SLUTRAPPORT

Metodstudie – Känsliga vattendrag och källflöden i skogslandskapet

2018-03-26

UTKAST

SKOGSSTYRELSEN

Innehåll

1 Redovisning 3
1.1 Bakgrund och förutsättningar 3
1.2 Frågeställningar 4
1.3 Slutsatser 4
2.4 Rekommendationer 5
1.4 Aktiviteter 6
1.5 Leveranser 6
2. Metodstudie 6
2.1 Indata 6
2.2 Studieområde 7
2.3 Metod 8
2.3 Resultat 8
Förbearbetning av höjdmodell 8
Modellering av vattendrag (Kugerbäcken) 10
Källflöden och avrinningsområde 11
Skog på blöt och fuktig mark 14
3. Referenser 15
Bilaga 1. Konceptskiss metodstudie 16

UTKAST

1 Redovisning

1.1 Bakgrund och förutsättningar

Enligt regleringsbrevet för Länsstyrelsen i Norrbotten 2016 och 2017 ska Länsstyrelserna ta fram regionala handlingsplaner för grön infrastruktur. Även Skogsstyrelsen har fått ett regeringsuppdrag inom detta arbete.

En viktig del i arbetet med grön infrastruktur är att försöka se och ta hänsyn till samband mellan olika naturtyper i ett landskap. Hur är naturtyper, växter och djur beroende av varandra? Hur kopplar detta till de processer som upprätthåller ekosystemets funktioner och hur påverkas detta av markanvändningen? I det norrbottniska landskapet är skogen, våtmarkerna och vattendragen centrala. Markanvändningen i skogslandskapet påverkar inte bara vad som händer i skogen eller i våtmarkerna utan även vattendragens status.

Under 2016 tog Länsstyrelsen i Norrbotten tillsammans med Skogsstyrelsen fram en metod för att identifiera var det finns fuktiga och våta marker i skogslandskapet i Norrbotten. Som underlagsdata användes Skogsstyrelsens skogliga grunddata, markfuktighetskartan och även den kartering av kontinuitetsskogar som Metria tagit fram på uppdrag av Naturvårdsverket. I de fuktiga markerna ingick förutom fuktig skogsmark även öppna våtmarker.

Marker med hög markfuktighet är betydelsefulla ur många aspekter. Skogar med hög markfuktighet har oftast hög biologisk mångfald. Detta beror på den fuktiga miljön där många arter trivs och på att marken ofta är näringsrik. Skogar med hög markfuktighet fungerar ofta som ”spridningskorridorer” för många arter och de har stor betydelse för skuggning i närheten av vattendrag. Fuktiga och våta marker som myrar och sumpskogar är vidare mer känsliga för ingrepp och skador än torrare marker vilket gör dem extra angelägna att identifiera för att möjliggöra att rätt hänsyn tas i dessa.

Hydrologin i skogslandskapet måste ses som en helhet. Vattendragens status är helt beroende av vad som händer i de omgivande markerna. Humus, näringsämnen, sediment och även metaller transporteras bort med vattnet från markerna exempelvis då det uppstår körskador vid skogsbruk eller då grundvattennivåerna stiger vid avverkning. De delar av vattendragen som är känsligast är källflödena. Dessa små vattendrag påverkas i mycket högre grad av skador än ett stort vattendrag där utspädningseffekten gör att effekterna blir mindre. Om ett litet vattendrag får ett plötsligt utflöde av exempelvis humus eller sediment kan effekterna bli förödande. Lekbottnar för fisk och habitat för många arter som exempelvis flodpärlmussla kan förstöras och metylkvicksilver kan spridas till vattendragen. Funktionella källflöden bidrar dessutom till jämnare vattenflöden i vattendragen och minskar risken för översvämningar längre nedströms. Om många av de små biflödena i ett avrinningsområde är påverkade, är det stor risk att påverkan är påtaglig även längre ner i vattendraget.

Näringsämnen som till exempel kol och kväve transporteras från omgivande terräng till vattendrag primärt genom ytliga grundvattenflöden som kopplar samman den terrestra miljön med den akvatiska. Forskningen har visat att de platser där grundvattenflödet rinner in i en bäck fungerar som temperatur- och pH-refuger där biodiversiteten är hög. Eftersom bäcknätverk är dynamiska och varierar med årstider så är det svårt att avgöra var ett källflöde övergår från grundvatten till ytvatten vid en given tidpunkt. I denna studie har vi utgått från hypotesen att källflöden är där de tillfälliga vattendragen, som till exempel under snösmältningen, rinner in i de permanenta vattendragen. Under de torrare perioderna av året

så består källflöden av ytligt grundvatten och karaktäriseras av vegetationssamhällen som indikation på fuktig mark.

De nationella kartunderlag som finns för hydrologi idag saknar bra avgränsningar av små vattendrag. Det innebär att det är svårt att identifiera områden med potentiellt höga limniska värden (värdekärnor) och att analysera påverkansgrad i anslutning till dessa. Metodutveckling inom detta fält har därför lyfts fram som prioriterat inom arbetet med handlingsplan för grön infrastruktur. Den minsta vattendragen är känsliga och har tillsammans med andra källflöden inverkan på vattendragen längre nedströms. Om många av källflödena är intakta eller påverkade har därför betydelse för miljötillståndet i de större vattendragen. De bristfälliga kartunderlagen för källvattendrag i Sverige har bland annat uppmärksammats av Bishop et al. som trycker på betydelsen av de små vattendragen för vattensystemens helhet. Det är tydligt att vi behöver utveckla kartunderlagen för att kunna förvalta vattnen på ett bra sätt och bedriva en hållbar markanvändning.

Introducerandet av markfuktighetskartor inom skogsbruket har gett möjlighet at anpassa hänsyn på blöt och fuktig mark på ett helt annat sätt än tidigare och har på kort tid lett till en minskning av körskador. Förbättrade underlag när det gäller mindre vattendrag kan förhoppningsvis leda till ökad förståelse av hur de biologiska värdena kopplade till vattendrag samt blöt och fuktig mark hänger samman och därigenom ge möjlighet till en anpassad hänsyn.

Projektet finansierades av länsstyrelsen i Norrbotten och utfördes i huvudsak under 2017.

Metodstudien utfördes i samarbete mellan Skogsstyrelsen och länsstyrelsen i Norrbotten.

Ett stort tack riktas till William Lidberg, Sveriges lantbruksuniversitet, för tekniskt och fackmässigt stöd i metodfrågor.

1.2 Frågeställningar

Är det möjligt att kombinera karteringen markfuktighet med uppgifter om var vi har våra källflöden för att identifiera var vi har vår känsligaste fuktiga och våta marker i landskapet?

Huvudfrågorna som metodikstudien ska försöka besvara är

- **Var finns de känsligaste vattendragen (källflödena) och angränsade blöt och fuktig mark och hur hittar vi dem?**
- **Hur identifierar vi potentiellt värdefull skog och påverkan av avverkningar i dessa områden?**

Studien omfattar både skogar och våtmarker (öppna och skogsklädda) och metodutveckling har skett i samarbete mellan Länsstyrelsen i Norrbotten och Skogsstyrelsen

1.3 Slutsatser

Resultaten visar att det är möjligt att modellera förekomst av små vattendrag inklusive källflöden och angränsande känslig mark. Kartunderlagen ser mycket lovande ut men resultaten återstår att utvärdera mer i detalj. Metoden är beräkningsintensiv men fullt möjligt att skala upp till hela Norrbotten. Den är också möjlig att automatisera med undantag av

UTKAST

modellering av avrinningsområden där den största svårigheten ligger i att automatisk identifiering av adekvata utloppspunkter. Då ett avrinningsområde innehåller både känslig och mindre känslig mark är det utifrån frågeställningen mindre viktigt att automatisera karteringen av avrinningsområden.

Det har varit svårt att hitta en entydig definition på var källflöden börjar i terrängen och vilken mark som kan anses vara mest känslig då detta påverkas av en mängd faktorer såsom jordart, topografi, tidpunkt på året, klimat och mänsklig påverkan på hydrografin. Preliminära resultat från Lidberg pekar på att det är möjligt att modellera källflöden genom en flödesackumulation på 1 ha och en gräns för fuktig mark på 0.5 m i en depth-to-water karta. Denna studie har utgått från dessa siffor och resultaten verkar mycket lovande.

Resultaten gör det tydligt att handlingsplanerna inom grön infrastruktur kräver förbättrade kartunderlag som inkluderar små och mellanstora vattendrag då dessa saknas, eller är översiktligt avgränsade, i nuvarande nationella underlag. Då miljötillståndet i de små vattendragen med hög sannolikhet har betydelse för status i vattendrag längre nedströms behöver framtagandet av kartunderlag prioriteras i det fortsatta arbetet. Utan förbättrade kartunderlag så försvåras också möjligheterna till anpassad hänsyn vid skogsbruksåtgärder.

För att möjliggöra ett klimatanpassat arbete visar resultaten också på att är det viktigt med bra modeller då de hydrologiska förutsättningarna kommer att förändras vid förändrade klimatförhållanden Troligen finns inte en karta som kan sammanfatta alla hydrologiska situationer utan det kan krävas flera kartor som visar olika flödessituationer.

Genom indikatorer som Kontinuitetsskog och Utförd avverkning så är det möjligt att beskriva var det finns potentiellt värdefull skog och hur stor andel av den känsliga fuktiga marken som är påverkad av utförd avverkning. Med en kommande ny laserskanning och uppdatering av skogliga grunddata i kombination med täta uppdateringar av satellitbilder kommer det vara också inom en nära framtid vara möjligt att följa förändringar med högre detaljeringsnivå och med högre tidsmässig upplösning än tidigare.

2.4 Rekommendationer

Metodstudien har utgått från beprövade metoder och resultaten visar att de nya kartunderlagen medför en ökad kunskap om var den känsliga marken finns och var det krävs anpassad hänsyn vid skogsbruksåtgärder.

För det fortsatta arbetet är det viktigt att gå vidare med att utvärderingar av underlaget både när det gäller karteringsnoggrannhet och nytta. Rekommendationen är dock redan nu att gå vidare och genomföra denna kartering för hela Norrbotten.

Vidare arbete bör också ske i samverkan med andra länsstyrelser och berörda myndigheter såsom Skogsstyrelsen, Trafikverket, Sveriges geologiska undersökning med flera. Detta för att främja en enhetlig metod och likartade bedömningar.

Fortsatt utveckling bör också kopplas till Trafikverkets projekt rörande riskanalys- och klimatanpassning där det finns ett stort behov av att kunna beräkna uppströms områden och vattenflöden riktade mot samhällsviktiga verksamheter. Inom projekt har det tagits fram en prototyp för en webbaserad applikation för beräkning av dimensionerade flöden och avrinningsområden grundat på samma metoder som ingått i denna metodstudie.

UTKAST

1.4 Aktiviteter

Projektet har utgått från känd forskning och använt implementerade verktyg och algoritmer i programvaran Whitebox. http://www.uoguelph.ca/~hydrogeo/Whitebox/.
Projektet har omfattat följande aktiviteter:

- Modellera förekomst av vattendrag utifrån olika flödesackumulationer
- Med utgångspunkt från olika flödesackumulationer identifiera källflöden
- Modellera markfuktighet utifrån Depth-to-Water (DTW)
- Undersöka möjlighet att avgränsa avrinningsområde i anslutning till källflöden
- Klassificering av skog i anslutning till källflöde
- Beskriva påverkan i anslutning till källflöden utifrån tidigare karterad utförd avverkning från Skogsstyrelsen

1.5 Leveranser

Projektet har för aktuella studieområden levererat följande:

- Shapefil med vattendrag modellerade utifrån olika ackumulationer, approximativt motsvarande olika jordartsförhållanden
- Rasterfil med modellerad blöt och fuktig mark
- Shapefil med exempel på modellerade avrinningsområde
- Presentation i PowerPoint
- Slutrapport

2. Metodstudie

Studien syftar till att finna en metod för att undersöka

- Var finns den känsligaste delen av vattendragen, de så kallade källflödena och hur avgränsar vi dem?
- Hur stor areal av blöt och fuktig mark finns i anslutning till de så kallade källflödena och hur avgränsas den?
- Hur ser påverkan av avverkningar på blöt och fuktig mark ut i anslutning till vattendrag och källflöden?
- Hur stor andel av den blöta och fuktiga marken i anslutning till källflöden består av kontinuitetsskog eller potentiell kontinuitetsskog?

2.1 Indata

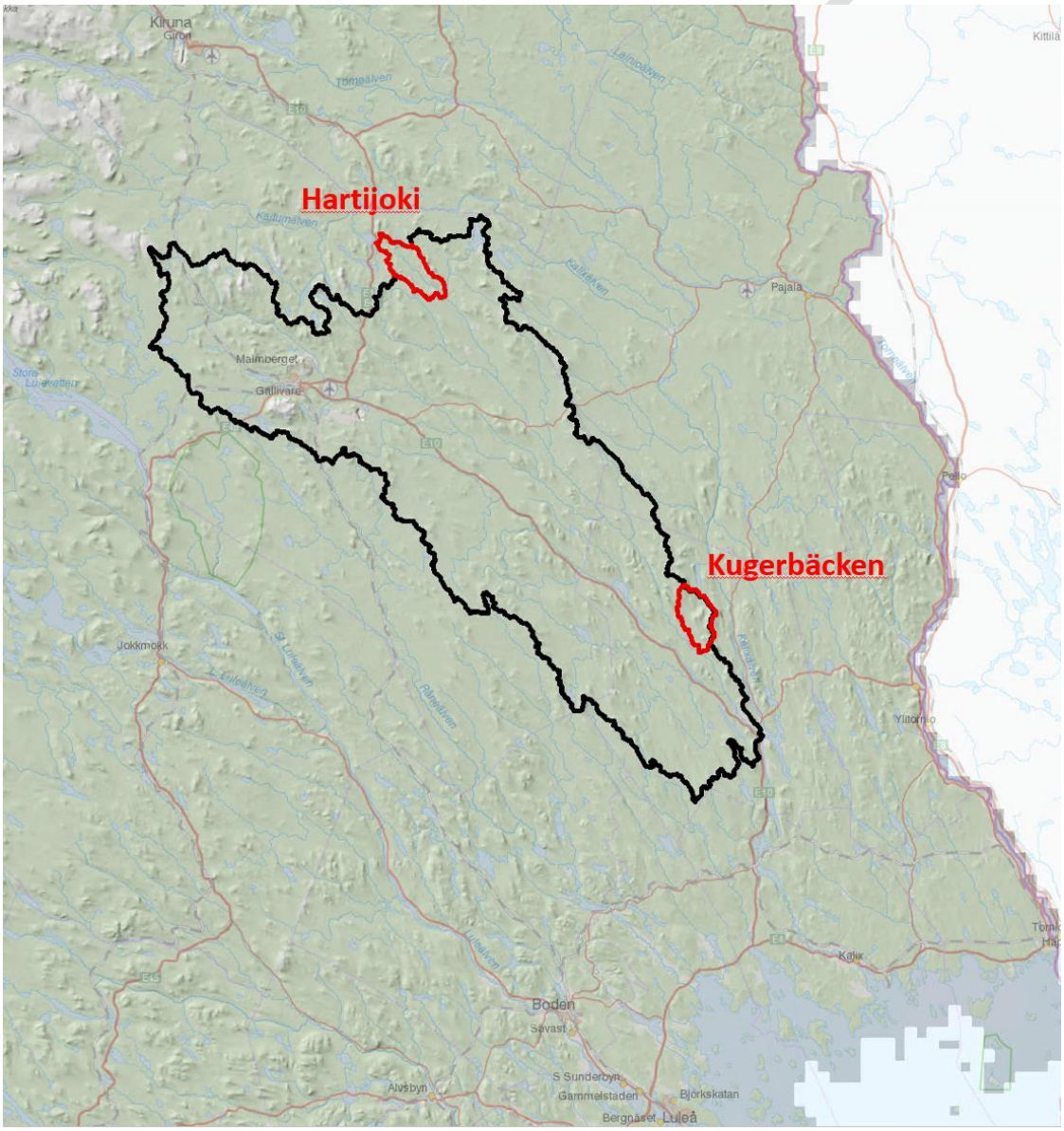
- Höjdmodell (DEM) Lantmäteriet
- Skogliga grunddata
    - Medelhöjd
    - Vegetationskvot
- Kartor från Lantmäteriets GSD Fastighetskartan
    - Vägar och järnvägar
    - Vattendrag
    - Sankmark
- Avrinningsområden från SMHI
    - Huvudavrinningsområde

UTKAST

- Delavrinningsområde
- Kskog (Kontinuitetsskog och potentiell kontinuitetsskog) framtagen av Metria på uppdrag av Naturvårdsverket. https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/aga-skog/skydda-skog/bilaga-3-kartering_av_kontinuitetsskog_boreal_region.pdf
- Utförd avverkning från Skogsstyrelsen

2.2 Studieområde

Studien har fokuserats på 2 delavrinningsområden, Kugerbäcken och Hartijoki, i Ängesåns avrinningsområde, figur 1, med ambitionen att finna en metod som är möjligt att skala upp till hela Norrbottens län.



Figur 1. Studieområdet utgörs av Kugerbäcken (7366 ha) och Hartijoki (9592 ha) inom Ängesåns avrinningsområde

2.3 Metod

Då tidigare undersökningar visat att källflöden inte finns tillgängliga i befintliga kartunderlag baserar sig metoden för att lokalisera källflöden på hydrologisk modellering och på modellering av fuktig mark enligt dept-to-water (DTW). Metoden finns sammanfattad i bilaga 1.

Modelleringen har utgått från känd forskning, Ågren A et al 2014 och 2015, Leach J et al 2017 och Lidberg W et al 2017 och använt implementerade verktyg och algoritmer i programvaran Whitebox. http://www.uoguelph.ca/~hydrogeo/Whitebox/.

Genom hydrologisk modellering är det möjligt att identifiera även små semipermanenta vattendrag och modellera förekomst av blöt och fuktig mark i anslutning till dessa. Ågren A, Lidberg W, et al 2014 har visat att en modellerad ackumulation på ca 30 ha motsvarar permanenta vattendrag på sedimentmark i Vindeln i Västerbotten och att en ackumulation på 10 ha motsvarar permanenta vattendrag på moränmark. Vidare visar de att en ackumulation på 2 ha motsvarar semipermanenta vattendrag på moränmark, eg. vattendrag vid en högvattensituation såsom snösmältning. Dessa gränsvärden för ackumulation har tillämpats i modellerna.

Tidigare studier av Ågren et al 2014 pekar på att källflödena börjar högt uppe i terrängen och att även grundvattnet troligen bildar bäcknätverk under markytan innan de övergår till ytvattenflöden. Preliminära resultat från Lidberg indikerar vidare att det är möjligt att modellera fuktig mark kring källflöden genom en ackumulation på 1 ha och en gräns för fuktig mark på 0.5 m i depth-to-water-kartan vilket har använts här.

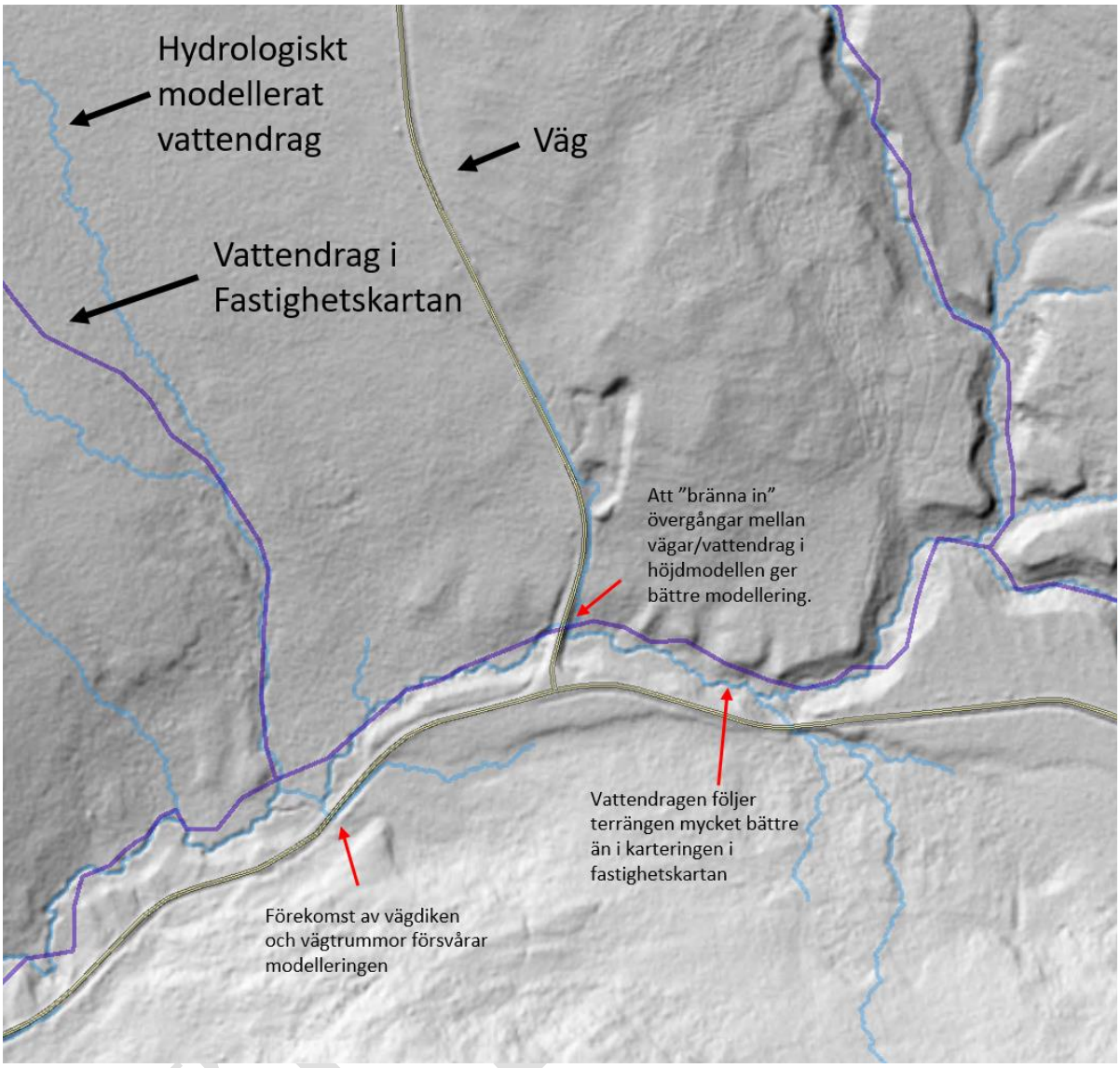
Förutom det som finns beskrivet i den konceptuella modellen utfördes också försök att modellera avrinningsområdet till de sk. källflödena.

2.3 Resultat

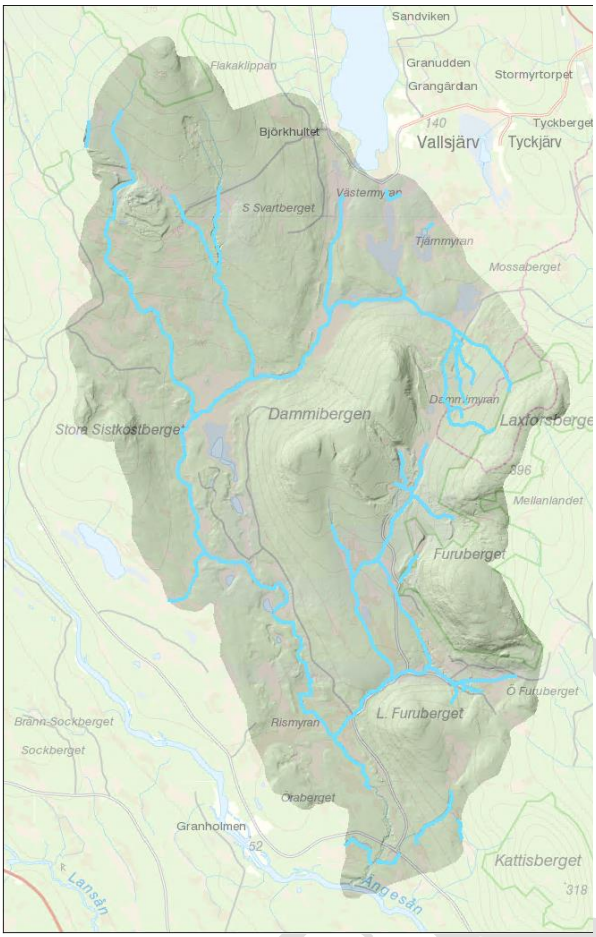
Förbearbetning av höjdmodell

Såsom Lidberg et al 2017 visat så förbättras modelleringen av vattendrag där höjdmodellen preparerats genom bränna in övergången mellan kända vattendrag och vägar ihop med av funktion som heter breach, se figur 3.

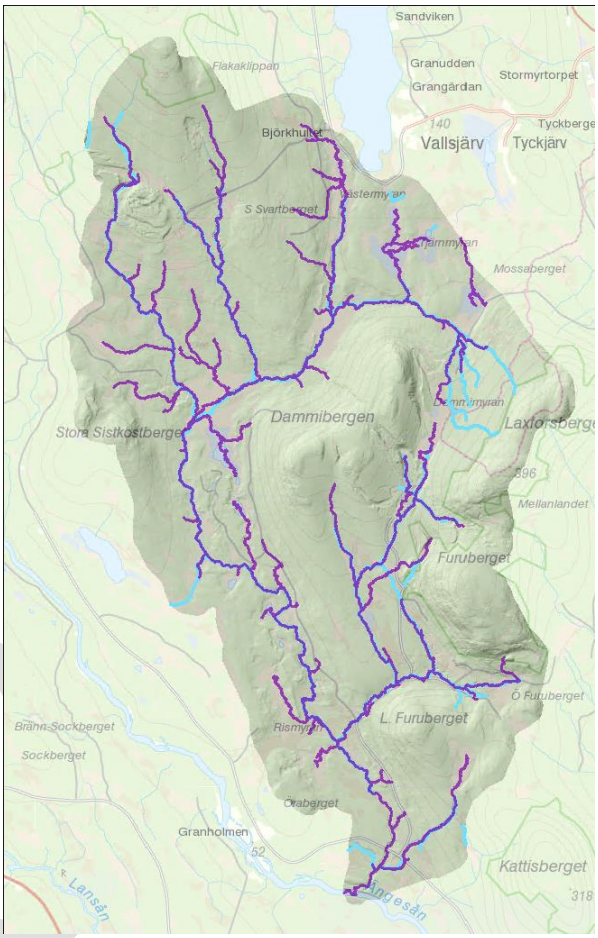
UTKAST



Figur 3. Bilden visar hydrologisk modellerade vattendrag (blå linje) som följer terrängen bättre än den kartering som finns med i fastighetskartan (lila linje). Genom att bränna in övergången (vägtrumman) mellan vägar och vattendrag som finns med i fastighetskartan ”hjälper” man modellen att hitta rätt väg för vattendragen. Vid övergångar (vägtrummor) som inte finns med i fastighetskartan har modellen fortfarande i vissa fall svårigheter att modellera vattendragen korrekt.

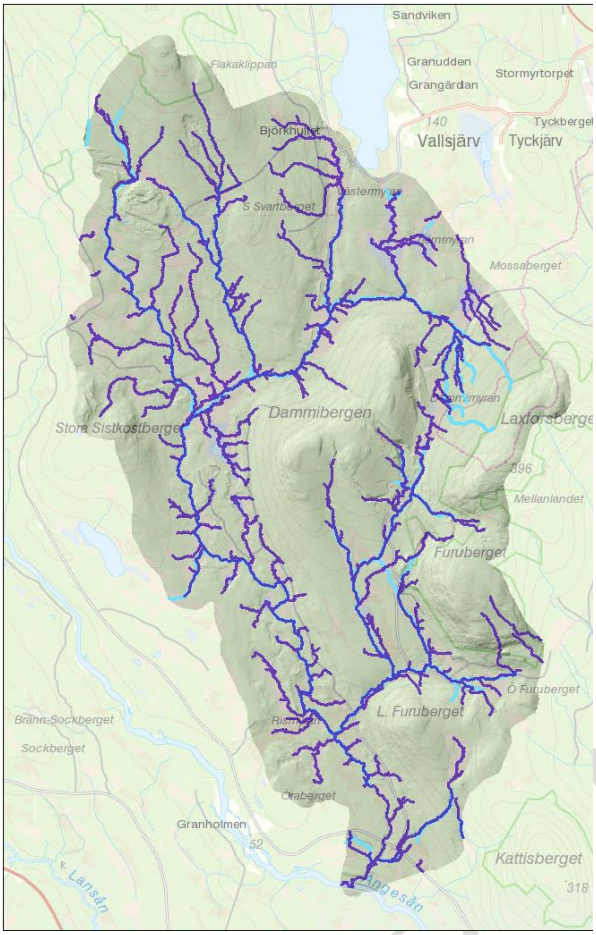


Figur 4a. Karterad vattendrag i GSD Fastighetskartan från Lantmäteriet. Total längd vattendrag: ca 60 km.

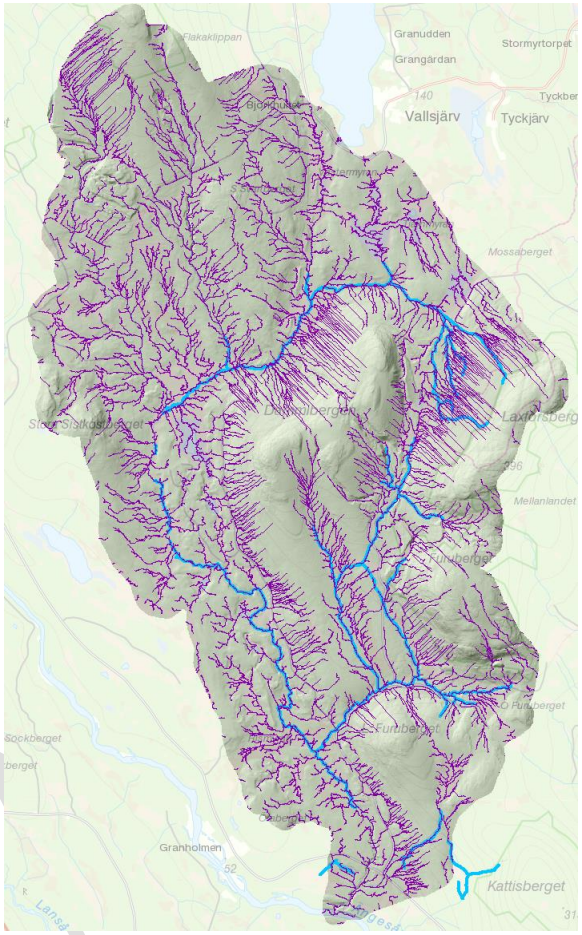


Figur 4b. Hydrologisk modellering av vattendrag med en flödesackumulation på 30 ha, vilket approximativt motsvarar permanenta vattendrag på sediment. Total längd vattendrag: ca 122 km.

UTKAST



Figur 4c. Hydrologisk modellering av vattendrag med en flödesackumulation på 10 ha, vilket approximativt motsvarar permanenta vattendrag på morän. Total längd vattendrag: ca 217 km



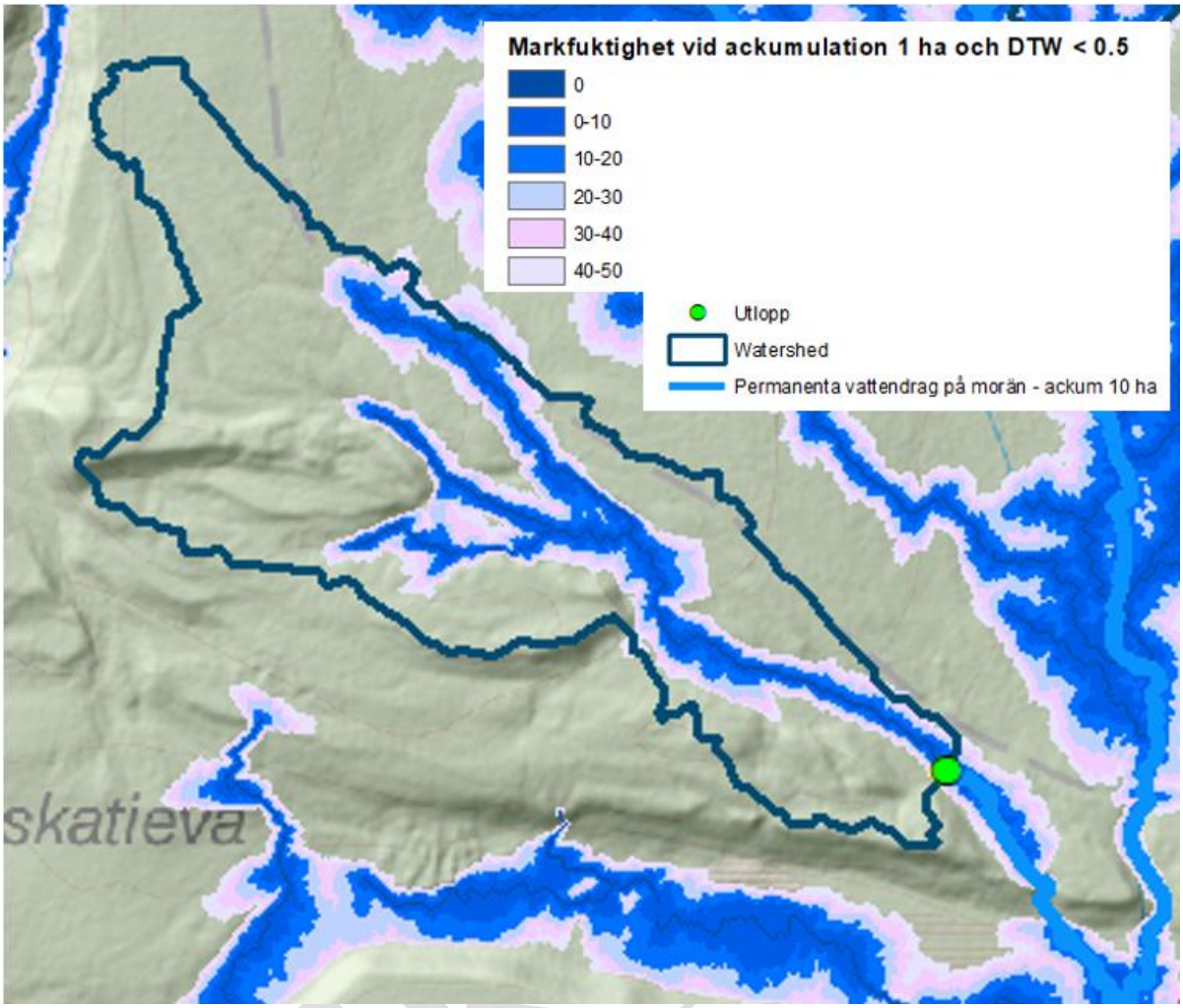
Figur 4d. Hydrologisk modellering av vattendrag med en flödesackumulation på 1 ha, vilket approximativt motsvara semipermanenta vattendrag på morän. Total längd vattendrag: ca 907 km

Resultaten förstärker bilden från tidigare studier att nuvarande kartunderlag innehåller mindre än hälften av det vattenförande nätverket i landskapet. I Kugerbäckens fall finns mindre än en tredjedel av alla modellerad permanenta vattendrag på morän med i nationella kartunderlag.

Vattendragsnätverket påverkas förutom av topografi också av en mängd olika faktorer såsom jordart, jorddjup, klimat, tidpunkt året med mera. Vid snösmältning finns den största mängden rörligt vatten i landskapet vilket inkluderar tidvis vattenförande semipermanenta vattendrag.

Källflöden och avrinningsområde

Frågeställningen löd om det är möjligt att lokalisera känsliga vattendrag och källflöden. I metodstudien gjordes antagandet att de känsligaste vattendragen är de små vattendragen med begränsad buffertförmåga. Dessa kan lokaliseras genom att modellera permanenta vattendrag på morän utifrån en ackumulation på 10 ha. Den svåra frågan om var källflödena initieras och hur känslig marken är i anslutning till dessa är dock svårare att besvara. Ett säkert antagande är att källflödena ligger uppströms utloppet och figur 5. visar exempel på beräkning av avrinningsområdet vid utloppet till det modellerade permanenta vattendraget.



Figur 5. Modellerad markfuktighet enligt Depth-To-Water utifrån en ackumulation på 1 ha och gräns på avstånd till grundvattenytan på 0.5 m m inom ett avrinningsområde. Starkare blå färg indikerar blötare mark.

I exempel i figur 5 utgörs endast drygt en fjärdedel av avrinningsområdet av blöt och fuktig mark, vilket gör avrinningsområdet till ett trubbigt verktyg att definiera påverkan av skogsbruk och andra störningar som kan tänkas påverka vattendragen nedströms.

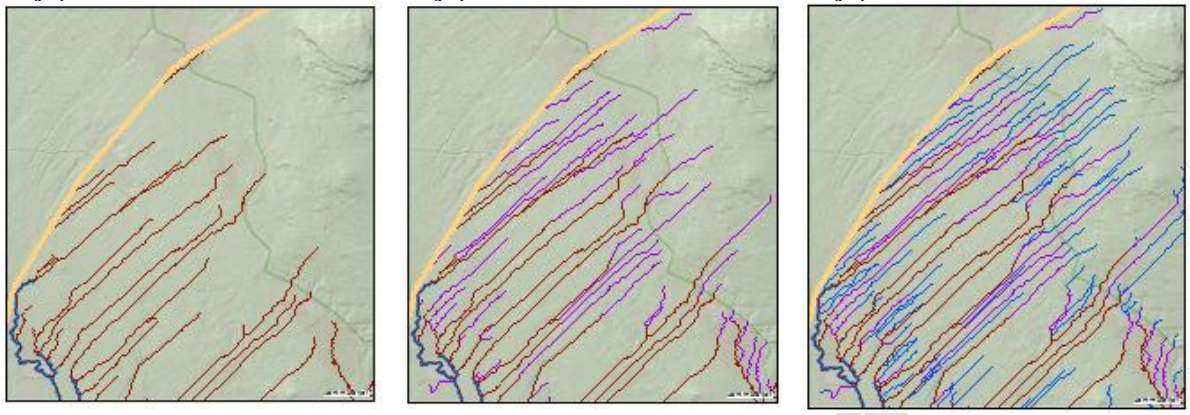
Det finns ännu ingen entydig forskning som besvarar frågan om var källflödena börjar men det finns resultat från bland annat Ågren et al 2014 som indikerar att källflöden anknyter till ett hydrologiskt nätverk uppströms. Bildserien i figur 6 visar hur mycket vatten som finns vid olika hydrologiska situationer under snösmältningen och där vattnet bildar nätverk styrt av topografiska faktorer. I denna studie gör vi antagandet att tillrinningen till källflödena följer det hydrologiska nätverk som uppstår vid de olika flödessituationerna.

Avrinningsområdet till källflödena består av olika typer av mark med varierande jordarter och hydrologiska förutsättningar och därigenom en varierande känslighet för störningar. Inom avrinningsområdet gör vi därför antagandet att det framförallt är den blöta och fuktiga marken i anslutning till det semipermanenta vattendragsnätverket som bidrar till källflödet och att även den marken är känsligt för påverkan, se figur 7.

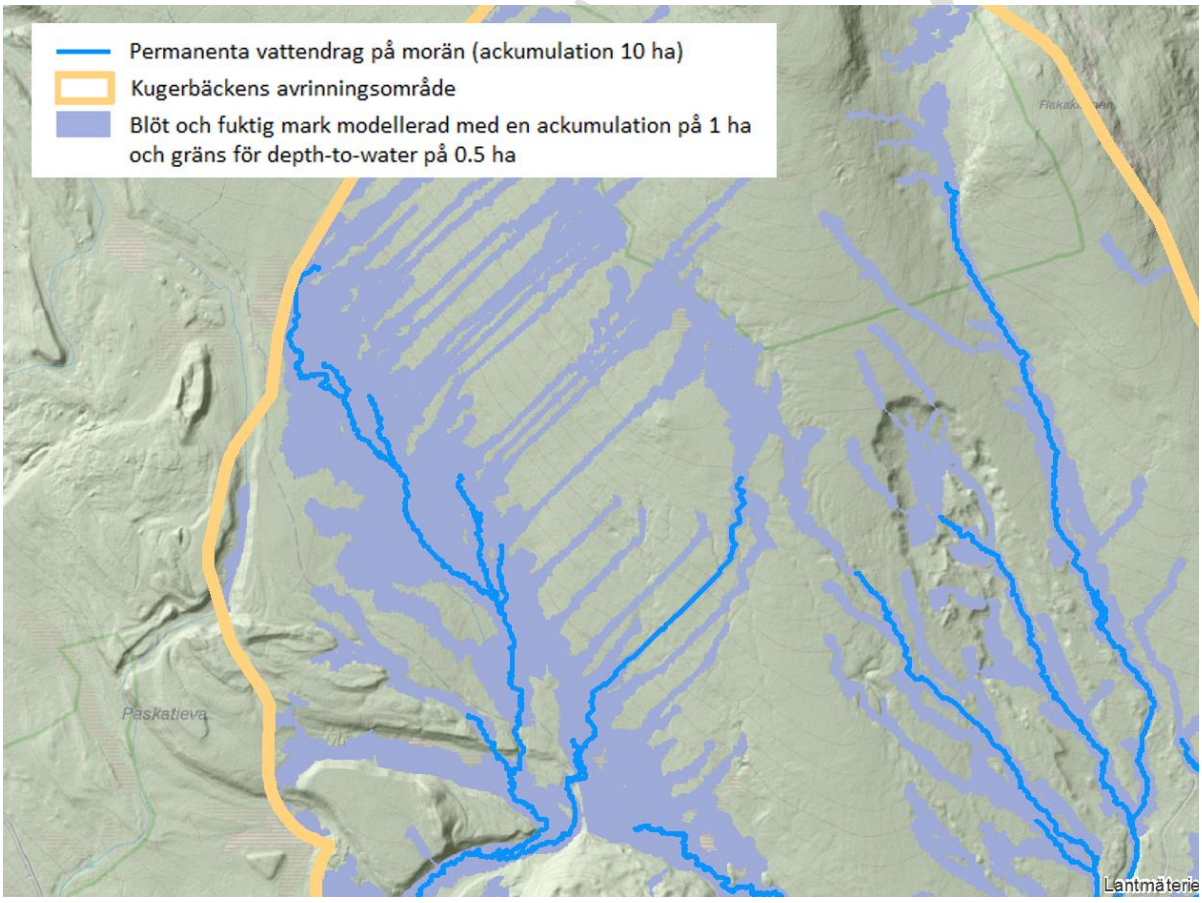
Ackumulation 2 ha (vinröd linje)

Ackumulation 1 ha (lila linje)

Ackumulation 0.5 ha (blå linje)



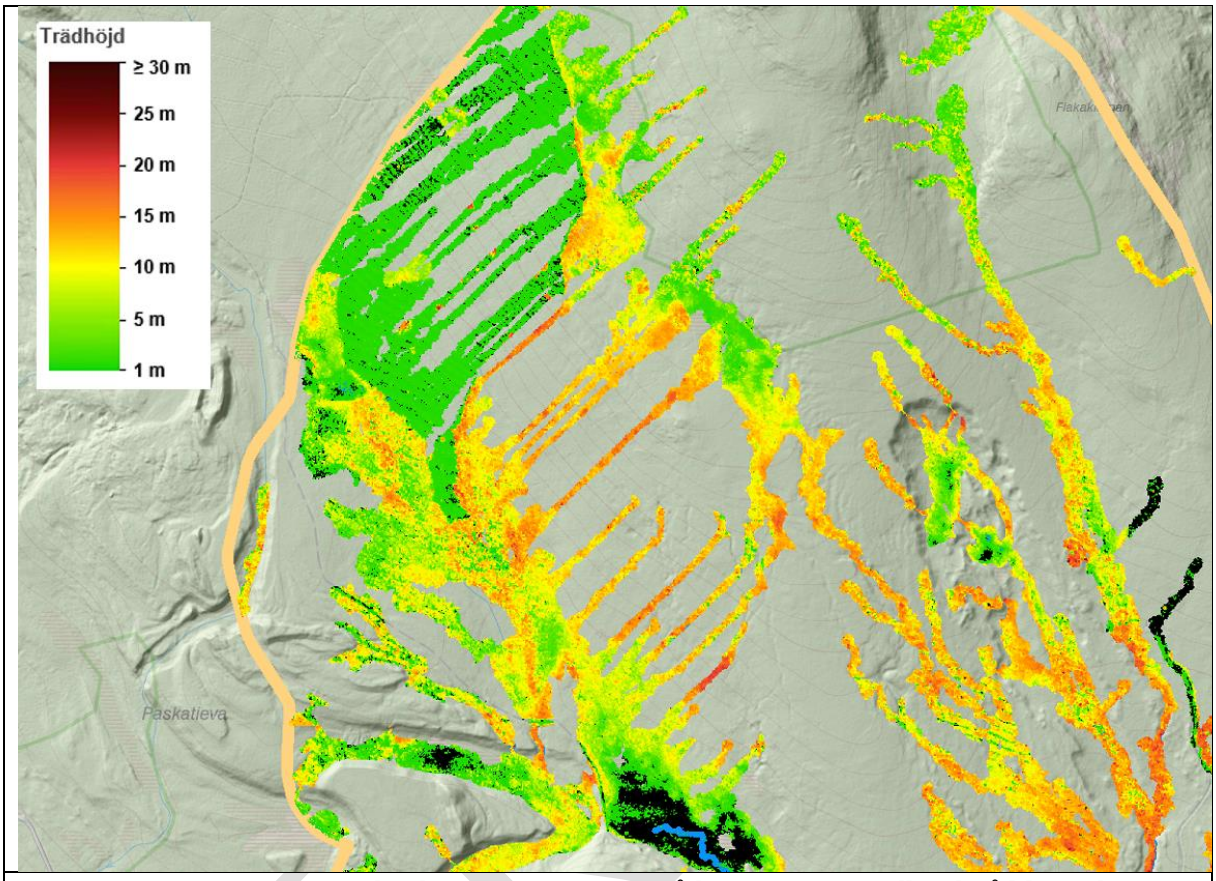
Figur 6. Modellerade vattendrag vid olika hydrologiska situationer, motsvarande olika gränsvärden för ackumulation. Vattendragsnätverket har sin största utbredning under snösmältning men vegetationssammasättningen visar att dessa miljöer är blöta till fuktiga året om.



Figur 7. Blöt och fuktig mark (lila områden) uppströms de permanenta vattendragen på morän (ackumulation 10 ha) vilket utgör potentiella källflöden till de modellerade vattendragen.

Skog på blöt och fuktig mark

Ambitionen var också att försöka beskriva skogen och påverkan av skogsbruk i anslutning till källflödena utifrån Skogliga grunddata, Utförd avverkning och kartering av kontinuitetsskog/potentiell kontinuitetsskog.



Figur 8. Ett utsnitt ur Kugerbäckens avrinningsområde som visar trädhöjd på blöt och fuktig mark vid ackumulation 1 ha och DTW < 0.5.

Kugerbäckens avrinningsområde är 8211 ha.

Resultatet av analyserna visar att avrinningsområdet består till 38.6 % av blöt och fuktig mark vid en modellerad ackumulation på 1 ha och en gräns för dept-to-water på 0.5 m. Av den blöta och fuktiga marken utgör 33 % tidigare känd och karterad öppen och trädbevuxen sankmark enligt SGD Fastighetskartan. Det innebär att ca 66 % av den potentiellt känsliga och tidvis blöta och fuktiga marken finns inte med i något tidigare kartunderlag.

Även om ytavrinning saknas under delar av året vid en ackumulation på 1 ha är marken fortfarande blöt under torrare perioder och fungerar som refug vilket innebär att den har en hög biodiversitet, Ågren et al 2014. Därför kan bra kartunderlag skap förutsättningar för planering av anpassa hänsyn även i dessa områden.

- Andelen blöt och fuktig mark med Utförd avverkning är 7.8 %
- 22.7 % av den blöta och fuktiga marken utgörs av kontinuitetsskog/potentiell kontinuitetsskog, vilket kan indikera förekomst av höga naturvärden
- Drygt 80 % av den blöta och fuktiga marken har en medelhöjd (grundytevägd) på mer än 3 m. Detta fördelars sig på olika typer av skog indelad utifrån trädhöjd, se tabell 1.

Tabell 1. Fördelning av skogstyp utifrån höjdklass på blöt och fuktig mark (vid ackumulation 1 ha och DTW < 0.5) inom Kugerbäckens avrinningsområde.

Trädhöjd	**Typ av skog**	**Andel av blöt och fuktig mark**
3-7 m	Ungskog och hygge, inkl. röjningsskog	14. 7 %
7-14 m	Gallringsskog och skog på lågproduktiva marker såsom skog på myr samt impediment	50. 8%
14-21	Medelålders skog inkl. gallringsskog och äldre skog på myr och impediment	14.7 %
> 21 m	Äldre skog	0.1 %

3. Referenser

Mapping Temporal Dynamics in a Forest Stream Network—Implications for Riparian Forest Management - Forests 2015, 6, 2982-3001; doi:10.3390/f6092982

Ågren, A. M., Lidberg, W., Strömgren, M., Ogilvie, J., & Arp, P. A. (2014). Evaluating digital terrain indices for soil wetness mapping—A Swedish case study. Hydrology and Earth System Sciences, 18(9), 3623–3634. https://doi.org/10.5194/hess- 18- 3623- 2014

Ågren, M. A., Lidberg, W., & Ring, E. (2015). Mapping temporal dynamics in a forest stream network—Implications for riparian forest management. Forests, 6(9), 2982–3001. ttps://doi.org/10.3390/f6092982

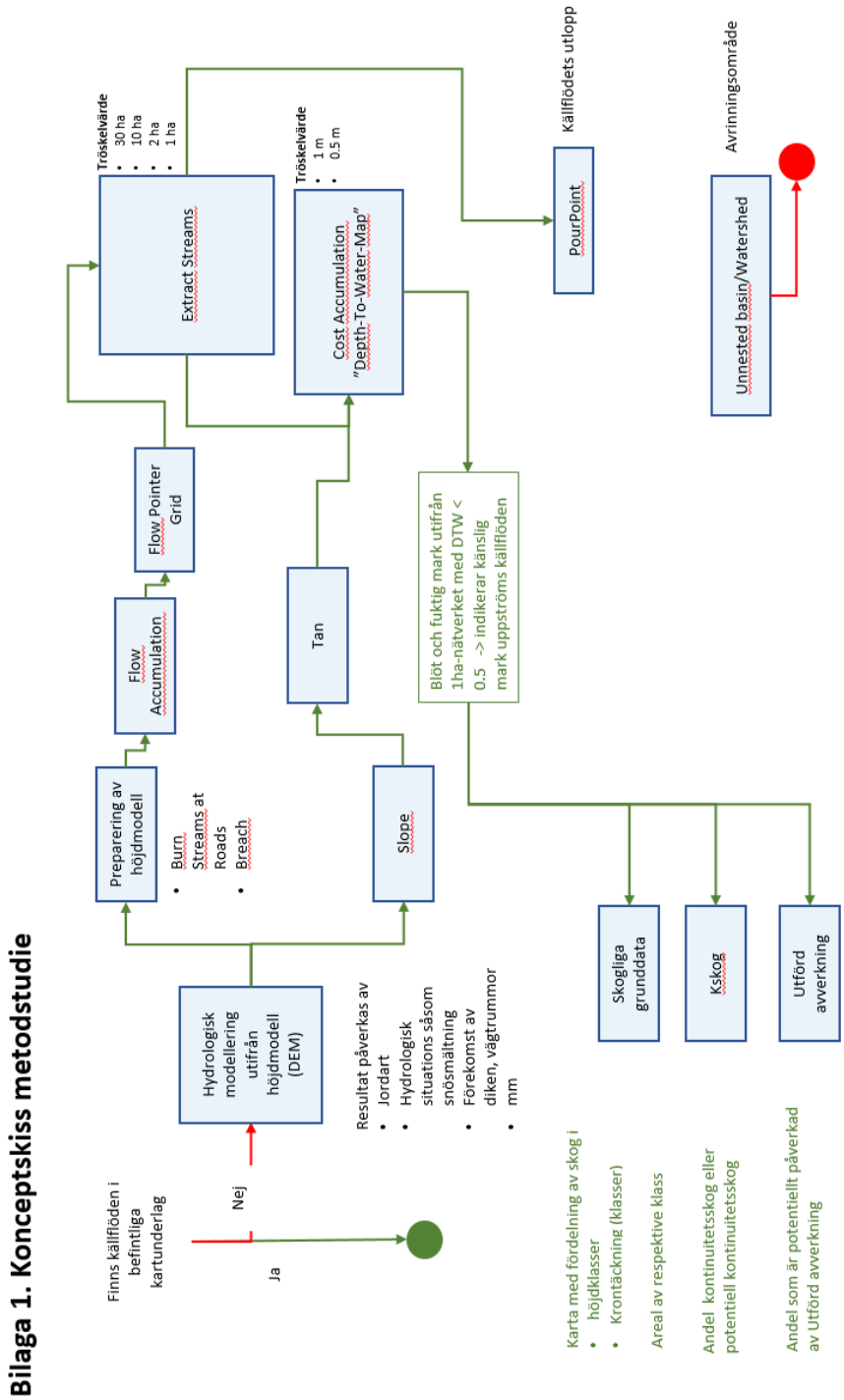
Bishop, K., Buffam, I., Erlandsson, M., Folster, J., Laudon, H., Seibert, J., & Temnerud, J. (2008). Aqua Incognita: The unknown headwaters. Hydrological Processes, 22(8), 1239–1242. https://doi.org/10.1002/hyp.7049

Leach, J. A., W. Lidberg, L. Kuglerova, A. Peralta-Tapia, A. Agren, and H. Laudon (2017), Evaluating topography-based predictions of shallow lateral groundwater discharge zones for a boreal lake-stream system, Water Resour. Res., 53, doi:10.1002/

Lidberg, W., Ågren, A. M.., Nilsson, M., & Lundmark, T. (2017). Evaluating preprocessing methods of digital elevation models for hydrological modelling. Hydrological Processes. 2017;1–9.

UTKAST

Bilaga 1. Konceptskiss metodstudie



SKOGSSTYRELSEN