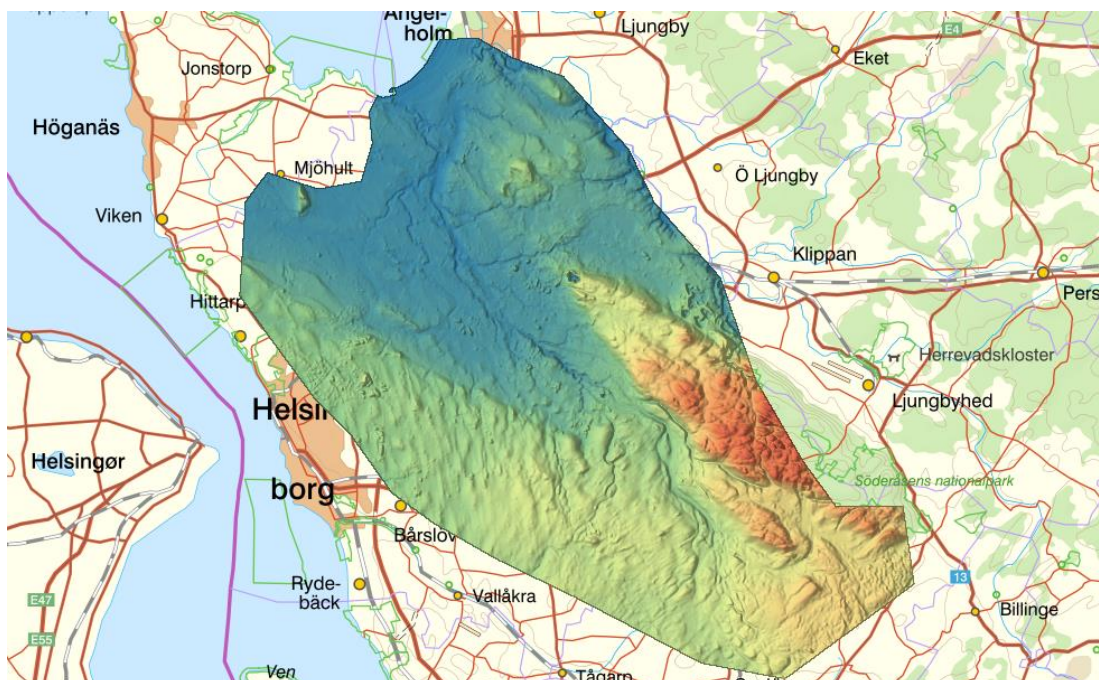


RAPPORT

ÄNGELHOLMS KOMMUN
REGION SKÅNE

Ytavrinninganalys Vege Å

UPPDRAGSNUMMER 13009492



2020-04-15

SWECO MALMÖ
KUST OCH VATTENDRAG

HUVUDFÖRFATTARE
HAMPUS NILSSON
BEATRICE NORDLÖF

GRANSKARE
EMANUEL SCHMIDT

Sammanfattning

Sweco har på uppdrag av Ängelholms kommun genomfört en kartering av ytvavrinning för hela Vegeåns avrinningsområde. Arbetet har skett inom ramen för Projekt Ytavrinningskartering Vegeå (KS 2019/456) med medel från Region Skåne.

Syftet med utredningen var att ta fram ett översiktligt, lättillgängligt och pedagogiskt kartmaterial för analys av ytvavrinning vid kraftiga regn. Med utgångspunkt i områdets topografi levereras kartsikt som kan användas för fortsatt utredning av olika platser potential för vattenvårdande åtgärder. Materialet är framtaget för att beskriva ytvattenöversvämningar i natur- och jordbruksmark varför resultaten för tätorter bör betraktas med försiktighet. Materialet beskriver inte flöden och översvämningsutbredning längs vattendrag.

Ytavrinningsanalysen inkluderar:

- Utbredning av lågpunkter i terrängen
- Vattendjup i lågpunkter fyllda till sin tröskelnivå
- Ytavrinningsvägar och avrinningsområden för Vegeåns biflöden
- Översvämningsutbredning i terrängens lågpunkter vid 50-årsregn, 100-årsregn och 100-årsregn i ett förändrat klimat (vid varierande markinfiltration)
- Dämningsområden uppströms begränsande sektioner i vattendrag

I kapitel 2 beskrivs teori och metodik som används för ytavrinningsanalysen. Först beskrivs hur Lantmäteriets höjddata, *Laserdata Skog*, har använts för att ta fram en högupplöst höjdmodell för hela Vege Å avrinningsområde. Höjdmodellen har granskats och korrigerats innan den har använts i beräkningsverktyget SCALGO Live som beräknar översvämningsutbredning, avrinningsvägar, lågpunkter och dämningsområden.

Resultaten presenteras i kapitel 3. Samtliga resultat och höjdmodell levereras även som GIS-skikt för att de ska kunna användas direkt, som planeringsunderlag, samt i framtida fördjupade utredningar. Resultaten kan användas som stöd i att identifiera lämpliga platser för till exempel nya våtmarker, tillfälliga översvämningsytor och tvåstegsdiken. Sådana åtgärder kan fördröja ytvavrinningen till vattendrag och har därför potential att minska höga flöden. Kvarhållande och fördröjning av ytvavrinning kan också motverka torka och bidra till ökad grundvattenbildning. I och med att klimatförändringarna väntas orsaka mer frekventa kraftiga regn samt perioder av torka kan dessa och andra typer av naturbaserade lösningar komma att bli allt viktigare.

Fackord och begrepp	Beskrivning
Avrinningsområde	Geografiskt område som avvattnas till samma vattendrag och utlopp.
Bruttoregn	Total nederbördsmängden (mm) under studerade regnhändelser.
Dynamisk metod	En metod som innehåller tidsaspekten och kan beskriva hela eller delar av förloppet. Till exempel vattendjup och flödeshastigheter vid olika tidpunkter.
Höjdmodell	Ett landskaps topografi representerad som ett regelbundet rutnät. Höjdmodellen i föreliggande rapport är ett rutnät av 1x1 m rutor.
Karteringsmetod	Den metod som används för att beräkna ytvattnets avrinning genom landskapet. I detta fall är SCALGO Live karteringsmetoden vilken, utgående från höjdmodellen, kartlägger rinnvägar med mera.
Lågpunkter	Naturliga sänkor i landskapet.
Nettoregn	Nederbördsmängden (mm) som blir till ytavrinning. Det vill säga bruttoregnet minus markinfiltrationen.
Rinnvägar	De tillfälliga vattenvägar som ytvatten bildar vid kraftiga regn.
SCALGO Live	Beräkningsverktyg som beskriver ytavrinningens riktning, beräknar hur stor yta som avvattnas till lågpunkter, lågpunkternas volym samt hur mycket vatten som ställer sig i landskapet vid olika nederbördsmängder.
Statisk metod	En metod som inte har någon tidsaspekt och därmed inte återger ett förlopp eller skeende utan endast ger en stillbild som resultat. Här betyder det att allt regn läggs över höjdmodellen och får rinna så långt ner i landskapet det kan. Vattendjupen som då uppstår är resultatet.
Vattendelare	Landskapets naturliga höjdsättning bildar denna gräns för avrinningsområdet. Allt inom den avvattnas till samma utlopp. Allt utanför tillhör andra avrinningsområden.
Återkomsttid	Bestäms av sannolikheten för att en händelse (till exempel ett kraftigt regn) inträffar ett givet år. Begreppet är alltså inte en beskrivning av hur lång tid som kommer förflyta mellan två sådana händelser.

Innehållsförteckning

1	Projektbeskrivning	1
1.1	Syfte	1
1.2	Avgränsning	1
1.2.1	Projektavgränsning	1
1.2.2	Geografisk avgränsning	2
1.3	Programvaror	2
1.4	Underlag	2
2	Metod	3
2.1	Systemförståelse	3
2.2	SCALGO Live	3
2.2.1	Fördelar och begränsningar med SCALGO Live	5
2.3	Korrigeringar av höjdmodellen	5
2.3.1	Korrigeringar av broar, tunnlar och viadukter	5
2.3.2	Korrigeringar av trummor och kulvertar längs vattendrag	6
2.3.3	Igensatta trummor och kulvertar ger dämningssområden	9
2.4	Regnmängder	9
2.4.1	Återkomsttid	9
2.4.2	Bruttoregn - volym och varaktighet	10
2.4.3	Markinfiltration – avdrag från bruttoregnet	12
2.4.4	Nettoregn	13
3	Ytavrinningsanalys i Vegeåns avrinningsområde	15
3.1	Avrinningsområden och vattnets rinnvägar	15
3.2	Översvämningsutbredning	16
3.3	Vattendjup	17
3.4	Dämningssområden och rinnvägar	18
3.5	Utbredning av lågpunkter	19
3.6	Höjdmodell	20
3.7	Sammanställning av GIS-leverans	21
4	Felkällor	23
4.1	Interpoleringsfel i höjdmodellen	23
4.2	Flacka områden	24
4.3	Kulverterade vattendrag	26
5	Referenser	27

1 Projektbeskrivning

1.1 Syfte

Syftet med föreliggande utredning är att ta fram ett översiktligt, lättillgängligt och pedagogiskt kartmaterial för att analysera ytavrinning i Vegeåns avrinningsområde. Med utgångspunkt i områdets topografi ges en systemförståelse och ett kartmaterial som kan användas för fortsatt utredning av olika platser lämplighet för vattenvårdsåtgärder. Utredningen inbegriper hela Vege Å avrinningsområde och inkluderar:

- Utbredning av lågpunkter i terrängen
- Vattendjup i lågpunkter fyllda till sin tröskelnivå
- Ytavrinningsvägar och avrinningsområden för Vegeåns biflöden
- Översvämningsutbredning i terrängens lågpunkter vid 50-årsregn, 100-årsregn och 100-årsregn i ett förändrat klimat (vid varierande markinfiltration)
- Dämningsområden uppströms begränsande sektioner i vattendrag

I genomförandet av projektet har den mest aktuella och högupplösta höjddata från Lantmäteriet sammanställts och implementerats av SCALGO i deras verktyg SCALGO Live. Verktöget används frekvent för att i tätorter utreda direkt föreliggande översvämningsrisk. Den kartläggning som görs i denna utredning, över ett helt avrinningsområde, ger istället en förståelse för ytavrinning i rural miljö. Avrinningsstråk, sänkor och dämningsområden är information som kan användas för utredning av kapacitetshöjande åtgärder. Därmed kan potentialer för åtgärder som fördröjning och vattenmagasinerings i landskapet identifieras. Sådana åtgärder kan fördröja tiden det tar för nederbörd att nå fram till områdets vattendrag och har därför potential att minska höga flöden i vattendrag samtidigt som de kan bidra till en ökad grundvattenbildning. Då klimatförändringarna väntas orsaka fler kraftiga regn och perioder av torka blir dessa utmaningar allt viktigare att hantera. Med hjälp av levererat kartmaterial går det att arbeta vidare med vattenvårdande åtgärder såsom våtmarker, tvåstegsdiken och dammar. Även platser som är lämpliga för fördröjning av ytavrinning uppströms tätorter kan identifieras.

1.2 Avgränsning

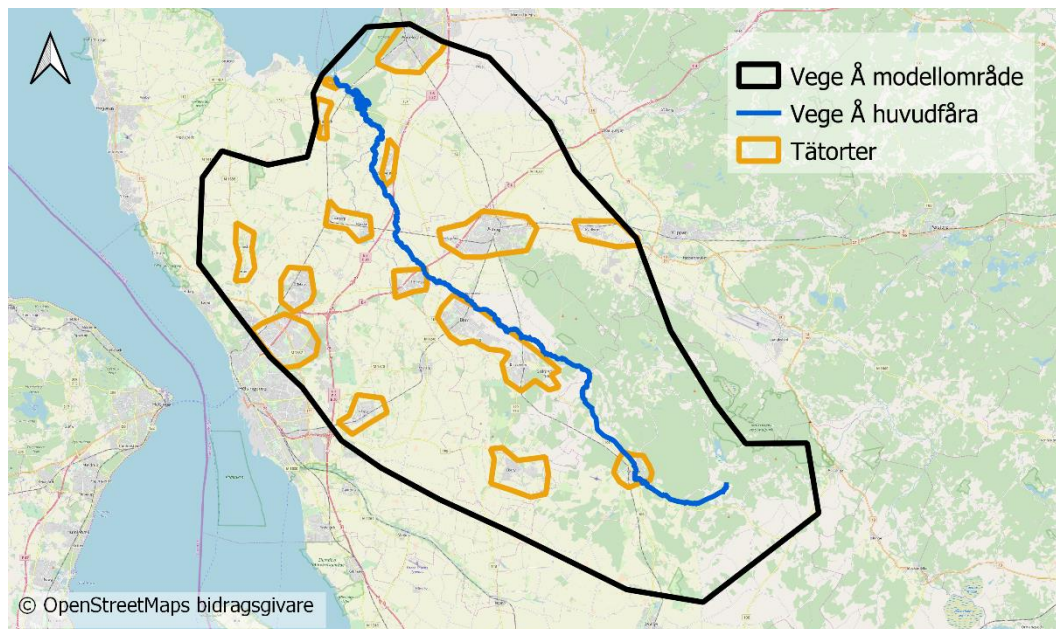
1.2.1 Projektavgränsning

Framtaget material beskriver ytavrinningen vid kraftiga regn i form av avrinningsvägar och översvämningsutbredningar i rural miljö. Även marksänkor och möjliga dämningsområden identifieras. Materialet är inte framtaget för att beskriva översvämnings i tätort med god precision. Studien beskriver inte heller några flödesnivåer i de normala (permanenta) vattendragen då det kräver en annan metodik och är mer omfattande än denna studien. Istället beskrivs de tillfälliga avrinningsvägar som uppstår och dessa benämns fortsatt som rinnvägar. Framtaget material har potential att användas som stöd för att identifiera

lämpliga platser för våtmarker, dammar, tillfälliga översvämningsytor och tvåstegsdiken. En sådan utredning ligger dock utanför ramen för den här rapporten.

1.2.2 Geografisk avgränsning

Undersökningsområdet omfattar hela Vege Å avrinningsområde. Beräkningarna har gjorts för ett något större område för att garantera att hela det topografiska avrinningsområdet tas med. Beräkningsområdet utvidgades upp till en kilometer utanför det sen tidigare kända avrinningsområdet, framförallt gjordes det där den topografiska vattendelaren inte var så tydlig. Den geografiska avgränsningen för modellen inom vilken beräkningar gjorts visas i Figur 1-1. Hela modellområdet har beräknats men resultaten i tätorter ska betraktas med försiktighet då andelen hårdgjorda ytor och ledningsnätets kapacitet inte har tagits i beaktande i denna utredning.



Figur 1-1 Geografisk avgränsning av modellområdet för vilket beräkningarna har gjorts. Vegeåns huvudfåra visas i blått och tätorterna i orange. Då utredningen har fokus på ytvavrinning utanför de bebyggda områdena så ska resultaten i tätorter betraktas med försiktighet.

1.3 Programvaror

Beräkningarna genomfördes med hjälp av SCALGO Live med efterbearbetning i ESRI ArcMap, version 10.5 samt i QGIS, version 3.8.

1.4 Underlag

Utförd kartering är baserad på Lantmäteriets dataset *Laserdata Skog*. *Laserdata Skog* är ett fritt tillgängligt dataset som består av laserskannad höjddata insamlad under 2018-2019. Datasetet har en punkttäthet på 1-2 punkter per kvadratmeter. Det kan hämtas från Lantmäteriet utan kostnad och levereras som ett punktmoln (.laz).

Datasetets interpolerades av SCALGO till ett raster som, med datasetets punkttäthet i beaktande, kunde genereras i upplösningen 1x1 m. Vid interpolering har endast punkter som klassats som marknivåer använts.

Till skillnad från Lantmäteriets nationella höjddata (GSD-Höjddata Grid 2+) utförde SCALGO inga korrigeringar av vattenytor i höjddata modellen baserad på *Laserdata Skog*. Deras höjddata var inte heller korrigerad för viadukter såsom väg- och järnvägsbroar. Då korrigering av broar med mera krävs för att skapa en hydrologiskt korrekt höjddata så har denna korrigering gjorts inom föreliggande arbete, denna efterbehandling beskrivs i kapitel 2.3.

2 Metod

2.1 Systemförståelse

I föreliggande rapport används begreppet kraftiga regn för att beskriva de nederbördsmängder som överstiger markens infiltrationskapacitet och som således orsakar betydande avrinning på markytan.

Ytavrinning rör sig enligt terrängens höjdsättning nedåt och bildar då rinnvägar genom landskapet. Rinnvägarna fortsätter utför tills de når lågpunkter och instängda områden. Med instängda områden avses områden där vatten måste stiga till en viss tröskelnivå innan det kan rinna vidare på ytan. Kraftig ytavrinning kan orsaka lokala problem i instängda områden där det finns jordbruk, bebyggelse eller infrastruktur som till exempel elförsörjning.

I motsats till de instängda områdena så kan vatten på alla andra ytor rinna vidare. Avrinningen kommer då att ske längs lågstråk i terrängen i vilka det därför bildas rinnvägar. Även om vattnet inte ansamlas längs en rinnväg så kan betydande mängder vatten flöda här vid kraftiga regn. Det innebär att lågstråk, i likhet med instängda områden, bör betraktas som områden med förhöjd risk för översvämning vid kraftiga regn. Observera att rinnvägarnas bredd inte beskrivs i den här typen av modell, varför de också kan variera och vara bredare än de streck som visas i resultaten.

2.2 SCALGO Live

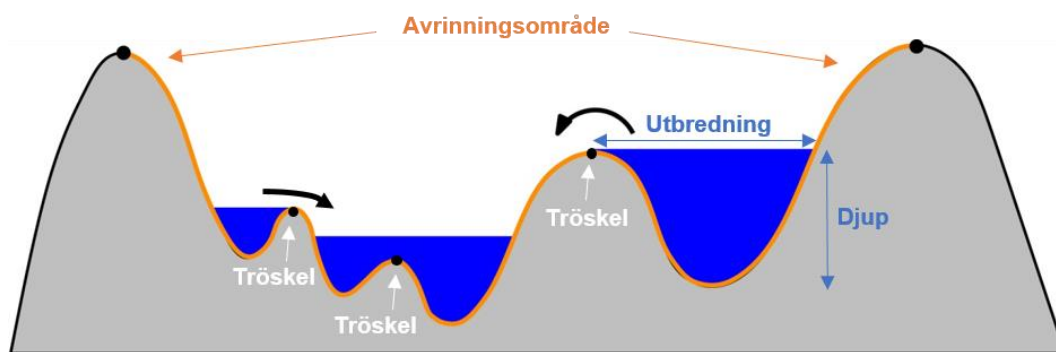
Ytavrinningsanalysen för Vege Å avrinningsområde är genomförd med beräkningsverktyget SCALGO Live. Här beskrivs den valda karteringsmetoden och de antaganden som ligger till grund för utredningen.

SCALGO Live är ett GIS-baserat verktyg som används för att analysera höjddata ur ett ytvattenperspektiv. I analysen används både terrängdata och vattenvolymer för att identifiera vilka områden som översvämmas vid en given vattenvolym, principen visas i figur 2-1. Analysmetoden har en koppling mot mängden vatten som genereras vid olika regnhändelser och kan därför användas för att identifiera riskutsatta områden vid givna händelser. Metoden är statisk, till skillnad mot de tvådimensionella hydrauliska

beräkningsmodeller som ibland används för översvåmningsutredningar i mindre områden. Detta innebär att metoden saknar dynamiska (tidsberoende) aspekter, och därmed kommer beskriva förloppet som att allt ytvatten direkt får rinna hela vägen ner till lågpunkterna i landskapet. För förståelse kan det sägas att dynamiska metoder (som inte används här) också beskriver tidsförloppet, till exempel hur vatten med kort rinnväg når lågpunkter tidigare än ytvatten som har en lång rinnväg. Att den använda metoden saknar tidsaspekt innebär att den ej användas för att beskriva tidsberoende aspekter av ett översvåmningsförlopp, så som flöden, strömningshastighet, dämning, översvåmningsutbredning i rinnvägar, och översvåmningsvaraktighet.

SCALGO Live beräknar hur vatten kommer att ställa sig i terrången när terrången belastas med en viss mängd vatten. Om tillräckligt mycket vatten rinner till en lågpunkt för att den ska fyllas upp kommer vatten att kunna rinna vidare till nästa lågpunkt enligt figur 2-1. Om den vattenvolym som belastar terrången inte är tillräcklig för fylla upp lågpunkten kommer inget vatten att rinna vidare från lågpunkten. Översvåmnningar inom instångda områden blir, till skillnad från en lågpunktsanalys, beroende av vilken typ av regn som studeras.

Med SCALGO Live kan man visualisera de rinnvägar som är aktiva vid en given volym nettoregn. I takt med att nettoregnet ökar kan nya rinnvägar uppstå när områden fylls upp och svåmmar över. Om tillräckligt stor volym studeras visas rinnvägar från avrinningsområdets högsta punkt till dess lägsta (recipienten). Då metoden saknar dynamisk aspekt kan utbredning och vattendjup inte beräknas i rinnvägarna.



Figur 2-1 Visualisering av beråkningsmetodik i SCALGO Live. Mången vatten som terrången belastas med rinner till närmsta lågpunkt. Om mången vatten är tillräcklig så fylls lågpunkten upp till sin tröskelnivå (svarta prickar), och vattnet rinner vidare till nästa område (svarta pilar). Ju större nettonebörd som belastar terrången desto större kommer avrinningsområdet för den lägsta punkten att vara. Orange markering visar det avrinningsområdet som bidrar med vatten till det lågst liggande instångda området. Vattnets djup och utbredning (blå pilar) vid en given nettonebörd kan beråknas eftersom metoden tar hänsyn till mången tillgångligt vatten.

2.2.1 Fördelar och begränsningar med SCALGO Live

SCALGO Lives utformning möjliggör användning av högupplöst höjddata för stora områden med korta beräkningstider vilket medför tidseffektiv hantering och analys. Verktöget underlättar granskning av fel i höjddata och enkelt justera dessa. Detta gör att det är lätt att ta fram resultat för många olika regnhändelser vilket ger en samlad överblick och en god systemförståelse. Det är viktigt att vara medveten om att SCALGO Live inte producerar några resultat för rinnvägarnas bredd, vattendjup, strömningshastighet eller flöde. Beräkningsverktöget är inte dynamiskt och beskriver inte hur länge översvämningsutbredning och rinnvägar består.

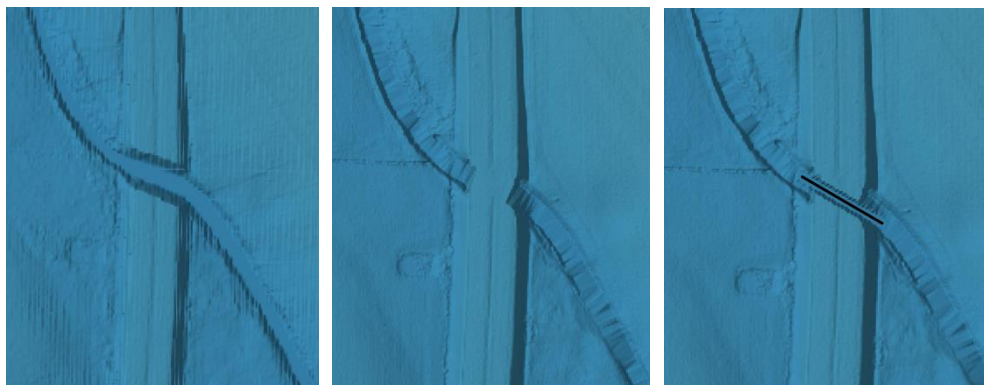
2.3 Korrigeringar av höjdmodellen

Höjdmodellen över Vegåns avrinningsområde är baserad på Lantmäteriets dataset *Laserdata skog*, se avsnitt 1.4. Höjdmodellen har interpolerats av SCALGO till ett raster med upplösning 1x1 m. Då byggnader inte finns representerade i höjdmodellen så har SCALGO korrigerat höjdmodellen genom att samtliga byggnader höjts upp så att ytvattnet inte kan rinna igenom byggnader utan istället kommer rinna runt om dem. Byggnader har identifierats utifrån Lantmäteriets *GSD-Fastighetskartan, byggnader*.

För att den modellerade avrinningen ska kunna ta en korrekt väg nedströms behöver höjdmodellen kvalitetssäkras och kontrolleras och en hydrologiskt korrekt höjdmodell tas fram. Nedan beskrivs arbetsgången för kontroll och korrigering av höjdmodellen.

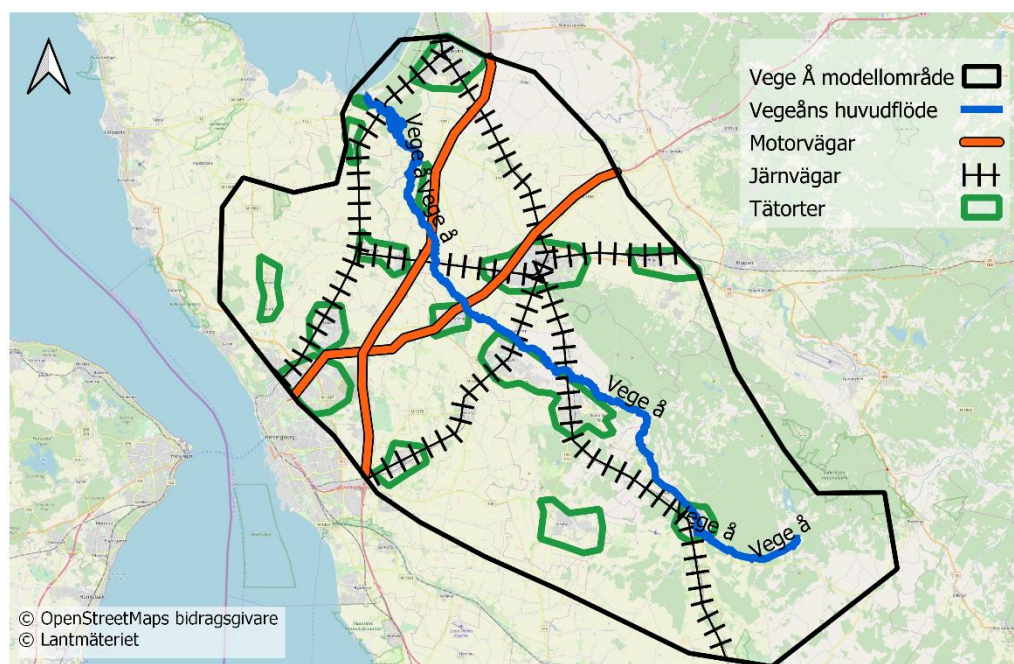
2.3.1 Korrigering av broar, tunnlar och viadukter

I den höjdmodell som interpolerats av SCALGO från *Laserdata skog* finns vägbroar och andra viadukter kvar som hindrar vattnets väg nedströms. Höjdmodellen för avrinningsområdet har därför bearbetats manuellt så att de normala vägar som vatten tar genom/under broar öppnats upp, ett exempel visas i figur 2-2.



Figur 2-2 Till vänster syns Lantmäteriets 2x2 m modell med en öppen vattenväg genom en bro. I mitten syns SCALGOs 1x1 m höjdmodell som levererats med en mängd stängda vägbroar. Till höger synliggörs hur dessa korrekta vattenvägar har öppnats upp genom en höjdinterpolering igenom bron.

Först granskades och öppnades alla vattenhinder (ex. viadukter) längs med motorvägarna (E4 och E6) och järnvägarna i området. I steg två kvalitetssäkrades höjdmodellen i avrinningsområdets tätorter. Alla broar och tunnlar avsedda för fordonstrafik samt gång och cykeltunnlar öppnades så att vattenvägarna stämmer med verkligheten. Som ett tredje steg granskades Vegeåns huvudfåra längs vilken alla broar, som annars hindrar vattenvägarna, öppnades. I figur 2-3 visas de områden där uppräknade manuella korrigeringar av höjdmodellen gjorts (hanterade tätorter visades i figur 1-1).



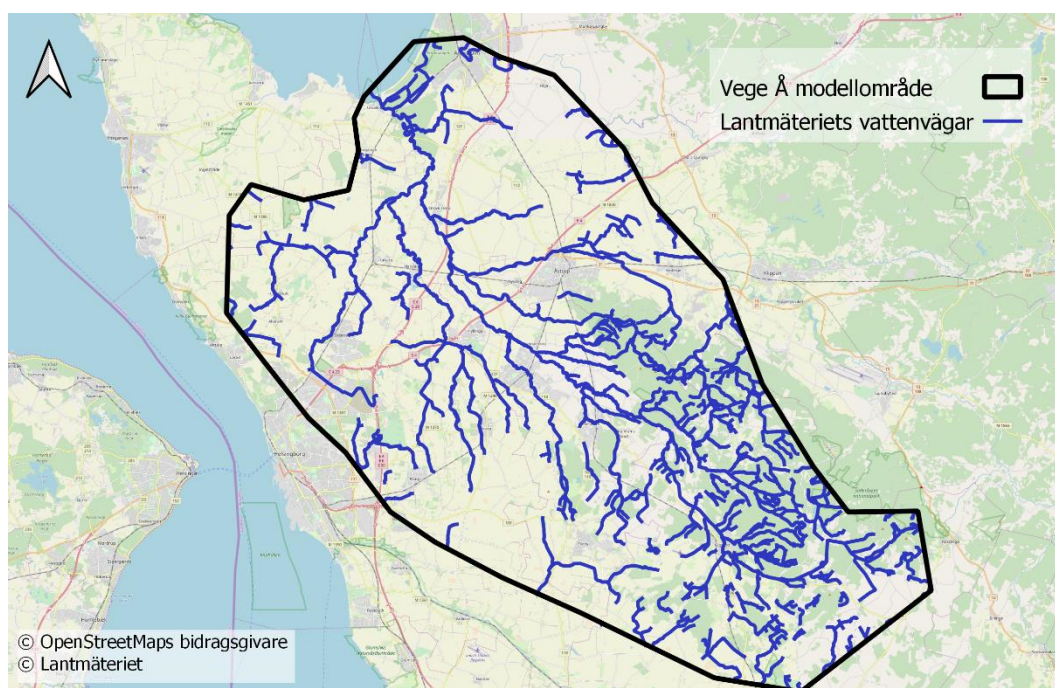
Figur 2-3 Ovan visas de områden för vilka korrigeringar har gjorts i höjdmodellen så att ytvattenvägarna är korrekta. Broar, tunnlar och viadukter har identifierats och öppnats längs motorvägar och järnvägar, i markerade tätortsområden samt längs Vegeåns huvudflöde.

2.3.2 Korrigering av trummor och kulvertar längs vattendrag

Längs med vattendragen i avrinningsområdet finns kulvertar och trummor under vägar som i realiteten släpper igenom vatten så länge deras kapacitet räcker och de inte sätter igen. Kulvertar och trummor syns inte i höjdmodellen, och behöver därför öppnas upp för att skapa en hydrologiskt korrekt höjdmodell.

SCALGO har utvecklat en algoritm baserad på maskininlärning som används för att automatiskt identifiera platser i höjdmodellen där den tror att det krävs en korrigering. Algoritmen är inte lika bra som en utredares korrigeringar och dess identifierade platser behöver därför granskas visuellt och valideras eller tas bort. Algoritmen kan användas över en hel höjdmodell, men för att erhålla en så hög säkerhet som möjligt har algoritmen här endast använts längs med vattendrag i modellen. Som vattendrag användes Lantmäteriets linjeskikt *Hydrografi data*.

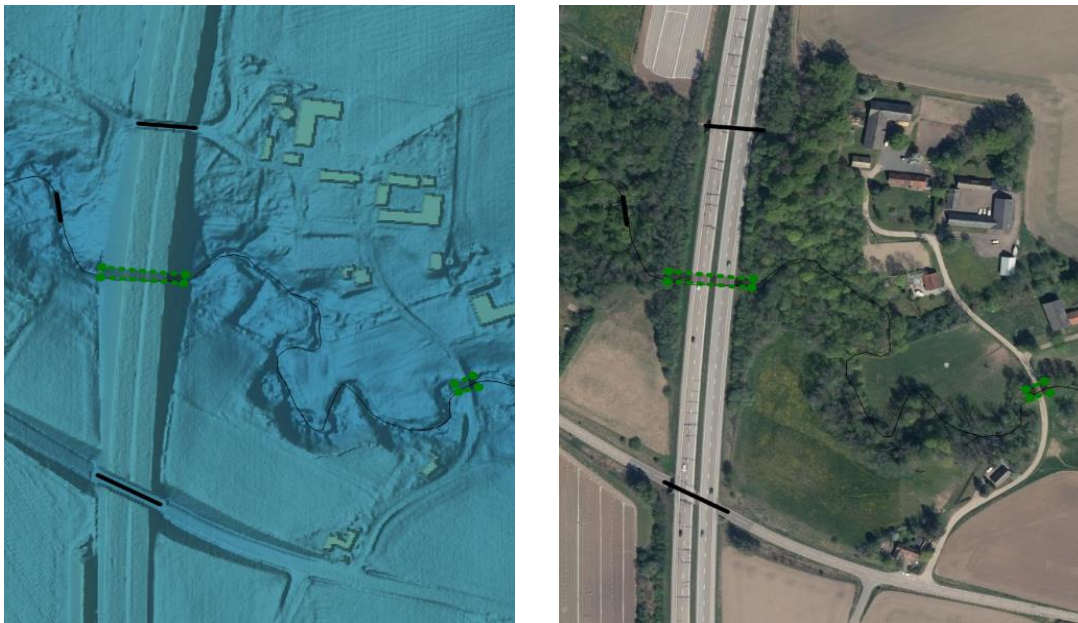
Algoritmen för automatisk identifiering av korrekationer har identifierat platser genom att analysera Lantmäteriets nationella höjdmodell. Denna äldre höjdmodell är av mycket hög kvalitet och är bearbetad av Lantmäteriet så att exempelvis broar, cykelunderfarter och viadukter öppnats upp. Datasetet *Laserdata Skog*, som används i detta projekt, har inte genomgått denna typ av kvalitetssäkring från Lantmäteriet (men är istället mer högupplöst). Detta innebär att det finns broar och andra passager som inte korrigerats och som heller inte identifierats av SCALGO:s algoritm (då dessa inte finns i det dataset som algoritmen fått som indata). För att inte dessa passager ska utgöra ett hinder för vattnet i de hydrologiska beräkningarna krävdes kompletterande manuella korrigeringar av höjdmodellen. Samtliga vattenvägar granskades därför manuellt och manuella korrigeringar gjordes där det var tydligt att algoritmen hade missat att identifiera trummor och kulvertar. Som underlag för granskningen användes Lantmäteriets *Hydrografi data* som pekar ut sträckningar för vattendrag. Det antogs att dessa är de normalt reella vattenvägarna och längs dessa ska kulvertar och trummors funktion, att släppa igenom vatten, tas med i modellen. Dessa karterade vattendrag granskades visuellt och korrigerades på alla platser där avrinningen hindrades av höjdsättningen. Vattendragen, som syns i figur 2-4, inbegriper såväl Vege Å huvudfåra, bäckar, diken samt täckta diken (samt trummor och kulvertar under vägar). SCALGO Live har dessa vattenvägar som ett eget skikt vilket möjliggjort den manuella granskningen.



Figur 2-4. Vattendragen som har granskats av både SCALGO:s AI och manuellt i SCALGO Live för att identifiera och korrigera höjdmodellen där det finns trummor och kulvertar. När vattenvägarna öppnas där det går trummor/kulvertar i höjdmodellen så beskrivs rinnvägarna mer korrekt.

Exempel på korrigeringar av algoritmen och manuellt inlagda korrigeringar visas i figur 2-5. Likaså behövde (ett mindre antal) felaktiga förslag på kulvertplatser tas bort.

SCALGO:s algoritm identifierade 779 platser medan 623 korrigeringar har gjorts manuellt. Även där täckta diken går under mark (visuellt identifierat i höjdmodell och flygfoto) har flödesvägar öppnats i höjdmodellen men endast för dikessträckor på upp till 50 meter. Täckta dikessträckor som var längre än 50 meter öppnades inte då sådana korrigeringar anses förändra höjdmodellen överdrivet mycket. Som underlag för den manuella bearbetningen i SCALGO Live har GIS-data för vägar, järnvägar, vattenvägar och flygfoton använts (Lantmäteriets data som finns tillgänglig i SCALGO Live).



Figur 2-5 Till vänster syns höjdmodellen i SCALGO där ett tunt svart streck är Lantmäteriets kartering av vattendraget. Till höger syns ett flygfoto av samma område. På två ställen syns en grönmarkerad yta där AI-algoritmen identifierat att en korrigering ska göras. I området syns även tre manuella korrigeringar som tjockare svarta streck: den vänstra, längs vattendraget, är en kulvert under en liten skogsväg, den nedre är en motorvägsbro och den övre är en gång/cykeltunnel under motorvägen.

På flera ställen längs Lantmäteriets vattenvägar förekommer stående vattenspeglar så som dammar och sjöar vars utbredning syns i flygfoton, höjdmodell och ytskikt från Lantmäteriet. Ibland ligger två eller flera vattenspeglar alldeles intill varandra och då bedömdes om de är direkt sammankopplade eller ej. Ofta är vattenspeglarna avgränsade med grusvägar, asfalterade vägar eller broar genom vilka Lantmäteriets data visar att det kan finnas en vattenväg (kan bland annat vara öppna diken, täckta diken eller trummor). Tre kriterier som skulle uppfyllas valdes för att det skulle anses vara en direkt vattenväg mellan två vattenspeglar: (1) de är sammankopplade av Lantmäteriets vattenvägar, (2) har samma höjd över havet och (3) de ser i flygfotot ut att vara avgränsade av en bro. I de fall där något av de tre nämnda kriterierna inte var uppfyllt antas att där inte finns en direkt vattenväg. Till exempel förekommer det bilvägar som har en damm på varje sida av sig själv och vars vattenspeglar har olika höjd, de antas då ej vara sammankopplade. Det betyder att dammen måste fyllas till bredden innan vattnet hittar en väg vidare.

Höjdmodellen med alla ovan nämnda korrigeringar visas i kapitel 3.6. Den är också en del av GIS-leveransen.

2.3.3 Igensatta trummor och kulvertar ger dämningssområden

I uppdraget ingick att beskriva dämningssområden som uppstår uppströms om trummor och kulvertar om dessa skulle bli igensatta av växter och grenar eller något annat. Analysen görs på den höjdmodell där trummor och kulvertar ej öppnats utan endast väg- och järnvägsbroar, tätorter och huvudfåran är öppnade. Genom att låta vattennivån uppströms trumman stiga tills den rinner över den begränsande sektionen (oftast en vägbana) fås resultat för hela dämningssområdet. Det antas att nivåstigningen på uppströmssidan upphör när vatten väl börjar rinna över den begränsande sektionens tröskelnivå. Resultaten av denna analys finns i kapitel 3.4.

2.4 Regnmängder

Den valda karteringsmetoden SCALGO Live beräknar hur vatten inställer sig i lågpunkter i terrängen då vatten avrinner på ytan. Då modellen saknar dynamisk aspekt, och inte kan beskriva effekter av exempelvis infiltration och varaktighet för regnhändelsen behöver modellen belastas med ett *nettoregn*. Nettoregnet är den volym vatten som finns kvar när avdrag har gjorts för markens infiltrerande förmåga:

$$\text{Nettoregn} = \text{Bruttoregn} - \text{Infiltration}$$

SCALGO Lives beräkningsalgoritmer kräver att hela modellområdet belastas med samma regnvolym, det är alltså inte möjligt att differentiera belastningen mellan olika typer av ytor. Detta medför att ett generellt avdrag måste göras för hela modellområdet, avdraget för infiltration i natur- och jordbruksmark kan alltså inte differentieras för avdrag för ledningsnätet i bebyggda områden. Då denna studie omfattar större rurala arealer än urbana så har fokus lagts vid hur markens varierande infiltrationsförmåga leder till olika nettovolymen regn. Ledningsnätets kapacitet har alltså ej beaktats i denna utredning och därför är det av största vikt att förstå att tolkningar av modellens resultat i tätorterna kräver en annan metodik än som tas upp här. Att korrekt analysera och kvalitetssäkra resultaten för tätorter kräver kunskap om ledningsnätskapacitet, markanvändning och hårdgjordhet. En analys av tätorter ligger utanför detta uppdrag.

För att ta fram volymen på bruttoregnet hjälper det att förstå bakgrunden till olika typer av kraftiga regnhändelser. Regnintensitet och varaktigheter kan variera och de hänger i sin tur ihop med hur vanlig eller ovanlig en regnhändelse anses vara. Dessa och fler begrepp introduceras i kommande kapitel för att underlätta valet av bruttoregn som används för analys av föreliggande rapports resultat.

2.4.1 Återkomsttid

För ta fram en lämplig regnvolym på bruttoregnet är det till hjälp att förstå hur ofta olika kraftiga nederbördshändelser förekommer. För detta används begreppet återkomsttid. Definitionsmässigt är återkomsttid en beskrivning av sannolikheten att en händelse

inträffar under ett givet år, inte en beskrivning av hur lång tid som går mellan två händelser. Skillnaden kan tyckas liten, men den felaktiga tolkningen att en 100-årshändelse bara sker en gång på 100 år kan leda till en falsk trygghetskänsla om man tror att kraftiga regn bara inträffar så sällan. Det matematiska sambandet mellan återkomsttid (T) och sannolikhet (P) är

$$\text{Sannolikhet (P)} = \frac{1}{\text{Återkomsttid (T)}}$$

Formeln ovan ger att sannolikheten för en 10-årshändelse under ett givet år är $1/10=10\%$, en 100-årshändelse (eller mer) är $1/100=1\%$, o.s.v. I praktiska termer är det sällan relevant att veta sannolikheten för olika kraftiga regn under enskilda år. Istället är det sannolikheten att en viss nederbördshändelse inträffar någon gång under långa perioder som är viktig att känna till. Sannolikhet över en längre tid kallas *ackumulerad sannolikhet*.

I tabell 2-1 ses den ackumulerade sannolikheten att händelser med olika återkomsttid inträffar någon gång under en studerad period. Det framgår att ju längre tidsperiod som studeras desto större är sannolikheten att en händelse inträffar. Sannolikheten att en 100-årshändelse inträffar någon gång under en 50-årsperiod är 39%, medan sannolikheten fån samma händelse under en 100-årsperiod är 63%. Beredskap för en 100-årshändelse är alltså ingen garanti att samhället är skyddat under en 100-årsperiod.

Tabell 2-1 Beskrivning av den ackumulerade sannolikhet som erhålls vid en given återkomsttid sett över en given period.

		Studerad period					
		10 år	20 år	30 år	50 år	85 år	100 år
Återkomsttid	10 år	65%	88%	96%	99%	100%	100%
	25 år	34%	56%	71%	87%	97%	98%
	50 år	18%	33%	45%	64%	82%	87%
	100 år	10%	18%	26%	39%	57%	63%
	200 år	5%	10%	14%	22%	35%	39%
	1000 år	1%	2%	3%	5%	8%	10%

Oavsett vilken återkomsttid som används så finns alltid en sannolikhet att en kraftigare nederbördshändelse uppstår. Genom att veta ackumulerad sannolikhet för och konsekvenserna av att system överbelastas erhålls verktyg för att fatta välavvägda beslut kring vilka händelser som är rimliga att planera för.

2.4.2 Bruttoregn - volym och varaktighet

För att tala om regn och återkomsttid är det viktigt att förstå att regnhändelser består av både regnvolym och varaktighet. En och samma regnvolym får olika återkomsttid om

10(27)

RAPPORT
2020-04-15

YTAVRINNINGANALYS VEGE Å

regnvolymer faller under en 30-minutersperiod, en timme eller ett dygn. Det finns således inte ett enskilt 10-årsregn, 50-årsregn eller 100-årsregn, utan oändligt många (eftersom det finns oändligt många teoretiskt möjliga varaktigheter).

Med Dahlströms formel (2010) (Svenskt Vatten Utveckling, 2010) är det möjligt att beräkna den regnvolymer som vid en given varaktighet svarar mot en viss återkomsttid. Regnet som beräknas är ett så kallat blockregn. I ett blockregn är regnets intensitet samma under hela regnets varaktighet, vilket är en förenkling av verkligheten.

Regnhändelser med lång varaktighet har lägre regnintensitet men större totalvolymer än regnhändelser med motsvarande återkomsttid och kort varaktighet. Antaganden som resulterar i längre varaktigheter kommer därför ge upphov till större regnvolymer och större volymer som ansamlas i terrängens instängda områden. Syftet med denna utredning är att skapa en förståelse för hur vatten ställer sig i terrängen och hur området reagerar när det belastas med olika regnvolymer. För att koppla de volymer modellen belastas med till en regnhändelse med en given återkomsttid behöver regnhändelser med rimliga varaktighet studeras.

En bedömning av områdets karaktär (avrinningssträckor, lutningar och markvegetation) har gjorts för att uppskatta tiden det tar för all avrinning att nå fram till de permanenta vattendragen. Denna tid kallas för koncentrationstid och bedöms för Vege Å avrinningsområde variera mellan 1 och 24 timmar. SCALGO Lives statistiska utformning gör att om en alltför lång varaktighet väljs (i förhållanden till områdets koncentrationstid) så blir analysresultaten ej applicerbara. Ju längre varaktighet regnet antas ha, desto större blir regnets totala volym och desto lägre blir regnets medelintensitet. En mycket låg regnintensitet innebär att stora vattenmängder kommer hinna infiltrera, och att mängden ytavrinning minskar, se kapitel 2.4.4. För att ge en konservativ bedömning av översvämningens utbredning utgår beräkningarna i detta projekt från regnvaraktigheter som ligger inom intervallet för områdets koncentrationstider. För att studera infiltrationsförlopp och långvariga regnförlopp krävs en annan metodik än vad som används i detta projekt.

Blockregnsvolymerna för regn med olika återkomsttider har beräknats med hjälp av Dahlströms formel (2010) (Svenskt Vatten Utveckling, 2010). Eftersom SCALGO Live är en statisk analys som räknar med volymer och inte intensitet saknar detta betydelse i beräkningsmetodiken.

Beräknade bruttovolymer visas i tabell 2-2. Endast nederbörds mängder för regn med återkomsttider på 50 år eller längre presenteras här, då denna typ av beräkningsmodell inte är lika väl lämpad för att beskriva ytavrinningen vid lägre nederbördsintensiteter. Kolumnen längst till höger, kallad "100 år klimat", är en ökning av dagens 100-årsregn med 25 % vilket är den förväntade nederbördsökningen i ett framtida klimat (Svenskt Vatten, 2016).

Vid bedömning av kraftiga regn kan total volym uppskattas utifrån återkomsttid och varaktighet i olika kombinationer utifrån utredningens syfte.

Tabell 2-2 Bruttoregnavolymer för belastande regn med återkomsttid 50, 100 år och 100 år med en klimatkraftfaktor som innebär 25% kraftigare nederbörd.

Varaktighet	Återkomsttid			
	50 år	100 år	100 år klimat	
	1 h	43 mm	55 mm	68 mm
	2 h	52 mm	65 mm	82 mm
	6 h	68 mm	85 mm	106 mm
	12 h	81 mm	100 mm	124 mm
	24 h	98 mm	119 mm	149 mm

2.4.3 Markinfiltration – avdrag från bruttoregnet

Då stora delar av studieområdet saknar ledningsnät så kommer markens infiltrationskapacitet vara avgörande för hur mycket av nederbörden som blir till ytavrinning. Markanvändning och sammansättningen av underliggande jordarter är avgörande faktorer för infiltrationen. Olika jordars permeabilitet (hydraulisk konduktivitet) beror på flera faktorer som till exempel effektiv kornstorlek, initial mättnad och temperatur (Statens Geotekniska Institut, 2008). Dessa faktorer är spatialt heterogena. För att kunna göra en uppskattning av markens infiltrationsförmåga krävs kunskap om markanvändning och jordsammansättning. Dessa bör, på grund av heterogeniteten, bedömas för ytor som är mindre än hela avrinningsområdet.

Permeabilitet i storleksordningen 10^{-5} m/s till 10^{-6} m/s möjliggör beräkningar av ytavrinningen för valda regnhändelser. Större genomsläpplighet än så medför full infiltration medan en lägre genomsläpplighet skulle medföra ett, för sammanhanget, obetydligt infiltrationsavdrag (då kan bruttoregnet användas direkt för analys av modellresultaten). Fortsättningsvis används nämnda permeabilitetsvärden istället som infiltrationskapacitet (endast ändrad enhet) på 1 mm/h, 10 mm/h, 20 mm/h och 30 mm/h. Observera att infiltrationskapaciteten i realiteten ofta inte är konstant, men då modellen saknar dynamisk aspekt är den genomsnittliga infiltrationshastigheten tillsammans med varaktigheten tillräcklig information för att beräkna ett totalt infiltrationsavdrag från bruttoregnet.

Det är av vikt att den initial mättnaden i marken tas i beaktande när infiltrationshastigheten uppskattas. På vår och höst kan marken vara mer eller mindre mättad i perioder vilket kraftigt begränsar eller helt tar bort möjligheterna för markinfiltration vid ett kraftigt regn. Vid de tillfällen det är tjäle i marken och regnar kommer också markinfiltrationen att reduceras kraftigt (även om det är få sådana dagar i Skåne så förekommer de).

2.4.4 Nettoregn

Som beskrivet i kapitel 2.4.2 består en regnhändelse (bruttoregnet) av både en regnvolym och en varaktighet. Det går därmed inte att koppla en enskild regnvolym till en återkomsttid utan att samtidigt beakta nederbörstiden. Ett 100-årsregn med 1 h varaktighet ger till exempel upphov till 55 mm regn, vilket är ungefär lika stor volym som ett 50-årsregn med 2 h varaktighet (52 mm). Då SCALGO Live saknar dynamisk aspekt är det komplicerat att koppla den volym modellen belastas med till en given återkomsttid, och därmed till en sannolikhet, då en och samma volym kan motsvara många olika scenarion. Trots detta kan återkomsttid och varaktighet ge en viss vägledning i valet av bruttoregnvolym.

I tabell 2-3 presenteras nettoregnsvolymerna för olika kombinationer av belastande bruttoregn och infiltrationskapacitet. Det är viktigt att komma ihåg att olika områden kan ha olika avrinning vid samma varaktighet och återkomsttid. Vet man exempelvis med sig att ett område har låg infiltrationskapacitet är det viktigt att detta tas i beaktande i resonemang kring belastande nettonederbörd. Ett 100-årsregn behöver med andra ord inte betyda samma nettovolym i alla delar av avrinningsområdet, utan är beroende av de lokala förutsättningarna för infiltration. Beräkningar för olika nettoregn resulterar i varierande översvämningens utbredning, dessa resultat presenteras i kapitel 3.2. Även vattendjupen beror av nettonederbörden och beräknade resultat för vattendjup, utifrån nettonederbördsvolymerna, visas i kapitel 3.3.

Tabell 2-3 Nettonederbörden som resulterar i avrinning presenteras (i grönt) för olika kombinationer av bruttoregn (i blått) och infiltrationshastigheter. Netto regnet har beräknats för 50-årsregn, 100-årsregn samt 100-årsregn med klimatfaktor. Infiltrationskapaciteter på 1 till 30 mm/h har använts. Negativa nettonederbörd innebär ingen ytvavrinning och har därför ersatts med ett grått fält.

			Nettonederbörd (mm)			
			Infiltrationskapaciteter			
	Varaktighet (h)	Bruttoregn (mm)	1 mm/h	10 mm/h	20 mm/h	30 mm/h
50-årsregn	1	43	42	33	23	13
	2	52	50	32	12	
	6	62	56	2		
	12	68	56			
	24	81	57			
100-årsregn	1	55	54	45	35	25
	2	65	63	45	25	5
	6	77	71	17		
	12	85	73			
	24	100	76			
100-årsregn med klimatfaktor 1,25	1	68	67	58	48	38
	2	82	80	62	42	22
	6	96	90	36		
	12	106	94			
	24	124	100			

3 Ytavriningsanalys i Vegeåns avrinningsområde

I detta kapitel presenteras de analyslager som tagits fram inom ramarna för detta projekt. Samtliga analyslager levereras även som GIS-skikt för hela avrinningsområdet. De filer som ingår i de digitala leveransen sammanställs i avsnitt 3.7.

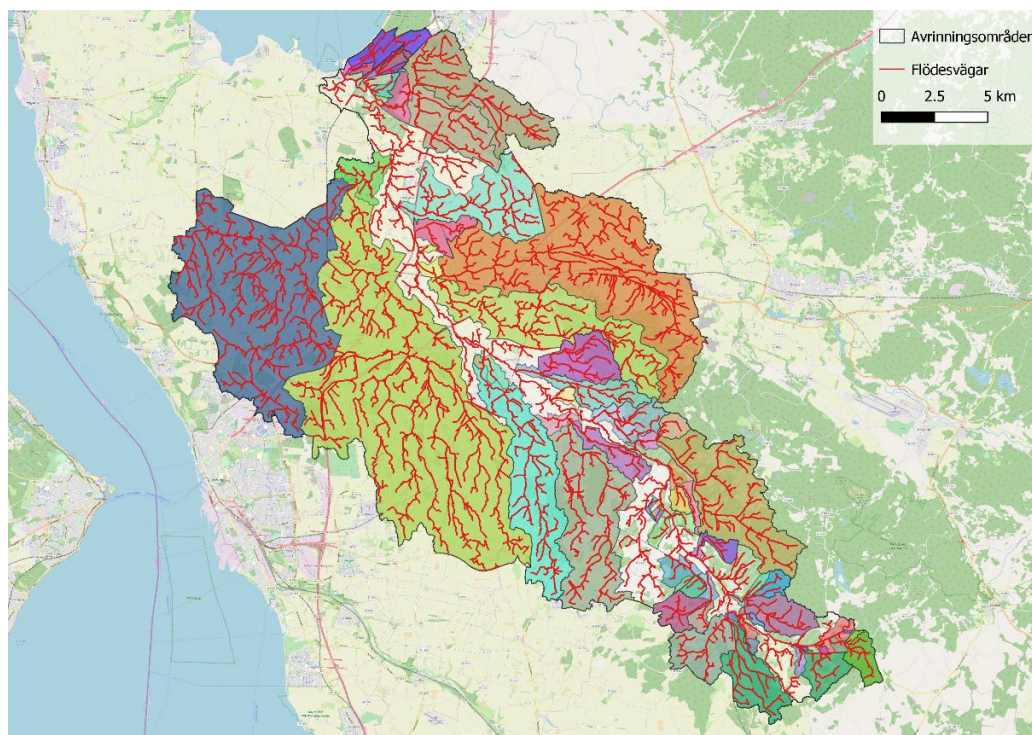
3.1 Avrinningsområden och vattnets rinnvägar

Figur 3-1 visar beräknade avrinningsområden i klara färger och rinnvägar i rött (i figurer benämnda som flödesvägar). Inom respektive avrinningsområde rinner vattnet till samma nedströms punkt och sedan vidare ut i havet.

Avrinningsområden är bestämda utifrån karterade biflöden till Vegeån, biflöden har identifierats utifrån Lantmäteriets dataset *Hydrografi*. Avrinningsområden har bestämts i de punkter där biflödet når Vegeån, och vid biflodets första förgrening. Totalt har 75 avrinningsområden identifierats. För varje delavrinningsområde levereras en tillhörande excelfil som beskriver markanvändningen inom delavrinningsområdet. Markanvändningen baseras på *Nationella Marktäckesdata* från Naturvårdsverket.

Kartmaterialet kan användas för att förstå hur avrinningsområdet hänger samman hydrauliskt, hur stora avrinningsområden som avvattnas till respektive biflöde och vilken väg ytvattnet tar på sin väg mot utloppet i Skälderviken.

Visualiseringen av rinnvägar kan användas för att förstå vilka tillfälliga ytliga avrinningsvägar som kan uppstå i terrängen i samband med nederbörd. Rinnvägarna utgör lågstråk där vatten naturligt ansamlas, och kan användas för att identifiera lämpliga platser för vattenvårdande åtgärder.

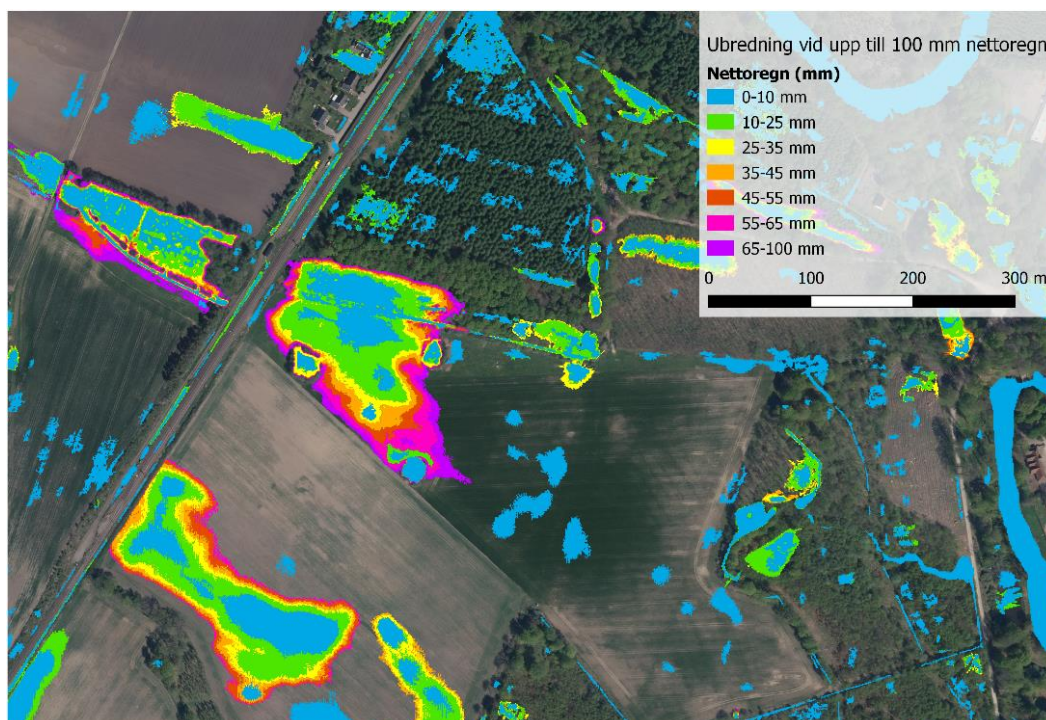


Figur 3-1 Visualisering av avrinningsområden i olika färger. Vegeåns flödesvägar/rinnvägar visualiseras i rött. Bakgrundskarta: © OpenStreetMaps bidragsgivare.

3.2 Översvämningsutbredning

Figur 3-2 visar översvämmade områden vid upp till 100 mm nettoregn, d.v.s. vatten som blir till ytavrinning. Blå färg visar områden som fylls upp redan vid små nettoregn (upp till 10 mm). De områden som endast är markerade blå, utan omgivande grönt, gult o.s.v., kommer ej fyllas upp mer när nettoregnet ökar (över 10 mm), eftersom den ökade vattenmängden inte ansamlas utan rinner vidare ut ur det instängda området. Däremot leder ökade nettoregn till att mer vatten rinner längs rinnvägarna. Lila färg visar områden som kräver större nettoregn (65 till 100 mm) för att fyllas. Sammanfattningsvis översvämmas blå områden vid mindre regn medan lila områden kräver kraftigare regn för att drabbas av översvämning.

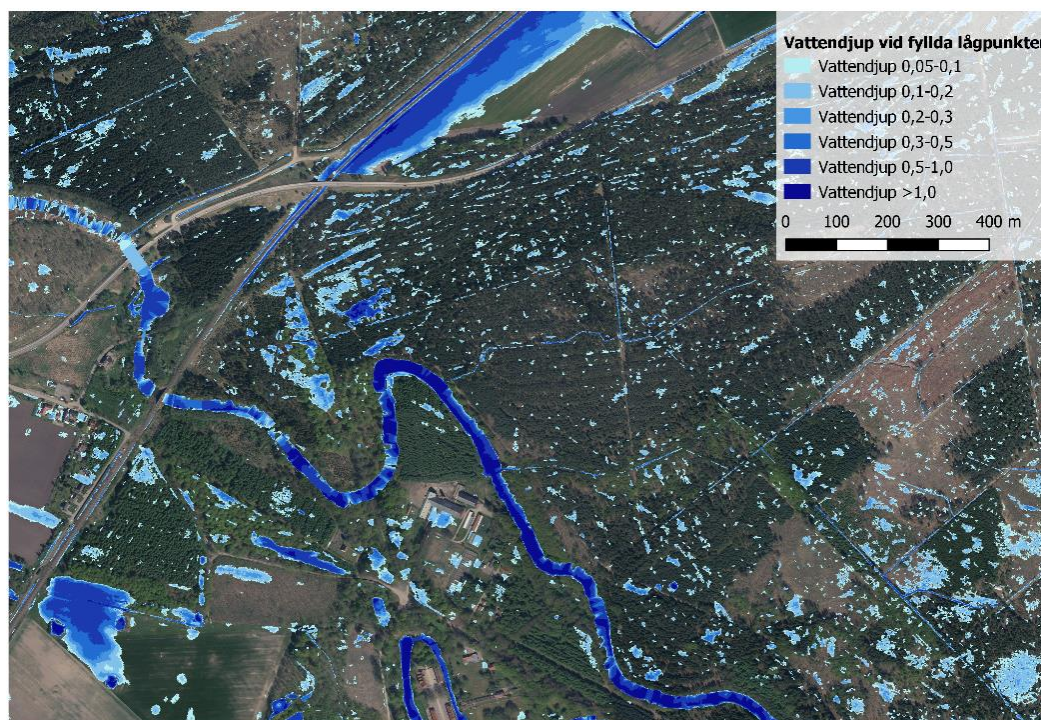
Materialet kan användas för att förstå vilka lågpunkter i terrängen som fylls upp redan vid små regnbelastningar, och vilka som har potential att magasinera mer vatten.



Figur 3-2 Visualisering av hur instängda områden fylls när mellan 0 och 100 mm vatten rinner av på ytan (nettoregn). Blå färg innebär att området fylls redan när 10 mm rinner av på ytan. Lila färg visar områden som kräver ett större nettoregn (65 till 100 mm) för att fyllas. Ortofoto: © Lantmäteriet.

3.3 Vattendjup

Figur 3-3 visar det maximala vattendjup som kan uppstå i sänkorna i terrängen, resultatet är inte kopplat till en given regnbelastning. Resultaten kan användas för att förstå storleken på sänkorna i avrinningsområdet, och kan tillsammans med information om sänkornas totala volym (levereras också, se avsnitt 3.5 Utbredning av lågpunkter) ge en uppfattning om potentialen för fördröjning av ytvatten.

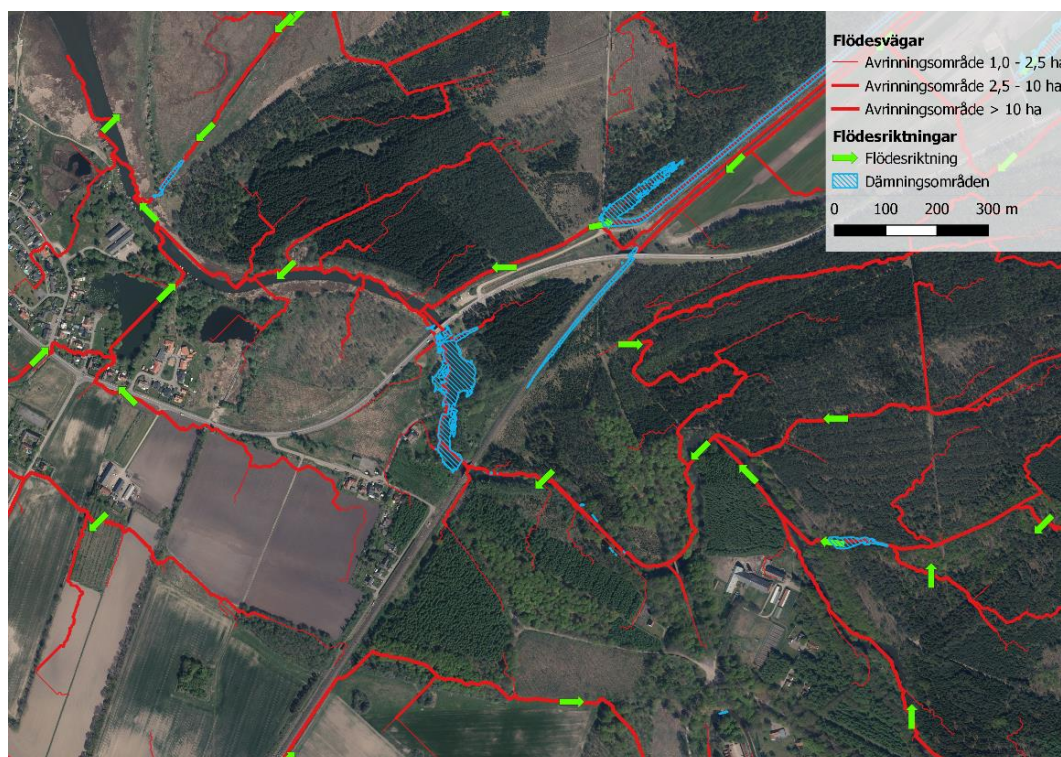


Figur 3-3 Visualisering av vattendjup vid fyllda lågpunkter. Ortofoto: © Lantmäteriet.

3.4 Dämningsområden och rinnvägar

Figur 3-4 visar, i blå skrafferade ytor, potentiella dämningsområden uppströms begränsande sektioner som trummor och mindre broar. Dessa områden är beroende av kapaciteten i trumman för sin avvattning, vilket innebär att de potentiellt kan översvämmas om trumman sätts igen. Analyslagret kan användas för att analysera var längs vattendragen vatten kan dämma upp vid höga flöden.

Det är inte säkert att de områden som markeras i resultaten är utsatta för någon verklig översvämningsrisk, detta beror på kapaciteten i trummorna längs vattendragen. För att utreda detta närmare krävs studier av befintliga trummors kapacitet. Det kan dock sägas att oaktat trummornas nuvarande kapacitet så kan de sätta igen av drivande bråte vid höga flöden, och då riskerar skrafferade dämningsområden att drabbas av översvämning. Dämningsområdena kan förstås som sänkor i landskapet vars lokalisering ibland kan vara lämpliga platser för insatser som hindrar eller fördröjer avrinningen nedströms.



Figur 3-4 Visualisering av kartlagda dämningsområden längs med ytvattnets rinnvägar. Blå skrafferade ytor indikerar dämningsområden, röda linjer visar karterade flödesvägar/rinnvägar. Ortofoto: © Lantmäteriet.

3.5 Utbredning av lågpunkter

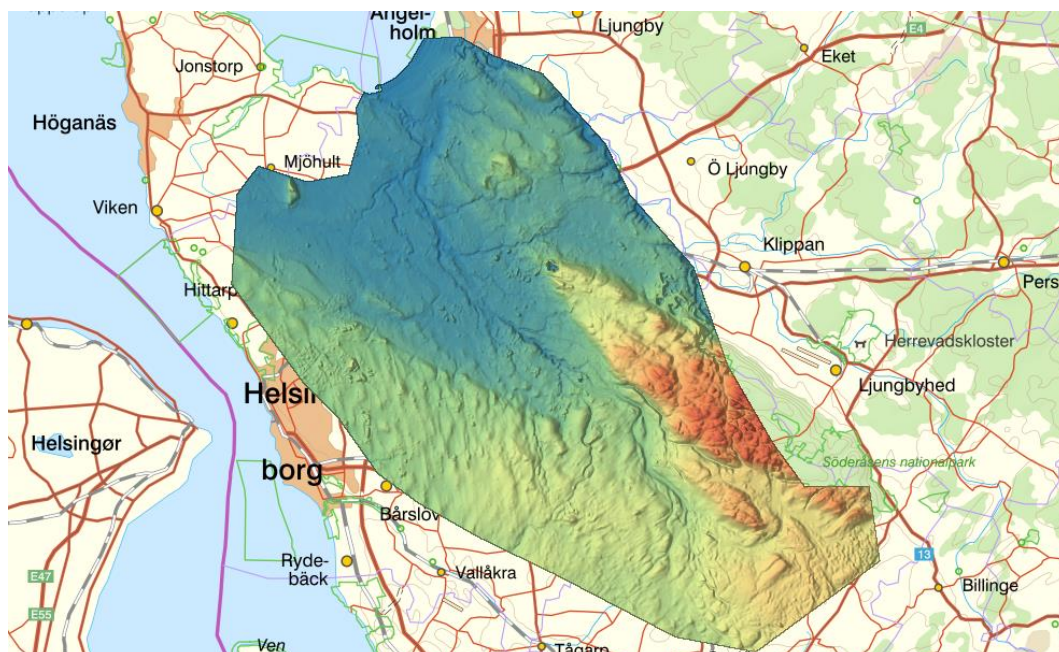
Figur 3-5 visar utbredningen av lågpunkter i rosa och rinnvägar i rött. Analyslagret kan användas för att på ett lättillgängligt sätt identifiera naturliga lågpunkter i terrängen och visualisera vilka områden som avrinner mot lågpunkten. Det levererade GIS-lagret innehåller information om lågpunktens totala volym och storleken på det avrinningsområde som avvattnas mot lågpunkten.



Figur 3-5 Utbredning av lågpunkter visas i rosa. Lågpunktslagret innehåller också attribut som beskriver total volym och total yta som avvattnas till lågpunkten. Röda linjer visar rinnvägar. Bakgrund: © Lantmäteriet.

3.6 Höjdmodell

I analysen har en 1x1 m höjdmodell baserade på *Laserdata Skog* använts. Denna har tagits fram av SCALGO som interpolerat laserdata till ett regelbundet raster. I figur 3-6 visas höjdmodellen som täcker hela Vege Å avrinningsområde. För genomförandet har flertalet höjdkorrigeringar implementerats så att ytavrinningen beskrivs korrekt under broar, genom gångtunnlar samt genom trummor och kulvertar. Den framtagna höjdmodellen med alla beskrivna manuella och automatiska korrigeringar (se avsnitt 2.3) finns med i GIS-leveransen.



Figur 3-6 Höjdmodellen som använts i alla genomförda avrinningsberäkningar täcker hela Vege Å avrinningsområde. Höjdmodellen som används innehåller omfattande korrigeringar för att bättre beskriva ytvattnets rinnvägar genom broar, tunnlar och kulvertar.

3.7 Sammanställning av GIS-leverans

I tabell 3-1 finns de GIS-lager som levereras samt deras attribut och en kortfattad beskrivning. Syftet med tabellen är att ge en översikt av dataseten för den som planerar att använda materialet för att ta fram kartor eller utföra analyser på resultaten.

Tabell 3-1. En sammanställning av leverat kartmaterial, deras attribut och en kortfattad beskrivning.

Namn	Attribut	Beskrivning
Ytavrinningsanalys_Vege_Å.qgz		Arbetsyta innehållande levererade data och symbologi
Höjdmodell_Vegeån.tif		Höjdmodell över Vegeåns avrinningsområde med alla beskrivna korrigeringar
Flödesvägar.shp	Aro – Storlek på avrinningsområde, indelat i tre kategorier: Avrinningsområde 1,0 – 2,5 ha	Flödesvägar/rinnvägar vid fyllda lågpunkter. Flödesvägarna är aggregerade i tre kategorier utifrån storlek på

	• Avrinningsområde 2,5 – 10 ha • Avrinningsområde > 10 ha	avrinningsområde. Flödesvägens riktning har beräknats genom att höjdvärden extraherats i linjens start- och slutpunkter.
Dämningsområden.shp		Ytor som kan däckas upp med stående ytvatten när kulvertar/vägtrummor sätter igen
Lågpunkter.shp	Volume – lågpunktens volym i m ³ Wshed-size – storleken på uppströms avrinningsområde i m ²	Utbredning av lågpunkter i terrängen
Avrinningsområden.shp	Area – avrinningsområdets area i m ² Name – Beteckning på avrinningsområde, används för att söka upp tabell med markanvändning	Avrinningsområden för Vegeåns biflöden
AvrinningsområdeVegeå.shp	Area – avrinningsområdets area i m ²	Avrinningsområde för Vegeåns huvudfåra
Vattendjup.tiff		Raster som visar vattendjupet i varje cell vid fyllda lågpunkter (enhet m)
Vattendjup.shp	Vattendjup - vattendjupsintervall	Vattendjup vid fyllda lågpunkter omvandlat till vektorformat
Tröskelanalys.tiff		Raster som visar hur mycket nettonederbörd som behövs för att översvämma en cell (enhet m)
Tröskelanalys.shp	Nettoregn – antal millimeter nettonederbörd som krävs för att översvämma ett område, indelat i intervall	Tröskelanalys omvandlad till vektorformat

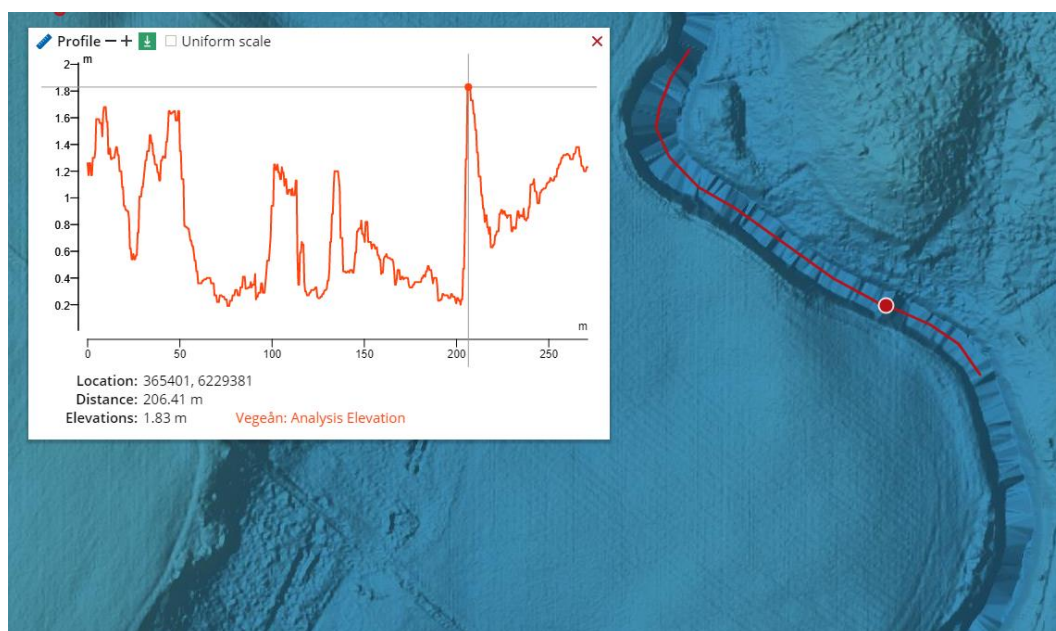
4 Felkällor

4.1 Interpoleringsfel i höjdmodellen

Samtliga levererade kartmaterial bygger på analyser av höjddata. Kvaliteten på den höjdmodell som används som indata i beräkningen är därför av största vikt för kvaliteten på levererat kartmaterial, varför en omfattande kvalitetsgranskning av höjdmodellen har gjorts (se avsnitt 2.3). Felaktigheter i höjdmodellen är dock fortsatt en felkälla.

Höjdmodellen är baserad på data från laserskanning. Vid laserskanning av terräng erhålls generellt få träffar över vattenytor, vilket innebär att det punktdataset som ligger till grund för interpoleringen av höjdmodellen saknar returerna (höjdinformation) för stora delar av vattenytorna. Detta innebär att, när SCALGO skapar en rastermodell utifrån laserskannad punktdata, behöver höjdvärden interpoleras fram för majoriteten av cellerna i vattendragen. Det resulterar i triangulering, interpoleringsfel och orimliga höjder över vattenytor. Att korrigera dessa interpoleringsfel ligger utanför detta projekts omfattning.

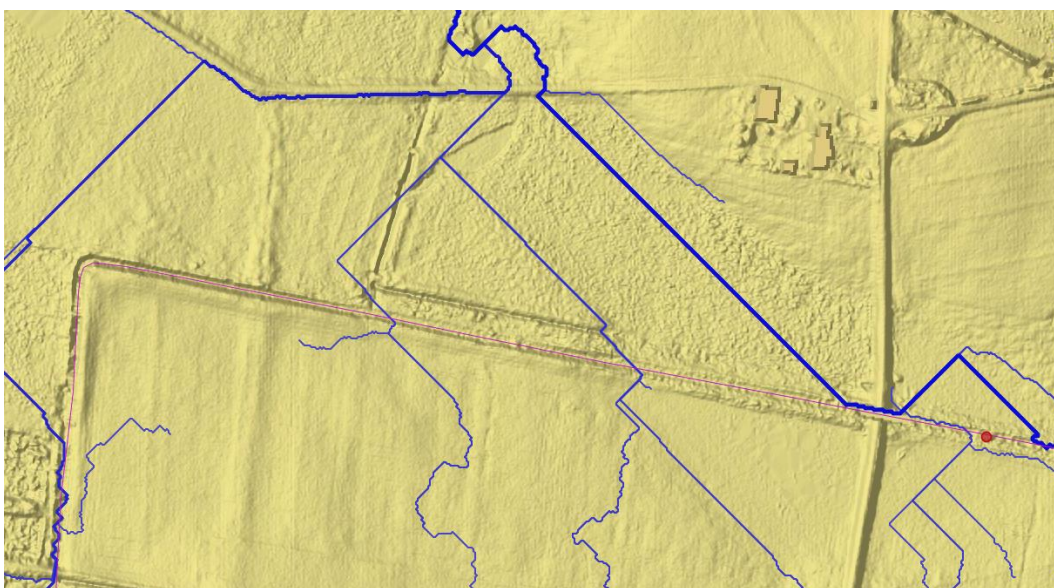
För modellresultaten innebär interpoleringsfelen längs med vattendragen att den beräknade flödesriktningen inte alltid stämmer. Det kan även uppstå orealistiska dämningsområden längs med vattendragen när interpoleringsfelen är stora, så som i exemplet i figur 4-1.



Figur 4-1 Exempel på interpoleringsfel i höjdmodellen. Grafen visar en profil längs Vegeåns huvudfåra, profilens läge i plan är markerat med röd linje. Vattendragets nivå i höjdmodellen varierar med över en meter över korta sträckor. Den markerade punkten visar ett interpoleringsfel som kan leda till orealistisk dämning längs med vattendraget. Bilden är ett skärmsklipp från SCALGO Live.

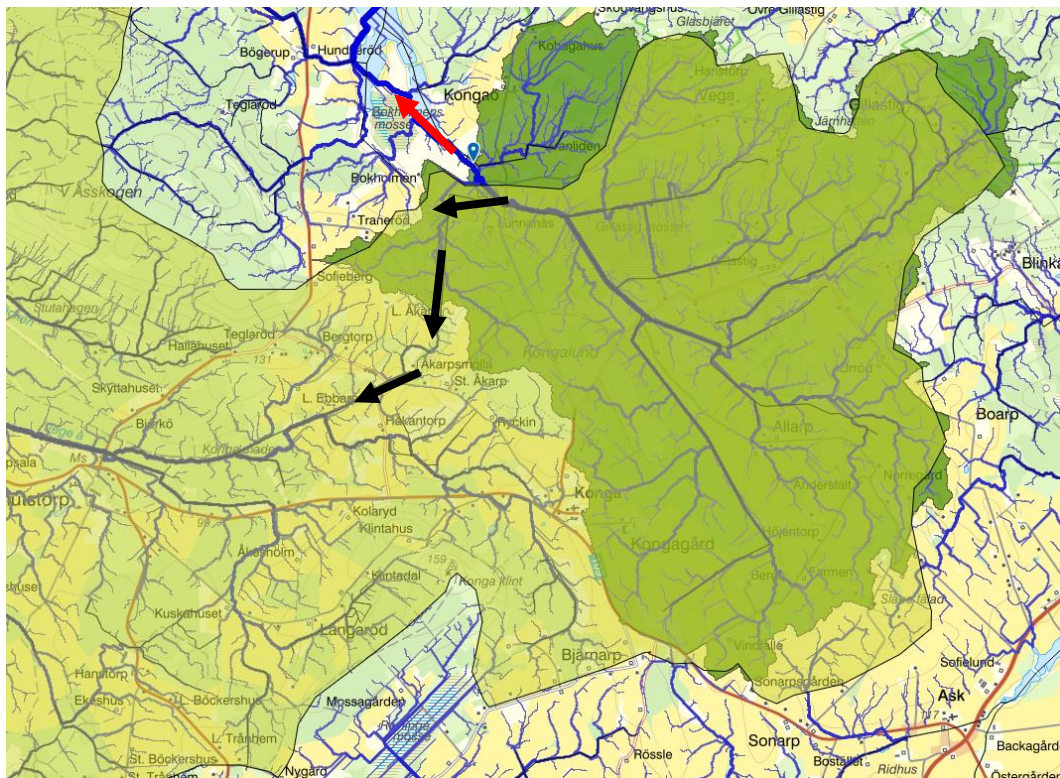
4.2 Flacka områden

SCALGO Lives algoritm för att identifiera flödesvägar bygger på en analys av höjder i intilliggande celler. I mycket flacka områden identifierar modellen ibland avrinning i en riktning som inte stämmer överens med verkligheten. I Figur 4-2 visas ett exempel på en felaktigt beräknad flödesväg. Denna typ av beräkningsfel uppstår i huvudsak i områden med mycket flack terräng, och i områden långt upp i avrinningsområdet där vattendragets fåra är mycket smal och höjdmodellens upplösning för grov för att tydligt representera vattendraget. Notera dock att upplösningen är högre än i den nationella höjdmodellen (GSD-Höjddata Grid 2+) vilket generellt torde generera bättre förutsägelser för ytavrinning över alla markytor (förutom över vattendragens ytor, se avsnitt 4.1)

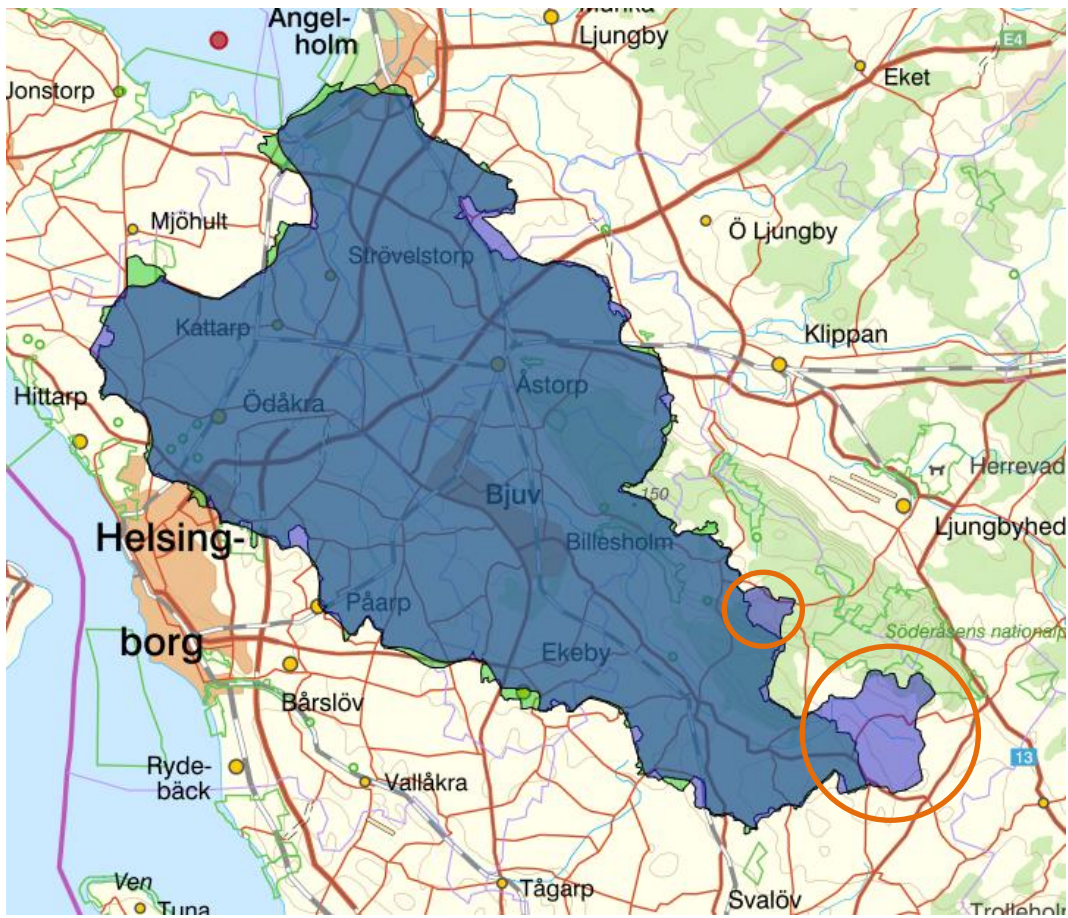


Figur 4-2 Exempel på område där flödesvägarna som identifierats av SCALGO Live inte stämmer överens med den dikessträckning som finns representerad i Lantmäteriets Hydrografidataset. Blå linjer visar flödesvägar som beräknats av SCALGO Live, rosa linje visar diket i Hydrografidatasetet. Bilden är ett skärmbildsutsnitt från SCALGO Live.

Ett följdfel som kan uppstå av detta är att modellen identifierar en felaktig flödesriktning för de högst uppströms belägna delarna av avrinningsområdet. I Figur 4-3 visas hur den högst uppströms belägna delen av Vegeåns avrinningsområde beräknats felaktigt av modellen. Figur 4-4 visar en jämförelse mellan det avrinningsområde som beräknats i detta projekt och det avrinningsområde som visas i Svenskt Vattenarkiv (SVAR). Av figuren framgår att avrinningsområdesgränserna skiljer sig något, detta beror främst på grund av att detta projekt använder en högre upplösning, men även på svårigheten att beräkna flödesriktning i flacka områden. De två områden där avrinningsområdena skiljer sig mycket åt på grund av osäkerheten kopplat till flacka områden har ringats in i figuren. Dessa fel bedöms inte vara kopplat till markavvattningsföretag eller kulverteringar, utan bedöms bero på svårigheten att beräkna flödesriktning i flack terräng.



Figur 4-3 Felaktigt identifierad flödesriktning för den mest uppströms belägna delen av Vegeås avrinningsområde. Beräknade flödesvägar visas i blått och har markerats med en röd pil, flödesvägar som karterats av Lantmäteriet har markerats med svarta pilar. Den felaktigt beräknade flödesvägen leder till att det avrinningsområde som visas i grönt avrinner mot norr istället för mot Vegeån. Vegeås avrinningsområde såsom det karterats av SMHI är markerat i gult.



Figur 4-4 Avrinningsområde för Vege å. I grönt visas det avrinningsområde som beräknats i detta projekt, i ljusare blått visas avrinningsområdet från Svenskt Vattenarkiv (SVAR). Avrinningsområdesgränserna skiljer sig något, främst på grund av att detta projekt använder en högre upplösning. De två områden där avrinningsområdena skiljer sig mycket åt på grund av osäkerheten kopplat till flacka områden har ringats in i figuren.

4.3 Kulverterade vattendrag

I avrinningsområdet finns ett flertal kulverterade sträckor av diken och vattendrag. I avsnitt 2.3.2 beskrivs hur kulverterade sträckor hanterats vid kvalitetssäkring av höjdmodellen. Längre kulverterade sträckor har inte korrigerats då detta kan leda till att modellen beräknar flödesriktningar, ovanpå kulvertarna, som inte stämmer överens med verkligheten.

5 Referenser

Statens Geotekniska Institut. (2008). Jords egenskaper. In *Jords egenskaper*.

Svenskt Vatten. (2016). *P110 - Avledning av dag-, drän- och spillvatten*.

[https://doi.org/10.1016/S1262-3636\(14\)72402-4](https://doi.org/10.1016/S1262-3636(14)72402-4)

Svenskt Vatten Utveckling. (2010). Regnintensitet—en molnfysikalisk betraktelse. In *Rapport Nr 2010-05*. Retrieved from

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Regnintensitet+?+en+molfysikalisk+betraktelse#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Regnintensitet+--+en+molfysikalisk+betraktelse%230>