objektet.

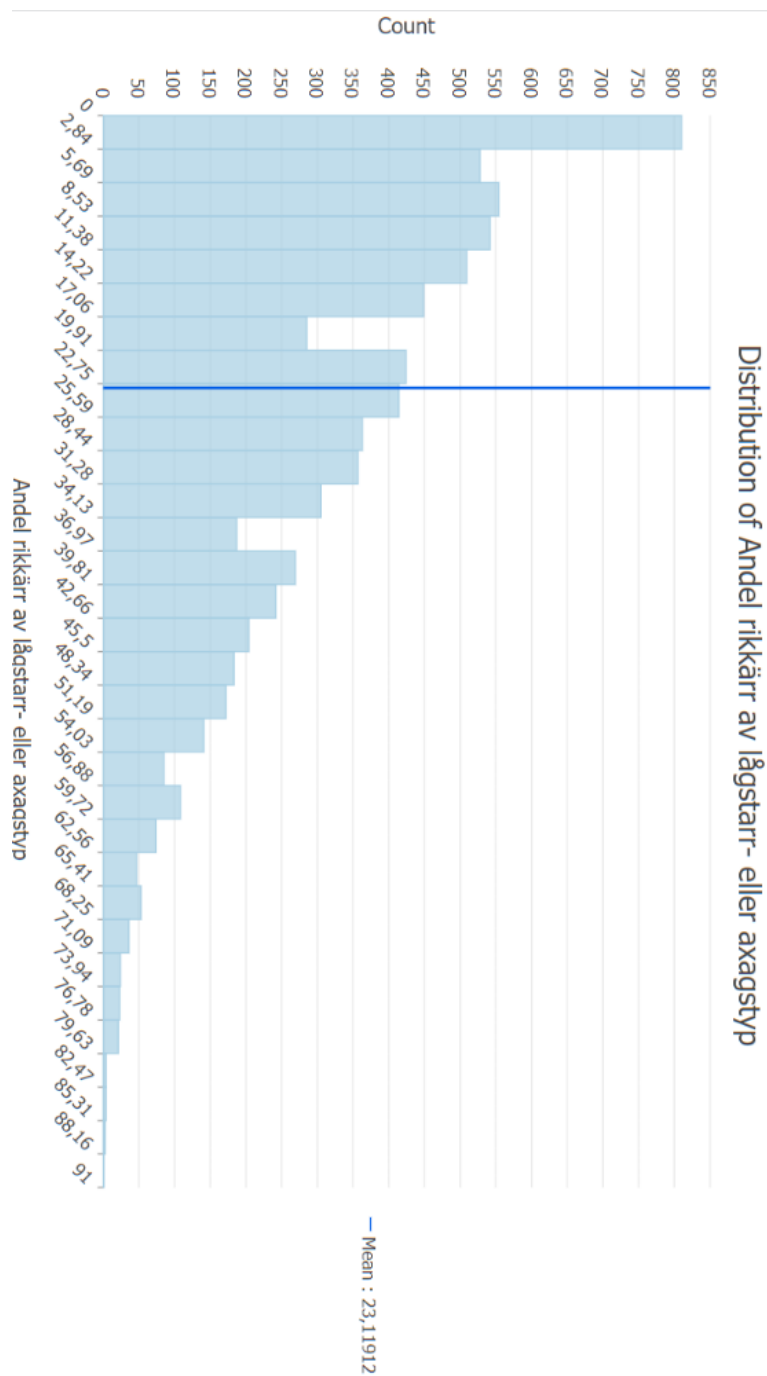
Andel rikkärr av lågstarr- eller axagstyp ligger högre, med ett medel på 23% (se Figur 25). Medan andel rikkärr av grästyp ligger lägst av klasserna med ett medel på 1,2% (se Figur 26).



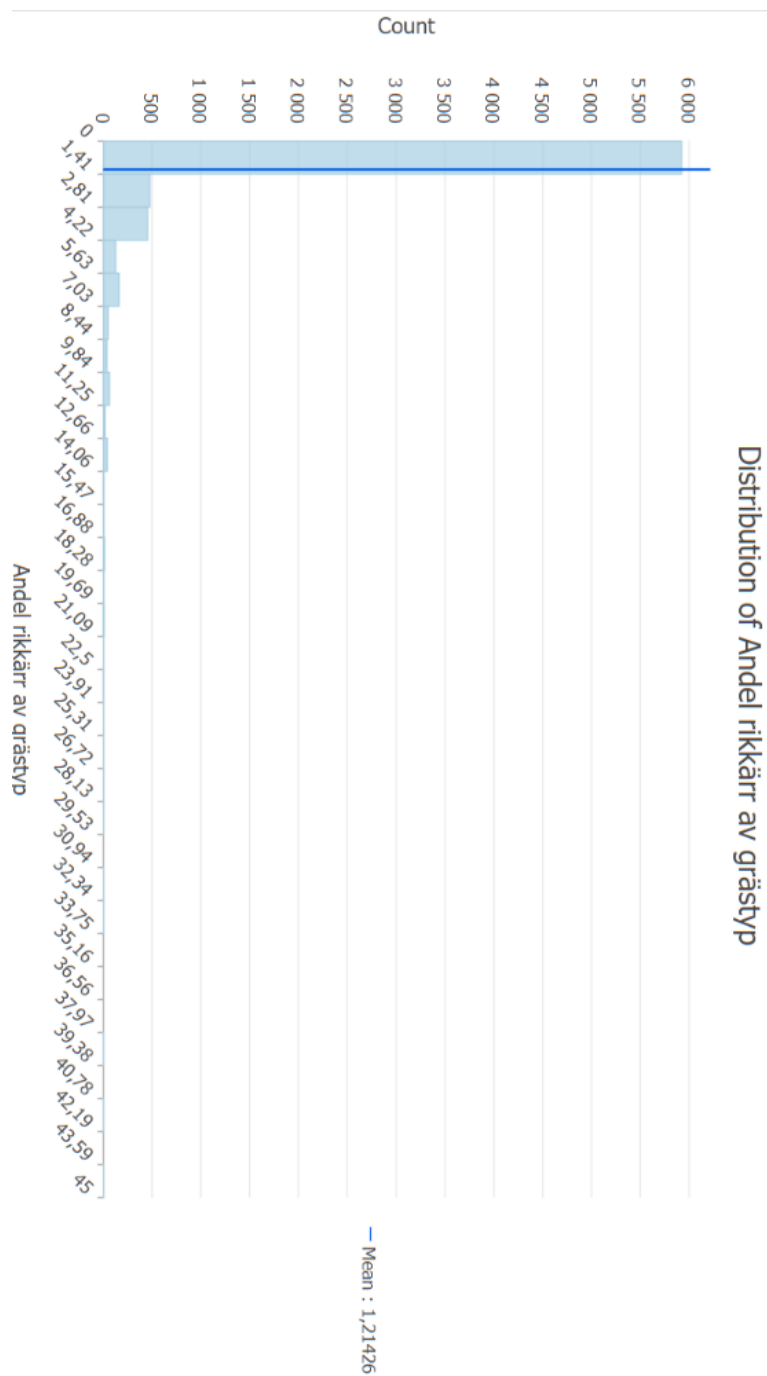
Figur 23: Fördelning av areal, medel ligger på 1,5 ha.



Figur 24: Fördelning av andel ag, medel ligger på 6,4%.



Figur 25: Fördelning av andel rikkärr av lågstarr- eller axagstyp, medel ligger på 23%.



Figur 26: Fördelning av andel rikkärr av grästyp, medel ligger på 1,2%.

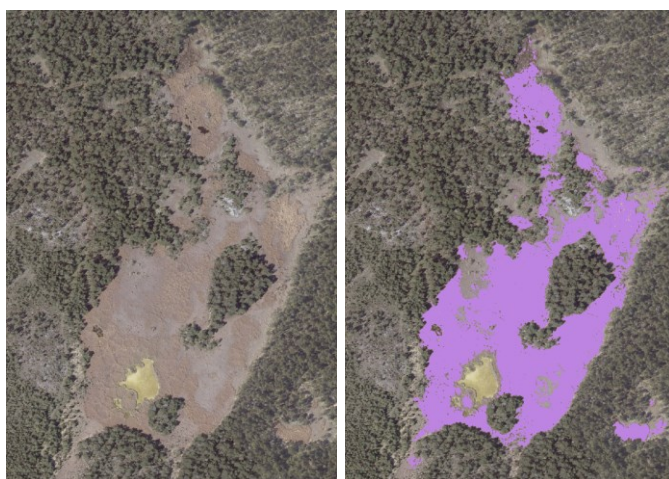
Förslag på fortsatt arbete

Förbättra GIS-analysen "kända och potentiella rikkärr"

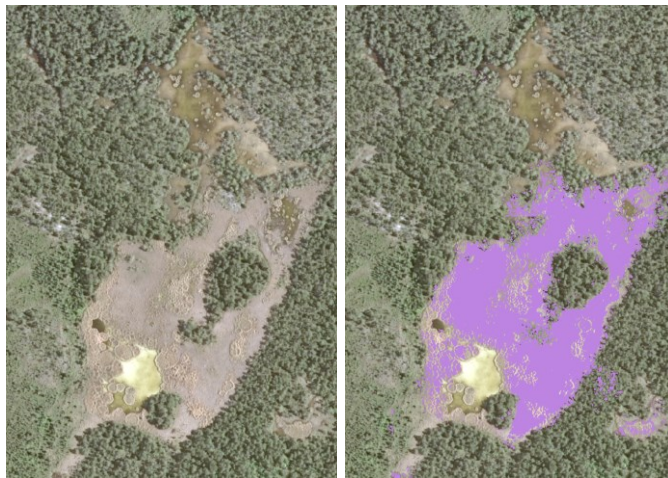
Till exempel genom att baserat på vegetationskarteringen fånga upp och lägga till större områden med rikkärrsvegetation utanför befintliga rikkärrspolygoner.

Jämföra med bilder från tidigare år

Under projektet hann vi inte göra ett grundligt test av detta, bara en snabbtest i ett mindre område. Det finns dock potential vilket nedanstående exempel (Figur 27 och Figur 28) visar där man ser att modellen tränad på data från 2022 ändå fungerar att köra på ortofoto från 2010. En mer omfattande utvärdering krävs dock för att mer exakt ta reda på hur noggrannheten påverkas av eventuella skillnader i egenskaper hos bilderna från de olika fototillfällena. För detta krävs ett facit, dvs en annotering av ett valideringsområde för 2010 samt utvärdering av resultatet mot facit. Uppskattad tidsåtgång ca 2-3 dagar + en vecka för att köra modellen på hela Gotland samt ta fram analys.



Figur 27: Ortofoto 2022 med klassning av ag



Figur 28: Ortofoto 2010 med klassning av ag

Undersöka höjd som 4:e band

Intuitivt borde höjdinformation kunna tillföra information till modellen som ökar noggrannheten i klassificeringen och därför provade vi under projektet att till ortofotonas tre färgband lägga till ett fjärde band med höjdinformation som underlag för träningsdata och modellträning. Vi jämförde modeller tränade med respektive utan höjdinformation, allt annat oförändrat, och då det tvärtom gav sämre noggrannhet valde vi att prioritera ned detta spår eftersom det dessutom innebar ett visst merarbete att förbereda data. Vi konstaterar att mer utforskande krävs för att förstå hur höjdinformation kan användas på bästa sätt och det får bli en uppgift för framtida projekt. Tidsuppskattning svår, det handlar mer om att sätta av tid för utforskande.

Körspår

Inom ramen för projektet hann vi inte med att undersöka om det med modelleringar är möjligt att identifiera förekomst av körspår. För framtida initiativ kan noteras att utmaningen här borde ligga i att körspåren ser ganska olika ut beroende på i vilken marktyp de förekommer. Vanliga vägar går som bekant bra att klassificera men där är hela vägbanan ofta relativt homogen och utgör en sammanhängande yta. Körspåren är ett mönster av två parallella linjer med varierande utsträckning i landskapet. En ansats vore att behandla dem som objekt och försöka använda objektidentifiering i stället för pixelklassificering som använts för vegetationskarteringen, samt testa någon form av syntetisk utökning av träningsdatat för att skapa exempel av körspår i många olika orienteringar, skalor, och så vidare baserat på de faktiska spår man hittar i kartmaterialet.

Tidsuppskattning för att gå vidare med detta kunde vara i storleksordningen en vecka för att jobba fram träningsdata och testa metod samt en vecka för att ta fram ett resultat givet att testet faller väl ut.

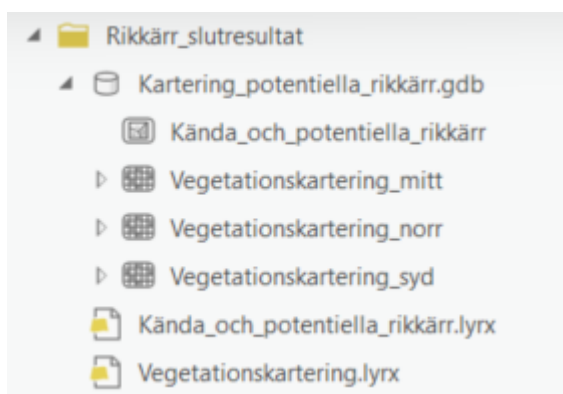
Validering i fält

Validering av bedömningar gjorda utifrån ortofoton (det vill säga facit och träningsdata) och modelleringsresultat genom fältbesök i olika områden. Tidsuppskattning beror helt på i vilken omfattning valideringen ska ske.

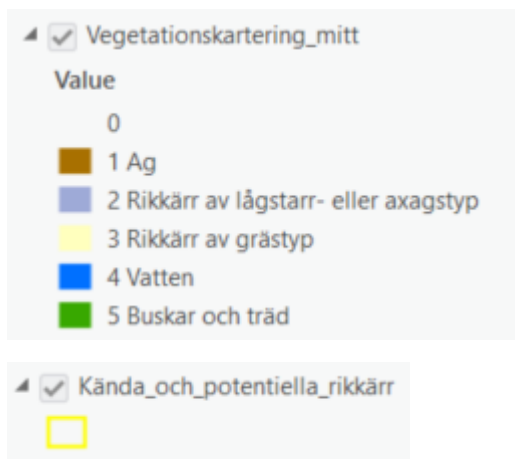
Bilaga 1 Leveransbeskrivning geodata

Leveransen av geodata består av en geodatabas innehållandes:

- Heltäckande karteringar av ag, rikkärr, vatten och buskar/träd (raster). Dessa är uppdelade på norr/mitt/syd
- GIS-lager med kända och potentiella rikkärr (vektor) med attribut.
-



I samma mapp finns det även två lyrfiler som ser ut så här:



Samtliga skikt ligger i referenssystemet SWEREF99 TM.

Bilaga 2 Sammanställning över använt indata

Namn	Datum	Innehåll	Öppna data/ geodatasamverkan	Källa	Använts till:
Diken_I	2021	Bearbetningen av Skogsstyrelsens rikstäckande dikeskartering har genomförts för att göra karteringen mer lättanvänd https://geodata.naturvardsverket.se/nedladdning/diken/Diken_Sverige/LEVERANS_PM_230515.pdf	Öppna data	Naturvårdsverket, geodatakatalogen: https://geodata.naturvardsverket.se/nedladdning/diken/	Indata till skiktet potentiella rikkärr
Jordbruksblock, åkermark	2023	Jordbruksblock är en datamängd som innehåller uppgifter om maximalt stödberättigande jordbruksmark enligt EU:s definitioner.	Öppna data	https://jordbruksverket.se/e-tjanster-databaser-och-appar/e-tjanster-och-databaser-stod/kartor-och-gis#h-Laddanerkartskikt	GIS-analys potentiella rikkärr

Namn	Datum	Innehåll	Öppna data/ geodatasamverkan	Källa	Använts till:
LstI GI Alvarmark Externt	2024	Skiktet är en fullständig kartering av alvarmark på Gotland.	Öppna data	https://ext-geodatakatalog.lansstyrelsen.se/GeodataKatalogen/srv/api/records/GetMetaDataById?id=eae21c47-7a96-426b-bbd9-2bacfde6475c&	GIS-analys potentiella rikkärr
LstI Inv Rikkärr Objekt	2007	Inventering av rikkärr som Magnus Martinsson gjorde sommaren 2007. Inventeringen är en komplettering av våtmarksinventeringen. Rikkärr på Gotland, rapporter om natur och miljö - nr 2008:2 Länk till publikation: http://www.lansstyrelsen.se/gotland/SiteCollectionDocuments/Sv/Publikationer/Natur-och-miljo/rikkarr.pdf	Öppna data	Geodatakatalogen: https://ext-geodatakatalog.lansstyrelsen.se/GeodataKatalogen/srv/api/records/GetMetaDataById?id=d56128f5-f0b2-4946-8401-7694f0713b95	GIS-analys potentiella rikkärr

Namn	Datum	Innehåll	Öppna data/ geodatasamverkan	Källa	Använts till:
NMD Tilläggsskikt objekthöjd och objekttäckning	2018	Anger täckning av höjder inom spannet 0,5-5 m, baserat på laserskanningen.	Öppna data	https://www.naturvardsverket.se/verktyg-och-tjanster/kartor-och-karttjanster/nationella-marktackedata/ladda-ner-nationella-marktackedata/	Indata till skiktet potentiella rikkärr
NMD Öppen våtmark	2018	Klassen 2 Öppen våtmark från NMD 2018.	Öppna data	https://www.naturvardsverket.se/verktyg-och-tjanster/kartor-och-karttjanster/nationella-marktackedata/ladda-ner-nationella-marktackedata/	GIS-analys potentiella rikkärr
NVI_Rikkärr_Gotland.gdb Leverans_GIS_Rikkärrsinventering _NVI_Gotland_240111.gdb	2022/23	Rikkärrsinventering 2022/23		Annika Forslund	GIS-analys potentiella rikkärr
Ortofoton färg	2022	Ortofoton över Gotland i RGB.	Geodata-samverkan	Lantmäteriet	Vegetationsanalyser

Namn	Datum	Innehåll	Öppna data/ geodatasamverkan	Källa	Använts till:
Ortofoton IR	2023	Ortofoton över Gotland, infraröda.	Geodata-samverkan	Lantmäteriet	NDVI
Rikkärr_i_VMI		potentiella rikkärr i VMI		Annika Forslund	GIS-analys potentiella rikkärr
Sks Utförda avverkningar	Nedladdat 2024	Utförda skogsavverkningar, dvs hyggen.	Öppna data	Ladda ner geodata - Skogsstyrelsen	Sammanlagringen av slutresultatet
Topografi 10, hus	Nedladdat 2021		Geodata-samverkan	Lantmäteriet	Sammanlagringen av slutresultatet
Topografi 10, kustlinje	Nedladdat 2023		Geodata-samverkan	Lantmäteriet	Sammanlagringen av slutresultatet
Topografi 10, sankmarksmask	Nedladdat 2024	Både sankmark-fast och sankmark-våt har använts.	Geodata-samverkan	Lantmäteriet	GIS-analys potentiella rikkärr
Ythöjdmodell från flygbilder	2022	Ythöjdmodell Nedladdning, från flygbilder består av höjdsatta punkter skapade från flygbildsmatchning.	Geodata-samverkan	Lantmäteriet	Vegetationsanalyser, GIS-analys potentiella rikkärr

Bilaga 3 Metodutveckling

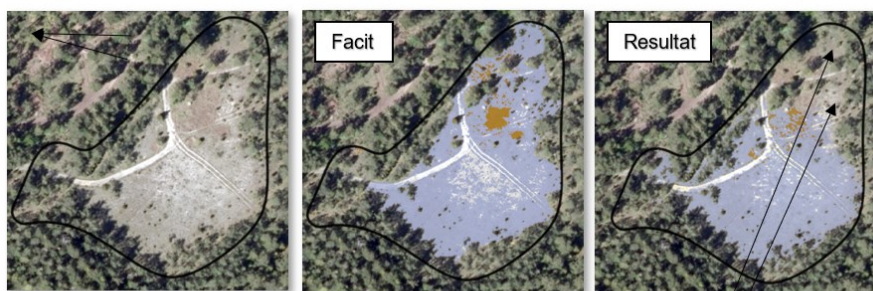
Den här bilagan beskriver olika metodutvecklingsmoment och tester som har genomförts inom ramen för uppdraget på vägen fram till slutgiltig metod.

Modellering rikkärr av lågstarr- eller axagstyp

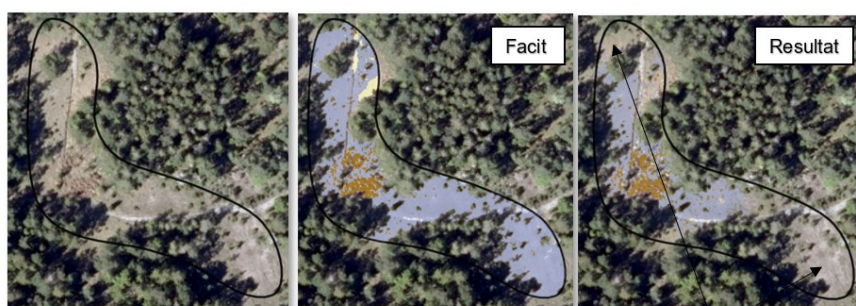
I löpande utvärderingar av modelleringar i metodutvecklingsfasen visade SVM-modelleringen bra resultat när det gällde att identifiera rikkärr, dock med baksidan en högre andel falska positiva resultat genom att ag klassades som rikkärr. U-Net-modelleringen hade mycket bra resultat gällande identifiering av ag men var svagare på att identifiera rikkärr, med högre andel rikkärr klassificerat som övrig mark/Nodata (falska negativa).

På vissa platser i landskapet identifierade U-Net-modelleringar inte hela arealen av ett område med rikkärrsvegetation av axagstyp. Anledningen är svår att förstå då modelleringen klarar av att identifiera vegetationstypen med samma utseende i ortofotot i en annan del av samma polygon. Se två exemplet i Figur 29. Ytorna har dessutom ett typiskt utseende som modelleringen på många andra platser enkelt identifierar, en tydlig färg med inslag av blå och lila toner. Detta innebär resultatmässigt att ytor av rikkärrsvegetation missas helt. Motsvarande fel syntes inte i SVM-modelleringar. Detta ledde fram till att vi testade att kombinera modelleringsresultat för att nyttja styrkorna i respektive modell.

Utvärdering av det kombinerat resultat gav det bästa resultatet och utgör därför slutgiltig metod för vegetationskartering.



Modelleringen fångar av oklar anledning inte upp delar av området med rikkärrsvegetation av axagstyp.



Modelleringen fångar av oklar anledning inte upp delar av området med rikkärrsvegetation av

Figur 29: Område där modelleringen av oklar anledning inte identifierar hela området med vegetation av rikkärr med axagstyp. Lila färg = Rikkärr av lågstarr- eller axagstyp. Brun färg = ag. Ljusgul färg = rikkärr av grästyp.

Vegetationshöjd som indata i modelleringar

Resultatet av initiala modelleringar av vegetation visade att viss busk- och trädvegetation systematiskt felklassades som rikkärr av lågstarr- eller axagstyp på grund av klassernas snarlika ljusgrön färg. Det förekom också felklassningar av ag som mot vatten i vissa områden har en grön nyans (se mer i avsnittet om felkällor i resultatdelen, "Grön ag")

Intuitivt borde höjdinformation kunna tillföra information till modellen som ökar noggrannheten i klassificeringen. Därför genomfördes tester för att undersöka om vegetationsklasser med liknande färg kan särskiljas om indata kompletteras med information om vegetationens höjd över marken. Framtagande av ett raster som visar vegetationens höjd över mark beskrivs i avsnitt Vegetationshöjd i huvudrapporten.

Vegetationens höjd över marken i form av ett sträckt raster lades in som ett fjärde band i ortofotot som utgjorde indata i U-Net-modelleringar. I det sträckta rastret sattes värden under -0,5 sattes till 0, värden över 5 till 255 och värden däremellan sträcktes linjärt längs gråskalan. Testet gav vid utvärderingar tyvärr, av oklar anledning, sämre resultat.

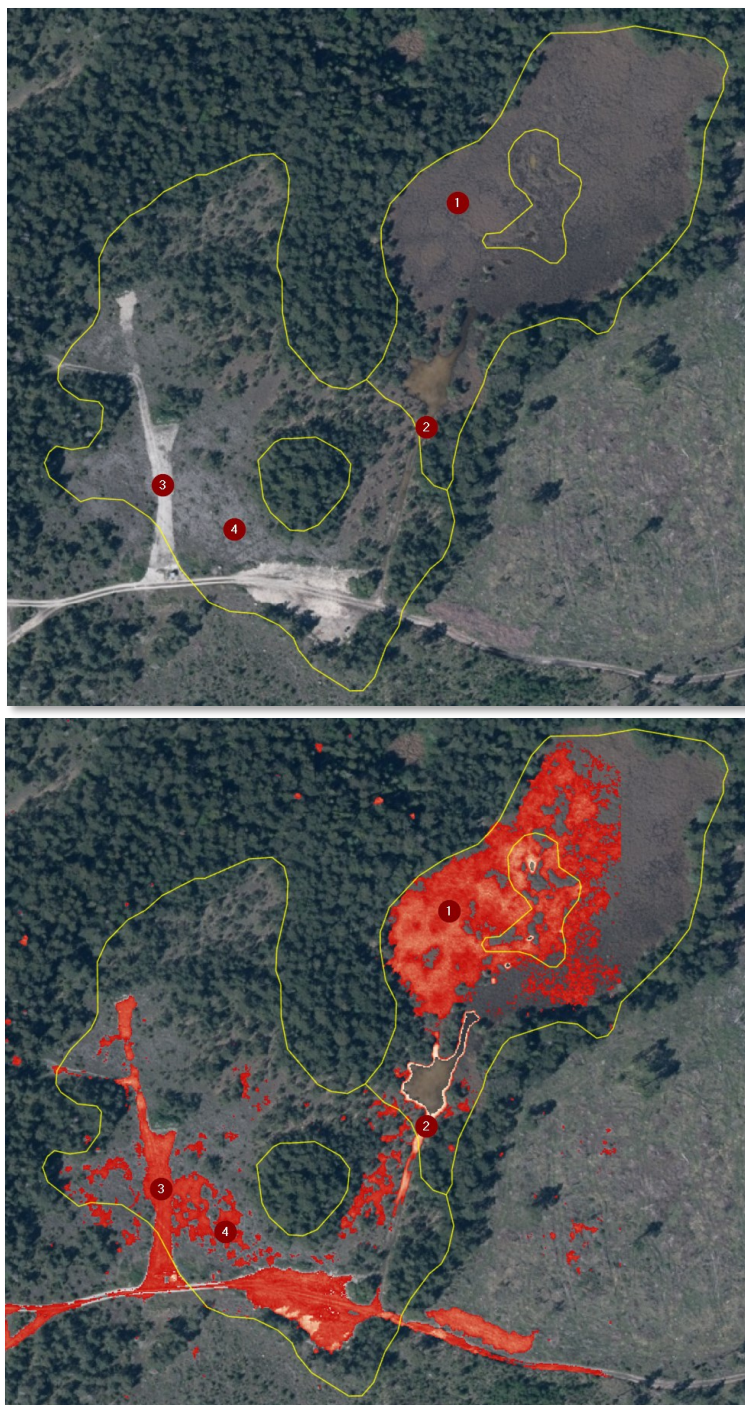
Vegetationsfri mark

Vegetationsfri mark ingår ej i slutresultatet. Tanken var att kunna fånga områden utan vegetation, vilket i den här miljön motsvarar våtar likt exemplet i Figur 30 nedan. Våtar är vattenrika områden som torkar ut på sommaren.



Figur 30: Våt med bleke. Foto: Mikael Hagström.

Tyvärr ligger våtar för nära andra klasser i NDVI och en viss hopblandning uppstår, se exemplet i Figur 31. Rött visar utbredningen av vegetations fri mark utplockat från NDVI med värden $-0,1$ till $-0,4$, de olika siffrorna visar en hopblandning med ag (1), vatten (2) och rikkärrsklass (4). Därför kommer inte klassen vegetationsfri mark att ingå i slutresultatet för detta uppdrag.



Figur 31: Bildexempel på hur klassen vegetationsfri mark blandas samman med flera andra klasser. Gul linje visar sankmark från Topografi 10. Rött visar utbredningen av vegetations fri mark utplockat från NDVI med värden $-0,1$ till $-0,4$. Siffran 1 visar hopblandning med ag, siffran 2 visar hopblandning med vatten, siffran 3 visar antropogent påverkad mark och är närmast vad vi ursprungligen skulle vilja fånga, siffran 4 visar hopblandning med rikkärrsklass.

Bilaga 4 Tekniska detaljer kring modeller/träningsdata

Träningsdata från träningsområde 1 omfattar kartering av 39 hektar ag-vegetation, 44 hektar rikkärr av lågstarr- eller axagstyp och 7 hektar av rikkärr av grästyp.

Som referens för eventuellt fortsatt arbete, lista över parametrar använda i ArcGIS deep learning-verktyg (exkluderar alla defaultsatta parametrar):

- Export training data for deep learning
Metadata format: Classified tiles
Tile size: 400
Stride: 0
- Train deep learning model
Model type: U-net
Epochs: 300-2000
Learning rate: 1e-4
Batch size: 16
- Classify pixels using deep learning
Tile size: 400
Padding: 100
Batch size: 16



Länsstyrelsen
Gotlands län

www.lansstyrelsen.se/gotland