

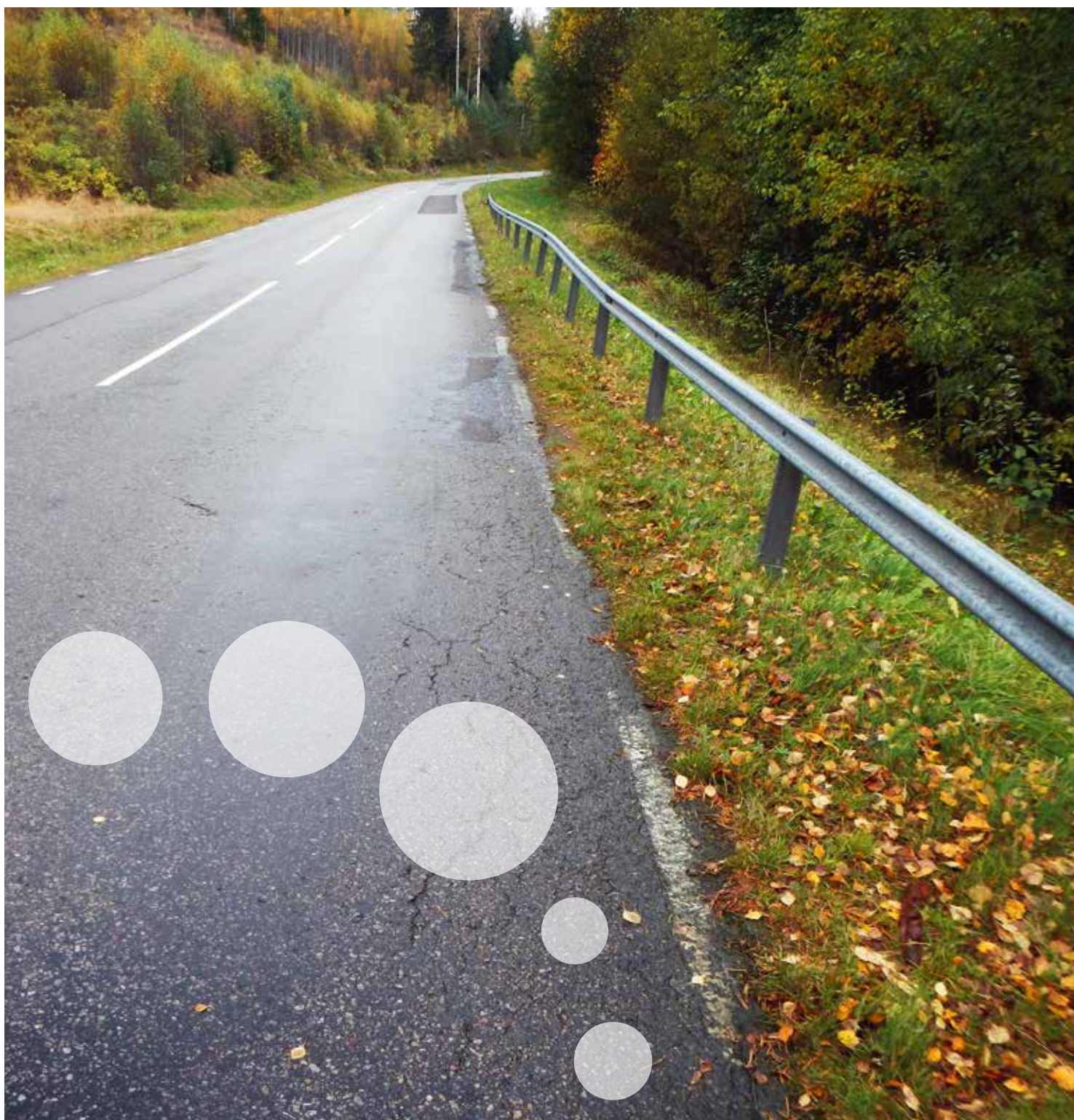


Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap



**NATIONELL  
PLATTFORM**  
för arbete med naturolyckor

# RISKINVENTERING VID VÄG MED HJÄLP AV NATIONELL HÖJDMODELL OCH ANDRA DATABASER





**RISKINVENTERING VID VÄG MED  
HJÄLP AV NATIONELL HÖJDMODELL  
OCH ANDRA DATABASER**

**RISKINVENTERING VID VÄG MED HJÄLP AV  
NATIONELL HÖJDMODELL OCH ANDRA DATABASER**

**Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)**

**Konsult:** Metria AB

**Metria AB ansvarar för innehållet i rapporten.**

**Kontaktpersoner:**

Greger Lindeberg, Metria AB, greger.lindeberg@metria.se

Bo Kristofersson, Trafikverket, bo.kristofersson@trafikverket.se

**Kontaktperson hos MSB:**

Åke Svensson, ake.svensson@msb.se, 010-240 52 87

**Produktion:** Advant Produktionsbyrå AB

**Publ.nr:** MSB624 - januari 2014

**ISBN:** 978-91-7383-397-4

# INNEHÅLL

SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER .....	7
SUMMARY .....	11
INLEDNING.....	15
SAMMANFATTNING AV LITTERATURÖVERSIKT.....	19
<b>1. BESKRIVNING AV INDATA .....</b>	<b>23</b>
1.1 NNH – Ny nationell höjdmodell .....	23
1.2 Digital jordartsinformation .....	24
1.3 Fastighetskartan .....	25
1.4 Ortofoton .....	26
1.5 NVDB – Nationell väg databas .....	26
1.6 Hyggeskartering.....	26
1.7 Skred och ravindatabas .....	28
<b>2. METOD OCH RESULTAT .....</b>	<b>31</b>
2.1 Höga vägbankar .....	31
2.2 Hydrologi.....	37
2.3 Vägtrummor.....	42
2.4 Övriga underlag.....	45
<b>3. TEKNISK PLATTFORM OCH VISUALISERING VID TEST I FÄLT .....</b>	<b>49</b>
<b>4. FÄLTINVENTERING .....</b>	<b>51</b>
4.1 Driftområde Bergslagen .....	51
4.2 Geoteknisk fältinventering .....	53
4.3 Sammanfattning av fältdiskussion .....	55

5. DISKUSSION OCH REKOMMENDATION .....	57
6. REFERENSER.....	59
BILAGA 1: MODELLER FÖR DATAPROCESSER.....	61
BILAGA 2: LITTERATURÖVERSIKT .....	77
BILAGA 3: FÄLTKONTROLL .....	101







## SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap (MSB) har beviljat medel till att utveckla arbete med riskanalys inom infrastruktur och fysisk planering genom att kombinera den Nya Nationella Höjdmodellen (NNH) med information från andra databaser. Detta projekt ska stärka och utveckla tidigare studier av möjligheter att kombinera information från andra databaser, exempelvis jordarter och avrinningsområden med mera. Projektet ska, förutom att utveckla arbetet med höga vägbankar, även undersöka möjligheter att identifiera andra typer av riskpunkter/områden som kan drabbas av t.ex. ras, skred, erosion, bortspolning och översvämning. I handledningen Riskanalys vald vägsträcka (Vägverket, 2005) betonas vikten av geografiskt relaterade underlag som stöd för inventeringar och bedömningar i fält.

Det statliga vägnätet är omkring 10 000 mil långt och det finns omkring 11 000 mil kommunala vägar samt enskilda vägar med stadsbidrag. Till detta kommer ett stort antal enskilda vägar utan stadsbidrag, så kallade skogsbilvägar. Äldre vägbankar är ofta byggda av sämre materiel, vilket gör att vägbanken kan ha olika kvalitet i olika områden. Vägbankar uppbyggda av sämre material kan därmed utgöra en riskfaktor vid extrema vädersituationer med till exempel stora nederbörds mängder under kort tid. Ett problem som ofta är kopplat till detta är att dränering och vägtrummor blockeras eller sätts igen. Detta i sin tur pekar vidare på nästa problem; alla vägtrummor finns inte koordinatsatta och identifierade, i synnerhet inte längs äldre vägar. Det övergripande syftet med det här projektet är att ta fram underlag som underlättar identifiering av områden längs vägen som kan vara mer utsatta för risker än andra.

Under perioden 2010–2012 har tre projekt genomförts vilka varit inriktade på att identifiera riskpunkter vid väg- och järnväg med hjälp av förädlade geografiska data. Den första pilotstudien var inriktad mot att ta fram höga vägbankar vilka i sig kan innebära en ökad risk för erosion, bortspolning eller ras. De följande studierna fördjupade analysen kring de höga vägbankarna samt lade till analyser av de hydrologiska förhållandena i vägens närhet. Sammantaget ger projekten möjlighet att peka ut lägen vid vägen som borde dräneras från vatten och därmed också sannolika lägen för vägtrummor eller andra dränerade konstruktioner.

I projektarbetsgruppen har personer från Trafikverket, Metria samt Trafikverkets inhyrda konsulter ingått. Produktion av geografiska underlag samt fältkontroll gjordes i Trafikverkets driftområde Bergslagen, som till största delen ligger i Värmlands län.

Översiktligt kan projektet delas in i fyra faser:

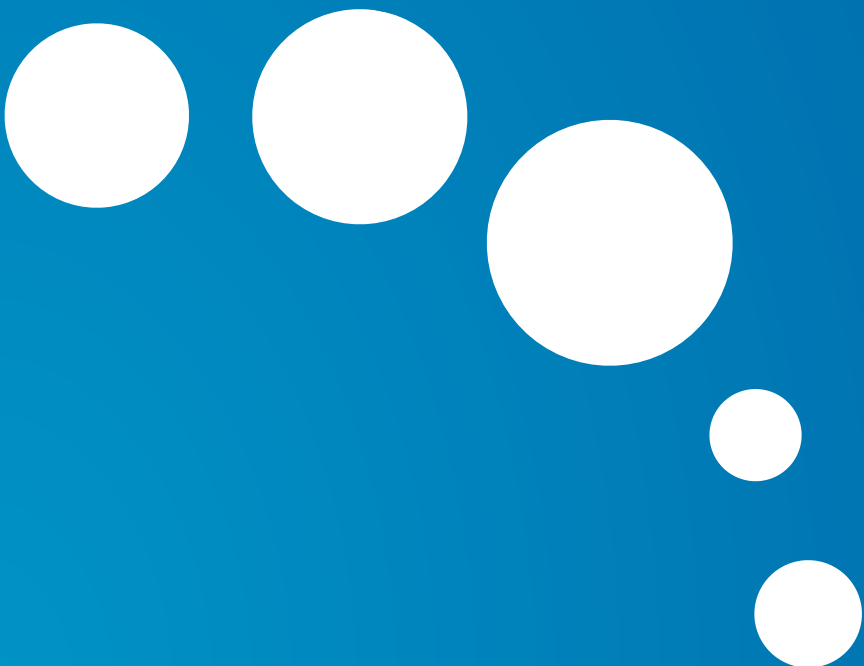
1. **Inledningsfas** – Detta arbete inleddes under våren 2012 med sammanställning av litteratur och workshops om naturrelaterade risker vid vägar och järnvägar. De som deltog i detta arbete var referensgruppen, med representanter från SGU, SGI, SKL, Skogsstyrelsen, KTH och Lantmäteriet. Syftet med inledningsfasen var att identifiera de viktigaste underlagen och att få in synpunkter från referensgruppen.
2. **Produktionsfas** – Samtliga underlag till studie och fältkontroll togs fram.
3. **Implementeringsfas** – De geografiska underlagen lagrades i Trafikverkets databaser och visualiserades med hjälp av karttjänster.
4. **Fältkontroll och utvärdering** – Bedömningar av risk gjordes av Trafikverkets geotekniker, konsulter och personal från driftområdet.

Inventeringen i fält genomfördes med hjälp av dator och GPS. Den geotekniska inventeringen riktade i första hand in sig på följande riskindikatorer:

- Höga vägbankar av jord
- Branta vägslänter
- Trummor, svallis
- Vägbankar på sidolutande terräng
- Erosion av vattendrag

Erfarenheterna från fältkontrollerna visar att de geografiska underlagen som tagits fram inom projektet kan underlätta en inventering i fält. Underlagen kan eventuellt också underlätta prioriteringar vid inventeringar. Resultatet visar också på vikten av att underlagen visualiseras på ett tydligt och enkelt sätt. När många lager visas samtidigt är detta extra viktigt. Fortsatt arbete bör inriktas mot att underlätta användningen av underlagen genom samverkan med användarna. Resultaten från inventeringen av vägtrummor visar att cirka 80–90 % av trummorna återfinns inom de områden som pekas ut som potentiella lägen. Längs vissa flacka vägsträckor blir ganska långa sträckor längs vägen markerade, vilket gör det svårt att med precision identifiera lägen för vägtrummorna. Här finns en förbättringspotential i att göra urval ur materialet som kan öka precisionen.





## SUMMARY

With financial support provided by the Swedish Civil Contingencies Agency (MSB), research into the identification of steep road and rail embankments using the New National Digital Elevation Model (NNH) could be expanded. This project builds upon previous studies investigating to the possibility of combining land elevation information with various other data sources, e.g. soil types and catchment basins. In addition to the method development pertaining to steep road and rail embankments, techniques to automatically identify places or areas with an increased risk factor (e.g. landslides, rock falls, erosion, weathering and undercutting of roadbeds, floods) were investigated. In the document, "Riskanalys vald vägsträcka" (Vägverket, 2005) the importance of providing support material with relative geographical information to field investigations and assessments is stressed.

The national network of roads exceeds 100 000 km. In addition to this, an estimate for county, local, private is on the order of 110 000 km. An unknown, but large number of forest roads also exist. Old road embankments are often constructed with material at-hand (i.e. sand, clay, stones in the vicinity), which results in embankments of varying degrees of quality and stability depending on the area in question. Road embankments built with local bedding material, therefore, can be at risk during extreme weather events, such as heavy downpours. Drainage is a problem that often is associated with this in that road culverts can become blocked or even filled in. This leads into the next dilemma: there is no complete set of information (analog or digital) listing the road culverts with either an ID or geographical coordinates, especially along the older roads. The overall aim of this project is to provide support material that aids in the identification of areas along the road that can have an increased risk for the above mentioned factors.

Between 2010 and 2012, three projects aimed at identifying points of risk along the roads and railways with help of processed and refined geodata have been completed. The first pilot study was focused on identifying the steepest embankments, which of itself can be an indicator for increased risk for erosion, undercutting or landslides. The follow-up studies built upon the results of the first and included analyses of the hydrological dynamics in the vicinity of the road. Taken together this even gives the possibility to point of specific spots along the road that should be drained and thus indicate a likely place for a culvert or other type of draining structure.

Persons from Swedish Transportation Administration (Trafikverket) and Metria, as well as Trafikverket's outside consultants have all actively partaken in this project. The production of geographic support material and the field visit was conducted in the Bergslagen operational area, which is almost entirely situated within Värmland County.

In general, the project can be divided into four phases:

1. Preparatory phase – This work was initiated during the spring 2012 and involved the collection of relevant literature and workshops of nature-related risks along roads and railways. Representatives from the Geological Survey of Sweden, Swedish Geotechnical Institute, Swedish Association of Local Authorities and Regions, Swedish Forestry Agency, Royal Institute of Technology and Lantmäteriet participated in this part of the project as a reference group. The goal of the preparatory phase was to identify the most important and relevant reference material and to get feedback and comments from the reference group.
2. Production phase – All of the support and reference material and field assessments were collated.
3. Implementation phase – The geographical support material was incorporated into Trafikverket's databases and could be visualized with the help of a Web Map Service.
4. Evaluation phase – The assessment of risks was done by Trafikverket's geo-technicians, consultants and personnel who work within the Bergslagen operational area.

The inventory of drainage culverts was done in the field with help of computers and GPS. The geotechnical inventory was primarily targeted towards the following risk indicators:

- Steep embankments made of soil;
- Steep slopes;
- Culverts and the presence of frozen water/icicles around the openings;
- Embankments on sloping terrain;
- Erosion of water bodies.

The results of the field exercises show that the geographical support material can greatly aid the field inventory. This material can ultimately be instrumental to prioritize the inventories. The results also show the benefit of providing visual support material in a clear and simple manner. This is particularly important when several layers are simultaneously shown. Continued work should aim at easing the use of the support material through dialog with the users.

The results from the culver inventory indicate an 80–90 % success rate in pointing out likely places for culverts (i.e. there were culvert where the analysis indicated). Along certain flat stretches of roads, long sections of the road were indicated, which make it difficult to precisely pinpoint a likely location for a culvert. This is one area that has significant potential for improvement and increased precision.







## INLEDNING

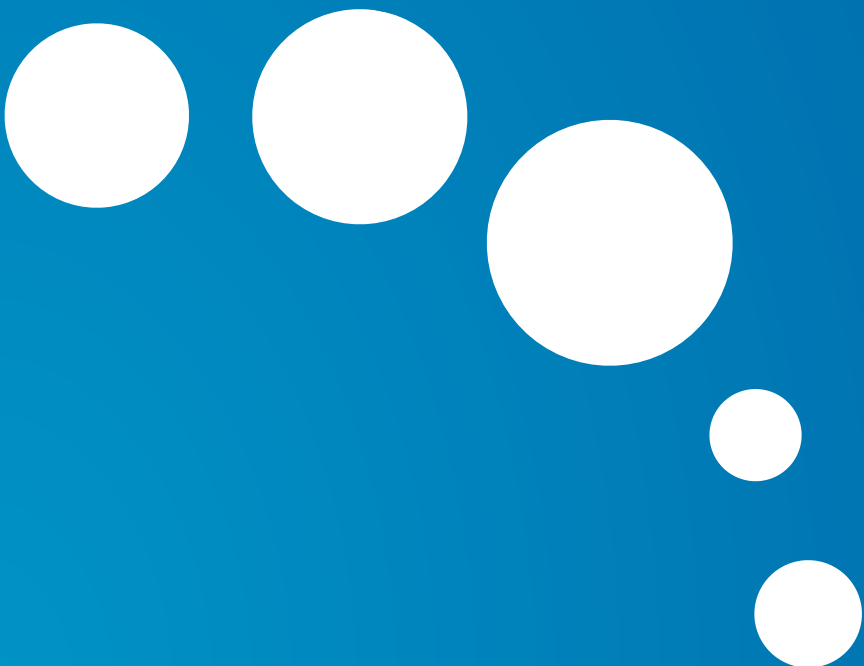
Årligen sker ett stort antal naturrelaterade olyckor längs våra vägar och järnvägar till stora kostnader både för återställande/reparation och i form av samhällsekonomiska konsekvenser. Vid ett förändrat klimat med ökade nederbörds mängder i delar av landet finns ett ökat behov av att inventera och förebygga risk för naturrelaterade olyckor. En av de grundläggande frågeställningarna i detta projekt är hur man ska utnyttja befintliga databaser för att underlätta och förbättra arbetet med riskinventering i samhällsplanering med fokus på vägar och järnvägar. En annan frågeställning är hur man kan använda samma databaser för att med automatik eller semiautomatik identifiera och eventuellt prioritera riskpunkter längs väg- och järnvägsnätet. En målsättning är att visa på möjligheterna att generera enhetliga underlagsdata att användas vid avhjälpande och förebyggande underhåll och förbättringsåtgärder. Under perioden 2010–2012 har tre projekt genomförts vilka varit inriktade på att identifiera riskpunkter vid väg- och järnväg med hjälp av förädlade geografiska data. Den första pilotstudien var inriktad mot att ta fram höga vägbankar vilka i sig kan innebära en ökad risk för erosion, bortspolning eller ras. De följande studierna fördjupade analysen kring de höga vägbankarna samt analyser av de hydrologiska förhållandena i vägens närhet. Projektet bygger vidare på erfarenheterna från dessa ovan nämnda projekt och har bedrivits i fyra faser:

1. **Inledningsfas** – Detta arbete inleddes under våren 2012 med sammanställning av litteratur och workshops om naturrelaterade risker vid vägar och järnvägar. De som deltog i detta arbete var referensgruppen, med representanter från SGU, SGI, SKL, Skogsstyrelsen, KTH och Lantmäteriet. Syftet med inledningsfasen var att identifiera de viktigaste underlagen och att få in synpunkter från referensgruppen.
2. **Produktionsfas** – Samtliga underlag till studie och fältkontroll togs fram.
3. **Implementeringsfas** – De geografiska underlagen lagrades i Trafikverkets databaser och visualiserades med hjälp av karttjänster.
4. **Fältkontroll och utvärdering** – Bedömningar av risk gjordes av Trafikverkets geotekniker, konsulter och personal från driftområdet.

Projektet har finansierats genom MSB:s anslag för krisberedskap 2:4. Arbetsgruppen har bestått av Bo Kristofersson (Trafikverket), Johan Schärdin (Trafikverket), Tommy Knappe (Konsult), Greger Lindeberg (Metria), Sara Wiman (Metria) och Michael Ledwith (Metria). Referens- och styrgrupp har bestått

av Stigbjörn Olovsson (Lantmäteriet), Bengt Rydell (SGI), Stefan Falemo (SGI), Jan Fallsvik (SGI), Barbro Näslund Landenmark (MSB), Anna Hedenström (SGU) och Emilie Gullberg (SKL). Bo Kristofersson har varit projektledare vid Trafikverket och Greger Lindeberg på Metria. Utöver detta har ett antal personer från Trafikverket samt inhyrda konsulter deltagit i arbetet med fältkontroll och utvärdering.





## SAMMANFATTNING AV LITTERATURÖVERSIKT

De flesta naturrelaterade risker som kan påverka infrastruktur och vägar är på olika sätt kopplade till vatten eller nederbörd. Intensiv nederbörd kan initiera eller orsaka erosion av vägbankar, slamströmmar, översvämningar eller skred. De flesta analyser avseende denna typ av problematik kräver relativt noggranna höjddata. Därför innebär den nya nationella höjddata modellen (NNH) betydligt bättre möjligheter att kunna göra olika analyser kopplade till hydrologi än tidigare fritt tillgängliga data.

*Klimat- och sårbarhetsutredningen* (Bilaga 14, 2007) ger en mycket heltäckande översikt över risk och effekter av erosion, ras och skred till följd av ett förändrat klimat. Här finns ett samlat grepp om problem och förslag till lösningar, samt kopplingar till infrastruktur och fysisk planering.

Litteraturstudien i den här rapporten är bara ett urval av all den vetenskapliga litteratur och andra rapporter som är relaterade till risk och sårbarhet vid naturolyckor. Tyngdpunkten ligger på riskanalyser vid vägområdet vilket kopplar till de tidigare projekten "Utvecklad riskanalys med Ny Nationell Höjddata Modell (NNH)" och "NNH för identifiering av höga vägbankar och vägtrummar". Dessa är inte publicerade men metoderna som beskrivs i denna rapport är en vidareutveckling av det arbete som gjordes i de tidigare projekten. Det finns också en stark koppling till studier gjorda vid KTH av Kalhantari (2011) och Daeminezhad (2011). Många likheter i ansats finns också i det så kallade "Blue Spot" – konceptet utvecklat i Danmark. Det finns en rad olika typer av risker att ta hänsyn till vid vägutbyggnad och underhåll av vägar. Det som redovisas i denna studie är i första hand riktat mot risker som finns i det redan befintliga vägnätet. I en av de danska "Blue Spot"-rapporterna (Danish Road Institute, 2010) konstateras det att bristande underhåll ofta är orsaken till olika problem vid vägen. Det finns också samstämmighet om att det behövs bra digitala underlag för att kunna inventera vägområden med avseende på risk (MSB 2008, Vägverket 2005). Exempel på sådana underlag är digitala höjddata modeller, jordartsinformation, markanvändning, geotekniska förhållanden och nederbördsdata. Analyser baserade på den här typen av information kan utgöra en bra bas för att avgöra om fördjupade analyser bör göras vid något avsnitt. I sin tur kan detta vara styrande för var eventuella åtgärder bör sättas in. I två rapporter från SGI beskrivs hur användandet av digital höjddata sker för att kartlägga skred- och stabilitetsproblem (Fallsvik, 2007, I och II). Dock kommer

det med stor sannolikt aldrig vara möjligt att avgöra var nästa skada kommer att ske på grund av en rad mer eller mindre kända variabler. Exempelvis kan nämnas att extrem nederbörd kan uppträda mycket lokalt, vilket innebär att eventuella skador blir mycket lokala.

I *Riskanalys vald vägsträcka* (Vägverket 2005) finns en riskhanteringsmodell beskriven. I denna ingår stegen Riskidentifiering, Riskvärdering och Verkställande. För riskvärderingen används bland annat en så kallad riskmatris. Denna väger samman sannolikheten för att en viss skadehändelse ska inträffa med förväntade konsekvenser och ger därmed ett underlag för prioriteringar. Denna litteraturstudie har fokuserat på den första delen, d.v.s. riskinventeringen.

En av de grundläggande frågeställningarna i detta projekt är hur befintlig information och databaser för riskinventering ska kunna utnyttjas. En annan är hur det, automatiskt eller semiautomatiskt, är möjligt att ta fram enhetliga underlag att basera en riskinventering på. Dessa frågeställningar är inte självklara att besvara, men denna översikt kan hjälpa till att peka ut färdriktningen. En ansats som beskrivs i "Blue Spot" – konceptet bygger på flera steg för att göra stegvis fördjupade analyser av risk. Liknande förhållningsätt återfinns i arbeten av Kalhantari (2011) och Daeminezhad (2011).







# 1. BESKRIVNING AV INDATA

## 1.1 NNH – Ny nationell höjdmodell

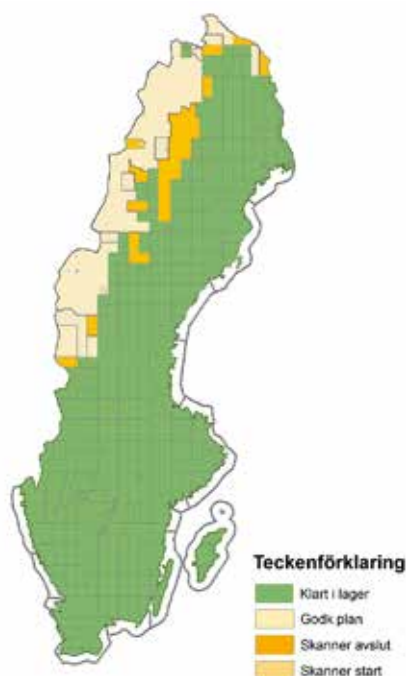
Målsättningen är att med högupplöst laserdata som grund skapa en rikstäckande höjdmodell. Planerad tid för genomförande är ca 6 år med fokus på skanning de fyra första åren (2009-2012). Framväxten av höjdmodellen redovisas på Lantmäteriets hemsida. Se <http://www.geolex.lm.se> under Geografiska databaser/Höjd-information/Ny nationell höjdmodell.

Produkterna inom NNH utgörs av:

- punktmoln med XYZ för varje mätt laserpunkt
- grid med 2 m upplösning interpolerat från markpunkter i punktmolnet<sup>1</sup>.

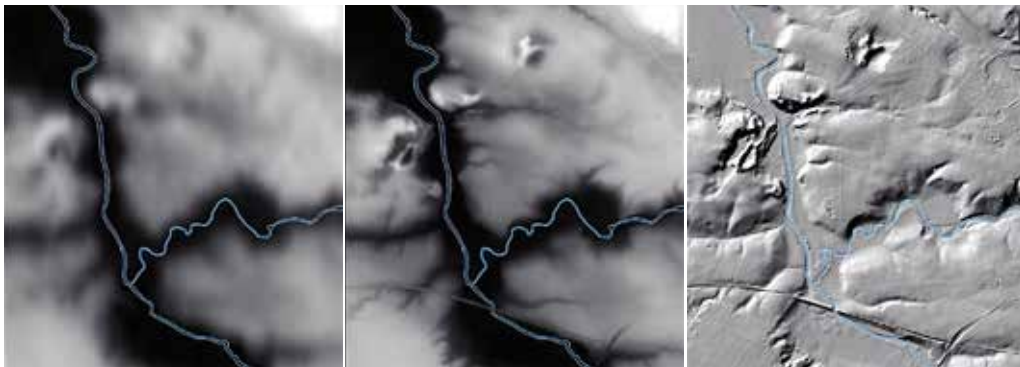
Till detta levereras metadata som redovisar tillkomst- och bearbetningshistorik.

Leverans av NNH-data 2 meters-grid från Lantmäteriet utgörs av rar-komprimerade ascii-filer, 2,5 x 2,5 km, med 2 meters upplösning. NNH punktmoln levereras i LAS-format, ett binärt sekventiellt format, vilken är den de facto standard som gäller för laserdata. Även dessa ligger i 2,5 km-rutor.



Figur 1. Skanningstatus vecka 45 2013. Stora delar av landet finns nu tillgängliga för användning (grönt).

1 Lantmäteriet, 2010: Produktbeskrivning GSD-Höjddata, grid 2+.



**Figur 2.** Från vänster till höger detalj ur den gamla 50 m-modellen, NNH grid 2+ samt terrängskuggning baserad på NNH grid 2+.

Noggrannheten i höjd hos enskilda laserpunkter är normalt bättre än 0,1 m på plana hårdgjorda ytor (kravet är bättre än 0,2 m). Lokalt kan noggrannheten bli betydligt sämre, till exempel i områden med starkt sluttande terräng eller svårdefinierad marknivå. I områden med tät skog blir dessutom punkttätheten på mark lägre, vilket gör att små terrängformationer kan gå förlorade.

Noggrannheten hos enskilda laserpunkter är normalt sämre i plan än i höjd. Fotavtrycket eller träffytan på marken är ca 0,5 m<sup>2</sup>. Kravet på noggrannheten i plan är att felet ska vara mindre än 0,5 meter. I normalfallet är felet mindre än 0,3 m. I någorlunda plan terräng är detta inget problem, men i starkt sluttande terräng inverkar detta på noggrannheten i höjd, som därför försämras när lutningen ökar.

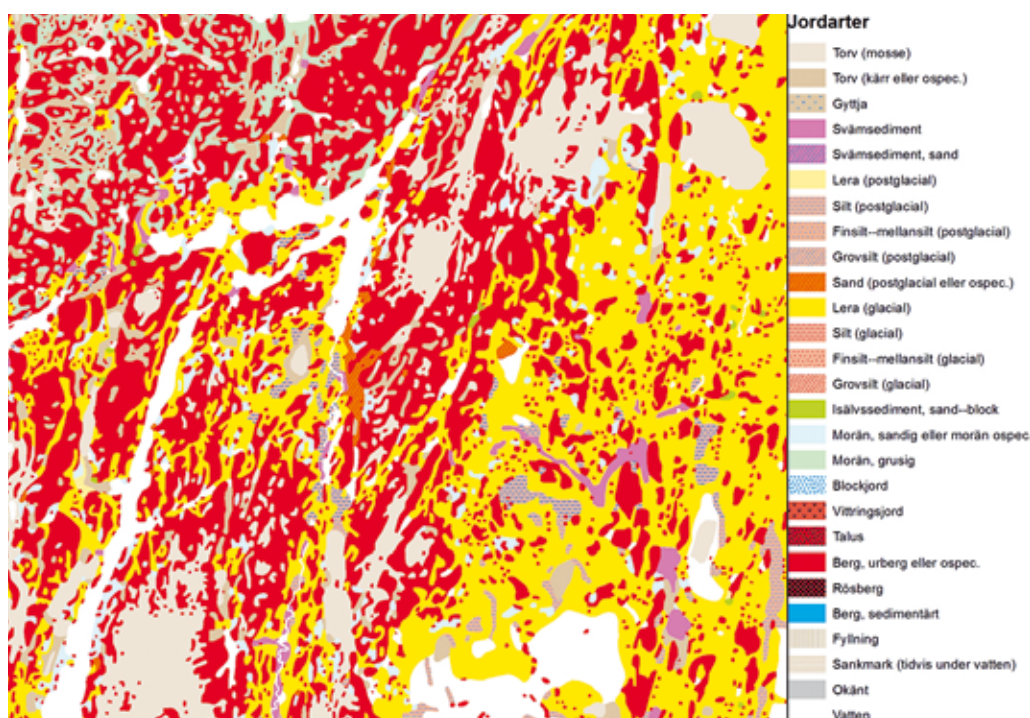
## 1.2 Digital jordartsinformation

Inom studieområdet förekommer två olika produkter från SGU:s jordartsdatabaser, karta i lokal respektive regional skala.

### 1.2.1 Lokal skala

Kartläggningen föregås av tolkning av IR-färgbilder i skala 1:30 000. Resultatet av flygbildstolkningen överförs till arbetskartor, som normalt är den ekonomiska kartan i skala 1:10 000 eller ortofoto. Vid kartläggningen i fält sker en kontroll av de flesta på kartan utskilda ytorna. Kompletteringar och ändringar av konturer och jordartsbedömningar införs successivt på arbetskartan. Jordartsobservationer utförs med hjälp av bl.a. stickspjut och det är jordarten på ca 0,5 meters djup, d.v.s. jordarten under det av vittring och odling påverkade ytlaget som kartläggs.

Kartbilden är generaliserad för att öka läsbarheten i skala 1:50 000 (Figur 3). Detta gäller såväl konturläggningen som jordartsindelningen. Av reproduktionstekniska skäl har de minsta ytorna på kartan en diameter som motsvarar 50 meter i naturen. Kartbilden ska så långt möjligt återspegla områdets allmänna geologiska karaktär. Exempel på generaliseringar är t.ex. att flera små närliggande hållar kan sammanslås till en stor håll. Små hållar eller



Figur 3. Jordartskarta från SGU. Kartläggningen utförs av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).

sedimenttytor liksom små ytor av en avvikande jordart kan utelämnas eller en ensamt liggande liten häll, eller en liten, men för den geologiska bilden väsentlig jordartsyta förstoras i kartbilden. Inom områden med små ytor av olika jordarter redovisas den dominerande jordarten. Är jordarten tunnare än 0,5 meter redovisas den normalt inte. Kartläggningen utförs av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).

### 1.2.2 Regional skala

I likhet med kartläggningen i lokal skala föregås fältkontrollen av tolkning av flygbilder. Dock sker fältkontrollen främst längs vägnätet. Presentations-skalan är normalt 1:200 000 för dessa kartor.

## 1.3 Fastighetskartan

Fastighetskarta finns i raster- eller vektorformat med olika informations-skikt. Produkten är anpassad för visning i skalområdet 1:5 000 – 1:20 000, GSD-Fastighetskartan bygger på Lantmäteriets grundläggande geografiska databaser där informationen har samlats in med olika kvalitet gällande lägesnoggrannhet, innehåll och aktualitet.

Ajourhållningen sker dels periodiskt i Lantmäteriets egen regi, dels mer kontinuerligt i samverkan med andra statliga myndigheter, kommuner och organisationer. Insamlingsmetoder som används inom egen regi är framförallt tolkning i flygbilder i stereo eller ortofoto. Aktualiteten i olika områden beror därför på bildförsörjningsprogrammet (Lantmäteriet) och de avtal som finns med samverkansparterna.

I denna studie har fastighetskartans information om vattendrag använts som indata till den hydrologiska modellen. Större vattendrag redovisas som vatten (sjöar och större vattendrag) och ingår i markdataskiktet. Mindre vattendrag (< 6 meter breda) finns som linjer och ingår i skiktet med hydrografiinformation.

För geografisk täckning se Geolex på [www.geolex.lm.se](http://www.geolex.lm.se)

## 1.4 Ortofoton

Ortofoton är radiometriskt bearbetade flygbildsdata som är geometriskt projicerade till en ortogonal kartprojektion, med stöd av en höjdmodell. I ett ortofoto påverkas inte skalan eller avståndet mellan punkter av terrängens variation, så som fallet är i en flygbild där centralprojektion råder. Från och med 2006 framställs och lagras ortofoton i filer om 5 x 5 km rutor respektive 2,5 x 2,5 km rutor anpassade till referenssystemet SWEREF99 TM. Både GSD-Ortofoto och GSD-Ortofoto tätort levereras i filer enligt de rutor de lagras i, men kan även beställas i valfritt utsnitt, med min-max koordinater. Vid produktion av GSD-Ortofoto är flyghöjden normalt 4800 meter vilket ger 0,5 meters upplösning i bilderna. Ett urval av tätorter fotograferas från 2500 meters höjd vilket ger en upplösning på 0,25 meter och har då namnet GSD-Ortofoto tätort. Ortofoton finns tillgängliga som svartvita, färg och infraröd färgbilder. De infraröda färgbilderna används ofta för kartering av markslag och vegetation.

## 1.5 NVDB – Nationell väg databas

Nationell Vägdata (NVDB) är en heltäckande vägdata för Sverige. Det innebär att alla allmänna vägar, gator, torg, färjeleder och andra leder eller platser som används för trafik med motorfordon ska ingå. Gång- eller ridbanor ingår ej i NVDB. Inte heller traktorvägar, skoterleder eller tillfälliga vägar t.ex. isvägar. Hur noga vägens egenskaper beskrivs beror på hur viktig vägen är, sedd ur ett allmänt transportperspektiv.

I databasen finns information om ~ 98 000 km statliga vägar, 40 000 km kommunala vägar och 415 000 km privata vägar (mestadels skogsbilvägar) samt gång- och cykelvägar. Utöver det finns information om 12 000 km järnvägar i den Geografiska Anläggningsdatabasen (GAD).

Alla NVDB-skikt över studieområdena, som levererades i ESRI shape vektorformat till projektet, har använts i analyserna. Småvägar utan angiven vägbredd har inte hanterats inom projektet.

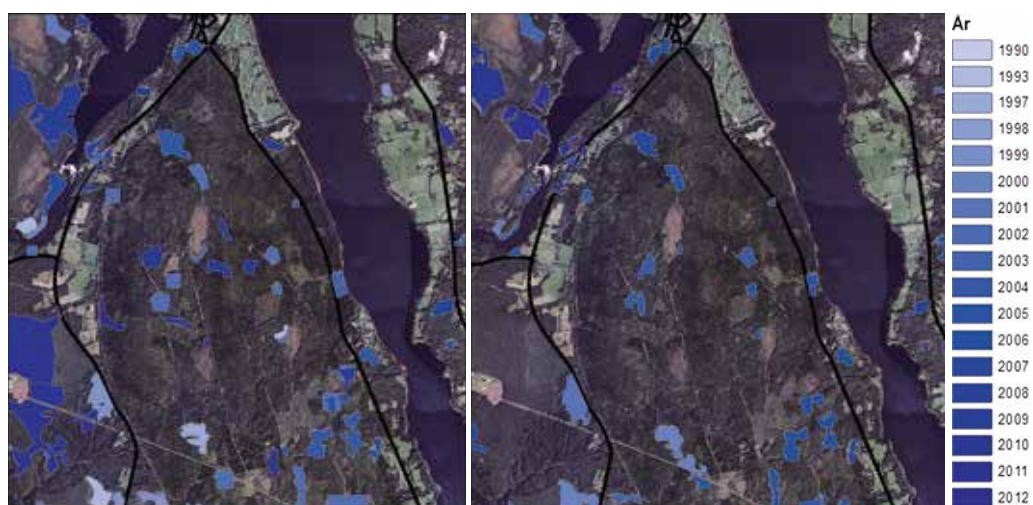
## 1.6 Hyggeskartering

Alla avverkningar större än 0,5 ha måste anmälas i förväg. Skogsstyrelsen har efter anmälan 6 veckor på sig att ge tillstånd till, eller avslå avverkningen. Erhålls inget svar inom 6-veckorsperioden räknas detta som ett godkännande. För det tillståndet studeras avstånd till vattendrag, natur- och kulturintressen. Risk för vägpåverkan, t.ex. avstånd till väg är inte med i checklisten för tillståndsprövning. Efter godkännande har sökanden 3 år på sig att genomföra avverkning.





Figur 4. Utsnitt ur ortofoto 0,5 m upplösning respektive NNH grid 2+ inom driftsområde Bergslagen.



Figur 5. Anmälda avverkningar till vänster och faktiskt genomförda till höger. Ju mörkare blå desto senare år.

Skogsstyrelsen tar kontinuerligt fram nya skikt för avverkningsanmälningar och faktiskt avverkad skog. Dessa är fritt åtkomliga i vektor shape-format via "Skogens källa" på Skogsstyrelsens hemsida. Informationen uppdateras minst en gång i veckan. Hyggesanmälningar innehåller de områden som har anmälts eller ansökts till Skogsstyrelsen för i första hand föryngrings-avverkning.

Skogsstyrelsen karterar hyggen sedan 10 år tillbaka med hjälp av skillnadsanalyser i satellitdata. Faktiska avverkningar läggs in i Hyggesdatabasen, även oanmälda.

"Faktiskt avverkat" baseras på skillnadsanalyser i satellitdata. Uppdatering av detta skikt sker på årsbasis med ett löpande omdrev. Detta innebär att även om skiktet uppdateras en gång i veckan så kommer varje yta i Sverige kanske bara täckas max en gång per år. Datum för satellitregistrering styr vilken tidsstämpel informationen har.

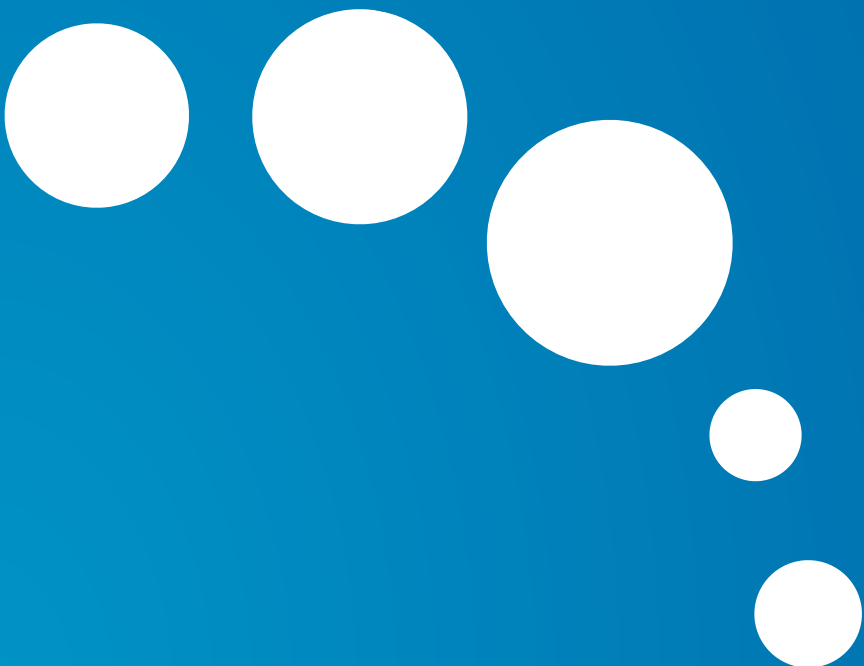
## 1.7 Skred och ravindatabas

Under 2012 lanserades en ny tjänst, av SGU, som visar spår av inträffade jordskred samt raviner i lösa jordlager. Spår av inträffade jordskred kan vara en indikation på att det finns risk att nya skred kan ske i närheten. Informationen tas fram med hjälp av NNH. Tillsammans med jordartskartor och höjddata kan skreddatabasen användas för en översiktlig bedömning av skredkänslighet och markstabilitet. I dagsläget har cirka hälften av Sveriges yta inventerats. Inventeringen fortsätter i takt med att Lantmäteriet tar fram nya höjddata.

De flesta identifierade jordskreden har skett främst på land, men även några på havets botten. Flest jordskred har skett i Göta älvs dalgång, i Bohuslän och i Vänerlandskapen. Jordskreden har oftast skett i lerjordar i dessa områden. I norra Sverige har skred skett i morän.

Kartvisaren visar även raviner, vilka har uppstått genom vattnets erosion i lösa jordlager. Ett område med många raviner tyder på lätteroderade jordar och att det finns risk för dålig markstabilitet.







## 2. METOD OCH RESULTAT

### 2.1 Höga vägbankar

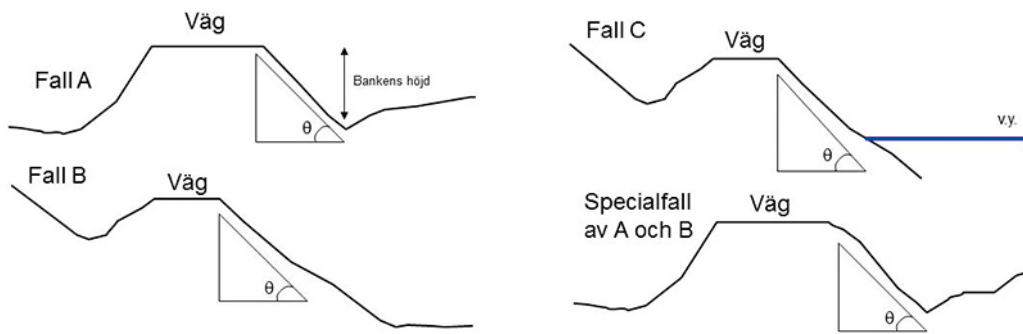
Målet med analys av höga vägbankar är att peka ut riskområden med höga vägbankar, som kan vara extra utsatta vid höga flöden. Vägbankar kan vara särskilt utsatta när höga vattenflöden rinner längs med vägen och underminerar vägbanken eller när vattendrag snabbt fylls på med vatten uppströms och trummorna inte är tillräckligt dimensionerade för flödet. I kombination med skredkänsliga jordarter utgör detta en stor risk. Analysen resulterar i ett GIS-skikt med inringade ytor för varje hög vägbank. Detta skikt kan utgöra ett beslutsunderlag för att prioritera vilka vägsträckor som ska undersökas närmare i fält inför eventuella åtgärder. Vid en djupare analys bör de identifierade vägbankarna granskas tillsammans med jordartskarta och/eller bestämning av materialet i vägbanken, lutningar till och från vägbanken (höjdkurvor eller lutningsbild) och uppskattning av flödena samt konsekvenser om vägbanken skadas.

#### 2.1.1 Kriterier för höga vägbankar

Tre generella fall är intressanta vid analys av höga vägbankar, se Figur 6. I fall A finns det vägbanker på båda sidor om vägbanan, i fall B ligger vägen i en sluttning med en fortsättning av vägbanken i sluttande terräng samt i fall C som symboliserar situationen när vägbanken har en närhet till öppet vatten i form av en sjö eller vattendrag. Både fall A och B kan ha ett öppet vatten på ena sidan. För fall B kan vattnet återfinnas långt ifrån vägen, men ändå räknas som risk när terrängen fortsätter slutta ner mot vattnet.

Trafikverket har under projektets gång granskat mellanresultat och utifrån resultaten och deras erfarenhet av riskobjekt har höga vägbankar definierats enligt följande:

- Vägbank högre än 4 meter och/eller med en lutning större än 22°.
- Sökområde cirka 15 meter ut från vägkant på båda sidor. I de fall sluttningen fortsätter och når ett vattendrag/sjö ska sökområdet utökas för att få med dessa.

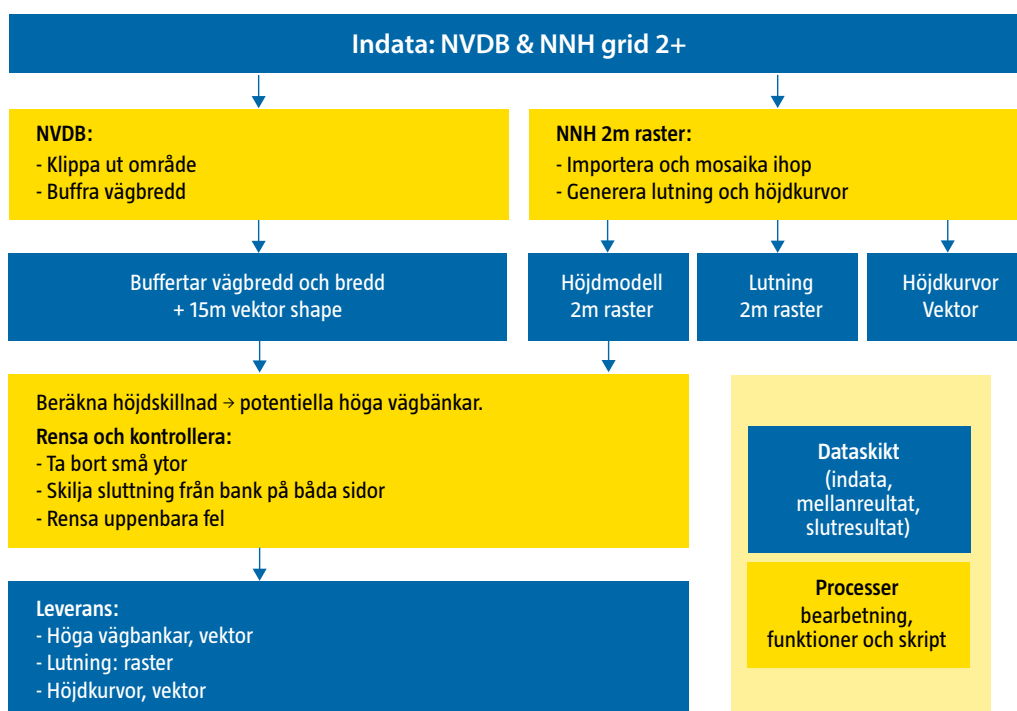


Figur 6. Kriterier för höga vägbankar. Specialfallet visar hur en brant lutning kan börja en bit utanför vägkant.

### 2.1.2 Metod för identifiering av höga vägbankar

Indata till processen är vägnät i vektorform från NVDB och höjddata från NNH i 2 meters raster. Metoden går ut på att leta efter stora höjdskillnader i anslutning till vägnätet. Flera alternativa metoder har provats och den valda metodiken går ut på att skapa en differensbild mellan högsta (max) och lägsta (min) höjdvärden inom 7 x 7-filter (14 x 14 meter) inom ett avstånd på 14 meter från vägkanterna. Differensen mellan min och max ger sedan ett kontinuerligt raster. De sammanhängande områden som har en höjdskillnad på mer än 4 meter extraheras till polygoner (vektor). Medel- och maxhöjdskillnaden för indikationerna ligger till grund för indelning i diskreta klasser; 4–7, 7–10 och > 10 meter, se Tabell 1.

Lutningen, beräknad ur höjddata, är viktig information som används inom flera delar av produktionen. Ju brantare desto högre risk för ras vid höga vattenflöden. Att utgå från lutningen för att avgränsa de höga vägbankarna har testats inom projektet, men resultaten blev inte tillräckligt robusta. Istället behålls informationen om lutningen, som stöd vid detaljerad granskning. Exempelvis beräknas och lagras max- och medellutning inom varje indikation. Även höjdkurvor genererade ur NNH kan användas som stöd vid manuell granskning av resultaten.



Figur 7. Sammanställning av processer och skikt (indata, mellanresultat och slutresultat) vid produktion av höga vägbänkar.

### 2.1.3 Klassindelning höga vägbänkar

Projektet har baserat visualisering av resultaten på en klassindelning beroende på höjdskillnad i tre klasser samt typ av bank (Tabell 1).

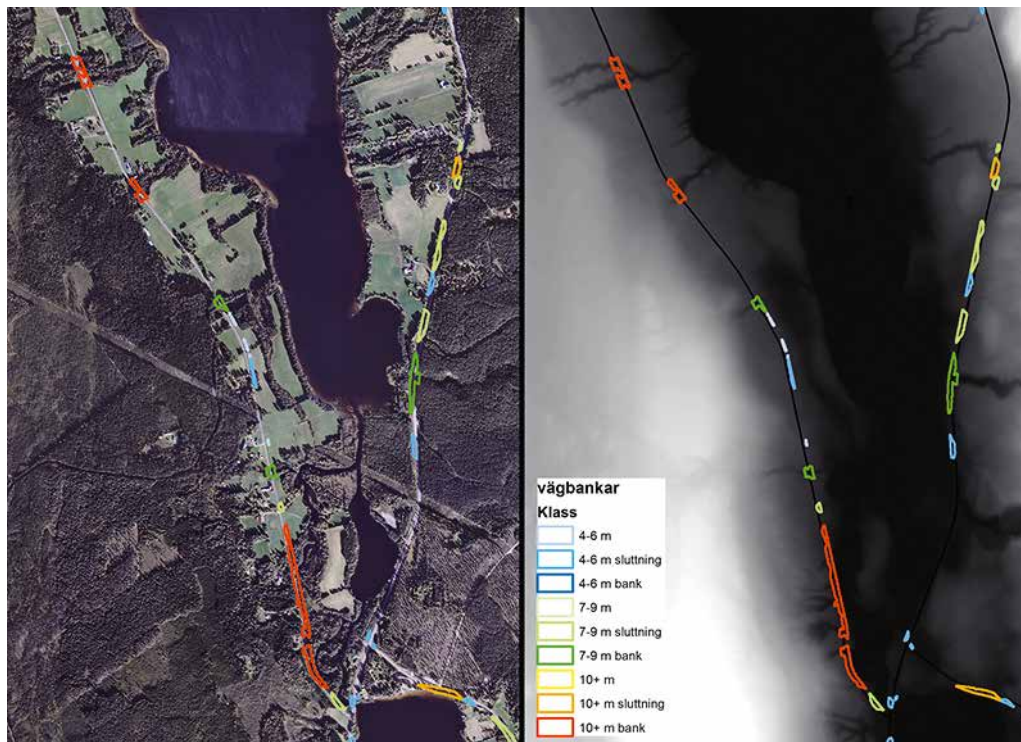
Kod-Höjdskillnad	Beskrivning	Kod-Banktyp	Beskrivning
1	4–7 meter höjdskillnad inom 15 meter utanför vägbana	0	Vid sidan av vägen, ej i direkt kontakt
2	7–10 meter	1	Vägen ligger i sluttning
3	> 10 meter	2	Bank på båda sidor

Höjd	Läge
4–7 meter	utanför vägkant
4–7 meter	sluttning
4–7 meter	bank
7–10 meter	utanför vägkant
7–10 meter	sluttning
7–10 meter	bank
> 10 meter	utanför vägkant
> 10 meter	sluttning
> 10 meter	bank

Tabell 1. Klassindelning för höga vägbänkar. Benämningen "utanför vägkant" syftar till de fall där den starka lutningen börjar en bit utanför vägkanten.

### 2.1.4 Resultat

Figur 8 visar ett område där indikationerna överlagrats ett ortofoto respektive höjdmmodell. Till höjddindelningen kom mer en separation mellan vägbank i sluttning och vägbank på båda sidor. I driftsområde Bergslagen finns ungefär 16 vägbankar högre än 4 m per km väg, varav 4 tillhör de brantare klasserna över 7 m höjd.

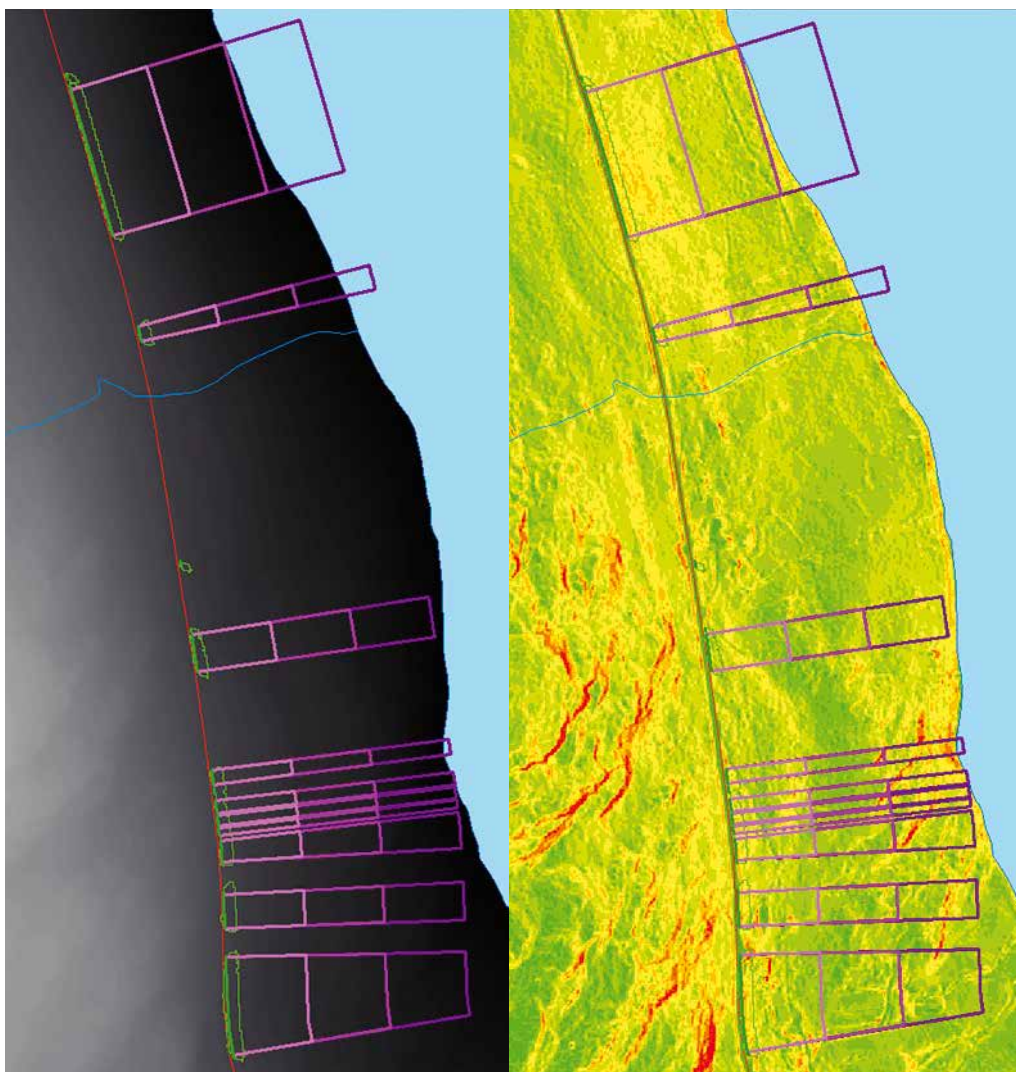


Figur 8. Utsnitt ur driftsområde Bergslagen. De höga vägbankarna är överlagrade ortofoto till vänster respektive NNH grid 2+ till höger.

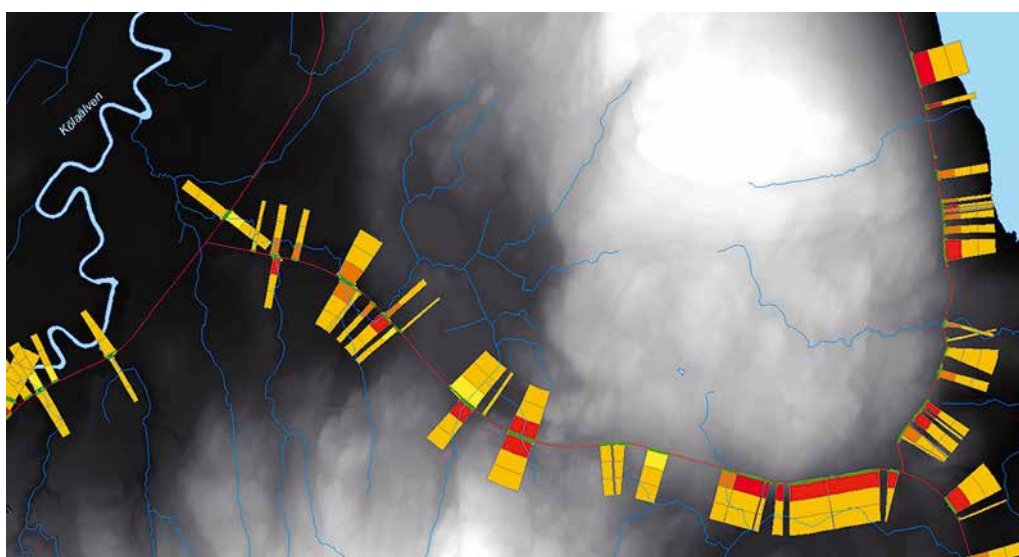
### 2.1.5 Analys av långa sluttningar

I många fall kan en vägbank fortsätta slutta flera hundra meter ner mot ett vattendrag eller en sjö. Dessa är intressanta att peka ut eftersom eftersom de i kombination med känsliga jordarter kan leda till att långa vägvsnitt rasar väldigt långt. Lutningen är en viktig faktor även om det för vissa jordarter inte krävs särskilt brant lutning för att skred ska kunna ske. Projektet har provat att expandera vägvsnitten med indikationer på höga vägbankar för att visa möjligheterna att kombinera med andra data. Denna process är inte med i produktionslinan, men, kan mycket väl läggas till som en fortsättning.

I Figur 9 visas avstånd från hög vägbank till vatten med buffertzonerna 100, 200 och 300 meter. Figur 10 visar medellutningen för varje indikation inom de olika buffertavstånden. Statistik för lutningen inom de olika avsnitten i kombination med analys av närhet till vatten kan ligga till grund för en bedömning av risken för ras eller skred.

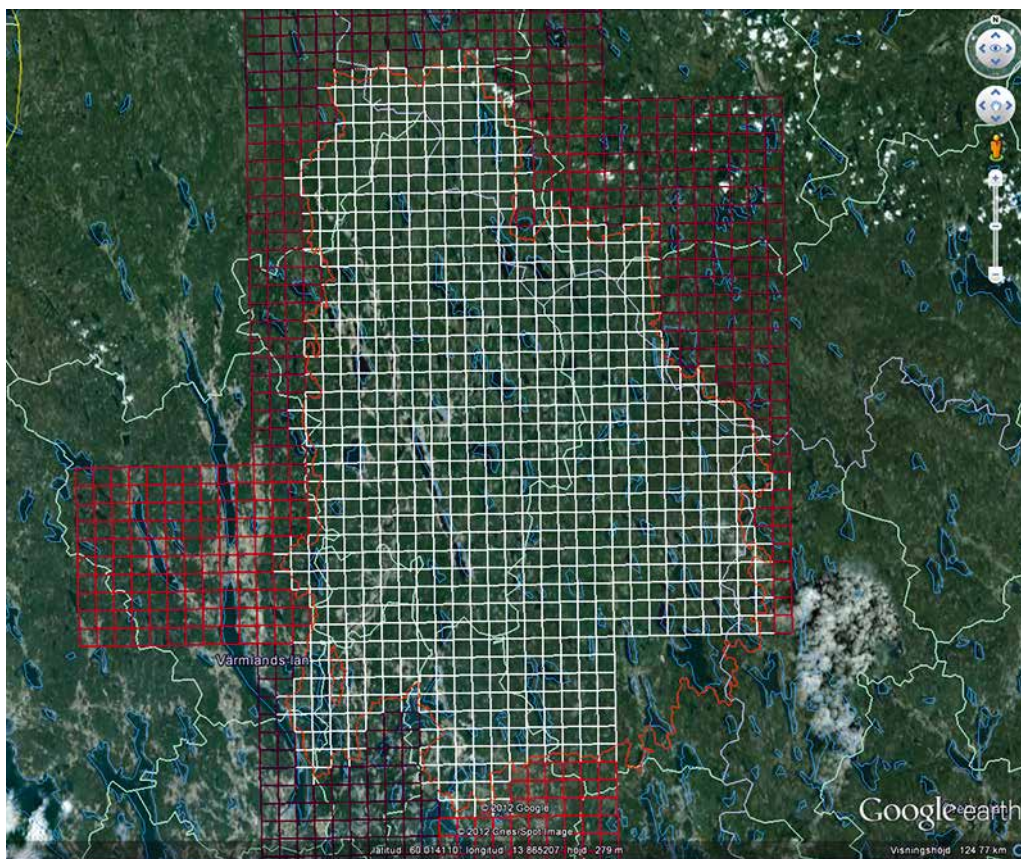


**Figur 9.** Avstånd från hög vägbank 100, 200 och 300 meter. Till vänster NNH 2 m och till höger lutningsbild genererad ur NNH 2 m.

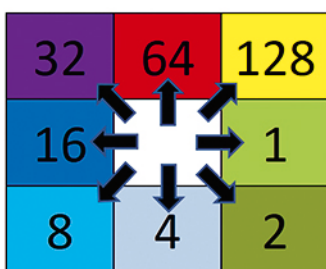


**Figur 10.** Medellutning inom de olika buffertavstånden 100, 200 och 300 meter. Grönt 0°, gult 1–5°, orange 6–10°, rött ca 15° medellutning.

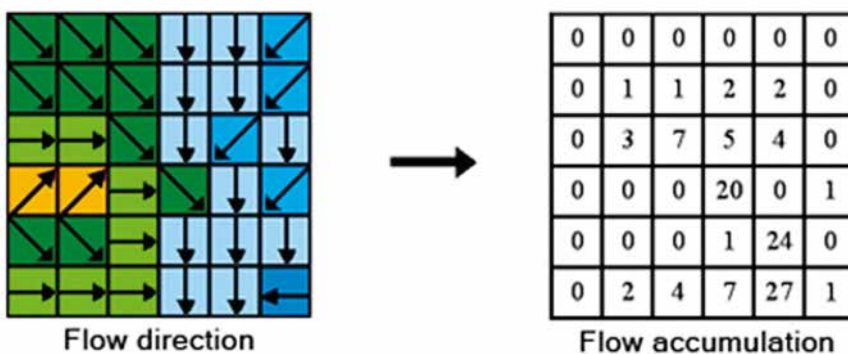




Figur 11. Rutnätet över studieområde. De vita rutorna indikerar allt som ligger inom huvudavrinningsområdet. Varje ruta är 2,5 km x 2,5 km.



Figur 12. Kodning av avrinningsriktning.



Figur 13. Relation mellan avrinningsriktning och avrinningsinsamling.

## 2.2 Hydrologi

### 2.2.1 Höjdmodell

NNH data levereras som ascii-filer i ett komprimerat format. Varje fil täcker ett 2,5 km x 2,5 m område. Studieområdet omfattas av 819 filer i ett rutnät (Figur 11).

Höjddata extraheras från filerna och konverteras till ett rasterformat (.img) med två meters upplösning i plan. Ett raster kan sägas motsvara en digital bild som är georefererad, d.v.s. att bilden är anpassad till en projektion (i detta fall SWEREF99 TM). Ett raster är uppbyggt av pixlar eller celler med en viss storlek. Rasterfilerna sammanfogas (mosaik) för att skapa en kontinuerlig digital höjdmodell över hela studieområdet. Bearbetningen görs automatiskt genom ett Python-skript som bygger på verktyg i ArcGIS.

#### 2.2.1.1 Yhydrologisk modellering från NNH

För att kunna extrahera relevant information från höjdmodellen måste ytvavrinningsens riktning kalkyleras för varje cell baserad på den största skillnaden mellan den processade cellen och de åtta cellerna i omgivning, se Figur 12.

Ett andra raster, "flow acumulation", baserat på "flow direction"-rastret innehåller information om antalet uppströms celler som har tillrinning mot aktuell pixel. I Figur 13 visas hur cellen nära nedre högra hörnet har en tillrinning från 27 andra celler.

Avrinningsnätverk byggs på ett verktyg som beräknar summan av alla celler som ligger uppströms, och alltså strömmar till den processade cellen. Denna är en standardmetod för att derivera ackumulerade flöden från höjdmodeller (Jenson and Dominique, 1988). Därmed tenderar celler med höga ackumulerade flöden att bli vattendrag. Bara celler med ett uppströmsområde av minst fem hektar behövs och inkluderas i avrinningsnätverket.

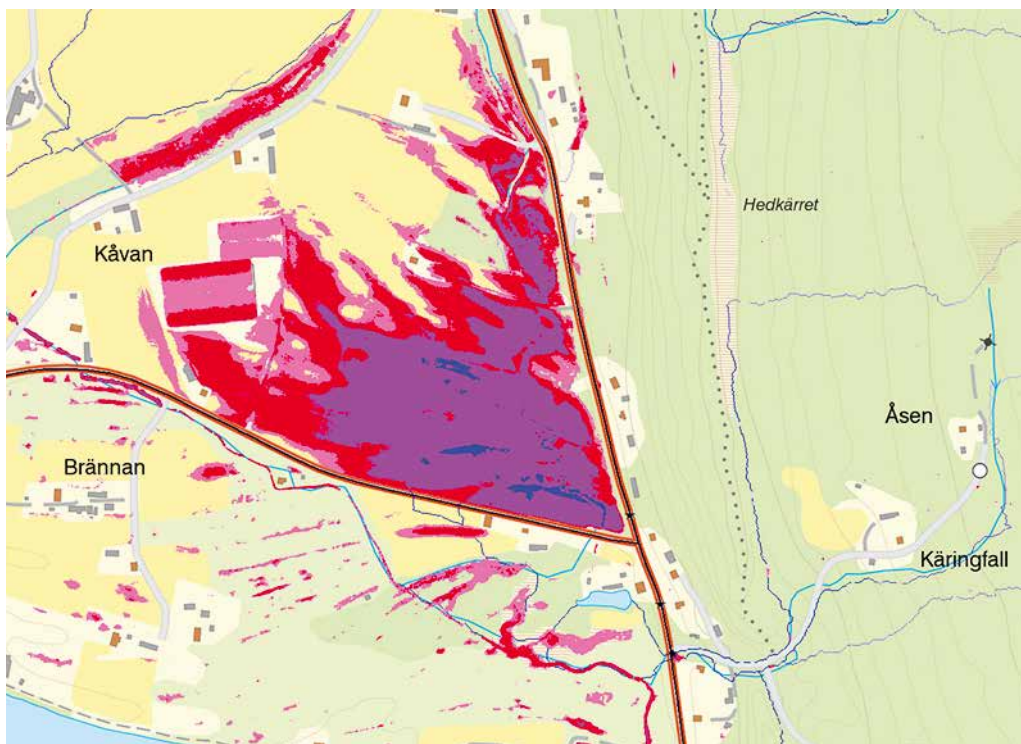
Om alla grannpixlar har ett högre värde än den processade cellen blir cellen flaggad som en så kallad "sink" med en odefinierad avrinningsriktning. En höjdmodell som innehåller sinks måste först bearbetas för att kunna användas i ytterligare hydrologiska analyser.

Sinks i en höjdmodell kan bero på naturliga orsaker (topografiska lågpunkter), artificiella anledningar (t.ex. vägtrummor) eller på grund av felaktigheter i höjdmodellen. Efter att alla sinks har identifierats måste de tas bort (eller fyllas). Om det finns sinks kvar i höjdmodellen kommer avrinningsnätverket att bli osammanhängande eller avbrutet och avgränsningen av avrinningsområden kan bli felaktig.

Ett avrinningsnätverk kalkyleras från den DEM-baserade hydrologiska modelleringen. Nätverket representerar områden som har minst fyra hektar av uppströmsflöde se Figur 14. Det bör påpekas att avrinningsnätverket är helt baserat på höjddata och hänsyn är inte tagen till t.ex. markinfiltration eller vegetation. Därför kan denna avrinningsituation motsvara förhållanden då marken är helt vattenmättad efter långvarig eller mycket intensiva regn. Däremot visas det i Figur 14 att ett sådant avrinningsnätverk kan ge mycket mer information än vad finns i andra datakällor, i detta fall fastighetskartans redovisning av ett mindre vattendrag.



**Figur 14.** Jämförelse av det skapade avrinningsnätverket (mörk blå) och Fastighetskartan (akvamarin). Fastighetskarta är något generaliserad.



**Figur 15.** Ett exempel av hur topografiska "sinks" kan påverka byggande av avrinningsnätverket. Färgarna indikerar hur mycket höjdmodellen måste "fyllas" innan flödet kan fortsätta mot vattendraget. Rosa betyder en höjning av mellan 25 till 50 cm medan mörk lila betyder mer än två meter.



### 2.2.2 Blue Spots

Blue Spots kan beskrivas som områden som har en tendens att samla pölar av vatten under vissa omständigheter (t.ex. regnstormar, vattenmättad mark eller översvämningar), med andra ord är det topografiska sänkor där ytavrinning är begränsad eller omöjlig. I digitala termer är "Blue Spot" en eller fler celler där alla grannceller har en högre höjd. Kalkylerandet av avrinningsriktning i dessa celler är inte möjligt.

Det är relativt enkelt att automatiskt beräkna och identifiera Blue Spots i en digital höjdmmodell. Topografiska lågpunkter, gropar, utan naturlig avrinning, orsakar fel i många av de mest använda hydrologiska modellerna – på grund av de odefinierade avrinningsriktningarna. Därför rekommenderas det att skapa en digital höjdmmodell utan sänkor. Under denna process kan Blue Spots lätt kalkyleras från de topologiska lågpunkterna. Enligt standarddefinitionen har Blue Spots en volym av minst 10 m<sup>3</sup>.

Det är viktigt att undvika att övertolka resultatet av en Blue Spot analys. Som synes i Figur 16 kan Blue Spots överrepresenteras i relativt låglänt mark (t.ex. jordbruksfält och vid vattendrag). Den gula polygonen i nedre vänstra hörnet är 3,2 ha och har en volym av ungefär 37600 m<sup>3</sup>. Fast bara åkermark kommer att drabbas vid en översvämning. Den gula polygonen i den högre delen av bilden är knappt 2.3 ha med en volym som är ungefär 15 % större än den första. Dessutom kommer en översvämning att påverka några tomter och hus vid närliggande gårdar. Det finns också möjlighet att dela in och redovisa Blue Spots efter djup, som komplement till den totala volymen.

### 2.2.3 Topographic wetness index

Ett så kallat topografiskt våthetsindex (TWI) har i andra studier (Kalantari 2011 mfl) visat sig viktigt för att identifiera platser med risk för översvämning och vattenmättade markförhållanden. För att framställa TWI behövs en noggrann höjdmmodell. I sin enklaste form ser formeln ut som följer;

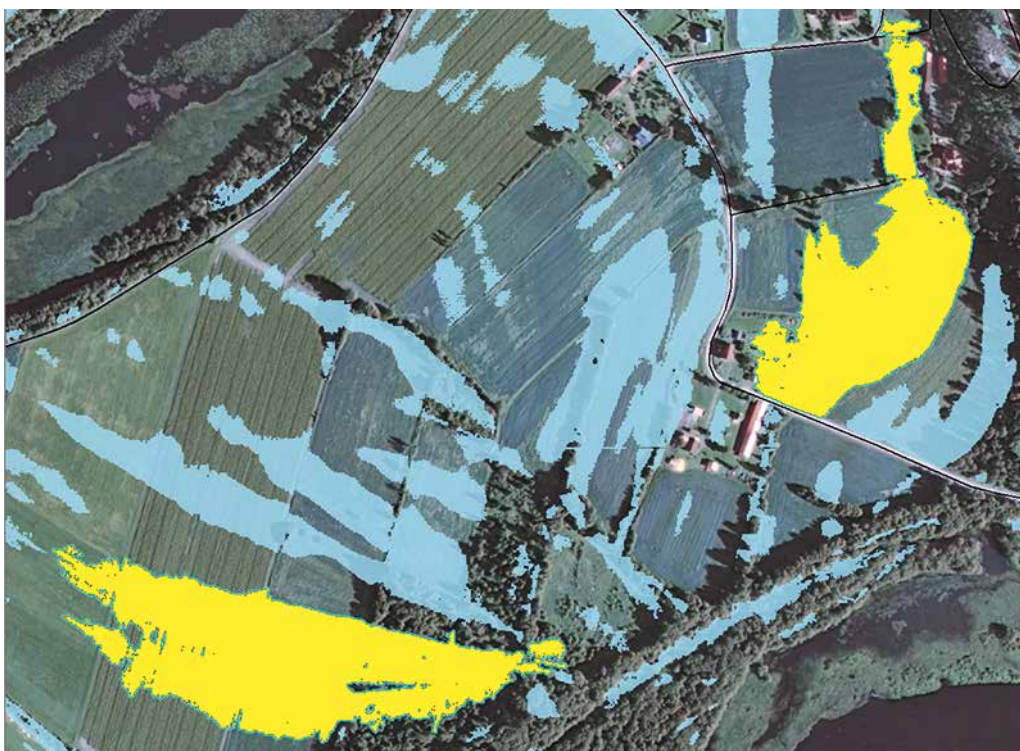
$$TWI = \ln \left( \frac{a}{\tan B} \right)$$

där;

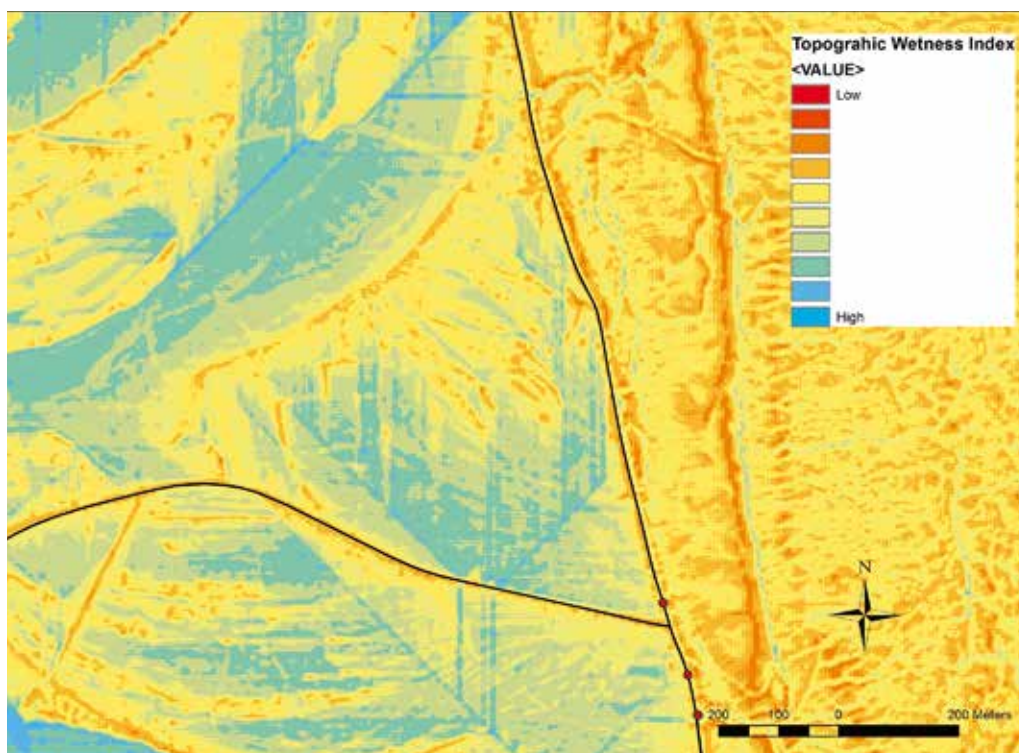
**a** = area uppströms i varje enskild pixel (jmf "Flow accumulation")

**B** = lutning i varje enskild pixel

TWI beräknades för hela studieområdet och levererades i rasterformat (Figur 17). Ett högt värde på TWI indikerar stort uppströmsområde och/eller låg lutning.



Figur 16. Jämförelser av två stora identifierade Blue Spots. Trots att de ser ungefärligt lika stora ut är den högra Blue Spot betydligt mer av ett hot mot närliggande infrastruktur och bostäder.



Figur 17. TWI beräknat i samma område som figur 16. Här kan noteras att höga värden i stort motsvarar områden med s.k. "Blue Spots".

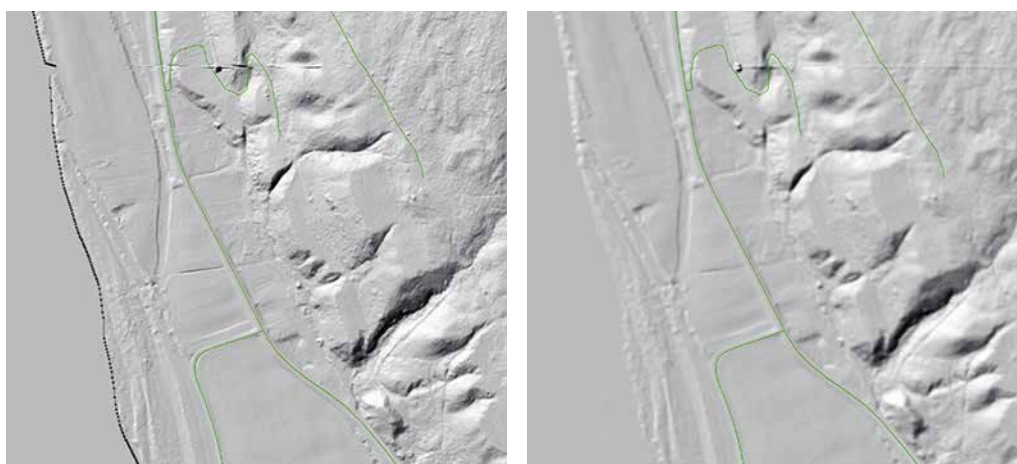
### 2.2.4 Test med extra högupplöst terrängmodell från LAS-punktmoln

Hydrologimodelleringar har utförts med produkten NNH markmodell. I vissa fall kan det visa sig att upplösningen i denna kanske inte riktigt räcker till för att visa mindre objekt som t.ex. smala diken, vilket påverkar avrinningsmodellen. Vid undersökningarna visar det sig att markklassningen i LAS-molnet fungerar bra för detta ändamål. Att bara jobba med sista returen ur punktmolnet ger eventuellt bra resultat där det inte finns någon vegetation, annars finns en risk att vegetation kommer med i modellen.

Enmeters data ger fyra gånger större informationsmängd än tvåmeters data, men bedöms ändå realistisk att utvärdera då informationen om diken finns i LAS-molnet men inte alltid kommer med i interpolationen till raster.

En markmodell genererad ur LAS-punktmoln baserad på markklassningen med upplösningen 1 m, samt 0,5 m skapades med hjälp av TIN-generering (Triangulated Irregular Network). TIN-generering från punkter för att skapa ett regelbundet raster är en beprövad och effektiv metodik. Det innebär trianglar skapas mellan tre intilliggande punkter som då representerar markytan. Höjden i den interpolerade triangeln ger sedan rastervärdet för respektive pixel. TIN används i detta fall som en omsamlingsmetod. Resultatet blir ett regelbundet raster med interpolerade höjder ur LAS-molnet baserat på klassade markpunkter.

Diken och andra snabba förändringar framträder tydligare i 1 m rastret än i 2 m rastret (Figur 18). Motsvarande markmodellsgenerering utfördes med 0,5 m raster och i denna modell framträder diken och andra förändringar ännu tydligare, men på öppna ytor framträder, vid inzoomning ett regelbundet mönster som inte är naturligt. Detta innebär att punkttätheten inte medger att man skapar markmodeller med högre upplösning än cirka 1 m. Dessutom ökar datamängden kvadratisk med ökande upplösning vilket gör att t.ex. hydrologimodeller blir mycket beräkningsintensiva.



Figur 18. Terrängskuggning i höjdmödel 1 m till vänster respektive NNH 2 m till höger.

#### 2.2.4.1 Fördjupad diskussion om höjdmodellerna

En konsekvens av GSD 50+’s upplösning är att lokala variationer i topografi kan påverka hydrologiska analyser på flera sätt. Figur 19a visar Trönninge – ett litet samhälle ungefär fem kilometer nordöst om Varberg. Den röda rutan är 50 gånger 50 meter och samma område visas i samtliga bilder. Området för rutan valdes helt slumpmässigt.

Figur 19b visar GSD 50+ omsamplad till 25 meters upplösning med ett diskret värde. Resultatet är att rutan innehåller fyra höjdvärden – 7.8, 8.1, 8.2 och 8.8 meter. Blå och gröna färger indikerar lägre höjder och bruna och vita färger visar högre höjder (hela skalan i bilden är mellan sju och nio meter över havet). Den lägsta punkten, 7,8 m.ö.h. ligger i det sydvästra hörnet av rutan, Figur 19c visar en kontinuerligt interpolerad modell vilken bygger på samma data. En hydrologisk modell eller en översvämninganalys som bygger på detta underlag indikerar tydligt ytavrinning från nordost mot sydväst.

Figur 19d visar en ytmodell med 2 meters upplösning tillverkad med NNH. Höjdskalet är densamma som visas i figurerna 19b och 19c och att avrinningen från nordost till sydväst inte speglar verkligheten. Avrinningen skulle faktiskt ske från sydost mot nordväst. Dessutom innehåller den nordvästra kvadranten den lägsta punkten (7,1 möh) jämfört med GSD 50+’s värde av 8,2 möh.

Enligt NNH finns den högsta punkten (9.3 möh) på en vall längs vägen (Figur 19a) som separerar ett bostadsområde och jordbruksmark från vägen. Denna punkt ligger i den sydvästra kvadranten som är enligt GSD 50+ det lägsta området inom rutan. Vallen som är en uppenbar barriär för ytavrinning går inte att urskilja i en höjdmodell som bygger på GSD 50+.

Konsekvensen är att den ythydrologiska modelleringen med GSD 50+ höjddata skulle ge fel resultat som innebär att en vägtrumma bör placeras i området för att minska risken för erosion längst vägen. Höjdmodellen som bygger på NNH indikerar däremot att ytavrinningen sker mot skogspartiet och åkermark i nordvästlig riktning.

Till slut bör det påpekas att denna jämförelse gjordes med en teoretisk ”förbättrad” höjdmodell med 25 m upplösning. Den ursprungliga GSD 50+ höjdmodellen har ett värde av 8.0 möh för hela rutan.

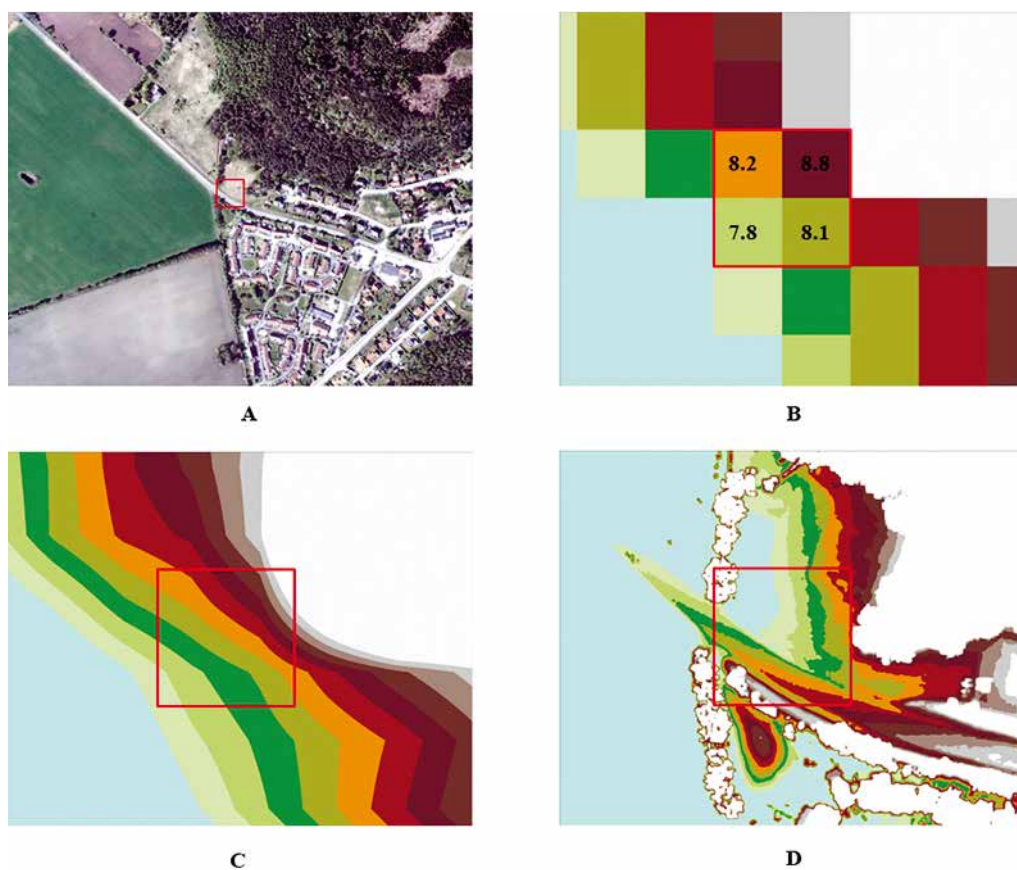
## 2.3 Vägtrummor

### 2.3.1 Kriterier för att identifiera lägen

Kriterier för att identifiera sannolika lägen för trummor är i denna analys;

1. Lägen där bäckar eller större diken korsar vägen eller järnvägen.
2. Lägen där framräknade rinnvägar från avrinningsnätverk korsar vägen eller järnvägen.
3. Sträckor längs väg eller järnväg som sammanfaller med så kallade ”Blue Spots”.





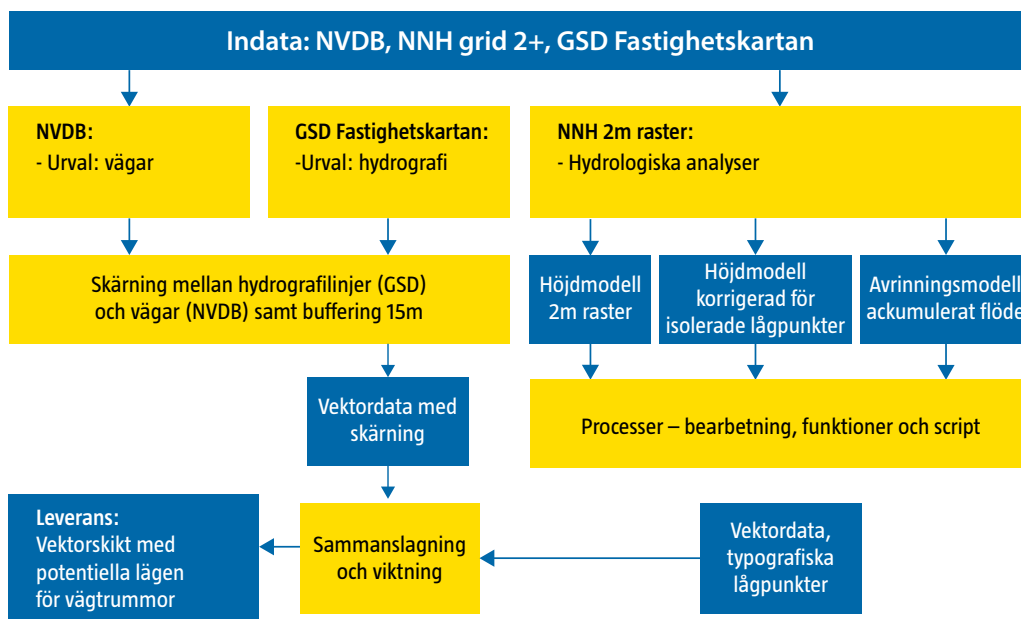
Figur 19a, 19b, 19c, 19d. Bildserie som underlag för diskussion om skillnaderna mellan höjdmodell 50 m och NNH 2 m.

### 2.3.2 Metoder för att identifiera trummor

Potentiella lägen för vägtrummor har tagits fram för driftområdet. Denna analys bygger på förekomst av rinnvägar för vatten, "Blue Spots" och fastighetskartans hydrologi. Metoden för att ta fram detta bygger på att de säkraste indikationerna, som i detta fall representeras av fastighetskartans hydrologilinjer poängsätts högst. Sedan poängsätts "Blue Spots" och rinnvägar i fallande ordning. Resultatet summeras vilket i detta fall innebär en poängskala mellan 1 och 7 som indikerar ökande sannolikhet att finna en trumma. Principen för denna analys inklusive de ydrologiska modellerna finns beskrivna i Figur 20.

### 2.3.3 Resultat

Resultatet av denna analys är linjesegment längs vägen som har attributet "KLASS" vilket beskriver hur många sammanfallande värden som finns på den aktuella platsen (Figur 21). I vissa fall indikeras en ganska lång sträcka längs vägen vilket naturligtvis minskar precisionen.



Figur 20. Schematisk modell för analys av lägen för vägtrummor.



Figur 21. Resultat från identifieringen av möjliga lägen för vägtrummor.

## 2.4 Övriga underlag

### 2.4.1 Höjdkurvor genererade ur NNH

Höjdkurvorna är baserade NNH 2+ höjdmodell. Innan höjdkurvor genereras maskeras alla sjöar och stora vattendrag från höjdmodellen bort. Detta krävs eftersom de ursprungliga LAS-punkterna och höjdmodellen inte tar hänsyn till vattenytor – med andra ord är höjdvärdena över vattenytor inte justerade och inte kan antas att vara riktiga. Efter att höjdkurvorna genererats tillämpades en algoritm för att utjämna de ibland kantiga konturlinjer som blir resultatet av höjdrastret. Vattenklassningarna från Fastighetskartan användes för att identifiera och radera data över sjöar och stora vattendrag.

Höjdkurvorna byggs automatiskt från rasterskiktet. Den valda metoden tillåter att vissa egenskaper (basintervall, index, osv) läggs till i attributtabeln. Höjdkurvor med en meters ekvidistans genererades över alla ytor som inte är täckta med vatten. Längst kustlinjen kan vissa diskrepanser uppstå där fastighetskartans strandlinje inte passar perfekt med höjdmodellen (Figur 23).

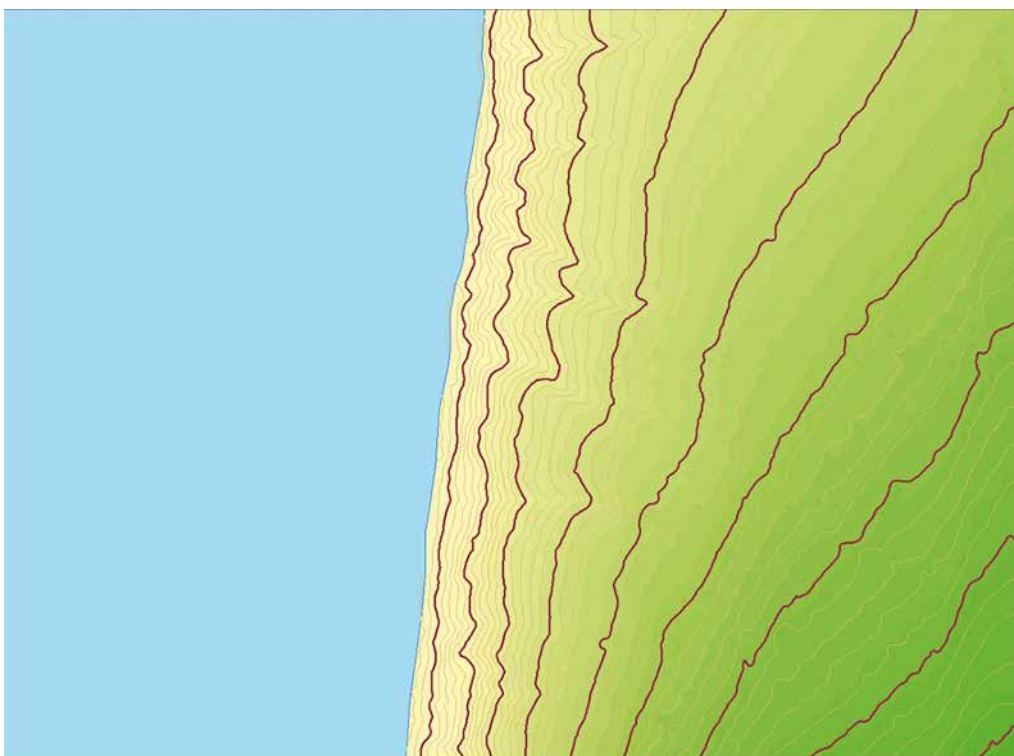
### 2.4.2 Lutning

Lutningen är viktig information för många delar inom riskbedömning längs vägar. För vissa tillämpningar går den direkt in som underlag för att ta fram riskområden, t.ex. skredrisk, medan den för andra delar kommer in i ett senare skede, t.ex. analys av höga vägbankar.

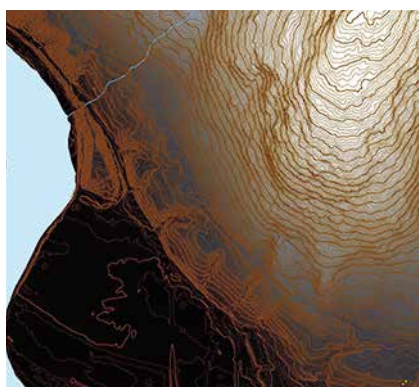
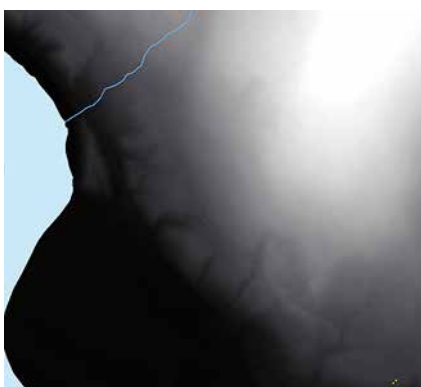
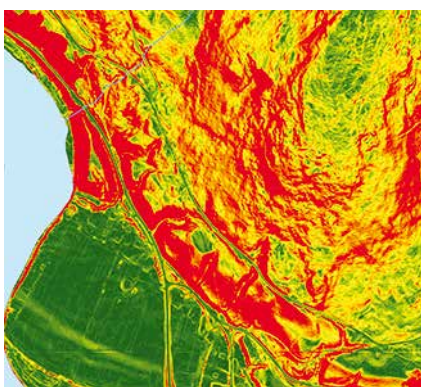
Lutningen i varje enskild punkt (pixel) har beräknats med hjälp av inbyggda funktioner i ArcGIS. I projektet har lutningen beräknats i grader baserat på NNH 2 m-grid med höjder angivna som flyttal. Kriteriet lutning ingår som en parameter vid bedömningen av höga vägbankar som potentiella riskobjekt, där en lutning om ca 22° har angetts som ett gränsvärde. Lutningar större än 22° kan generellt anses som en risk vid bankhöjdskillnader större än 4 meter, dock beroende av jordartstypen i underlaget. En höjdskillnad om 4 meter på 15 meters sträcka ger en lutning på 15° medan 4 meters höjdskillnad på en 10 meters sträcka motsvarar en lutning på ca 22° (Figur 23).

### 2.4.3 Skredrisk

Analys av områden utsatta för skredrisk genomfördes med hjälp av en kombination av lutning och digital jordartsinformation. Områden som lutar mer än 1:10 (10 %) och sammanfaller med jordarterna, lera, silt eller svämsediment valdes ut och visualiserades om dessa förekommer i närheten av vägområdet (Figur 24). Den klassindelning som valdes kan bli svårtolkad i en karta och det kan därför vara bättre att begränsa sig till att visa alla lutningar > 10 % indelat efter jordart.

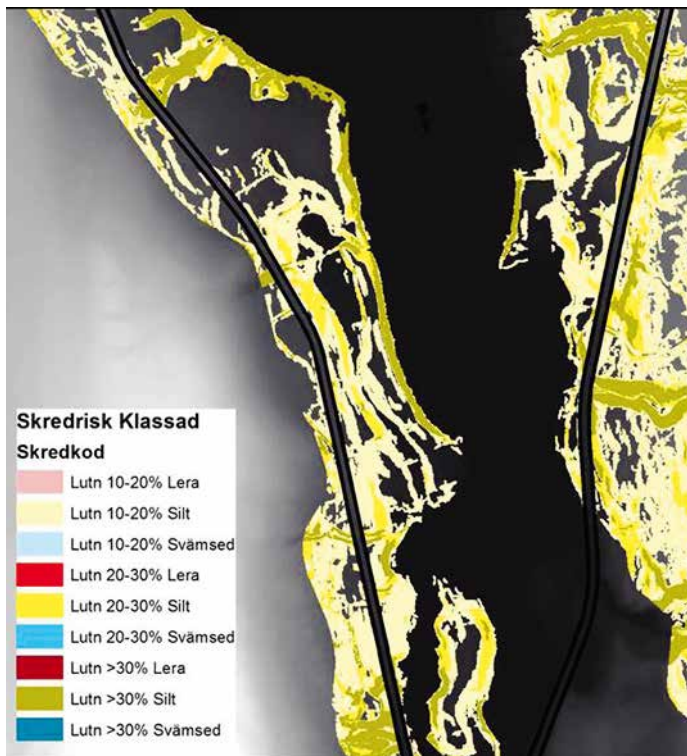


**Figur 22.** Höjdkurvor baserade på NNH höjddata i närheten till strandlinjen. Bruna kurvor indikerar en indexerad linje (alltså 5 m, 10 m osv). Den blå ytan är vatten enligt Fastighetskartan.

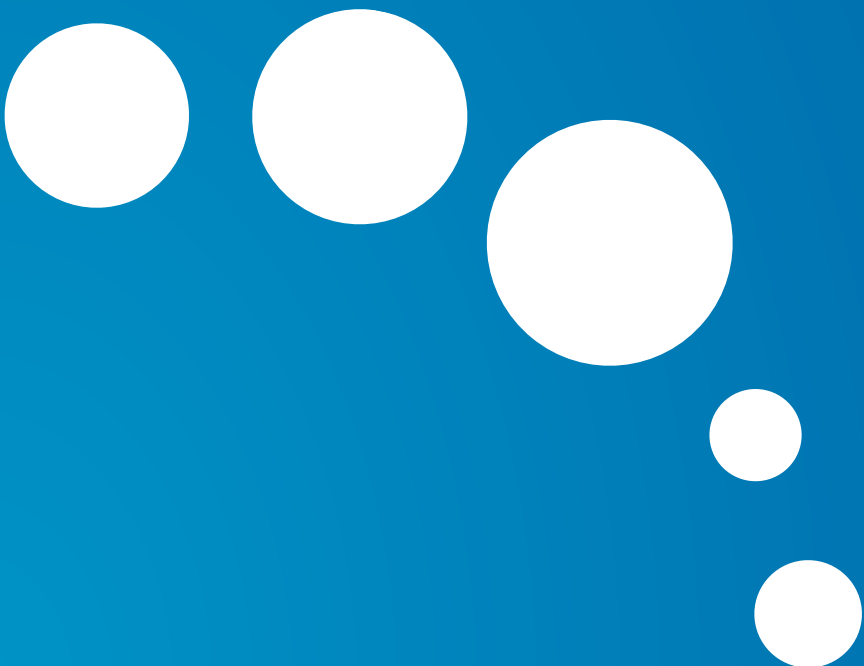


**Figur 23.** Överst lutningsbild genererad ur NNH grid 2+. Nedan höjdmodellen till vänster och höjdkurvor till höger över samma område.





Figur 24. Analys av områden med potentiell skredrisk.

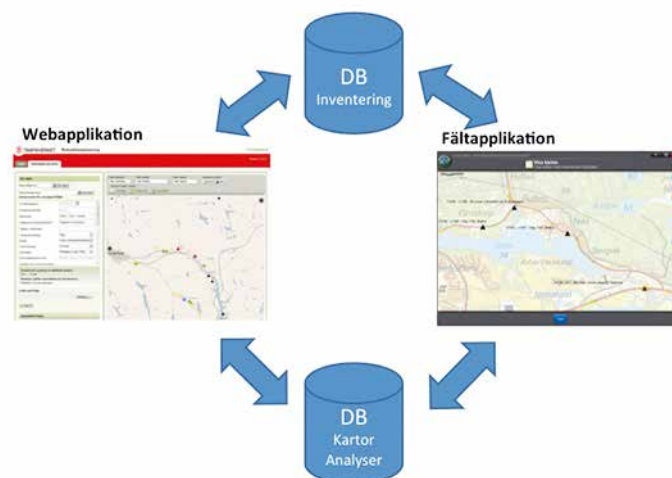


### 3. TEKNISK PLATTFORM OCH VISUALISERING VID TEST I FÄLT

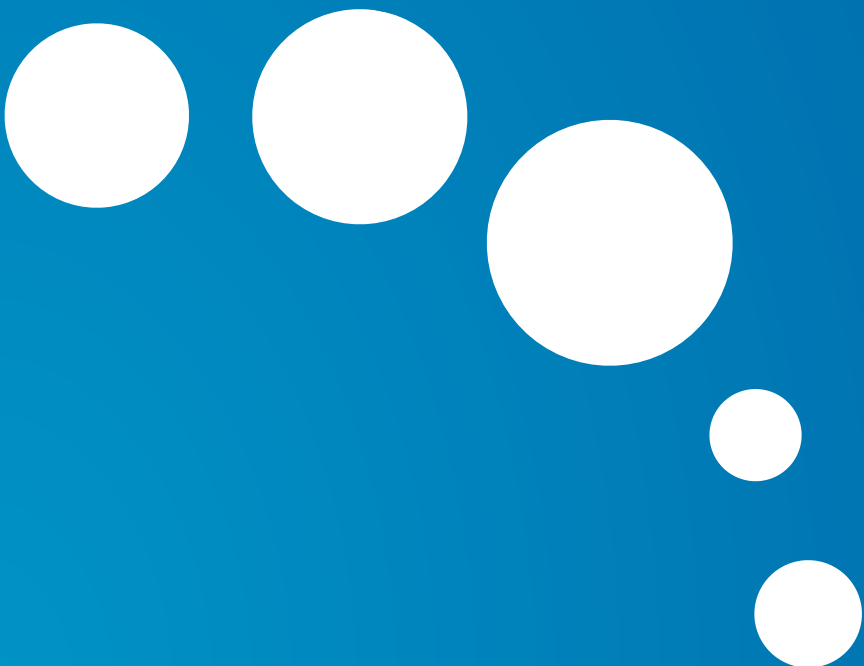
De applikationer som används inom Trafikverket är följande:

- ArcGIS server (serverprogramvara för geografiska data)
- ArcGIS Mobile (Klientapplikation för fältarbete)
- Webapplikation för visning på kontor.

Fältapplikationen används främst av geotekniker, miljöexperter för att bedöma risker för olika skadehändelser. Vid skrivbordet används data av en större grupp, t.ex. samhällsplanerare och projektledare, för att planera och prioritera åtgärder för att motverka risker. Analysresultat tillsammans med andra bakgrundsdata utgör underlag för fältarbete och mer detaljerade studier enligt modell för riskvärdering (Vägverket 2005). Riskvärderingen ska kunna utföras i fält genom att lagra ett antal uppgifter om utvalt riskobjekt. Riskvärderingen visar sannolikhet för att en skada ska inträffa samt konsekvenser av denna. Inventeringsdatabasen innehåller information om olika typer av risker vid vägområdet som t.ex. ras skred, översvämningar och miljöpåverkan. I fältapplikationen bör informationen vara ganska enkelt visualiserad för att bli tydlig för användaren. I webbapplikationen finns tillgång till all information som tas fram samt tilläggsinformation från andra datakällor.



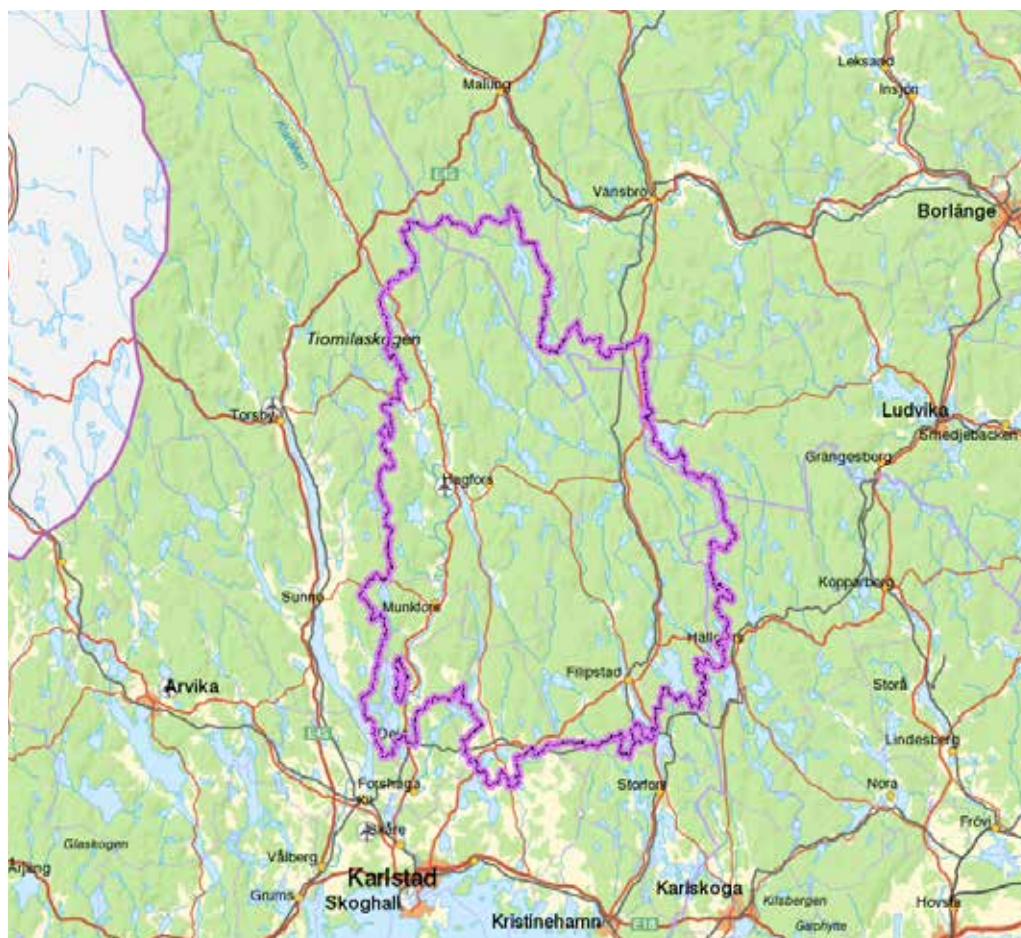
Figur 25. Schematisk bild som visar den tekniska lösningen för fältapplikation och webbapplikation.



## 4. FÄLTINVENTERING

### 4.1 Driftområde Bergslagen

Driftområde Bergslagen, Figur 26, består av drygt 130 (82 mil statlig) mil väg. Flera vägar slingrar sig längs sjöar och vattendrag. Terrängen är kuperad vilket gör att driftområdet innehåller fler trummor genom väg än normalt och många vägbankar består av silt. Detta gör att området är mycket intressant att studera för att försöka förebygga erosion och ras.



Figur 26. Bergslagens driftområde i Värmland. Endast de större vägarna är med i kartan.

KLASS	ANTAL
4–7 meter utanför väggkant	345
4–7 meter sluttning	1124
4–7 meter bank	129
7–10 meter utanför väggkant	4
7–10 meter sluttning	237
7–10 meter bank	102
> 10 meter utanför väggkant	1
> 10 meter sluttning	78
> 10 meter bank	74
<b>TOTALSUMMA</b>	<b>2094</b>

Tabell 2. Antal utpekade väggbankar av olika typer.

Totalt sett pekar resultatet i genomsnitt ut 16 höga väggbankar per km väg inom driftsområde Bergslagen. Av dessa ingår 4 stycken i de brantare klasserna från 7 m och uppåt. Se Tabell 2 samt även figur 8 och avsnitt 2.1.4.

SANNOLIKT	KLASS	ANTAL SAMMANHÄNGANDE SEGMENT	ANTAL KILOMETER
↑ Stor – Liten ↓	1	2 022	74
	2	317	19
	3	1 088	78
	4	645	66
	5	39	2
	6	272	33
	7	291	29
<b>SUMMA</b>		<b>4 674</b>	<b>302</b>

Tabell 3. Antal och längd av linjesegment som indikerar lägen för vägtrummor eller annan typ av dränering. Rubriken KLASS visar en summa av indikatorer på läge för vägtrumma; Ackumulerat flöde (1 poäng), Topografiska lågpunkter (fyllda områden, jmf ”Blue Spots”) i två kategorier (1 respektive 2 poäng) och Fastighetskartans hydrografiska linjer (3 poäng). Det högsta värdet kan alltså bara förekomma där samtliga indikatorer sammanfaller.

I Tabell 3 visas antal och sträcka av vägsegment som indikerats i driftområde Bergslagen. För sammanställningen i tabellen har alla sammanhängande linjesegment slagits samman och markerats med den högsta klassen. Linjerna längs vägen visar platser där det enligt de ydrologiska modellerna bör finnas någon form av dränering, men slutsatser om antalet trummor kan inte dras. Se även figur 21 samt avsnitt 2.3.3.

## 4.2 Geoteknisk fältinventering

I syfte att testa metoden med att använda förproducerade skikt som stöd utfördes riskinventering ur geoteknisk synpunkt inom Driftområde Bergslagen, Värmlands län på väg 931 mellan Edebäck och Fastnäs en sträcka på knappt 3 mil. Vägen går på östra sidan av Klarälven och jordarterna består huvudsakligen av silt och sand. Inom driftområdet har vägras skett i samband med stor nederbörd och då främst på områden där jordartsmaterialet består av sediment av silt och sand. Sålunda blev vägarna 240 och 824 helt avstängda där de går på ömse sidor om Rådasjön på sommaren 2004. Höga vägbankar spolades bort på fyra ställen vid ett mycket kraftigt regn.

Erfarenheterna från inträffade vägras i denna typ av undergrund är följande:



### Riskindikationer

*Höga vägbankar av jord*

*Branta vägslänter*

*Trummor, svallis*

*Vägbankar på sidolutande terräng*

*Erosion av vattendrag*

Figur 27. Bergslagens driftområde i Värmland. Endast de större vägarna är med i kartan.



Riskinventeringen utfördes av två personer varvid en kontinuerligt skötte datorn. GPS-funktionen visade bilens läge och skikten kunde avläsas i förväg. Följande skikt var i funktion:

- Höga vägbankar (Figur 8)
- Sidolutande terräng (Figur 23)
- Skredfarliga områden (Figur 24)
- Troliga trumlagen (Figur 21).

Skikt som ska tillkomma är digitala geologiska jordartskartor vilket är en nödvändigt om inte tillräcklig lokalkännedom finns. Åtgärd och ungefärlig omfattning av åtgärd noterades i fält. Skada eller risk dokumenterades med foto.

Visst innearbete återstår dock med beräkning och ta fram kostnad av t.ex. konsekvens för typskada. Kostnad för att åtgärda risken bör också ingå så att jämförelse av dessa kostnader kan påverka prioriteringen av objekt som ska utföras.

Inventeringen längs väg 931 gav 15 st riskobjekt varav 3 st mera var att hänföra till driftåtgärder, 4 st var trummor i höga vägbankar, 3 st var erosionsrisker från Klarälven och 5 st var sidolutande terräng. Skikten gav visst förhandsbesked för trummor, höga vägbankar och sidolutande terräng, men dock inte för erosionsrisker av vattendrag.

#### 4.2.1 Inventering av vägtrummor

På en ca 7 km lång sträcka inventerades trummor genom väg. Ett skikt gav visst förhandsbesked om trumlagen. Ca 80–90 % av trummorna hittades inom föreslaget läge för trumma genom väg. Att i kontorsmiljö kunna göra en grov uppskattning var trummor kan förväntas ligga sparar tid ute i fält.

Att använda sig av "skiktet" troliga trumlagen minimerar kostnader vid truminventering och förbättrar arbetsmiljön för de personer som vistas ute på vägen.

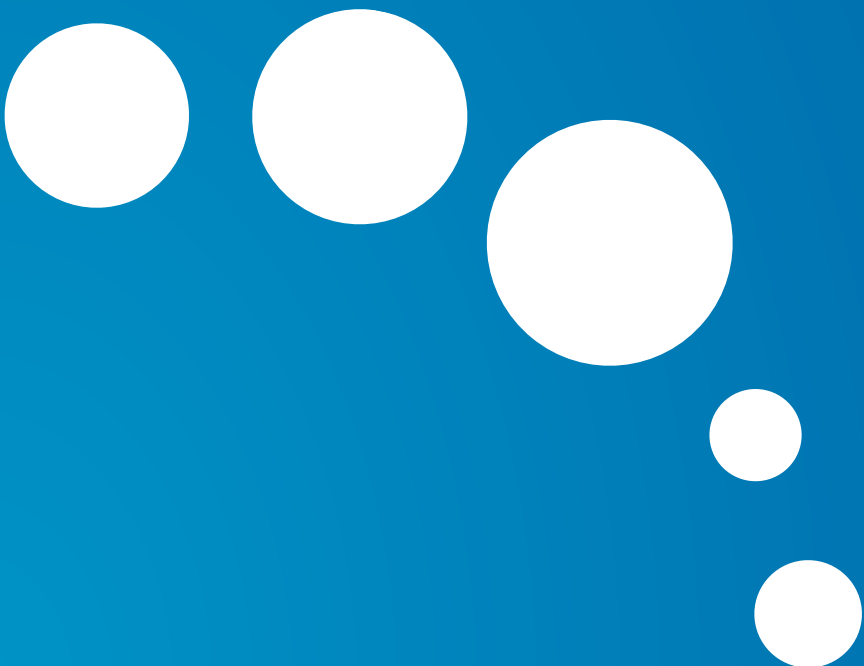
#### 4.2.2 Kommentarer hur tekniken fungerar

I detta fall fanns god lokalkännedom om de geologiska förutsättningarna i området. I de fall kunskap om geologin saknas eller är bristfällig är geologiska jordartskartor nödvändiga. Därför måste detta tillföras som digitalt skikt i applikationer. Skikten gav förhandsbesked om höga vägbankar och sidolutande terräng, dock ej för erosionsrisker av vattendrag. GPS-funktionen var till stor nytta och skikten – särskilt när även geologiska kartan finns med – kommer att vara ett gott hjälpmedel vid riskinventering. Färgerna i respektive lager kan förbättras för att förtydliga för användarna.



### 4.3 Sammanfattning av fältdiskussion

Sammantaget kan sägas att de processade underlagen ger en hjälp vid inventering i fält, och att det är sannolikt att inventeringstiden kan förkortas med hjälp av dessa. Det är viktigt att skikten i fältapplikationen har en enkel kartografi och att prestandan är tillräcklig för att snabbt kunna t.ex. zooma och panorera i bilden. Det skulle vara till stor hjälp att skapa ett sammanslaget skikt som kan ge indikationer om riskpunkter längs vägen utan all tilläggsinformation. GPS-funktion tillsammans med kartor och övriga underlag är till stor hjälp vid inventeringen.



## 5. DISKUSSION OCH REKOMMENDATION

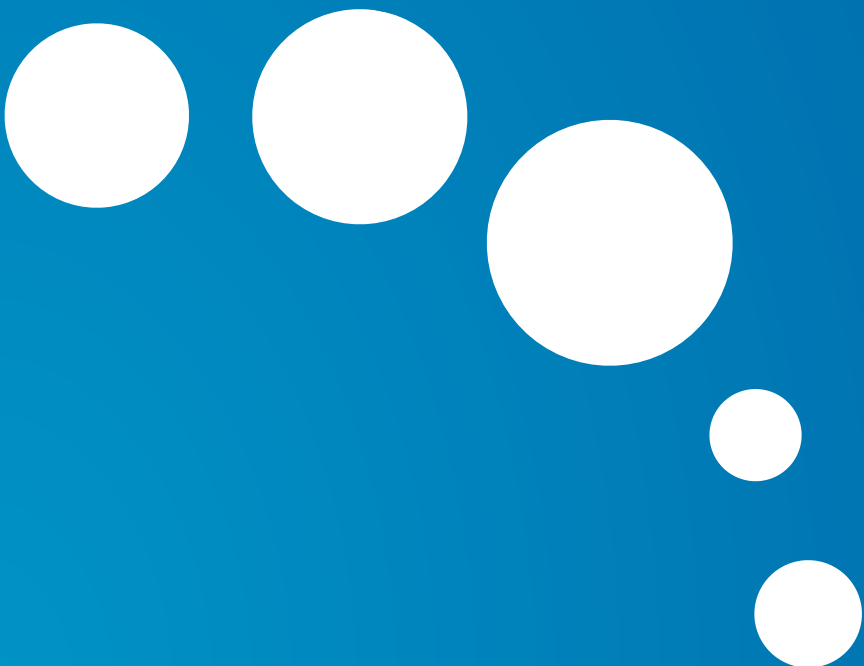
Sammantaget visar denna rapport på möjligheter att använda olika dataunderlag för att underlätta arbetet med riskinventering längs vägar och järnvägar. Det finns flera användningsområden där denna typ av dataunderlag kan bli användbara. Nedan är några exempel;

- Inventering av riskobjekt (skred, ras, erosion, översvämning) längs väg och järnväg
- Inventering av vägtrummor
- Stöd för dimensionering av vägtrummor
- Prioritering av fältinsatser och inventering genom att välja vägsträckor där många eller särskilt utsatta riskobjekt finns
- Användning vid förebyggande åtgärder och för informationsinsatser mot t.ex. skogsägare.

Studien visar också att användningen av ett flertal underlag tillsammans ger ett mervärde. Detta är också metodikens svårighet, med fler underlag ökar också komplexiteten och sammantaget kan materialet bli svårtolkat. Något som denna studie endast berör översiktligt är urval och presentation av dessa underlag för olika användare och ändamål. Mängden av information och komplexiteten i informationen kan göra att användaren uppfattar materialet som svåröverskådligt och svåränvänt. Därför behövs anpassade informationsmängder till olika användare och situationer. Exempelvis kan man tänka sig att göra särskilda uttag och urval för fälttillämpningar respektive kontorsapplikationer.

Metoderna och underlagen som presenteras i denna rapport har en god potential att bli satta i operativt arbete. Dock finns fortfarande en rad frågeställningar som bör belysas innan detta sker, av vilka några nämns nedan;

- Definition av användarnas behov utifrån roll i organisationen
- Kartografi och läsbarhet
- Förståelse för hur underlagen bör tolkas (frågor om t.ex. källmaterial, noggrannhet och felkällor)
- Anpassningar och uttag av informationsmängder
- Metadata
- Uppdatering och ajourhållning av underlag
- Återkoppling från användarsidan
- Teknisk infrastruktur.



## 6. REFERENSER

Daeminezhad, A. 2011: Metod for prediction of flood risk distribution along roads considering physical catchment characteristics. KTH, TRITA-LWR Degree project.

Daeminezhad, A och Kalantari, Z 2011. GIS metod for prediction of flood risk distribution along roads. Lundbergs report.

Danish Road Institute 2010. Methods to predict and handle flooding on highways – The blue spot concept. Report 181.

Danish Road Institute 2010. Background report – Litterature, questionnaire and data collection for blue spot identification. Report 182.

Danish Road Institute 2010. Development of a screening method to assess food risk on highways – The blue spot model. Report 183.

Danish Road Institute 2010. Guide for reducing vulnerability due to flooding of roads – Inspection and maintenance. Report 184.

Fallsvik, J. 2007. Zonation and landslide hazard by means of LS DTM. SGI Varia 578.

Fallsvik, J. 2007. Recommendations for planning, surveillance, inspection with LS DTM. Usefulness of LS DTM in landslide hazard mapping and slope management. SGI Varia 580.

Jenson S. K. and J. O. Domingue. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11): 1593-1600.

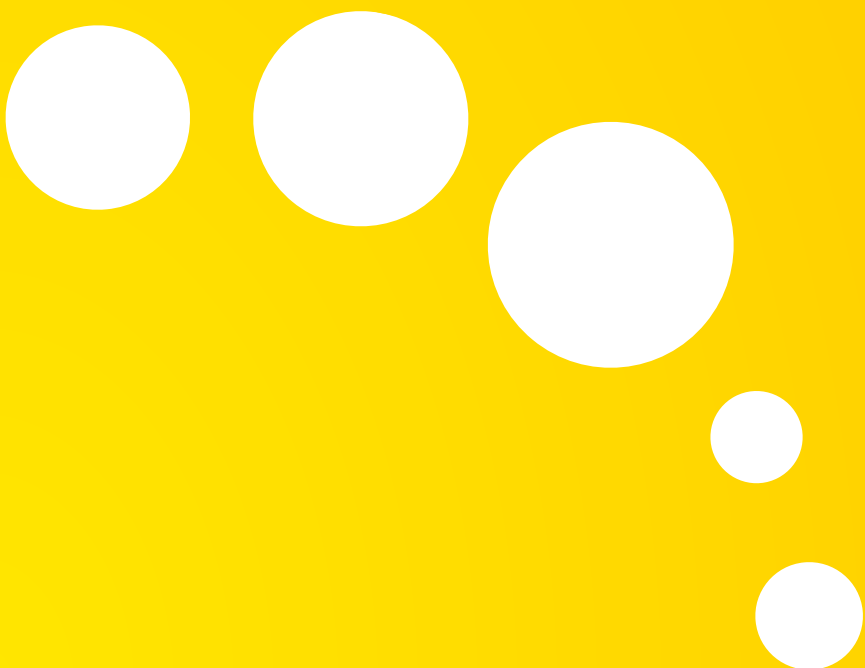
Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60, Bilaga 14.

Kalantari, Zahra 2011. Adaption of road drainage structures to climate change. Licentiate thesis. KTH, TRITA LWR LIC 2061.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 2008. Klimatförändringar, skred och ras – En forskningsöversikt.

Trafikverket 2012. Identifiering av höga vägbankar och vägtrummor med hjälp av Ny Nationell Höjdmodell. Manuskript.

Vägverket 2005. Handledning – Riskanalys vald vägsträcka. Vägverket publikation 2005:54.



# BILAGA 1: MODELLER FÖR DATAPROCESSER

## 1. Indikation lägen för vägtrummor

Följande text och bild (Figur 28) beskriver processer och data för att ta fram skiktet som indikerar lägen för vägtrummor.

### 1.1 Script

Produktion av skiktet potentiella vägtrummor görs genom Python-skript som bygger på ArcGIS verktyg.

### 1.2 Indata

- NVDB vektorskikt
- Vattenskikt (vektor polygon och linjer) från Fastighetskartan
- NNH 2+ raster (som .asc) uppdelade i 2.5 x 2.5 km rutor över driftområde

### 1.3 Process

1. Laddar ner eller tar emot indata från TRV (NVDB) eller Lantmäteriet (höjddata och fastighetskarta).
2. Skapar en vattenmask utifrån fastighetskartans polygon- och linjeskikt. Görs via en rastring av båda skikt, sammanfogning av rastren och anpassning till både driftområdets yta och höjdmodellens cellparametrar.
3. Skapar rasterskikt som representerar hydrologiska egenskaper inom driftområde. Dessa inkluderar lågpunkter, en hydrologiskt kontinuerlig höjdmodell, flödesriktning och flödesackumulation.
4. Skapar en ytavrinningsnätverk som speglar verkligheten så gott det går. Görs genom ett urval av det ackumulerade flödet (t.ex. celler som har fler än 5000 celler uppström).
5. Skapar ett vektorskikt baserat på skillnaden mellan den ursprungliga höjdmodellen och den ifyllda höjdmodellen. Dessa skillnader används som underlag till identifikation av Blue Spots (dvs områden av minst 10 m<sup>3</sup> med en benägenhet att fylla med vatten under översvämningar eller kraftigt nederbord).

6. Identifierar vågstrecken som sannolikt innehåller vägtrummor. Görs via en sammanställning av indata och delresultat som viktats. Viktningen baseras på en utvärderad sannolikhet att en vägtrumma skulle finnas i samband med de andra indikatorerna. T.ex. en liten bäck som finns i Fastighetskartans linjeskikt anses ha en 100 % sannolikhet att passera genom en vägtrumma under vägen. Blue Spots vid vägkanten har också en stark koppling till en vägtrummas närvaro. Resultatet som är ett linjeskikt som representerar delar av vågstrecken som troligen har vägtrummor lagras i en geodatabas.
7. Slutresultaten lagras i en geodatabas som levereras med en textfil som beskriver innehållet.

## 2. Beskrivning av process för analys av höga vägbankar

Följande text och bild (Figur 29) beskriver processer och data för att ta fram skiktet som indikerar lägen för vägtrummor.

### 2.1 Indata

#### a) NVDB vägnät

NVDB vägnät i format ESRI shape. Linjevektorer med attribut "Bredd". Attributet avser vägbanans bredd. För belagd väg avses avståndet mellan beläggningskanterna eller kantstöden. För övrig väg avses bärig bredd, dvs. den del av vägbanan som uppfyller den angivna bärigheten.

#### b) NNH grid 2+

Ny Nationell Höjdmodell; markmodellen består av 2 m raster i 2.5 km-rutor. Rutorna levereras som komprimerade ASCII-filer från Lantmäteriet.

### 2.2 Preprocess indata

#### a) Preprocess NVDB

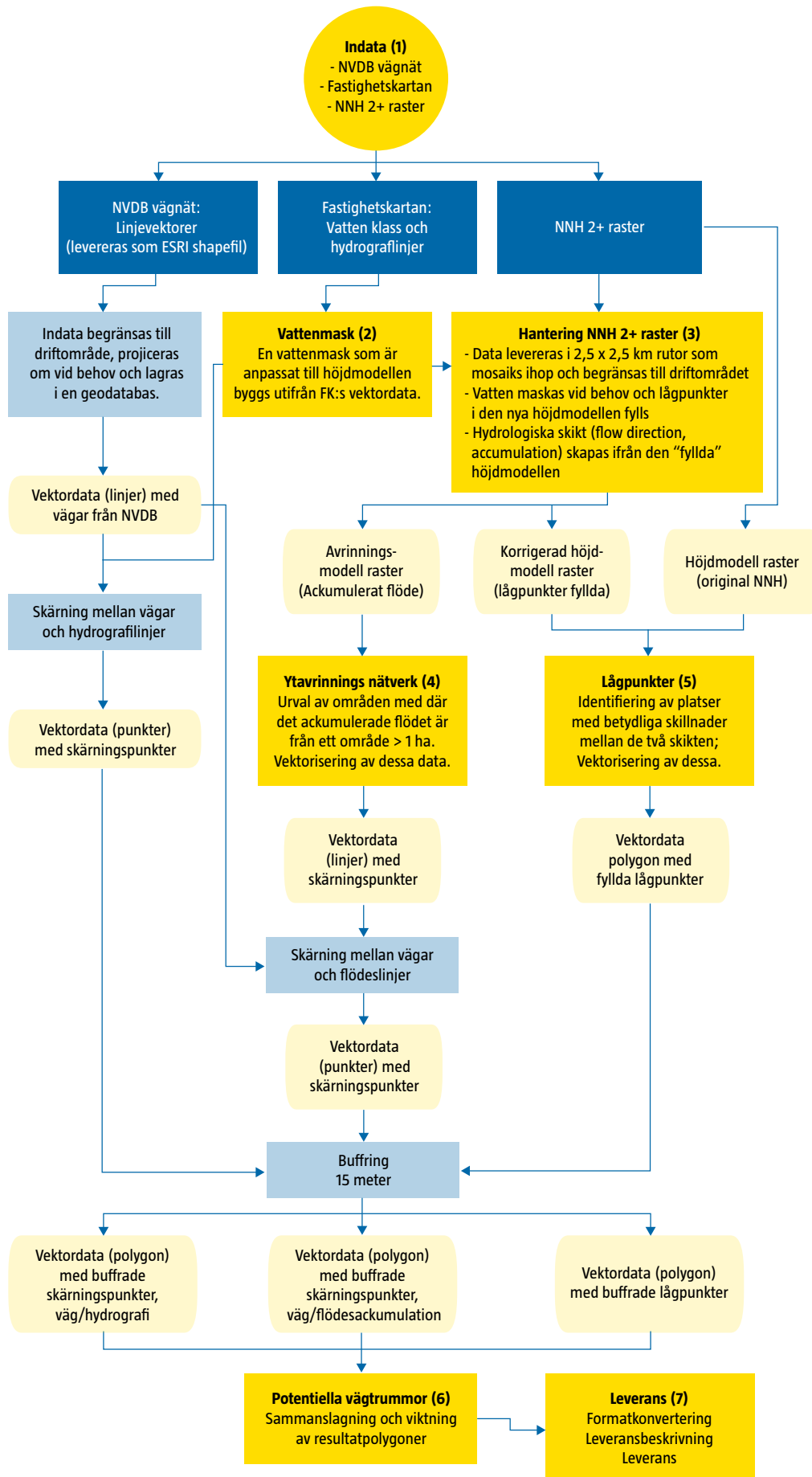
Skapa buffertar kring mittlinjen i NVDB på avstånd styrda av vägbredd. Tre olika buffertar skapas 0 m, 5 m samt 15 m från vägkant. För 5 m-bufferten genereras ett linjeskikt med olika ID på varsin sida om vägen. Detta skikt kan användas för att generera attributet "Banktyp".

#### b) Preprocess NNH grid 2+

Uppackning av levererade filer som mosaikas till större sammanhängande områden.

Figur 28 (till höger). Modell för identifiering av potentiella lägen för vägtrummor.





### 2.3 Extrahera höga vägbankar

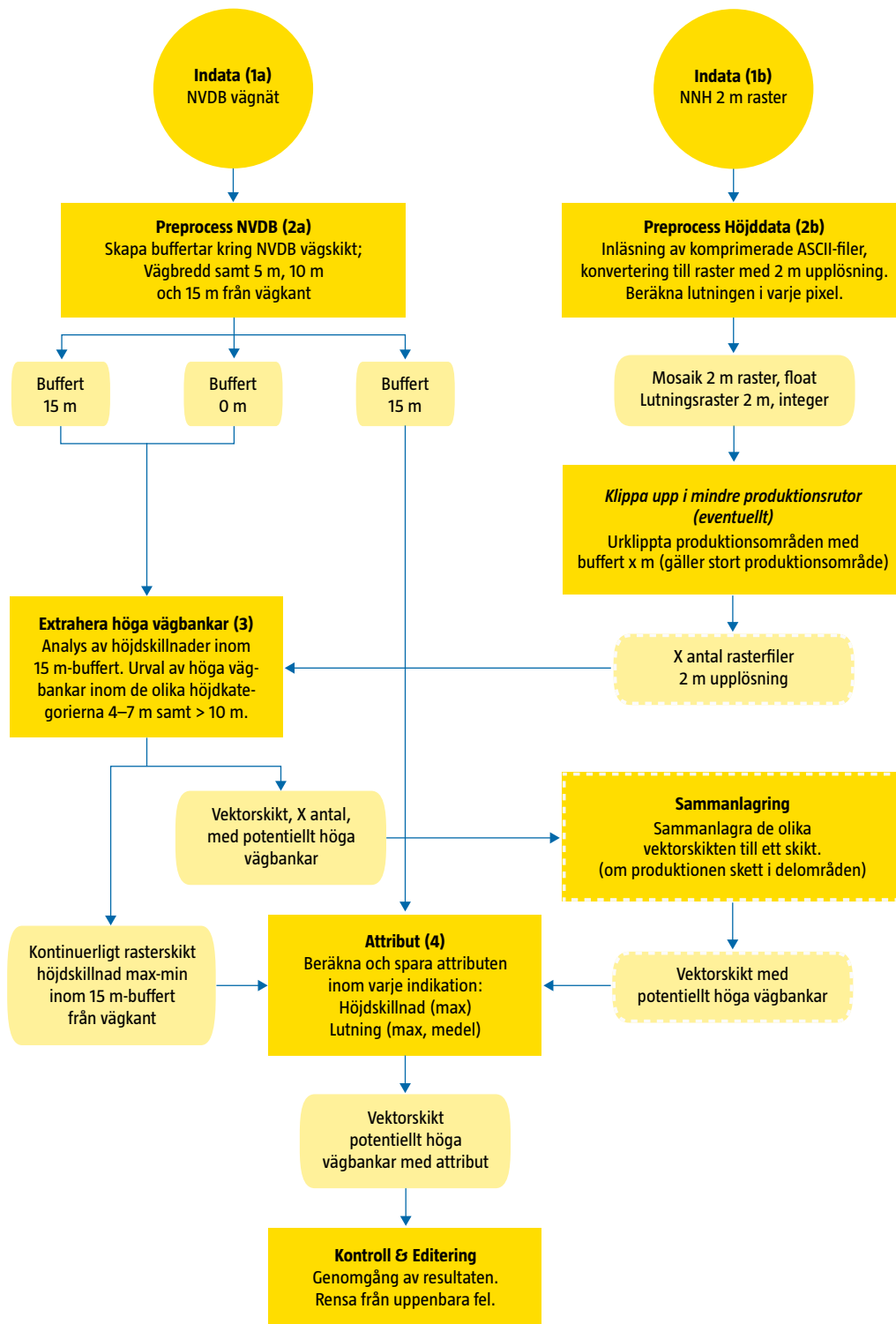
Skapa maxhöjdraster 15 m ut från väggkant på båda sidor om vägen, baserat på väghöjder inom angiven vägbredd. Skapa ett minhöjdraster, som anger minimumvärdena kring varje punkt inom en radie på 7 pixlar inom 15 m-bufferten kring vägen. Ur dessa ta fram differenserna och extrahera alla ytor med en höjdskillnad  $\geq 4$  m (4 m höjdskillnad inom 15 m från väggkant). Avrunda till heltal, för att senare kunna dra statistik ur den. Slå ihop de differenser som är  $\geq 4$  m och konvertera till vektor (polygoner). Eventuellt kan sammanlagring av delresultat ske om produktionen skett inom mindre produktionsrutor.

### 2.4 Attribut

Beräkna och spara följande attribut för varje vägbanksindikation (i vektorform):

ATTRIBUT	TYP	BESKRIVNING
Banktyp	Short	1 = Sluttning, 2 = Bank på båda sidor om vägen
Klass	Short	Indelning i klasser efter höjdskillnad och banktyp
mm_Max	Short	Max höjdskillnad
mm_Mean	Short	Medelhöjdskillnad (avrundad till närmaste heltal)
mm_Std	Float	Standardavvikelse för höjddifferenserna
sl_Max	Short	Max lutning
sl_Mean	Short	Medellutning (avrundad till närmaste heltal)
Sl_Std	Float	Standardavvikelse för lutningarna
Area	Short	Arean avrundad till närmaste heltal, m <sup>2</sup>

Tabell 4. Attribut för vägbankar.



Figur 29. Process för höga vägbankar.

### 3. Beskrivning av process för identifiering av "Blue Spots"

Följande text och bild (Figur 30) beskriver processer och data för att ta fram skiktet som visar "Blue Spots".

#### 3.1 Indata

Huvud: NNH grid2+

Andra: Fastighetskartan

#### 3.2 Script

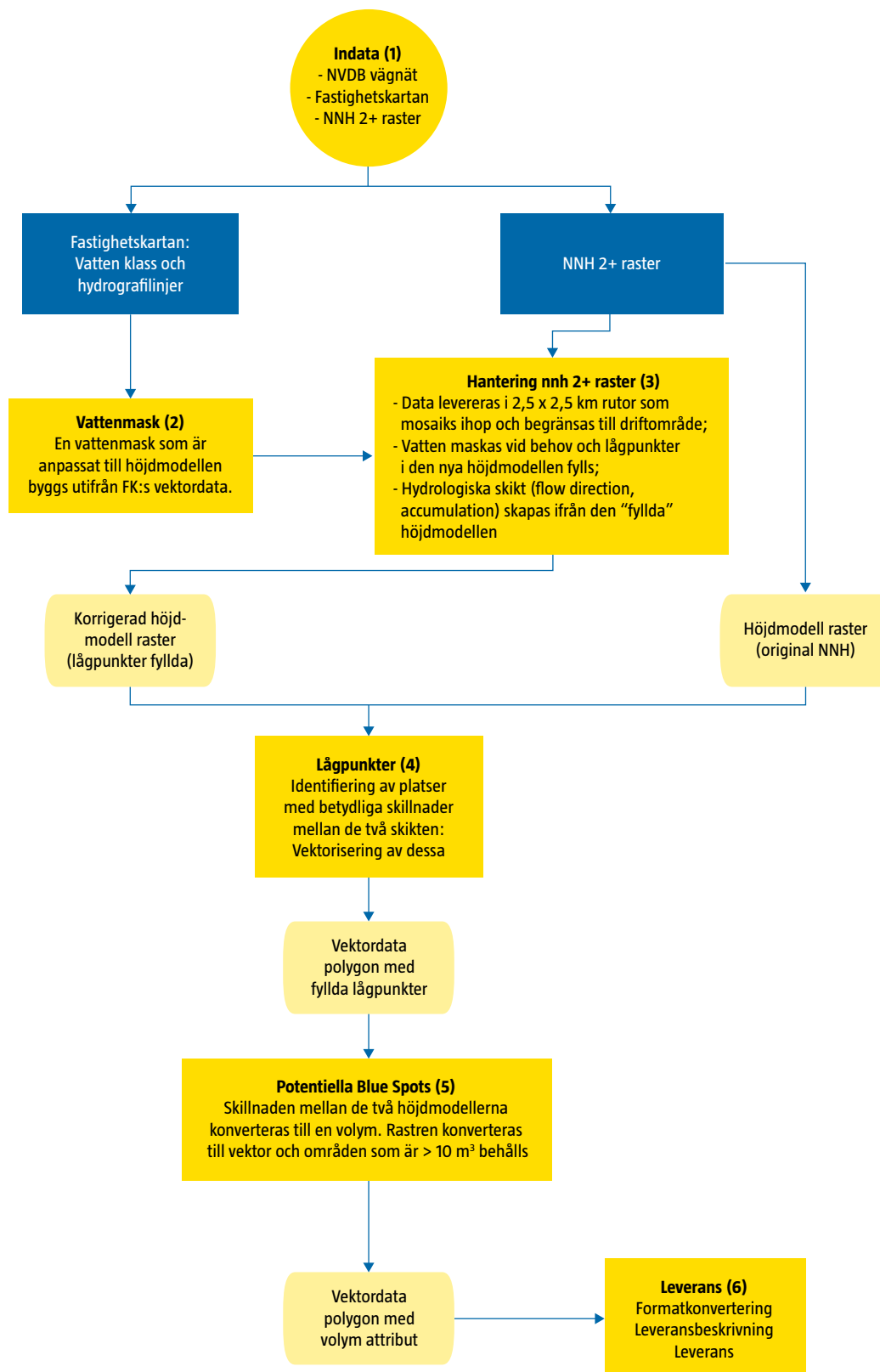
Produktion av Blue Spots görs genom Python-skript som bygger på ArcGIS verktyg.

#### 3.3 Indata

- Vattenskiakt (vektor polygon och linjer) från Fastighetskartan
- NNH 2+ raster (som .asc) uppdelade i 2.5 x 2.5 km rutor över driftområde

#### 3.4 Process

1. Laddar ner eller tar emot indata från TRV (NVDB) eller Lantmäteriet (höjddata och fastighetskarta);
2. Skapar en vattenmask utifrån fastighetskartans polygon- och linjeskiakt. Görs via en rastning av både skiakt, sammanfogning av rastren och anpassning till både driftområdets yta och höjdmmodellens cellparametrar;
3. Skapar rasterskiakt som representerar hydrologiska egenskaper inom driftområde. Dessa inkluderar lågpunkter, en hydrologiskt kontinuerlig höjdmmodell, flödesriktning och flödesackumulation;
4. Skapar ett vektorskiakt baserat på skillnaden mellan den ursprungliga höjdmmodellen och den ifyllda höjdmmodellen;
5. Skillnadsvektorer används för att identifiera Blue Spots (dvs områden av minst 10 m<sup>3</sup> med en benägenhet att fylla med vatten under översvämningar eller kraftigt nederbord). Potentiella områden sammanfogas tillsammans med information om höjdskillnaden (dvs djup) för att skapa ett skikt med attributen volym per objekt. Objekt som har en volym mindre än 10 m<sup>3</sup> rensas bort;
6. Slutresultaten lagras i en geodatabas som levereras med en textfil som beskriver innehållet.



Figur 30. Process för "Blue Spots".

## 4. Beskrivning av process för framtagande av höjdkurvor

Följande text och bild (Figur 31) beskriver processer och data för att skapa höjdkurvor.

### 4.1 Indata

Huvud: NNH grid2+

Andra: Fastighetskartan

### 4.2 Script

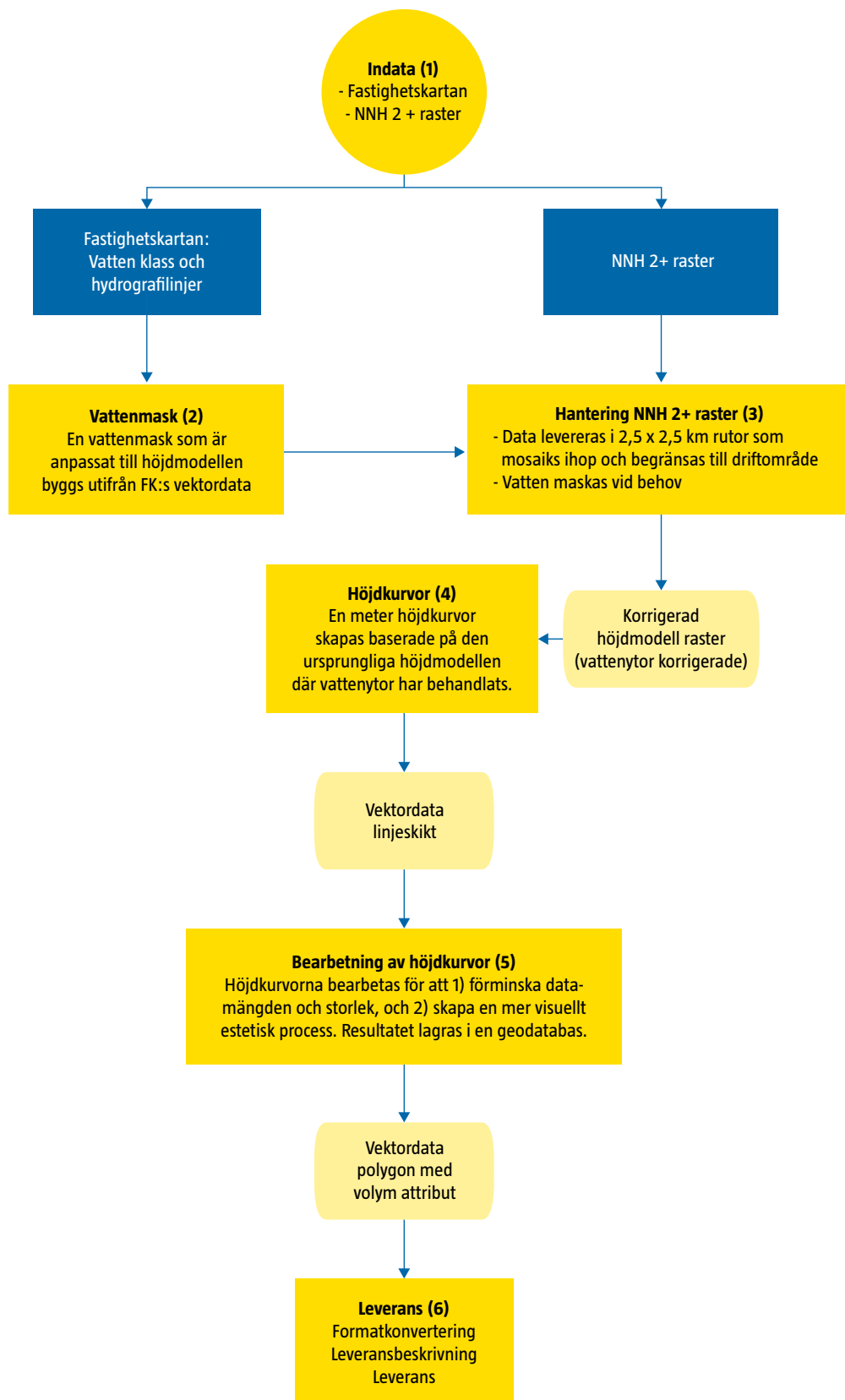
Produktion av höjdkurvor görs genom Python-skript som byggs på ArcGIS verktyg.

### 4.3 Indata

- Vattenskikt (vektor polygon och linjer) från Fastighetskartan
- NNH 2+ raster (som .asc) uppdelade i 2.5 x 2.5 km rutor över driftområde

### 4.4 Process

1. Laddar ner eller tar emot indata från TRV (NVDB) eller Lantmäteriet (höjddata och fastighetskarta);
2. Skapar en vattenmask utifrån fastighetskartans polygon- och linjeskikt. Görs via en rastning av både skikt, sammanfogning av rastren och anpassning till både driftområdets yta och höjdmodellens cellparametrar;
3. Anpassa höjdmodellen till vattenytorna så höjdkurvorna eventuellt stämmer med strandlinjerna;
4. Skapar höjdkurvorna med en meters höjdskillnad. Var femte höjdkurva (5 m, 10 m, 15 m osv) skapas med en särskild attributkod;
5. Höjdkurvorna kontrolleras för kvalitet vid strandlinjerna. Spetsiga kurvor justeras m.h.a. en "smoothing" funktion;
6. Slutresultaten lagras i en geodatabas som levereras med en textfil med beskrivning av innehållet.



Figur 31. Process för att skapa höjdkurvor.

## 5. Beskrivning av process för framtagande av skikt som visar områden med potentiell skredrisk

Följande text och bild (Figur 32) beskriver processer och data för att skapa skikt med skredrisk.

### 5.1 Definition

Skredrisk definieras av stark lutning i kombination med vissa skredkänsliga jordarter. De gränser som tillämpas för denna kartering är > 10 % lutning i kombination med ler- och siltjordar eller svämsediment.

### 5.2 Indata

- NNH grid2+ raster mosaikat i produktionsrutor (t.ex. 12 500 x 25 000 pixlar, ERDAS Imagine-format)
- NVDB vägnät, ESRI Shape linjeskikt.
- SGU jordartskarta (lokal och/eller regional), ESRI shape polygonskikt.

### 5.3 Förprocess jordartskarta

I de fall det finns överlapp mellan lokal och regional kartering väljs den lokala.

### 5.4 Processer

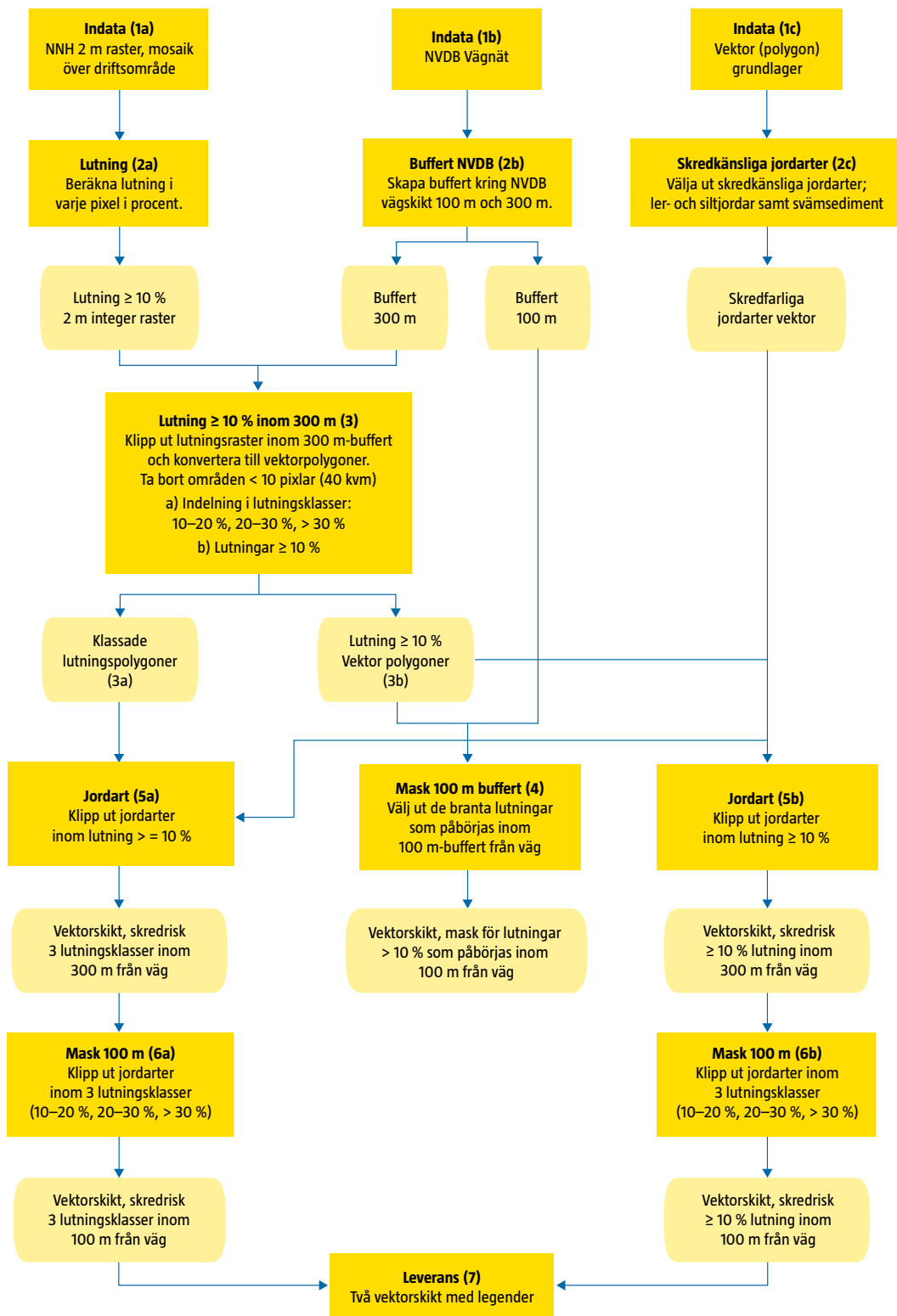
1. Indata
  - a) NNH grid2+ raster (exempelvis mosaikat i produktionsrutor 12 500 x 25 000).
  - b) NVDB vägnät, vektor linjeskikt.
  - c) SGU jordartskarta, vektor polygonskikt.
2. Lutning, buffertar och urval
  - a) Lutning beräknas i procent för hela området.
  - b) Buffertar om 100 m respektive 300 m kring väglinjer beräknas, vektor polygonskikt.
  - c) Skredkänsliga jordarter i 3 klasser väljs ut ur jordartsskiktet; ler- och siltjordar samt svämsediment.
3. Lutning > 10 % extraheras inom 300 m från vägmittar. Små ytor < 40 m<sup>2</sup> rensas bort. Två vektorskikt tas fram;
  - a) lutningar > 10 %
  - b) lutningsklasser 10–20 %, 20–30 %, > 30 %.
4. En mask skapas bestående av alla lutningsområden inom 300 m från väg som berör även 100 m-zonen från väg. Detta innebär att branta lutningar som inte berör 100 m-zonen rensas bort.



5. Överlagra skredkänsliga jordarter med branta lutningar inom 300 m från väg.
  - a) Vektorskikt med branta lutningar i 3 klasser kombinerat med 3 skredkänsliga jordartsklasser, se klassindelning nedan under Leverans.
  - b) Vektorskikt med branta lutningar > 10 % kombinerat med 3 skredkänsliga jordartsklasser.
6. Resultaten inom 300 m klipps med 100 m-masken för att få bort de skredkänsliga områden som inte berör någon del av 100 m-zonen från väg.
7. Leverans av 2 vektorskikt med följande egenskapsinformation:
  - a) Klass och Areal
  - b) Jordartsklass (3 st) och Areal

LUTNING JORDART	10–20 %	20–30 %	30 %
Lera	11	12	13
Silt	21	22	23
Svåmsediment	31	32	33

**Tabell 5.** Koder för lutningsklasser inom olika jordartsområden.



Figur 32. Process för framtagande av skikt som visar potentiella skredriskområden.

## 6. Produktionslina Tillrinningsområden

### 6.1 Indata

- NNH grid2+
- Vägtrummor, indikationer
- Fastighetskartan

### 6.2 Script

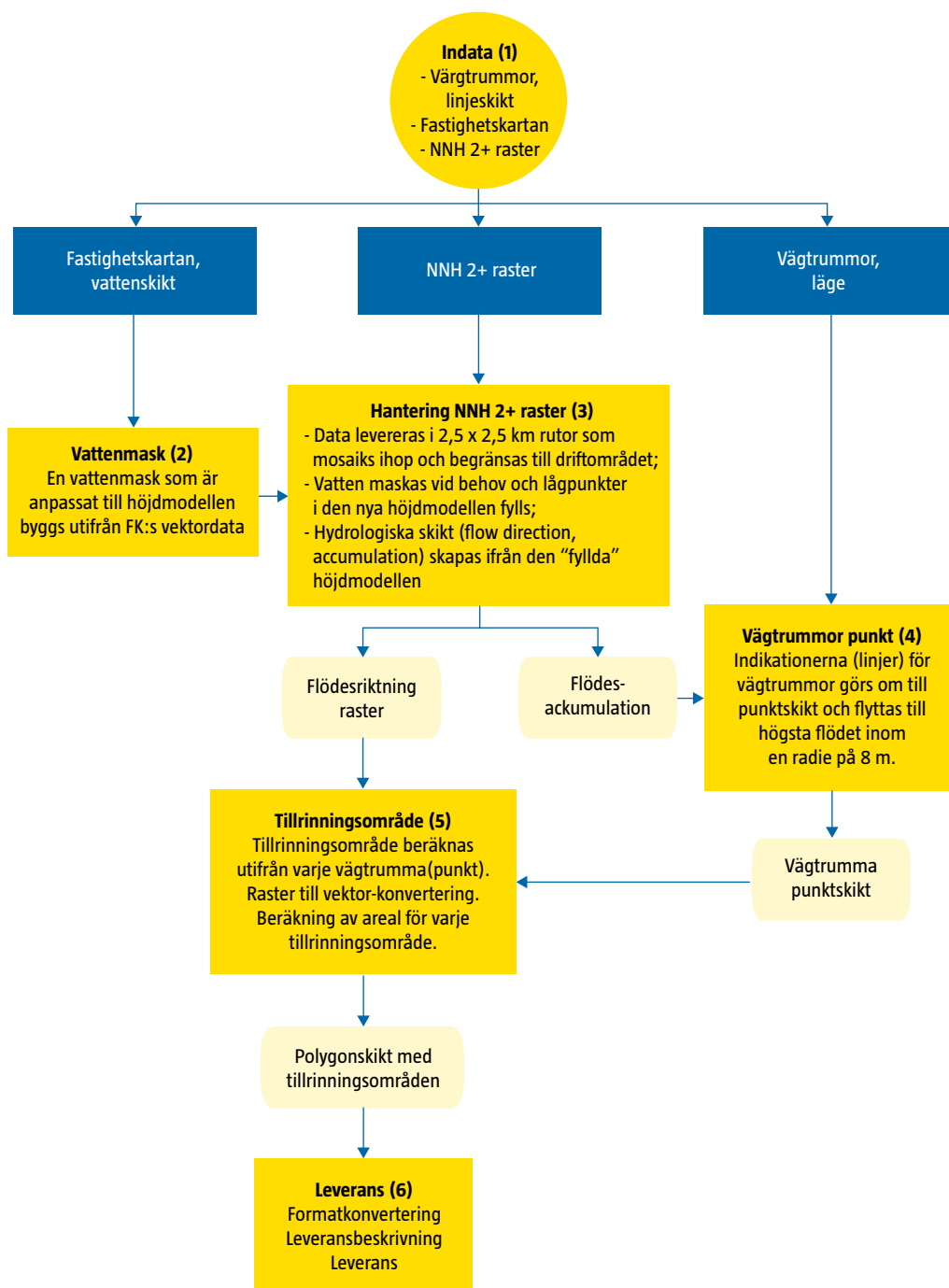
Produktion av Tillrinningsområden kan utföras med Pythonscript som bygger på ArcGIS verktyg samt inbyggda funktioner i ArcGIS.

Indata:

- NNH 2+ raster (som .asc) uppdelade i 2.5 x 2.5 km rutor över driftområde.
- Vägtrummor, linjeskikt med indikationer på vägtrummor, resultat från produktionslina Vägtrummor.
- Vattenskikt (vektor polygon och linjer) från Fastighetskartan.

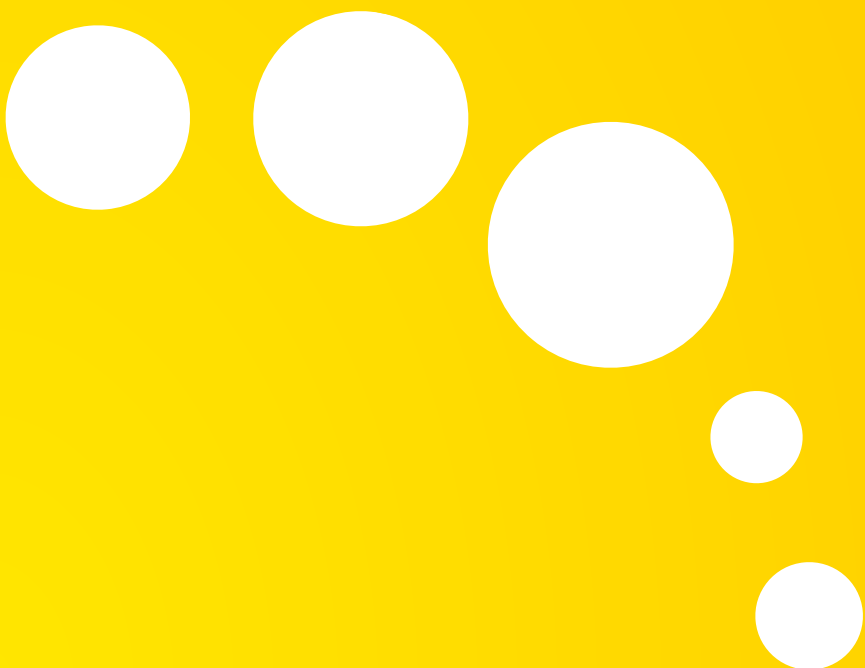
Process:

1. Laddar ner eller tar emot indata från TRV (NVDB) eller Lantmäteriet (höjddata och fastighetskarta);
2. Skapar en vattenmask utifrån fastighetskartans polygon- och linjeskikt. Görs via en rastning av både skikt, sammanfogning av rastren och anpassning till både driftområdets yta och höjdmmodellens cellparametrar;
3. Skapa rasterskikt som representerar hydrologiska egenskaper inom driftområde. Dessa inkluderar lågpunkter, en hydrologiskt kontinuerlig höjdmmodell, flödesriktning och flödesackumulation;
4. Skapa punktskikt utifrån linjeobjekten som indikerar vägtrummor. Flytt av punkterna till högsta flödet inom en 8m-radie.
5. Beräkning av tillrinningsområde utgående från varje punkt (vägtrumma). Detta görs med hjälp av flödesriktning. Konvertering av raster till vektor-polygoner. Beräkning av areal för varje enskilt tillrinningsområde.
6. Slutresultaten lagras i en geodatabas som levereras med en beskrivning av innehållet.



Figur 33. Process för framtagande av tillrinningsområden.





## BILAGA 2: LITTERATURÖVERSIKT

### 1. Bakgrund

Att på ett systematiskt och kostnadseffektivt sätt identifiera potentiella riskpunkter/områden, som exempelvis höga vägbankar, är en väsentlig och arbetskrävande del i arbete med att förbättra vägar och järnvägars robusthet. Under 2010–11 har en förstudie genomförts, i samarbete mellan Trafikverket och Lantmäteriet. Denna förstudie syftade till att undersöka om det finns möjligheter att identifiera höga vägbankar och järnvägsbankar med hjälp av GIS-analys och med Ny Nationell Höjdmodell (NNH) som grund. NNH öppnar för att genomföra geografiska analyser med betydligt högre precision än tidigare.

En fördjupning av förstudien genomfördes hösten 2012 för att verifiera möjligheter och användbarhet av förstudiens förslag (Trafikverket, 2012). I fördjupningsstudien testades också möjligheten att identifiera trummor. Testen gjordes i ett område i östra Värmland. Fältkontrollen visade att metoden för identifiering av höga vägbankar har bra förutsättningar att fungera i större skala.

MSB har beviljat medel till att fördjupa studier om att identifiera höga väg- och järnvägsbankar med hjälp av nya höjddatabasen (NNH). Detta projekt ska stärka och utveckla tidigare studier av möjligheter att kombinera information från flera databaser, exempelvis jordarter och avrinningsområden, m.m. Projektet ska, förutom att utveckla arbetet med höga vägbankar, även undersöka möjligheter att med automatiserade metoder identifiera andra typer av riskpunkter/områden som kan drabbas av t.ex. ras, skred, erosion, bortspolning och översvämning. I handledningen "Riskanalys vald vägsträcka" (Vägverket, 2005) betonar man vikten av geografiskt relaterade underlag som stöd för inventeringar och bedömningar i fält.

Syftet med denna litteraturredovisning är att den ska ge tillräckligt underlag för att kunna bedöma hur man ska kunna gå vidare mot standardiserade riskbedömningsunderlag. Ett annat viktigt syfte är att belysa hur andra digitala underlag kan stödja denna typ av analyser. I referensgruppen till detta projekt ingår representanter från Lantmäteriet (LM), Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), Statens geotekniska institut (SGI), Sveriges Kommuner och Lands-ting (SKL), Skogsstyrelsen (SKS) och Kungliga Tekniska Högskolan (KTH).

Rapporten är sammanställd av, Greger Lindeberg, Sara Wiman, Michael Ledwith och Viktoria Skytt, Metria AB.

## 2. Naturrelaterade risker

### 2.1 Översvämningar och höga flöden i vattendrag

Efter att stora översvämningar inträffat i Europa antog EU under 2007 ett direktiv för översvämningssrisker som reglerar hanteringen av översvämningar. I Sverige genomförs direktivet som förordning (SFS 2009:956) om översvämningssrisker och genom MSBFS 2010:1, föreskrifter om länsstyrelsens planer för hantering av översvämningssrisker. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) driver arbetet med förordningen och har också regerings uppdrag att förse landets kommuner och länsstyrelser med översiktlig kartläggning av områden som kan översvämmas utmed landets vattendrag. Arbetet bedrivs i tre steg;

1. En landsomfattande preliminär bedömning av översvämningssriskerna ska genomföras. Med denna bedömning ska de geografiska områden där betydande översvämningssrisk föreligger utpekade.
2. De områden där betydande översvämningssrisk föreligger ska två typer av kartor utarbetas. Kartor över översvämningsshotade områden (2a) samt kartor över översvämningssrisker inom de hotade områdena (2b).
3. Framtagande av riskhanteringsplaner för de översvämmade områdena.

MSB gör den preliminära bedömningen av betydande översvämningssrisk för hela landet, samt är ansvarigt för att ta fram kartmaterial. Därefter utarbetar länsstyrelserna i respektive län riskkartor.

Vägverket Region Väst genomförde 2006 ett projekt "Översvämningshändelser i Tjeckien (2002) applicerat på ett område i Mälardalen" där man med hjälp av SMHI utredde vilka effekter ett regn av den storleksordning som föll över södra Tjeckien sommaren 2002 skulle kunna få om det föll över norra Mälardalen.

Noggrannheten i såväl höjddata som vattendragets geometri har, i synnerhet i områden där höjdskillnaderna är små, en avgörande betydelse för hur väl man kan kartlägga översvämningar – dess utbredning och risker. Projektet sammanställde höjddata från flera källor till en ny höjddatabas. Höjddata togs från höjdkurvor i fastighetskartan, från den rikstäckande höjddatabasen (50 x 50 m) och från den lokala höjddatabasen i tätorten Västerås (10 x 10 m). Med hjälp av tvärsektioner beskrevs vattendragsfåran och stränderna i en hydrologisk modell (HBV) som sedan matades med de olika flödena.

Projektet kom fram till att det är fullt realistiskt att de regnvolymerna kan falla över området och att konsekvenserna av det regnet skulle ha blivit extrema främst i Kolbäcksån, som är det vattendrag som har det största avrinningsområdet. En uppskattning av återkomsttiden för de beräknade högsta flödestopparna i Kolbäcksån ger ungefärlig återkomsttid på 1800 år.

Vidare konstaterades att de högsta tänkbara flödena för vattendragen i norra Mälardalen har beräknats i den översiktliga översvämningsskarteringen (enligt Flödeskommitténs riktlinjer 1990) som gjordes åt Räddningsverket (nuvarande MSB). Dessa flöden är betydligt större än de flöden som



här har beräknats utgående från Tjeckienregnet sommaren 2002, man har där använt ett läge med de största förutsättningarna för ett högt flöde, vid en kombination av stor snösmältning och kraftigt regn. De högsta flödestopparna inträffade därvid under maj månad, och de högsta flödena som beräknats i översvämningsskarteringen för de aktuella åarna är högre än de flödestoppar som beräknats utgående från regnet i Tjeckien.

I resultaten från projektet redovisas ett antal vägar och broar som troligen kommer klara sig respektive översvämmas och kritiska riskområdena som identifierats i projektet kan utredas ytterligare med vägverkets modell för RSA (Risk och Sårbarhetsanalys). Vidare drar projektet även slutsatser att de vattendomar som dammanläggningarna längs med åsträckorna har är gamla och de motsvarar inte dagens vädersituation. Även vid nybyggnation av broar bör dimensioneringen ses över då man idag använder sig av 50-årsflöden som dimensionerande.

Det finns relativt mycket tillämpad forskning om översvämningar och hydrologiska förhållanden i närheten av vägar. Vägar och vägbankar på verkar ofta de naturliga avrinningsförhållandena kring vägen och utgör en barriär för ytvattenavrinning. I ett arbete av Kalantari (2011) belyser man denna problematik och beskriver ett antal metoder för att prognosticera höga flöden i vägens närhet. Flera olika hydrologiska modeller (LISEM, MIKE SHE, CoupModel och HBV) testades vid olika hydrologiska förhållanden (snösmältning respektive intensivt regn). Dessutom gjordes ett antal simuleringar av hur ändrad markanvändning kan påverka extremflöden. Simuleringarna visade att förändringar av markanvändning genom t.ex. kalhuggning kan ge kraftigt förhöjda extremflöden, särskilt vid mycket intensiva nederbördstillfällen (t.ex. 50-års regn). En annan slutsats är att t.ex. gräsbevuxna vattendrag kan minska extremflöden avsevärt på grund av ökad hydraulisk friktion. Arbetet innehåller också en enkätundersökning där ett antal personer som arbetar med vägunderhåll och riskfrågor svarar på en rad frågor relaterat till detta. En viktig slutsats av denna enkätundersökning är att det många gånger saknas verktyg för att översiktligt kunna identifiera och prioritera sårbara punkter i vägnätet. Det finns också förslag på hur man skulle kunna bygga upp en strategi för att förebygga skador.

## 2.2 Risk för erosion, ras och skred

Klimat- och sårbarhetsutredningen (Bilaga 14, 2007) ger en mycket heltäckande översikt över risk och effekter av erosion, ras och skred till följd av ett förändrat klimat. Här finns ett samlat grepp om problem och förslag till lösningar, samt kopplingar till infrastruktur och fysisk planering.

I publikationen "Klimatförändringar, skred och ras – En forskningsöversikt" (MSB 2008) utgiven av MSB finns en bred översikt av hur ett förändrat klimat kan ge upphov till ökade skador genom jordrörelser. Den innehåller också exempel på hur man kan kartlägga riskområden och vilka anpassningsåtgärder som kan vara tillämpliga i olika situationer. I arbetet finns också en internationell utblick som beskriver anpassning och riskreducerande åtgärder i ett antal länder. Man konstaterar i rapporten att det finns kunskapsluckor

vad gäller de geotekniska aspekterna i de stora klimatrelaterade forskningsprogrammen. Man föreslår att dessa aspekter ska tas med i högre utsträckning alternativt att man inrättar egna program relaterade till naturolyckor och geoteknik. Man anser också att det finns behov av forskning kring materialparametrar kopplat till beräkningsmodeller. Det behövs också större kunskap om grundvattenbildning och stabilitet i finkorniga jordar. Man ser också att utveckling av metoder för riskanalys och riskkartering behöver utvecklas och att en stor potential finns i fjärranalysmetoder, GIS-verktyg och terrängmodeller.

### 2.3 Massrörelser i jord, slamströmmar och skred

Det finns en tydlig koppling mellan nederbörd och skred, ras och slamströmmar. Studier från Storbritannien visar att massrörelser är kopplade till relativt långa perioder av nederbörd, ibland flera månader (Moore et al 2007; Dijkstra och Dixon, 2007). Andra studier från Sverige visar att skred är vanligare under vår och höst (Wenner, 1951; Viberg et al, 2001). Det finns också stöd för att ett generellt "våtare" klimat med förhöjda grundvattennivåer och ökat portryck i marken kan ge upphov till fler slamströmmar, ytliga skred och försämrad släntstabilitet (Guzetti, 2007; Bo et al., 2008). I Räddningsverkets rapport "Förebyggande åtgärder mot skred ras och erosion – goda exempel" från 2008 beskrivs åtta exempel på hur man kan förebygga denna typ av problematik genom tekniska lösningar i bebyggda områden.

Slamströmmar inträffar ofta i samband med intensiv nederbörd och i samband med snösmältning. De flesta slamströmmar inträffar i fjällen men det finns många andra områden där risken för dessa är påtaglig. Exempel på sådana områden kan vara längs raviner, förkastningsbranter eller i moränsluttningar. SGI har tagit fram metodik och riktlinjer för att översiktligt inventera områden med förhöjd risk för massrörelser och slamströmmar (t.ex. Fallsvik och Viberg 1989, Fallsvik och Rankka 2005). Metoderna bygger på följande underlag:

- Topografi (Avrinningsområde, släntlutning o.s.v.)
- Hydrologi (Avrinningsområdets storlek, vattenvägar, grundvattenförhållanden, infiltration)
- Jord- och bergförhållanden
- Markanvändning (Vegetationstyp, hårdgjorda ytor, täckningsgrad)
- Tidigare händelser (kända händelser eller t.ex. skredärr).

Åre kommun är inventerad med denna metodik.

Avrinningsområdet och dess karaktär är viktigt för hur kraftig respons man får i det hydrologiska systemet. T.ex. så är det stor skillnad på små och stora avrinningsområden (Fallsvik och Rankka, 2005). Ett exempel är att mycket intensiv nederbörd sällan inträffar momentant över ett större avrinningsområde. Det kan däremot vara fallet inom ett mindre avrinningsområde (< 10 km<sup>2</sup>). Lutningen inom avrinningsområdet kan också spela en avgörande roll då lutningen både gör att markinfiltrationen blir lägre och kan göra marken ytlager mindre stabila.

### 3. Identifiering av riskområden med hjälp av GIS-verktyg

Inom projektet LESSLOSS undersökte SGI år 2007 möjligheterna för att identifiera områden med förutsättningar för ras/skred med hjälp av laserscannad digital höjdmmodell. Detta finns redovisat med ett stort antal exempel i rapporterna SGI Varia 578 (Fallsvik 2007) och 580 (Fallsvik 2007). I dessa studier använder man lutningsinformation tillsammans med jordartinformation för att dela in markområden i olika stabilitetszoner. Testområden i detta fall var Lilla Edet längs Göta älv, samt områden längs Eskilstunaån.

Det finns flera studier genomförda i samband med den så kallade Göta Älvutredningen som ger exempel på hur man kan använda GIS-verktyg för att identifiera riskområden. I en av dessa delstudier (GÄU, delrapport 1, Rydell et al., 2011) används GIS för att uppskatta erosion i älven. Denna metod jämförs även med en mer avancerad hydrodynamisk modell för erosionsförhållandena (GÄU, delrapport 2, Rydell et al., 2011).

Daeminezhad (2011) skriver om riskinventering vid väg med hjälp av GIS-verktyg. I detta arbete analyseras avrinningsområdenas egenskaper med hjälp av GIS. I studien kallar man detta "Physical catchment descriptors, PCD:s" ett begrepp som även förekommer i andra källor. Hypotesen är att man ska kunna indikera riskområden vid väg genom att beskriva tillrinningsområdets egenskaper. En annan viktig frågeställning är om förekomst av vägar inom ett tillrinningsområde förändrar de hydrologiska förutsättningarna så att risken för vattenrelaterade skador ökar. I arbetet finns dock inget stöd för den senare hypotesen. Dock kan det enligt författaren bero på att en alltför grov terrängmodell användes i analysen. Man rekommenderar här att använda noggranna höjdmodeller för analyserna, gärna med en upplösning bättre än 1 meter i plan. I studien har man undersökt 4 lokaler där översvämningsskador har finns dokumenterade, och 6 stycken lokaler där inga skador hittills har inträffat.

Författaren delar in avrinningsområdenas egenskaper i två kategorier; 1) inneboende morfologiska och 2) externa faktorer. Till de inneboende egenskaperna räknas topografiska, geologiska förutsättningar och de externa faktorerna är främst meteorologiska. I studien ingår en litteraturgenomgång där totalt 25 inneboende faktorer, 7 vägegenskaper och 15 externa faktorer redovisas. Studien begränsas dock till 12 inneboende faktorer och 4 egenskaper hos vägen. De viktigaste egenskaperna hos avrinningsområdet som är relaterat till översvämningsskador är enligt denna studie:

1. Form, yta och area på tillrinningsområdet
2. Dräneringsdensitet (längd vattenvägar per ytenhet)
3. Topografiskt våthetsindex (TWI, jmf Sørensen et al 2005)
4. Jordartsfördelning

Agnew et al. (2006) använder ett så kallat Topographic Wetness Index (TWI) som är något modifierat för att även ta hänsyn till markens hydrauliska konduktivitet. Detta index används att identifiera områden är hydrologiskt känsliga. En annan viktig faktor kan vara hur lutningen varierar inom ett tillrinningsområde. Om t.ex. lutningen ökar i närheten av vägområdet kan det föreligga en större risk för erosion och skador än om lutningen är stor i början.

Ytterligare ett arbete presenteras av samma författare (Daeminezhad och Kalantari, 2011) där man beskriver ungefär samma metodik i samma testområde. Skillnaden är att man har tillgång till bättre höjddata. I detta fall valde man att beskriva tillrinningsområdet utifrån några andra variabler för att tillverka en riskkarta. Här tittar man på bl.a. på variablerna "Local mean slope" och "Local mean elevation" tillsammans med jordartsfördelning och "Drainage density". Resultaten blir kartor som visar risk för häftiga flöden respektive översvämning.

I en artikel av Dahal et. Al, 2008 beskrivs metodik för att göra kartering av skredrisk med hjälp av GIS och statistik. Exemplet kommer från ön Shikoku i Japan. Faktorerna för att göra riskkarteringen är bland andra; lutning, aspekt, flödesackumulation, jordart och markanvändning vilka viktas och slås samman. Resultatet är en karta där områden med förhöjd känslighet för skred och jordrörelser visas. Resultatet utvärderas med hjälp av kända skred och modellen uppnår relativt hög förklaringsgrad.

MSB genomför också översiktlig stabilitetskartering bl.a. med hjälp av GIS verktyg. Syftet med dessa karteringar är att peka ut områden som bör undersökas med detaljerad geoteknisk kartläggning. Unerlagen till denna kartering utgörs bland annat av:

- Topografiska kartor
- Geologiska kartor
- Flygbilder
- Hydrologiska förhållanden
- Markanvändning
- Vegetation.

Metodiken för denna typ av undersökning finns beskriven i rapporten "Översiktlig kartering av stabilitets- och avrinningsförhållanden i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord (Lundström et al. 2007).

### 3.1 The BLUE SPOT concept

För några år sedan utfördes ett antal studier av Vejdirektoratet i Danmark (motsvarar Vägverket) som sammanfattas i rapporterna The Blue Spot Concept (Rapport 181, 2010) Background Report (Rapport 182, 2010), Model Report (Rapport 183, 2010) och Inspection and Maintenance (Rapport 184, 2010). Rapporterna togs fram under det så kallade SWAMP -projektet som syftade att identifiera de mest sårbara sträckorna av vägnätet och att åstadkomma riktlinjer för att mildra effekterna av översvämningar. Tanken med projekt var inte att bygga en analytisk modell, bara att identifiera de viktiga parametrar som styra förekomsten av översvämningar.

Områden som är benägna att översvämmas benämns i dessa rapporter som "Blue Spots" (blå fläckar). Dessa kan beskrivas som topografiska lågpunkter där ytvatten har tendens att samlas. Om sänkan är större än 10 m<sup>3</sup> och ligger intill en väg då anses den som en "Blue Spot". För att identifiera och klassa "Blue Spots" antar man i analysen att ingen infiltration av nederbörd sker.

Det här kallas för en Nivå 1 Blue Spots analys. Denna analys är enkel att genomföra (kraven är en höjdmmodell och ett GIS-verktyg), och ger en generell överblick av potentiella riskområden. I praktiken är Nivå 1 "Blue Spots" analys ganska lika analysen för att hitta vägtrummor som genomfördes av Metria AB under 2011 (Metria, 2011).

Huvudskillnaderna är de ytterligare parametrar (infiltration och sänkvolymer) som används i "Blue Spots" modellen och de sannolikhetsrangordningar som görs i Metrias modell.

En Nivå 2 klassifikation innebär en så kallad Rain Sensitivity (känslighet för regn) analys. Syftet med en Nivå 2 analys är att identifiera de Blue Spots som mest sannolikt skulle översvämma under perioder av mycket regn och är alltså en sorts scenarioanalys snarare än en modellering. Nyckelparametern i Nivå 2 analysen är hur stor andel av nederbörden som infiltreras i marken. Andelen justeras (20 %, 40 %, 60 % och 80 %) i modellen och resultaten visar områden som översvämmas beroende av infiltrationskoefficient. Grundtanken är att en liten sänka som tillhör ett stort avrinningsområde har en större risk för översvämning än en stor sänka som tillhör ett litet avrinningsområde. Med andra ord är storleken av avrinningsområdet en väldigt viktig parameter. Dock görs inga antaganden om hur lång tid det tar för vattnet att nå vägområdet.

Nivå 3 innebär en komplett hydrodynamisk modellering av avrinningsområdet (t.ex. med programvaror som Mike Urban, Mike Flood). En sådan analys rekommenderas bara i särskilda fall.

Det är viktigt att broar över vattendrag och vägar tas bort från höjdmmodellen innan analysen genomförs eftersom de skulle annars betas sig som diken och skapa en troligt falsk Blue Spot.

Blue Spots analyser identifierar områden där man kan förvänta ökad sannolikhet för vattensamlingar under intensiv och långvarig nederbörd. Följaktligen kan ansvariga myndigheter utnyttja sådan information för att förebygga kostsamma problem. Som exempel på åtgärd kan en damm byggas uppströms från en identifierad sårbar plats så att avrinningsfördröjningen maximeras.

En enkät om viktiga och problematiska avrinningsfaktorer skickades ut till lämpliga experter i elva länder. Enligt svaren är bristfälligt underhåll, inte konstruktion eller teknisk lösning, anledningen till de flesta översvämningssproblemen. I enlighet med detta så kan "Blue Spot" – analyser användas för att prioritera underhåll av diken och vägtrummor längs väg och järnväg.

## 4. Konsekvenser av naturolyckor och analys av sårbarhet

### 4.1 Konsekvensbeskrivningar

Klimat- och sårbarhetsutredningen drog slutsatsen 2007 att riskerna för översvämning, ras, skred och erosion kommer att öka i Sverige framöver på grund av ett förändrat klimat. Detta kommer att påverka många olika

områden och konsekvenserna för vägnätet kommer att bli betydande. Den ökande nederbörden och ökade flöden innebär översvämningar, bortspolning av vägar och vägbankar, skadade broar samt generellt ökade risker för ras, skred och erosion. För statliga, kommunala och enskilda vägar bedöms kostnaderna associerade med dessa skador mellan år 2010 och 2100 ligga på 10–20 miljarder SEK.

Citerat från Klimat- och sårbarhetsutredningen sid 196.

*”De klimatfaktorer som i första hand påverkar vägnäten är nederbörd, höga flöden, isbeläggning, temperatur, havsnivå och vind. Nederbörd påverkar väganläggningar i första hand genom grundvattenbildning och avrinning i vattendrag direkt efter regn eller genom snösmältning. Långvarigt regn höjer grundvattennivån och ger förhöjda portryck i jorden, vilket försämrar den naturliga släntstabiliteten. Höga flöden i stora och medelstora vattendrag innebär erosionsrisk med påverkan på slänter vid vattendrag och med åtföljande risk för skred samt även påverkan på brostöd och broöverbyggnader. Intensiva regn ger höga flöden i små vattendrag, framförallt under sommar och höst, med risk för erosion, översvämning, bortspolning av väg samt påverkan på bl.a. trummor. Intensiva regn innebär också risk för översvämning vid exempelvis vägunderfarter. Snö eller underkyllt regn på vägbanan påverkar framkomlighet och trafiksäkerhet. Tjäl förekomst, medel- och höga temperaturer har betydelse för vägens bärighet och beständighet. Temperaturväxlingar påverkar också brokonstruktioner, liksom vind och isförhållanden. Havsnivåer har betydelse för färjetrafik och lågt liggande tunnlar.”*

Forts. Citerat från Klimat- och sårbarhetsutredningen sid 196:

*”Flertalet av åren 1994 till 2001 var nederbördsrika. Under den perioden inträffade cirka 200 större skador orsakade av höga flöden. Skadorna fördelade sig enligt följande: översvämning 25 procent, bortspolad väg 50 procent, skred och ras 20 procent och underspolade brostöd 5 procent. Störst antal skador inträffade i västra Götaland och Värmland upp till mellersta Norrland. Orsaken till skadorna utgjordes av en kombination av extrema väderhändelser samt geologiska och topografiska förhållanden. Efter 2001 har några stora skador inträffat. Flera höga vägbankar spolades bort vid Hagfors 2004 efter intensivt regn. Totalkostnaderna översteg 20 miljoner kronor. Sommaren 2006 spolades en vägbank vid Ånn bort efter intensivt regn med åtföljande högt flöde. Vägen var återställd efter två veckor till en kostnad av 6 miljoner kronor. I december 2006 inträffade ett stort skred söder om Munkedal. Skredet omfattade en sträcka på 550 meters längd och 250 meters bredd i en dalsänka där E6 har sin dragning. Återställandet tog närmare två månader. De direkta kostnaderna för återuppbyggnad av vägnätet inklusive återställande av förbiledningsvägar samt färjförbindelse under avbrottsstiden uppgick till cirka 120 miljoner kronor, återställningskostnader för Taske å oräknade. Omledningskostnader m.m. utgjorde mer än 50 procent av de direkta kostnaderna. De indirekta konsekvenserna blev omfattande. De två anvisade omledningsvägarna för fjärrtrafik medförde 40 respektive 55 km vägförlängning. De indirekta kostnaderna har uppskattats vara av samma storleksordning som de direkta. Kostnaderna för samtliga stora skador på grund av höga flöden och skred de senaste 12 åren är uppskattad till 1 200 miljoner kronor.”*

I Vägverkets handledning: Riskanalys för vald vägsträcka (2005) delas vägtransportssystemets (VTS) tillgångar utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv in i fem tillgångsslag och vid en bedömning av möjliga skadeeffekter räknas både direkta skador på VTS och även skador på omgivningen.

1. person
  - skada inom VTS: anställda och trafikanter
  - skada i omgivningen: tredje man
2. egendom
  - skada inom VTS: väg-, bro- och tunnelkonstruktioner, fordon, gods etc.
  - skada i omgivningen: mark, byggnader, anläggningar
3. miljö (främst skador på naturresurser, natur- och kulturmiljöer i omgivningen)
4. finans (i VTS innebär denna tillgång en transportmöjlighet)
  - skada inom VTS: direkt kostnadsökning för restid, fordon, trafikolyckor,
  - emissioner, drift och underhåll
  - skada i omgivningen: indirekta kostnadsökningar för industri/samhälle på grund av försenade och inställda vägtransporter. Hit förs även samhällsekonomiska kostnader på grund av störningar/avbrott i annan infrastruktur (järnväg, el, tele, VA etc.)
5. immateriell (förtroendeskada etc.)

Inom Göta älvutredningen (Falemo et al, 2011) utvecklades GIS-baserad metodik för att identifiera, värdera och summera konsekvenser inom följande områden: väg, järnväg, sjöfart, liv, bebyggelse, näringsliv, el/tele, miljöfarlig verksamhet, förorenade områden, kulturarv. Metoderna finns beskrivna i en serie rapporter som kan hämtas på från SGI:s webbplats. Inom denna serie rapporter finns en delrapport som behandlar konsekvenser och kostnader för skador på vägnätet (Bergman, R. 2011). Rapporten tar både upp direkta effekter som t.ex. kostnader för omledning av trafik och återställande, och indirekta samhällsekonomiska kostnader för exempelvis ökade restider.

## 4.2 Sårbarhet

De grundläggande målen för en sårbarhetsanalys enligt Jenelius (2007) är att identifiera scenarion som 1) skulle leda till allvarliga konsekvenser för samhället och 2) kan bedömas ha någon sannolikhet att inträffa i framtiden. Enligt Holmgren 2007 kan sårbarhetsanalysen ramas in med följande fyra frågor:

- Vad kan gå fel?
- Vilka blir konsekvenserna?
- Hor stor är sannolikheten?
- Hur återställs ett normaltillstånd?



De huvudsakliga målen med en sårbarhetsanalys kan brytas ned i en mängd delmål. En viktig del av analysen är att identifiera kritiska punkter eller områden i vägnätet där avbrott skulle leda till särskilt svåra konsekvenser och där sannolikheten för att något ska inträffa inte kan anses vara försumbar.

En analys av vägnätets sårbarhet ger beslutande myndigheter en möjlighet att agera i förebyggande syfte både med avseende på nybyggnation och på det underhållsarbete som görs på befintligt vägnät.

Att identifiera de mest betydelsefulla länkarna i ett vägtransportssystem är ett naturligt första steg i en sårbarhetsanalys. I generella ordalag beskrivs en länks betydelse genom storleken på effekten då länken stängs av. Som ett komplement till att mäta storleken på den totala ökade restiden (verkningsgrad = efficiency importance) introducerar Jenelius (2007) ett mått som tar hänsyn till spridningen av användarna (jämliketsvikt = equity importance). Dessa två komponenter vägs samman till ett jämlikhetsviktat effektmått på länkens betydelse. Jenelius gör här en fallstudie över Sveriges vägnät som visar att om endast hänsyn tas till verkningsgraden i vägnätet, framträder de länkar med högst flöde som de mest betydelsefulla, till exempel alla Europavägar. Om man istället väger in även jämlikheten skiftar vikten till de mindre lokala vägarna med få eller inga alternativa möjliga resvägar. Om vi endast är intresserade av den totala effekten i vägtransportssystemet ska fokus ligga på att säkerställa ett bra flöde på de största och mest trafikerade vägarna, men om vi även är intresserade av ett jämlikhetsperspektiv bör även vissa mindre lokala vägar uppmärksammas. Efter att de mest betydelsefulla länkarna har identifierats följer nästa steg i sårbarhetsanalysen som adresserar uppskattningar av sannolikheten för att störningar ska inträffa på dessa länkar. Den bedömningen bygger på all tillgänglig information så som vägstandard, trafikmängd, lokal miljö, regionala väderförhållanden etc. Sista steget skulle sedan vara att fastställa vilka åtgärder som behöver sättas in för att minska sårbarheten.

Transek 2006 redovisar i rapporten "Regional tillgänglighetsanalys ur ett sårbarhetsperspektiv", ett mått för identifiering av kritiska länkar samt en metod för beräkningar av restidsförluster och effekter (sårbarheten), rapporten berör dock inte sannolikhetsaspekterna som brukar vägas in i begreppet sårbarhet. Det mått som används för identifiering av kritiska länkar i rapporten väger samman det totala flödet på länken samt länkens funktion i vägnätet som helhet, på så vis viktas både antal fordon som passerar en länk och redundansen som finns för länken. Måttet har två bra egenskaper, ju högre flöde desto mer kritisk blir länken och ju lägre redundans (d.v.s. dåliga omledningsmöjligheter) desto mer kritisk blir länken. Den utarbetade metoden bygger på dessa steg:

- Den totala restiden i valt vägnät beräknas.
- Länkar "klippas av" en i taget och en beräkning görs av hur den totala restiden i nätet ökar.
- Jämförelse görs mellan före och efter klippning av länk.
- Mått på sårbarhet beräknas.
- Sårbarhetskarta tas fram som redovisar restidsförluster och effekter.



Den länk som genererar den största restidsförlusten i nätet om den klipps av är således den länk som betraktas som mest kritisk ur ett sårbarhetsperspektiv.

Jenelius 2007 gör även en generalisering så tillvida att betydelsefulla väglänkar generaliseras till betydelsefulla regioner inom vägnätet. Mätning av regional utsatthet ger en generell bild av sårbarheten i olika delar av vägnätet. Utöver mätning av en enskild användares restidsförlust vid störning på nätet kan även den totala regionala effekten av störningen uppskattas.

## 5. Risker kopplade till mänskliga aktiviteter

### 5.1 Dammbrott

Brott eller skador i dammar är en potentiell risk som kan orsaka både översvämningar och erosionsskador. Större jorddammar som är i drift övervakas kontinuerligt men det finns skäl att tro att mindre dammar inte sköts på samma sätt.

I en rapport från Elforsk (2006) finns metodik för samordnad beredskapsplanering vid dammbrott med exempel från pilotområdet Ljusnan. Rapporten togs fram Rapporten är tänkt som en utgångspunkt för beredskapsplanering i de stora kraftverksälvarna. Analyserna som gjorts i Ljusnan har omfattat flygfotografering av den aktuella älvsträckan, terrängmodellering, hydraulisk modellering, dammbrottsberäkningar och generering av GIS-skikt för vattenutbredningar. I fallet med Ljusnan gjordes även laser-skanning av det aktuella området. Det fortsatta arbetet med denna planering har i dagsläget medfört att Lule älv, Skellefte älv, Indalsälven, Dalälven, Ljusnan, Ljungan och Göta älv är kartlagda med samma metodik. Kartläggning av Klarälven och Lagan enligt samma koncept är påbörjad medan Ume älv och Ångemanälven är under upphandling (Personlig kommunikation med Maria Bartsch, Svenska Kraftnät, 21 Maj 2012). Länsstyrelsen är ansvarigt för förvaltningen av resultat och GIS-skikt.

SMHI förvaltar ett dammregister som omfattar cirka 5200 dammar av olika ålder. Registret innehåller bland annat information om läge, magasinsyta, medelvattenföring och dammtyp. Detta register finns också som GIS-lager och går att ladda ner från SMHI: hemsida. I rapporten "Dammsäkerhet och klimatförändringar" från 2011 konstateras att det finns skäl att se över dimensionerande flöden för dammar. Av 350 kartlagda dammar som tillhör kraftverksindustrin visade det sig att åtgärder för att möta ett förändrat klimat krävs vid omkring en fjärdedel av anläggningarna. Det finns också en utarbetad metodik för att översiktligt undersöka vilka dammanalagningar som är speciellt känsliga för höga flöden.

Dammbyggnader vilka har som uppgift att fördämma vatten redovisas också i fastighetskartan. Som dammbyggnad räknas den del av fördämningen som bär upp dammluckorna och är oftast gjuten i betong. I GSD-Fastighetskartan redovisas samtliga, men i GSD-Översiktskartan ska längden vara minst 250 m. Jorddammar och invallningar som har till uppgift att leda vatten i en bestämd fåra redovisas ej som damm. Byggnation för att skapa spegeldamm redovisas inte.

## 6. Databaser för riskinventering

### 6.1 Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

SGU är gör kartläggning av bland annat jord-, berg och grundvatten nationellt. I synnerhet jordartsinformationen är av intresse vid kartering av risk för bl.a. erosion, skred och översvämning, vilket framgår av en rad studier. Som framgår ovan är jordartsdata exempelvis mycket viktigt för att göra bedömningar av markens infiltrationsförmåga. Visar i vilka områden lokal respektive regional jordartkartering är utförd.

Jordartsinformationen finns digital i SGU:s lokala respektive regionala kartdatabas anpassad för presentation i skala 1:50 000 respektive 1:100 000. Den digitala jordartskartan ger information om jordarternas utbredning och uppbyggnad. Informationen är insamlad genom fältarbete, provtagning och flygbildstolkning.

#### 6.1.1 Jordartskarta i lokal skala

Kartläggningen utförs av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). Kartläggningen föregås av tolkning av IR-färgbilder i skala 1:30 000. Resultatet av flygbildstolkningen överförs till arbetskartor, som normalt är den ekonomiska kartan i skala 1:10 000 eller ortofoto. Vid kartläggningen i fält sker en kontroll av de flesta på kartan utskilda ytorna. Kompletteringar och ändringar av konturer och jordartsbedömningar införs successivt på arbetskartan. Jordartsobservationer utförs med hjälp av bl.a. stickspjut och det är jordarten på ca 0,5 meters djup, d.v.s. jordarten under det av vittring och odling påverkade ytlagret som kartläggs.

Kartbilden är generaliserad för att öka läsbarheten i skala 1:50 000. Detta gäller såväl konturläggningen som jordartsindelningen. Av reproduktionstekniska skäl har de minsta ytorna på kartan en diameter som motsvarar 50 meter i naturen. Kartbilden ska så långt möjligt återspegla områdets allmänna geologiska karaktär. Exempel på generaliseringar är t.ex. att flera små närliggande hållar kan sammanslås till en stor håll. Små hållar eller sedimenttytor liksom små ytor av en avvikande jordart kan utelämnas eller en ensamt liggande liten håll eller en liten men för den geologiska bilden väsentlig jordartsyta förstoras i kartbilden. Inom områden med små ytor av olika jordarter redovisas den dominerande jordarten. Är jordarten tunnare än 0,5 meter redovisas den normalt inte.

#### 6.1.2 Jordartskarta i regional skala

På samma sätt som den lokala kartläggningen används flygbilder som underlag för tolkningen av jordarter. Fältkarteringen sker i detta fall längs vägarna som punktobservationer. Tillsammans med flygbilderna skapas en preliminär kartbild som sedan kan revideras innan slutligt kartmanus framställs.

#### 6.1.3 Grundvatten och hydrogeologi

Hydrogeologisk information finns samlad i SGU:s regionala och lokala databaser. Utöver detta finns information om vattentäkter i Vattentäcksarkivet (DGV), uppgifter om brunnar i det digitala brunnsarkivet, och information om källor (naturliga grundvattenutflöden).

## 6.2 Lantmäteriet

### 6.2.1 Fastighetskartan

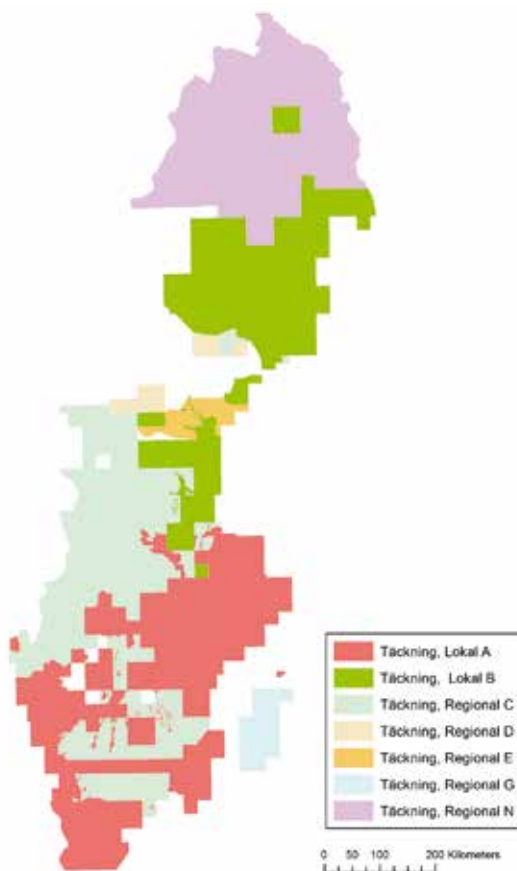
Lantmäteriets fastighetskarta finns i raster- eller vektorformat med olika informationsskikt. Produkten är anpassad för visning i skalområdet 1:5 000 – 1:20 000. GSD-Fastighetskartan bygger på Lantmäteriets grundläggande geografiska databaser där informationen har samlats in med olika kvalitet gällande lägesnoggrannhet, innehåll och aktualitet.

Ajourhållningen sker dels periodiskt i Lantmäteriets egen regi, dels mer kontinuerligt i samverkan med andra statliga myndigheter, kommuner och organisationer. Insamlingsmetoder som används inom egen regi är framförallt tolkning i flygbilder i stereo eller ortofoto. Aktualiteten i olika områden beror därför på bildförsörjningsprogrammet (Lantmäteriet) och de avtal som finns med samverkansparterna.

Större vattendrag redovisas som vatten (sjöar och större vattendrag) och ingår i markdataskiktet. Mindre vattendrag (< 6 meter breda) finns som linjer och ingår i skiktet med hydrografiinformation.

I fastighetskartan finns också information om dammbyggnader.

För geografisk täckning se Geolex på [www.geolex.lm.se](http://www.geolex.lm.se)



Figur 34. Täckning av regionala och lokala jordartskartor.

### 6.2.2 Ny nationell höjdmodell (NNH)

NNH produceras av Lantmäteriet och framställs genom flygburen laserskanning. Mätningen sker genom att ljuspulser (laser) skickas från en sensor på flygplanet mot markytan och reflekteras tillbaka. Tiden mäts och kan räknas om till avstånd. Data från sensorerna lagras tillsammans med information om positionering. Eftersom ljuset reflekteras mot olika objekt (träd, buskar och hus), måste vidare bearbetning ske för att man ska kunna erhålla en modell över själva markytan. Data levereras i referenssystemet SWEREF99 och i höjdsystemet RH2000. Detta gör det möjligt att skapa sömlösa höjdmodeller oberoende av administrativa gränser och referenssystem.

Målsättningen är att med högupplöst laserdata som grund skapa en riktäckande höjdmodell. Planerad tid för genomförande är ca 6 år med fokus på skanning de fyra första åren (2009–2012). Framväxten av höjdmodellen redovisas på Lantmäteriets hemsida. Se [www.geolex.lm.se](http://www.geolex.lm.se) under Geografiska databaser/Höjd-information/Ny nationell höjdmodell.

Leverans av NNH-data 2 m-grid från Lantmäteriet utgörs av rar-komprimerade ascii-filer, 2,5 x 2,5 km, med 2 m upplösning. NNH punktmoln levereras i LAS-format, ett binärt format, vilken är den de facto standard som gäller för laserdata. Till detta levereras metadata som redovisar tillkomst- och bearbetningshistorik.

Noggrannheten i höjd hos enskilda laserpunkter är normalt bättre än 0,1 m på plana hårdgjorda ytor (kravet är bättre än 0,2 m). Lokalt kan noggrannheten bli betydligt sämre, till exempel i områden med starkt sluttande terräng eller svårdefinierad marknivå. I områden med tät skog blir dessutom punkttätheten på mark lägre, vilket gör att små terrängformationer kan gå förlorade. Noggrannheten hos enskilda laserpunkter är normalt sämre i plan än i höjd. Fotavtrycket eller träffytan på marken är mellan 0,5 – 1 m<sup>2</sup>. Kravet på noggrannheten i plan är att felet ska vara mindre än 0,5 meter. I normalfallet är felet mindre än 0,3 m. I någorlunda plan terräng är detta inget problem, men i starkt sluttande terräng inverkar detta på noggrannheten i höjd, som därför försämras när lutningen ökar.

NNH grid 2+ håller en noggrannhet på 0,5 meter i höjddled. När höjdmodellen ska representeras som ett regelbundet grid görs samtidigt en generalisering, som medför att områden med hög punkttäthet och väldigt låg punkttäthet redovisas på samma sätt.

### 6.2.3 Ortofoton

Ortofoton är radiometriskt bearbetade flygbildsdata som är geometriskt projicerade till en ortogonal kartprojektion, med stöd av en höjdmodell. I ett ortofoto påverkas inte skalan eller avståndet mellan punkter av terrängens variation, så som fallet är i en flygbild där centralprojektion råder. Från och med 2006 framställs och lagras ortofoton i filer om 5 x 5 km rutor respektive 2,5 x 2,5 km rutor anpassade till referenssystemet Sweref 99 TM. Både GSD-Ortofoton och GSD-Ortofoton tättort levereras i filer enligt de rutor de lagras i, men kan även beställas i valfritt utsnitt, med min-max koordi-

nater. Flyghöjden är normalt 4800 meter vilket ger 0,5 meters upplösning i bilderna. Ett urval av tätorter fotograferas från 2500 meters höjd vilket ger en upplösning på 0,25 meter. Ortofoton finns tillgängliga som svartvita, färg och infraröd färgbild. De infraröda färgbilderna används ofta för kartering av markslag och vegetation.

## 6.3 Trafikverket

### 6.3.1 Nationell vägdatabas (NVDB)

NVDB är en heltäckande vägdatabas för Sverige. Det innebär att alla allmänna vägar, gator, torg, färjeleder och andra leder eller platser som används för trafik med motorfordon skall ingå i NVDB. Leder anordnade för gång- eller ridbanor ingår ej i NVDB. Inte heller traktorvägar, skoterleder eller tillfälliga vägar t.ex. isvägar. Det är skillnad på de krav som ställs på hur noga vägens egenskaper skall beskrivas beroende på hur viktig vägen är sedd ur ett allmänt transportperspektiv.

### 6.3.2 Baninformationssystem (BIS)

BIS är Trafikverkets datasystem för att lagra och hämta information om banrelaterade anläggningar och händelser. BIS är uppbyggt kring spårnätet och är sökbart via både via karta och per informationslag som exempelvis platsnamn eller specifika detaljer om de tekniska systemen. BIS har kopplingar till 16 andra system som exempelvis Bessy (besiktning av anläggningarna), eller Tigris som ligger till grund för planering av tidtabeller. BIS är också ett viktigt underlag vid planering av drift och underhåll av bansystemet. I BIS finns t.ex. information om trummor i järnvägsbanken, samt en del geoteknisk information som exempelvis kalkcementpelare, frostskyddsisolering, fyllning, pålning och erosionsskydd.

### 6.3.3 Geografiska anläggningsdata (GAD)

GAD innehåller för närvarande informationen som finns i trafikverkets bas-kartor samt information om spårgeometrier. Det pågår ett arbete med att få in ytterligare information i GAD.

### 6.3.4 Bro och tunnel management (BaTMan)

BaTMan är ett hjälpmedel för effektiv förvaltning av broar, tunnlar och andra typer av byggnadsverk. Managementsystemet BaTMan omfattar rapporter, information (handböcker, publikationer etc) samt ett verktyg som hjälper användaren att organisera och utföra aktiviteterna inom förvaltningens olika skeden. BaTMan har ett geografiskt användargränssnitt.

### 6.3.5 Riskanalys vald vägsträcka (RVV)

RVV är ett projekt för att samla in information om risker – faror i och omkring vägtransportssystemet (VTS). Informationen samlas i en databas med områden (punkter):

- Skred/ras
- Erosion
- Bortspolning
- Stormfällning
- Översvämning (väg, bro, tunnel).

## 6.4 Skogsstyrelsen

Skogsstyrelsen har uppdaterad digital geografisk information avseende naturvärden områdesskydd och avverkning i databaser. Områden som avverkats karteras genom skillnadsanalyser i satellitbilder. Även avverkningar som inte är anmälda läggs in i denna databas.

I databaserna finns också så kallade avverkningsanmälningar. Dessa är områden som anmälts eller ansökts till skogsstyrelsen för avverkning. Avverkningar > 0.5 ha ska anmälas. SKS har efter anmälan 6 veckor på sig att gå igenom checklista där man tittar på avstånd till vattendrag, natur- och kulturintressen. Risk för vägpåverkan, t.ex. avstånd till väg är inte med i denna checklista. Efter godkännande har sökanden 3 år på sig att genomföra avverkning.

## 6.5 Statens geotekniska institut (SGI)

### 6.5.1 Skred- och erosionsdatabas

SGI:s skred- och erosionsdatabas innehåller uppgifter om inträffade ras, skred, erosion och andra jordrörelser. Skreddatabasen är ett publikt tittskåp (<http://gis.swedgeo.se/skred/>) baserat på genomgång av skredutredningar, teknisk/vetenskaplig litteratur, skredkarteringar/inventeringar, noteringar på SGU:s jordartskartor samt skredrapporter från Trafikverket. Databasen innehåller uppgifter om skred och ras i jord och berg erosion och övriga jordrörelser. Uppgifter finns om årtid och datum när skredet inträffade skala (noggrannhet), typ av skred, storlek (längd, bredd) samt geotekniska förhållanden Dessutom finns uppgift om skador, markanvändning, och förstärkningsåtgärder. Databasen uppdateras kontinuerligt. Under 2012 görs en nationell inventering av inträffade ras, skred och erosion genom digital flygbildstolkning.

### 6.5.2 Stranderosion

En översiktlig kartläggning av förekomst och förutsättningar för erosion finns publikt tillgänglig i en databas (<http://gis.swedgeo.se/stranderosion/>). Kartläggningen är översiktlig i skala 1:250 000 respektive 1:100 000 och syftar till att ge en bild av erosionsbenägna områden. Inventeringen omfattar hela den svenska havskusten, de sex största sjöarna och ca 50 vattendrag. Komplettering pågår för ytterligare vattendrag. Inventering av vattendrag görs främst för de vattendrag för vilka översiktlig översvämningskartering utförts. Uppgifter om pågående/förekomst av erosion längs kuster baseras på uppgifter från respektive kommun. Förutsättningar för erosion utgår från erosionskänsliga jordarter enligt geologiska jordartskartor.

## 6.6 Myndigheten för samhällskydd och beredskap (MSB)

### 6.6.1 Naturolyckor

MSB upprätthåller en nationell databas över naturolyckor av olika slag. De händelser som finns registrerade i databasen är;

- Översvämning
- Skogsbrand

- Skred
- Ras
- Storm
- Extrem nederbörd
- Extrem temperatur
- Lavin
- Stranderosion.

Händelserna är geografisk kopplade till en kartbild. Händelserna är relativt detaljerat beskrivna och i många fall finns koppling till rapporter som behandlar den enskilda händelsen.

### 6.6.2 Översiktlig översvämningskartering

MSB har regeringens uppdrag att förse landets kommuner med översiktlig kartläggning av områden som kan översvämmas utmed landets vattendrag. Syftet med översvämningskarteringarna är bland annat att vara ett planeringsunderlag för kommunernas översiktliga fysiska planering och som ett underlag för arbetet med de kommunala handlingsprogrammen. Karteringarna kan även vara ett stöd i räddningstjänstens övergripande planering av insatser. Karteringarna överlämnas till kommuner och länsstyrelser i form av rapporter och GIS-skikt. Den översiktliga översvämningskarteringen visar vattnets utbredning för två olika flöden, 100-årsflödet och det högsta beräknade flödet. Med en händelses återkomsttid menas att den inträffar eller överträffas i genomsnitt en gång under denna tid. Till karteringen hör en hydraulisk modell som kan användas för att ta fram nya scenarier. Vid behov kan kommuner eller länsstyrelser låna dessa av MSB för att uppdatera eller göra nya scenarioanalyser. För närvarande har cirka 70 vattendrag karterats enligt denna modell.

MSB har nu fått fortsatt uppdrag att göra stabilitets- och översvämningskarteringar. I detta ingår även att utreda hur de redan producerade karteringarna ska uppdateras med avseende på scenarier för klimatförändringar och en ny mer noggrann höjddatabas. Enligt den nya översvämningsförordningen ska kartor över översvämningshotade områden tas fram, Om dessa översiktliga karteringar kan användas för detta ändamål ska utredas.

### 6.6.3 Översiktlig stabilitetskartering

Stabilitetskarteringen har till syfte att översiktligt kartlägga stabilitetsförhållanden för mark som är bebyggd. Karteringen ska utgöra ett stöd i kommunens riskinventering och riskhantering. Avsikten är att kommunen själv ska gå vidare och utföra detaljerade utredningar i utpekade områden.

MSB framställer två olika typer av stabilitetskarteringar

- kartering i finkorniga jordar, det vill säga slänter i ler- och siltområden
- kartering i morän och grova jordar, det vill säga raviner och grov sedimentjord.



Arbetet med att ta fram de översiktliga stabilitetskarteringarna pågår kontinuerligt. Vilka kommuner som står på tur att karteras avgörs av MSB i samråd med Statens geotekniska institut (SGI). Exempel och mer information finns på MSB:s hemsida under rubriken "Översiktlig stabilitetskartering", samt i metodbeskrivningen (Lundström et al., 2007).

## 6.7 Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) och vattenmyndigheterna

### 6.7.1 Dammregister

SMHI förvaltar ett register som omfattar cirka 5200 dammar av olika ålder. Registret innehåller bland annat information om läge, magasinssyta, medelvattenföring och dammtyp. Mer information om detta samt konsekvenser av dammbrott finns i avsnitt 5.1.

### 6.7.2 Avrinningsområden och klassificering av vattendrag

SMHI upprätthåller en databas över avrinningsområden. I huvudsak finns två produkter; huvudavrinningsområden och delavrinningsområden. De förstnämnda är avrinningsområden som slutar i hav och har en minsta yta om 200 km<sup>2</sup>. Delavrinningsområden beräknas från in- eller utlopp från större sjöar, mynningen av biflöden, befintliga och nedlagda vattenföringsstationer, dammlägen och kraftverk. Uppdateringsfrekvensen är oregelbunden.

Vattenmyndigheterna har samlat information om s.k. vattenförekomster i en databas som finns publikt tillgängligt via VISS hemsida. Dessa är utpekade för att kunna följa upp miljö kvalitet enligt vattendirektivet. En vattenförekomst enligt Vattendirektivet innebär en avgränsad och betydande vattenförekomst, till exempel en sjö, flod, ett magasin eller en kustvattensträcka. Indelningen av vatten i olika vattenförekomster grundar sig på att varje vattenförekomst ska vara homogen i alla aspekter som man studerar. Det innebär att hela vattenförekomsten ska tillhöra samma typ (sjö, å, kustvatten etc.), ha samma vattenkvalitet och bedömas utsättas för samma typ och nivå av miljöpåverkan. Därmed kan exempelvis en å bestå av flera olika vattenförekomster.

## 6.8 Länsstyrelse och kommuner

Vi kommunernas tekniska förvaltning kan en mängd information om geotekniska förhållanden och olika åtgärder finnas tillgängliga. Kommunerna är mottagare av de översiktliga översvämningsskarteringarna och stabilitetskarteringarna som genomförs på uppdrag av MSB. SMHI förvaltar de hydrauliska modellerna.

## 7. Sammanfattning och slutsats

De flesta naturrelaterade risker vid Svenska vägar är på olika sätt kopplade till vatten eller nederbörd. Intensiv nederbörd kan initiera eller orsaka erosion av vägbankar, slamströmmar, översvämningar eller skred. De flesta analyser kopplade till denna typ av problematik kräver relativt noggranna höjddata. Därför innebär den nya nationella höjddata modellen (NNH) betydligt bättre möjligheter att kunna göra olika analyser kopplade till hydrologi än tidigare fritt tillgängliga data.



Denna sammanställning är bara ett urval av all den vetenskapliga litteratur och andra rapporter som är relaterade till risk och sårbarhet vid naturolyckor. Tyngdpunkten ligger på riskanalyser vid vägområdet vilket kopplar till det aktuella projektet "Utvecklad riskanalys med Ny Nationell Höjdmodell (NNH)" och det tidigare genomförda projektet "NNH för identifiering av höga vägbankar och vägtrummor". Det finns också en stark koppling till studier gjorda vid KTH av Kalhantari (2011), Daeminezhad (2011) samt Daeminezhad och Kalhantari (2011). Många likheter i ansats finns också i det så kallade "Blue Spot" – konceptet utvecklat i Danmark. Det finns en rad olika typer risker att ta hänsyn till vid vägutbyggnad och underhåll av vägar. Det som redovisas i denna studie är i första hand riktat mot risker som finns i det redan befintliga vägnätet. I en av de danska "Blue Spot"-rapporterna (Danish Road Institute, 2010) konstateras det att bristande underhåll ofta är orsaken till olika problem vid vägen. Det finns också samstämmighet om att det behövs bra digitala underlag för att kunna inventera vägområden med avseende på risk (MSB 2008, Vägverket 2005). Exempel på sådana underlag är digitala höjdmodeller, jordartsinformation, markanvändning, geotekniska förhållanden och nederbördsdata. Analyser baserade på den här typen av information kan utgöra en bra bas för att avgöra om fördjupade analyser bör göras vid något avsnitt. I sin tur kan detta vara styrande för var eventuella åtgärder bör sättas in. Dock kommer man sannolikt aldrig kunna avgöra var nästa skada kommer att ske på grund av en rad mer eller mindre kända variabler. Exempelvis kan nämnas att extrem nederbörd kan uppträda mycket lokalt, vilket innebär att eventuella skador blir mycket lokala.

I Riskanalys vald vägsträcka (Vägverket 2005) finns en riskhanteringsmodell beskriven. I denna ingår stegen Riskidentifiering, Riskvärdering och Verkställande. För riskvärderingen används bland annat en så kallad riskmatris. Denna väger samman sannolikheten för att en viss skadehändelse ska inträffa med vilka konsekvenser man kan förvänta sig, och ger därmed ett underlag för prioriteringar. Denna litteraturstudie har fokuserat på den första delen, d.v.s. riskinventeringen.

En av de grundläggande frågeställningarna i detta projekt är hur man ska kunna utnyttja befintlig information och databaser för riskinventering. En annan är hur man med automatik eller semiautomatik ska kunna ta fram enhetliga underlag att basera en riskinventering på. Dessa frågeställningar är inte självklara att besvara men denna översikt kan hjälpa till att peka ut färdriktningen. En ansats som beskrivs i "Blue Spot" – konceptet bygger på flera steg för att göra stegvis fördjupade analyser av risk. Liknande förhållningssätt återfinns i arbeten av Kalhantari (2011) och Daeminezhad (2011).

Ett konceptuellt förslag på arbetsmetodik för inventering av risk som ansluter väl till "Riskanalys vald vägsträcka" och andra refererade studier ovan skulle kunna vara som följer:

1. Översiktlig kartläggning av potentiella riskpunkter med hjälp av NNH, NVDB och eventuella kompletteringar som t.ex. skreddata eller dammanläggningar. I denna analys ingår även att identifiera höga vägbankar och sannolika trumlagen.

2. Baserat på detta görs en första analys av tillrinningsområden med hjälp avseende på så kallade "Physical Catchment Descriptors". (jmf Kalhantari 2011, Daeminezhad 2011). Ett urval av några väl definierade parametrar väljs och redovisas.
3. Baserat på 1 och 2 görs ett urval till fältkontroll. Underlag för fältkontroll produceras i form av digitala eller analoga kartor med t.ex. flygbildsbakgrund. Checklista för fältkontroll upprättas för att underlätta bedömningen.
4. Vägavsnitt som inte avfärdats efter fältkontrollen prioriteras för mer fördjupade analyser eller åtgärder. Exempel på sådana kan vara, hydrologisk modellering, geoteknisk provtagning/bedömning, förstärkningsåtgärder eller förbättrad dränering.

## 8. Referenser

Agnew, LJ, Lyon, S, Gerard-Marchant, P, Collins, VB, Lembo, AJ, Steenhuis, TS, Walter, MT, 2006. Identifying hydrologically sensitive areas: Bridging the gap between science and application. *Journal of environmental management* 78:63-76.

Bergman R.2011, Metodik konsekvensbedömning – Väg. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delapport 17. Linköping.

Bo, M. W., Fabius, M., Fabius, K. 2008: Impact of global warming on stability of natural slopes. *Proceedings of the 4th Canadian Conference on Geohazards: From Causes to Management*, Presse de Univ. Laval, Quebec.

Holmberg J 2005. Dagvattenhantering i Djupbäckens avrinningsområde – Nu och i framtiden. Examensarbete, KTH. ISSN 1651-064X.

Vägverket 2008. Hydraulisk dimensionering, VVMB 310. Vägverkets publikation 2008:61. ISSN 1401-9612.

Daeminezhad, A. 2011: Metod for prediction of flood risk distribution along roads considering physical catchment characteristics. KTH, TRITA-LWR Degree project.

Daeminezhad, A och Kalantari, Z 2011. GIS metod for prediction of flood risk distribution along roads. Lundbergs report.

Dahal, R.K., Hasegawa, S., Nonomura A., Yamanaka, M., Masuda, T., Nishino K., 2008, GIS-based weights-of-evidence modelling of rainfall-induced landslides in small catchments for landslide susceptibility mapping, *Environmental Geology* 54 (2): 314-324, DOI: 10.1007/s00254-007-0818-3.

Danish Road Institute 2010. Methods to predict and handle flooding on highways – The blue spot concept. Report 181.

Danish Road Institute 2010. Background report – Litterature, questionnaire and data collection for blue spot identification. Report 182.

Danish Road Institute 2010. Development of a screening method to assess flood risk on highways – The blue spot model. Report 183.

- Danish Road Institute 2010. Guide for reducing vulnerability due to flooding of roads – Inspection and maintenance. Report 184.
- Dijkstra, T.A., Dixon, N. 2007: Networking for the future – addressing climate change effects on slope stability. Landslides and Climate Change, Proceedings Isle of Wight 21-24 May 2007, 275-280. Taylor & Francis Group, London.
- Elforsk 2006. Beredningsplanering för dammbrott – Ett pilotprojekt i Ljusnan. Elforsk rapport 05:38.
- Falemo, S., Axelsson, J., Grahn, T. & Tobiasson-Blomén, H. (2011). Metodik konsekvensbedömning. Bebyggelse och kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv. Fallstudie Ale kommun. Statens geotekniska institut, S GI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 24. Linköping.
- Fallsvik, J. 2007. Zonation and landslide hazard by means of LS DTM. SGI Varia 578.
- Fallsvik, J. 2007. Recommendations for planning, surveillance, inspection with LS DTM. Usefulness of LS DTM in landslide hazard mapping and slope management. SGI Varia 580.
- Fallsvik, J. & Viberg, L., 1989. Early stage landslide and erosion risk assessment – a method for a national survey in Sweden. Arbeitstagung – Erdwissenschaftliche Aspekte des Umweltschutz, Vienna.
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., Stark, C.P. 2007: The rainfall intensity – duration control of shallow landslides and debris flow: an update. Springer, Landslides, 5: 3-17.
- Holmgren, Å. J. (2007) A Framework for Vulnerability Assessment of Electric Power Systems. In Murray, A. T. and Grubisic, T. H. (eds), Critical Infrastructure: Reliability and Vulnerability, Advances in Spatial Science. Springer, 31- 55.
- Jenelius, E. 2007: Considering the user inequity of road network vulnerability.
- Jenelius, E. 2007: Approaches to Road Network Vulnerability Analysis.
- Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60.
- Kalantari, Zahra 2011. Adaption of road drainage structures to climate change. Licentiate thesis. KTH, TRITA LWR LIC 2061.
- Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv 2011. Dammsäkerhet och klimatförändringar – slutrapport.
- Lundström K., Viberg L., Sundsten M., Andersson M., Fallsvik J., Sällfors G., 2007. Översiktlig kartering av stabilitets- och avrinningsförhållanden i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord – Metodbeskrivning. Räddningsverket 2007.

Moore, R., Carey, J.M., McInnes, R.G., Houghton, J.E.M, 2007: Climate change, so what? Implications for ground movements and landslide events frequency in the Ventnor Undercliff, Isle of Wight. *Landslides and Climate Change, Proceedings Isle of Wight 21-24 May 2007*, 335-344. Taylor & Francis Group, London.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 2008. Klimatförändringar, skred och ras – En forskningsöversikt.

Rankka, K och Fallsvik, J 2005. Stability and run-off conditions – Guidelines for detailed investigation of slopes and torrents in till and coarse-grained sediments. Report 68, Swedish Geotechnical Institute.

Rydell, B., Blied, L., Persson, Rankka W, 2011. Erosionsförhållandena i Göta älv. GÄU – delrapport 1. Statens Geotekniska Institut, Linköping 2011.

Rydell, B., Persson, H., Blied, L., Åström, S. och Gyllenram, W., 2011. Fördjupningsstudie om erosion i vattendrag. GÄU – delrapport 2. Statens Geotekniska Institut, Linköping 2011.

Räddningsverket 2008. Förebyggande åtgärder mot skred ras och erosion – goda exempel.

Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen, Sveriges Meteorologiska och hydrologiska institut, 1990. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Slutrapport från Flödeskommitten.

Sörensen, R., Zinko, U. and Seibert, J., 2005: On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*.

Trafikverket 2012. Identifiering av höga vägbankar och vägtrummor med hjälp av Ny Nationell Höjdmmodell. Manuskript.

Vägverket 2005. Handledning – Riskanalys vald vägsträcka. Vägverket publikation 2005:54.

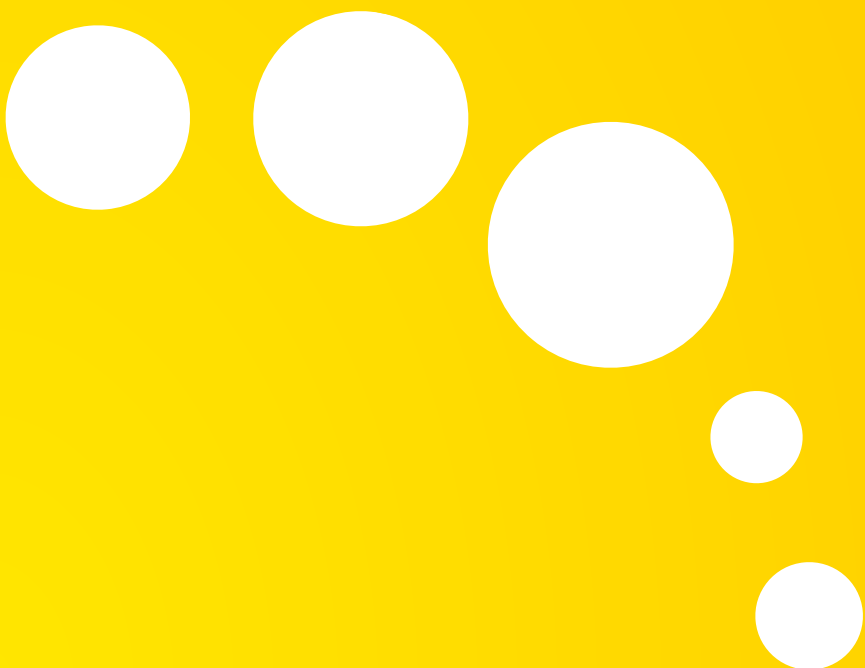
Transek 2006. Regional tillgänglighetanalys ur ett sårbarhetsperspektiv. Metodutveckling samt test på Vägverket Region Sydöst. Publikation 2006:11.

Viberg, L., Hågeryd A-C. Jonsson, H. 2001: Skreddatabas – ett förslag, Rapport över utvecklingsarbete. SGI, Varia 512.

Vägverket Region Väst 2006: Översvåmningshändelser i Tjeckien (2002) applicerat på ett område i Mälardalen. SA80-A 2006:6385.

Wenner, C.G. 1951: Data on Swedish landslides,. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* vol 73, p. 2, nr 465, s 300–308.





## BILAGA 3: FÄLTKONTROLL

Bilagan innehåller anteckningar från den fältkontroll som genomfördes under oktober 2012.

I början av oktober samlades hela projektgruppen i Karlstad under två dagar för att i fält studera hur underlagen fungerar i praktiken. Under första dagen körde gruppen runt i studieområdet och stannade på ett tiotal punkter av varierande karaktär för att få en uppfattning om hur resultaten från analyserna stämde överens med verkligheten. Fältturen följdes av diskussioner under andra dagen då ett flertal synpunkter på resultaten framkom, här sammanfattade i punktform:

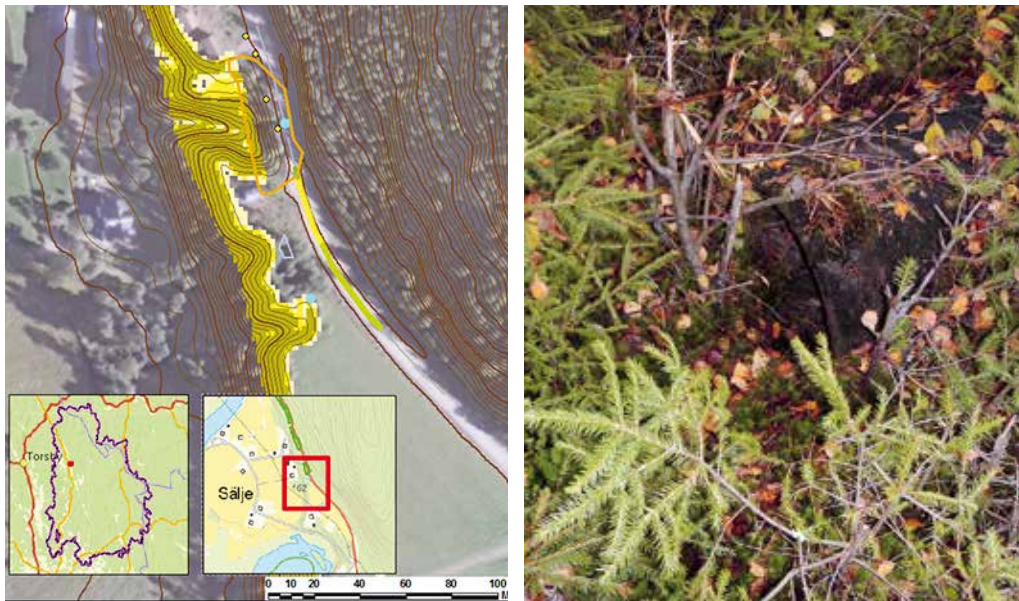
- Vägbankar gav mer än förväntat.
- Skredrisk – viktigt ange ursprungsdata (regional jordartskarta ej så lyckad). Beskrivning av begränsningar med framtagna resultat. Ytterligare aspekt är att lutningen i vattnet ej är känd. Erosionskänsliga områden längs älvdalar viktiga, i första hand ytterkurvor, där vattnet eroderar stranden.
- ”Blue Spots” kan ge en indikation om förväntade översvänningsområden som måste dräneras.
- Trummor – bra underlag, kräver viss tolkning och skulle kunna generaliseras ytterligare, t.ex. genom att välja ut de högsta klasserna längs en sammanhängande sträcka, medan lägre klasser bibehålls när de är ensamma indikationer.
- Tillrinningsområden – vissa problem när det rätta trumläget inte är känt. Svårigheten är att hitta rätt vattenström. Med rätt trumläge förbättras resultatet avsevärt. Markmodellen NNH grid 2+ räcker för de flesta tillämpningarna inom detta område, men vissa problem uppstår när mindre diken inte karterats, vilket kan ge effekter som att vattnet rinner åt fel håll.
- Idé: prediktera trumlägen – inventering – korrektion av trumlägen – beräkning tillrinningsområden.
- MSB:s översiktliga översvänningskartering ligger konstigt.
- Skredrisk från NNH och jordartskartan. Kanske ska göras om då man även tar med postglacial sand eftersom det kan ligga skredfarliga jordarter under ytlagret.
- SGU har tagit fram en algoritm för att lokalisera gamla skred (skredärr) och raviner.





**Figur 35.** Område med indikation på vägbank > 10 m i sluttning (orange) samt indikation på vägtrumma. Vägtrumman var mycket svår att upptäcka, längst ner i slänten, men var öppen ända till andra sidan vägen för man kunde se ljuset på andra sidan tunneln. Nedre bilden visar den branta vägbanken i sluttning och hur räcket indikerar vissa sättningar.





**Figur 36.** Detta område har också både indikation om hög vägbank > 10 m i sluttning, samt indikerat trumläge (grönt-gult). Efter registrering av flygbilden i bakgrunden har avverkning skett öster om vägen upp i sluttningen, vilket ytterligare kan öka risk för ras och skred. Väster om vägen, nerför sluttningen är det ökad risk för skred på grund av stark lutning i kombination med siltjord. Den vänstra bilden visar del av hög vägbank i sluttning (orange i bilden uppe till vänster).



**Figur 37.** Exempel på hög vägbank i sluttning i kombination med nytt hygge (2007) i brant sluttande område med skredrisk. En dubbel trumma i norra delen av området, med flödande vatten, där ena trumman satts igen fullständigt.





**Figur 38.** Område med hög vägbank inklusive indikation för trumma. Norr om vägen är ett djupt håll, vilket knappt går att skönja genom den täta skogen. Fotona är tagna på varsin sida om vägen. Bilden till vänster visar hur brant det är. I botten av hålet återfanns en igen rasad stentrumma.



**Figur 39.** Vägbank med stark lutning.

### *Demonstration av teknislösning*

Johan Schärdin redovisade tankar och utvecklingsläge för datastöd för inventering och analys samt testat beslutstöd för inventering.

### *Genomgång av GIS-skikt*

Sara Wiman redovisade översiktligt arbetet med de resultatskikt som använts i testen. Sedan diskuterades ett skikt i taget. Syftet var att fånga upp erfarenheter från det praktiska användandet av skikten i riskinventeringsarbetet, bl.a. diskuterades användbarhet vid skrivbordet och i fält, tydlighet, hur skikten kan förbättras och om det finns ytterligare information som kan tas in i skikten.

### **Höjdkurvor**

Höjdkurvor med 1 m ekvidistans ger bra information och ger värdefull information vid riskbedömningar men av datatekniska skäl mest användbara vid skrivbordsarbetet då de är datatunga och svår att ha med i fält. Bra underlag även vid projektering. I fält räcker det med 5-meters ekvidistans.

Ett förslag var också att lägga in kodning för att kunna välja att visa enbart 2 m-kurvor.

### **Skredrisk**

För många färger. Svårt att hålla isär. Bör utredas om skiktet kan ersättas med lutningsskikt som överlagras med halvtransparent jordartskarta. Vidare bör utredas möjligheter att få med information från andra myndigheters riskbedömningar. Områden med silt och sand bör prioriteras vid riskbedömning. Erosionsrisk från vattendrag är intressant tilläggsinformation vid riskbedömning.

### **Höga vägbankar**

Indelning i grupper bra, men det blir för många färger och indelningar att visa på en kartan. Polygonerna ger bra information om bankens läge och därför räcker det med en färg per bankhöjd. Förslagsvis används samma nyans med olika mätnadsgrad beroende på bankhöjd. För att ytterligare underlätta arbete vid skrivbord bör ett broskikt skapas så att man kan se vilka bankar som ansluter till broar.

### **Truminventering**

Skikten ger totalt sett bra information.

Blue Spots är ibland svårt att tyda. Med höjdkurvor och transparenta Blue Spots-skikt över kan man lättare förstå vad som visas. Behovet av att visa vattenvägar diskuterades. Idéer om att använda skiktet för analys av översvämningsrisker kom också upp.

De sammanvägda indikationerna över var trummor förväntas vara placerade stämmer till ca 80 %. Skiktet bedöms vara ett värdefullt hjälpmedel vid truminventering. Färger och sannolikhetsklasser för vart trummor ligger bör ses över och förenklas.



Indikationerna kan förutom inventering av befintliga trummor användas som underlag för planering av nya trummor och dimensionering av dessa. Vilka flöden som ska vara dimensionerande diskuterades. Räcker 50-års flöden? Finns det behov av att ha ett annat synsätt om konsekvenserna blir stora? Diskussionen resulterade i att det är tveksamt om nybyggnadsregler i tillräcklig grad tar hänsyn till extremväder och ett förändrat klimat.

Av-/tillrinningsområdes koppling till trummor diskuterades samt när de ska tas fram. Lathund/program för beräkning av flöden/ trumdiameter diskuterades. Ses som en viktig del i både risk och avvattningsåtgärder att ha koll på dimensionering av tvärgående trummor.

#### **Information från KTH om forskningsprojekt**

Zahra Kalantari berättade om sin forskning samt arbetet med att skapa en sammanväg riskkarta. Zahra tryckte på behovet av att systematiskt samla erfarenheter från inträffade händelser samt vilka åtgärder som vidtas efter ett ras. Svårt att utveckla nya modeller och verktyg när man inte har referensobjekt att utgå från.

#### *Risikfaktorer*

Vectura redovisade viktiga riskfaktorer som bör beaktas i fortsatta riskhanteringsarbetet. Följande punkter redovisades:

- Riskfaktorer för vägar, ej lerområden.
- Höga vägbankar av jordmassor med branta vägslänter, vanligen utfyllda utan packning.
- Trummor i vägbankar av erosionskänslig jord.
- Vägbankar av jord som ligger på sidolutande mark.
- Erosion av vattendrag.
- Områden med sedimentjord, silt, sand.
- Svallis som styr om vattenflöden, igensatta trummor.

#### *Sammanfattande erfarenheter från testperioden*

Deltagarna gavs möjlighet att utifrån diskussion i små grupper om två till tre personer redovisa sammanfattande erfarenheter från testperioden. Synpunkterna redovisas här i punktform:

- För att öka användbarheten bör ett antal tekniska förbättringar och anpassningar ske, t.ex. begränsning av antal klasser vid visualisering och förenklad färgsättning.
- Viktigt att samla erfarenheter av historiska händelser.
- Behovet stort att bygga ett trumregister och systematiskt samla information om trummor.
- Systemet med bearbetade dataskikt med NNH som grund bedöms minska tiden för inventering.
- Bearbetning av skikten bör fortsätta för att öka användarvänligheten exempelvis färgval.

- Arbetsgång för upphandling av underlag bör beskrivas exempelvis i punktform.
- Satsa på temainventering av trummor och höga vägbankar (även i sidolutande terräng) på silt- och sandjordar.
- Underlagen blir mer och mer viktiga med minskande lokalkännedom.
- Undersök möjligheter att via GIS-analys skapa ett skikt med erosionsrisker från vattendrag.
- Om möjligt bör gjorda förstärkningar finnas med vid inventering i områden med lerjordar.
- Inventeringsmodellen bör kompletteras med uppskattningar om vad åtgärdsförslag kostar att genomföra samt ett sätt/strategi att prioritera åtgärder.
- Systemet med bearbetade dataskikt utifrån NNH och uppgifter från andra databaser kommer att vara ett bra hjälpmedel vid planering av underhållsprojekt.













Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap



SVENSKA  
KRAFTNÄT



Sveriges  
Kommuner  
och Landsting

Havs  
och Vatten  
myndigheten



NATUR  
VÅRDS  
VERKET

SGU  
Sveriges geologiska undersökning



Länsstyrelserna



Boverket

Myndigheten för samhällsplanering,  
byggande och boende



LIVSMEDELS  
VERKET



Jordbruks  
verket



SGI Statens geotekniska institut



SWEDISH NATIONAL HERITAGE BOARD  
RIKSANTIKVARIÄMBETET



Sida



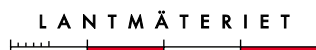
SMHI



SJÖFARTSVERKET



Socialstyrelsen



LANTMÄTERIET



TRAFIKVERKET



Energimyndigheten



SKOGSSTYRELSEN

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)  
651 81 Karlstad Tel 0771-240 240 [www.msb.se/nationellplattform](http://www.msb.se/nationellplattform)  
Publ.nr MSB624 - januari 2014 ISBN 978-91-7383-397-4