



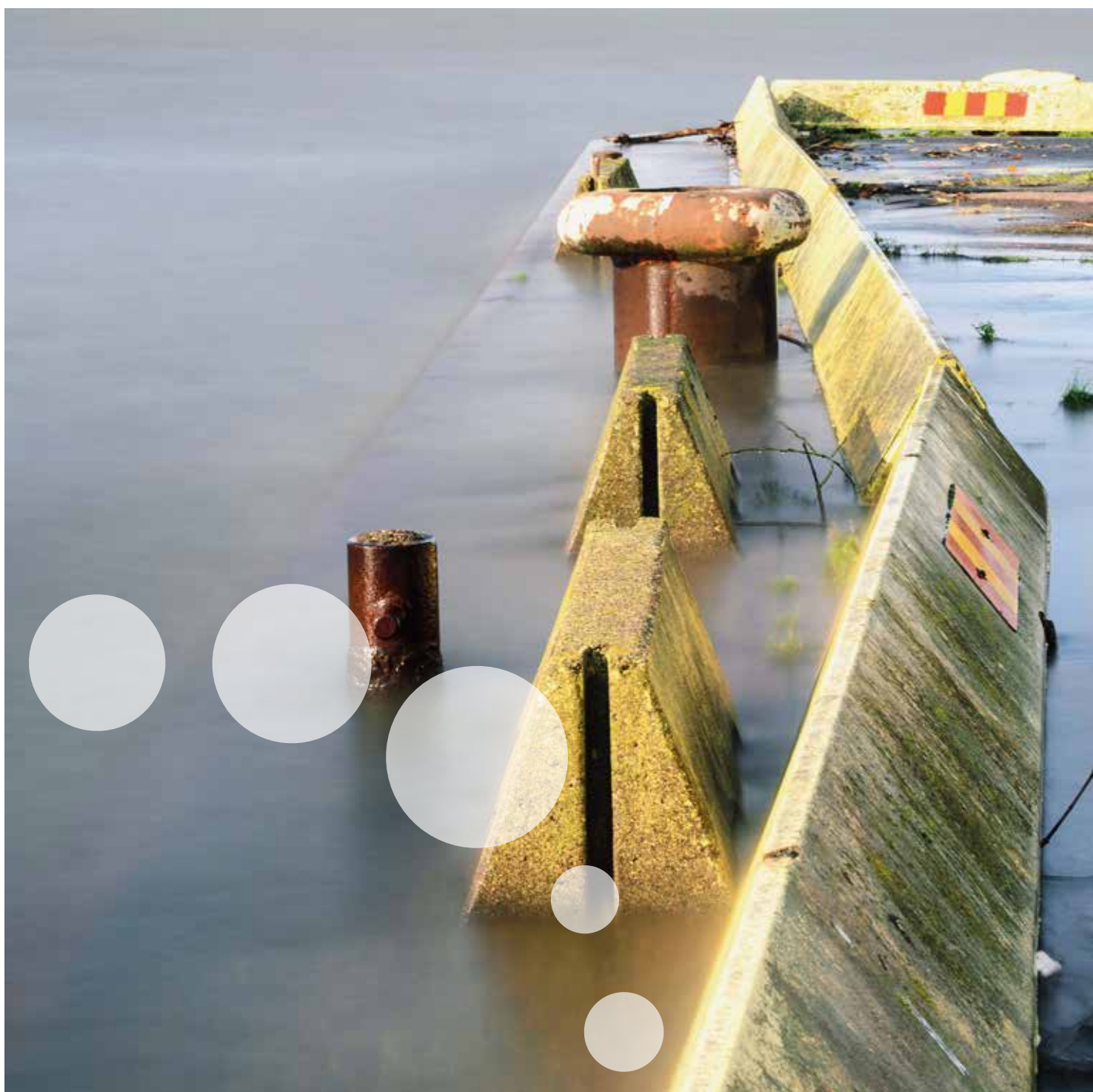
Myndigheten för
samsällsskydd
och beredskap



**NATIONELL
PLATTFORM**
för arbete med naturolyckor

RISKINVENTERING MED STÖD AV NATIONELL HÖJDMODELL

Sammanfattande rapport för fyra effektstudier av havsnivå-
höjningar och en tillämpning vid riskinventering av väg



RISKINVENTERING MED STÖD AV NATIONELL HÖJDMODELL

Sammanfattande rapport för fyra effektstudier
av havsnivåhöjningar och en tillämpning vid
riskinventering av väg

Observera att rapporten är baserad på ett antal delstudier som endast har haft för avsikt att visa på och pröva möjligheter och begränsningar i att använda nationella höjddata för olika tillämpningar. Det krävs fler studier och omfattande utvecklingsarbete för att säkerställa beprövade tillämpningar. Avsikten med delstudierna och denna sammanfattande rapport är att inspirera till sådant arbete. Samtliga medverkande har bidragit till projektrapporten. För innehållet i rapporten och delstudierna och dessas slutsatser ansvarar Metria AB.

RISKINVENTERING MED STÖD AV NATIONELL HÖJDMODELL

Sammanfattande rapport för fyra effektstudier av havsnivåhöjningar och en tillämpning vid riskinventering av väg

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

Kontaktpersoner:

Mette Lindahl Olsson, mette.lindahl-olsson@msb.se, 010-240 51 27

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

Janet Edwards, janet.edwards@msb.se, 010-240 51 08

Redaktör:

Greger Lindeberg, Metria AB

Metria AB ansvarar för innehållet i rapporten.

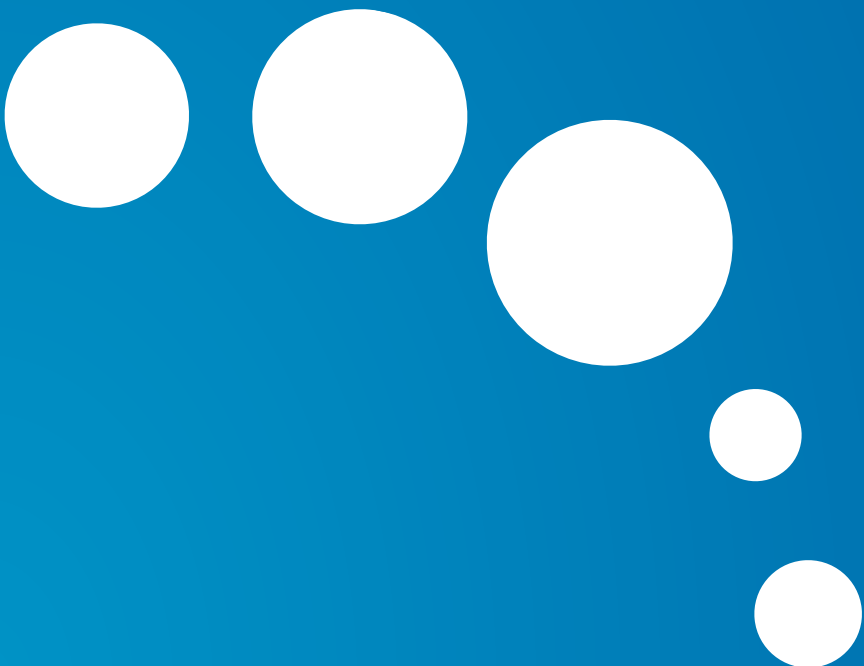
Produktion: Advant Produktionsbyrå AB

Publ.nr: MSB625 - januari 2014

ISBN: 978-91-7383-398-1

INNEHÅLL

FÖRORD	7
SAMMANFATTNING	9
SUMMARY	15
1. INTRODUKTION	21
1.1 Klimatförändringar och naturolyckor	21
1.2 Studiernas omfattning	22
2. NATIONELL HÖJDMODELL	25
2.1 Behov av noggranna höjddata som underlag vid klimatanpassning....	25
2.2 Om Nationell höjdmodell	26
3. TILLÄMPNINGAR	33
3.1 Samhällsviktig verksamhet	33
3.2 Kulturhistoriska värden	38
3.3 Stranderosion vid kuster	42
3.4 Erosion och stabilitetsproblem nära vattendrag	48
3.5 Riskinventering vid väg	53
4. IDÉER TILL FORTSATTA STUDIER	61
4.1 Hydrologisk modellering.....	61
4.2 Erosionsövervakning – översiktligt och lokalt	62
4.3 Vegetationskartering och naturvärden i strandområdet	62
4.4 Riskidentifiering vid vägar och järnvägar	63
5. ORDFÖRKLARINGAR	65
6. REFERENSER.....	69



FÖRORD

Denna rapport innehåller sammanfattande resultat för två projekt som genomförts inom den Nationella plattformen för arbete med naturolyckor. Gemensamt för projekten är att de har använt höjddata som under senare år har producerats över Sverige av Lantmäteriet. Noggranna höjddata är nödvändiga i arbetet med att reducera risker och minska sårbarheten i samhället. De behövs också för att skydda kritisk infrastruktur från störningar och avbrott på grund av extrema väderhändelser i ett förändrat klimat.

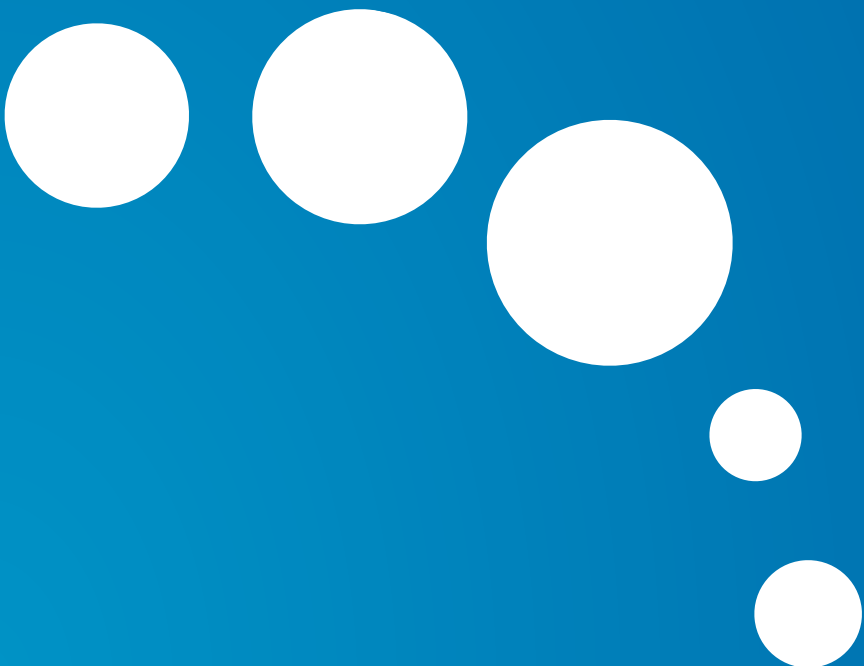
Projekten har haft stöd från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) via deras anslag 2:4 Krisberedskap. I styrgruppsarbetet har Stigbjörn Olovsson (Lantmäteriet), Barbro Näslund-Landenmark (MSB), Erika Hedhammar (RAÄ), Lena Lindström (SMHI), Bengt Rydell (SGI), Emilie Gullberg (SKL), Anna Hedenström (SGU) och Bo Kristofersson (Trafikverket) deltagit. Dessa myndigheter är alla representerade i den Nationella plattformen för arbete med naturolyckor.

Projektarbetet har utförts under perioden 2012-2013 under ledning av Greger Lindeberg, Metria AB. Mer fullständiga rapporter från delstudierna har också publicerats och kan hämtas via MSB:s hemsida.

Stockholm i december 2013

Stigbjörn Olovsson

Ordförande i projektens styrgrupper
Lantmäteriet



SAMMANFATTNING

Sverige förväntas med kommande klimatförändringar att bli alltmer utsatt och sårbart för olika naturhändelser, samtidigt innebär ett varmare klimat stigande havsnivåer. Klimatförändringarnas förväntade påverkan på Sverige har behandlats ingående av Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60). Utredningen utgör en viktig utgångspunkt för arbetet inom den Nationella plattformen för arbete med naturolyckor. I plattformens arbete deltar 20 myndigheter/organisationer, som alla har ett mer eller mindre tydligt utpekat ansvar för frågor om risker och sårbarheter med anledning av olika naturhändelser.

Baserat på förslag från Klimat- och sårbarhetsutredningen har regeringen gett Lantmäteriet i uppdrag att ta fram en ny väsentligt mer noggrann nationell höjdmmodell. Denna finns idag över större delen av landet och beräknas bli rikstäckande år 2015. Tillämpningar av dessa noggranna höjddata, med ett medelfel bättre än 50 cm i höjddled, har varit i fokus för två av plattformens projekt som genomförts under perioden 2012-2013. Projekten har genomförts med stöd från MSB:s anslag 2:4 Krisberedskap. För ett av projekten har fyra delstudier genomförts. Projekten, som genomförts i bred samverkan mellan flera av plattformens medlemmar, är följande:

Framtida havsnivåhöjning och noggrann Nationell höjdmmodell:

- Delstudie 1: Användning vid studier av inverkan på samhällsviktig verksamhet
- Delstudie 2: Användning vid planering, skydd och prioritering av kulturhistoriska värden
- Delstudie 3: Användning vid studier av stranderosion vid kuster
- Delstudie 4: Användning vid bedömning av erosion och stabilitet nära vattendrag

Riskinventering vid väg med hjälp av Nationell höjdmmodell och andra databaser

Noggranna höjddata är viktigt som ett bra underlag och som indata för olika modeller. För en mängd olika tillämpningsområden, för klimatanpassning och sårbarhetsanalyser. Denna rapport visar några tillämpningsområden. Vid en inventering av användningsområden för Nationell höjdmmodell¹ konstateras att tillämpningsområden grovt sett kan kategoriseras som följer;

¹ NNH och naturolyckor – Inventering av genomförda tillämpningar av den nya nationella höjdmmodellen (NNH) – med fokus på katastrofriskreducerande arbete. MSB 2012.

- Vatten (t.ex. översvämningsanalyser, hydrologi, VA)
- Jord och mark (översiktlig kartläggning av erosion samt ras- och skredrisk)
- Projektering, exploatering och fysisk planering
- Kartframställning och visualisering
- Skog
- Spridningsmodellering (t.ex. föroreningar och ljud)
- Övriga (t.ex. detektion av fornlämningar eller landskaps-element, våtmarksinventering)

Inom vissa områden används höjddata utan vidare bearbetning som underlag, medan t.ex. spridningsmodellering (ex. buller, föroreningar, m.m.) innebär vidareförädling av data. Samma rapport pekar också på att organisationer som använder Nationell höjdmodell representerar olika typer av myndigheter, privata företag, universitet och högskolor. Det är svårt att överskatta nyttan av detta, och snart också svårt att tänka sig hur utredningar av denna typ gjordes innan dessa noggranna data fanns tillgängliga.

Av de uppräknade kategorierna ovan berör denna rapport fem av sju områden och förhoppningen är att exemplen som presenteras här kan tjäna som inspiration och informationskälla för olika aktörer, vilka kan ha behov av noggranna höjddata i sin verksamhet.

I delstudierna ”Samhällsviktig verksamhet”, ”Stranderosion vid kuster” och ”Erosion och stabilitetsproblem nära vattendrag” finns ett tydligt samhällsplaneringsperspektiv (Kap 3.1, 3.3 och 3.4). Dessa studier visar hur viktigt det är att kombinera noggranna höjddata med detaljerade data som beskriver samhällsviktig verksamhet, geologi, geotekniska förhållanden, infrastruktur, byggnader och klimatvariabler, för att kunna göra bedömningar av påverkan vid extremhändelser idag och i framtiden. Det finns också behov av data om djupförhållanden som håller god kvalitet, vilket belyses i delrapporten om stranderosion (Metria rapport 2013, MS123325A) och även i forskningsprojekt som EMMA (Rydell et al., 2013). I projektet Skånestrand, i dagsläget inte avslutat tas kontinuerlig information om djup- och höjdförhållanden fram inom strandzonen tillsammans med geologiska grunddata. När det specifikt gäller problematik med stranderosion finns ett generellt behov av djupdata för att bättre kunna göra bedömningar av erosionsinträngning. Områden med skredförutsättningar (se kap 3.4) som SGU tagit fram är helt beroende av en noggranna höjddata och är ett typexempel på produkt som möjliggjorts av den nya höjdmodellen. Denna delstudie ”Erosion och stabilitetsproblem nära vattendrag” visar nödvändigheten av noggranna höjddata för översiktliga bedömningar av risk för erosion och stabilitetsproblem nära vattendrag. Som studien visar kan höjddata med lägre upplösning leda till helt felaktiga slutsatser och i förlängningen till fel prioriteringar. Den visar också på möjligheterna att översiktligt inventera riskområden för att bättre kunna planera för eventuella åtgärder och mer detaljerade stabilitetsutredningar.

I delstudien som handlar om samhällsviktig verksamhet i Norrköping (Kap. 3.1) tydliggörs hur noggranna höjddata kan bidra till att utföra förbättrade risk- och sårbarhetsanalyser, vilka är ett lagkrav för alla kommuner och landsting. Detta ökar avsevärt möjligheterna att sätta in åtgärder på rätt ställe vid t.ex. översvämningssituationer. Underlagen möjliggör också en rad analyser som har implikationer för den fysiska planeringen i kommunen. Enligt Plan- och bygglagen (PBL) ska kommunerna i samband med översikts- och detaljplanering, samt vid hantering av bygglov, ta hänsyn till kommande klimatförändringar och konsekvenser av dessa.

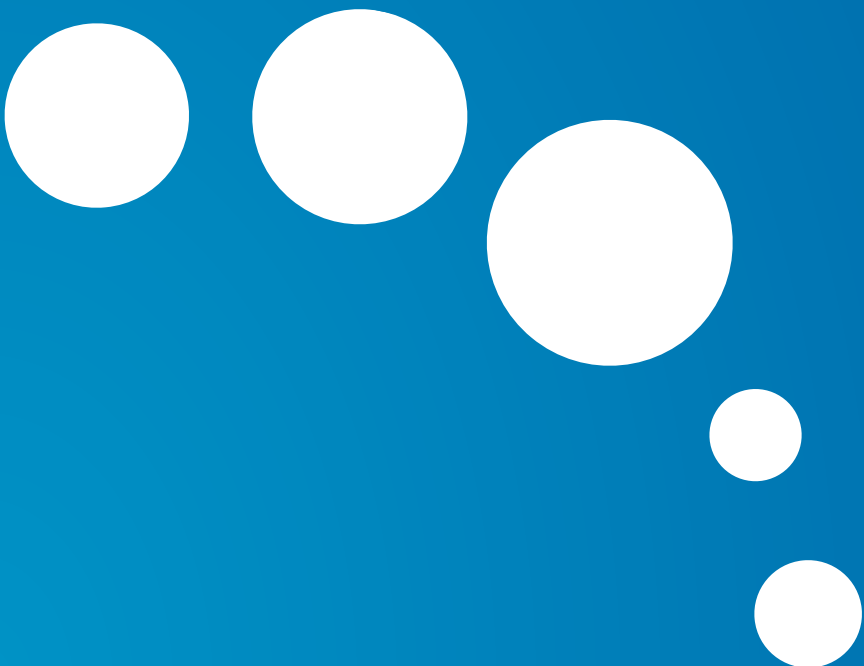
I delstudien 2, som handlar om användning vid planering, skydd och prioritering av kulturhistoriska värden (kap 3.2), ges exempel på hur man kan jobba med lägesbunden registerinformation för att kunna göra bedömningar och avvägningar om vilka fasta fornlämningar som kan komma att påverkas vid havsnivåhöjning. I studieområdet (Skanör- Falsterbo) planerar kommunen att bygga en skyddsvall mot framtida översvämningar från havet vilket tillför ytterligare faktorer att ta hänsyn till. Studien är ett bra exempel som visar på hur fornlämningar och kulturhistoriskt värdefull bebyggelse kan påverkas av havsnivåhöjningar. Detta är ett hot som kulturmiljövärden inte så ofta tar med i beräkningarna. I och med att resultatet presenteras på kartor blir problemet visuellt tydligt. Studier som denna skulle kunna vara ett underlag för beslut om skyddsåtgärder som t.ex. invallning eller undersökning av fornlämningar.

Den sista studien som presenteras här är ett resultat av ett utvecklingsarbete inom Trafikverket inriktat på att identifiera naturrelaterade risker för väg- och järnvägssystemet. Det övergripande syftet är att skapa underlag som i sin tur kan bidra till att effektivisera arbetet med underhåll och förebyggande åtgärder. Flera av de risker som identifieras kan kopplas till hydrologiska förhållanden och dränering kring vägområdet. Dessa är vanligen också sammankopplade med materialet i vägbanken, topografi och markförhållanden i vägens närhet. En viktig faktor i dessa sammanhang är om markanvändningen förändrats, vilket t.ex. sker vid avverkning av skog. En sådan förändring gör att de hydrologiska förhållandena förändras samtidigt som de övre jordlagren blir mer lättrörliga vilket i sin tur gör området mer känsligt vid intensiv nederbörd.

Idéer till fortsatta studier

- Behövs uppdaterade höjddata, av liknande eller högre kvalitet än Nationell höjddata, när något vitalt i landskapet förändrats?
- Och, i så fall, hur ska man bedöma vilka geografiska områden som bör uppdateras, och med vilken frekvens?
- Behövs ytterligare specialbearbetningar eller editeringar av markmodellen (Grid 2+) för att exempelvis kunna skapa bättre hydrologiska modeller?
- Behöver kvalitetsvariationer i markmodellen (Grid 2+) belysas på ett tydligare sätt?

- Erosionsövervakning – översiktlig och lokal. Den översiktliga skulle kunna göras med satellitbilder och lokalt inom begränsade områden med hjälp av digitala flygbilder och laserskanning.
- Gör en samlad och sömlös kartering av vegetation och bottentyper på land och i vatten i strandnära områden.
- Belysa samhällsnyttan av noggranna höjddata i ekonomiska termer, vilket till exempel skulle kunna bidra till diskussionen om uppdatering.
- Gör en ny sammanställning av användningsområden för Nationell höjdmmodell.



SUMMARY

Sweden is expected to become increasingly at risk for, and more susceptible to, different naturally occurring phenomenon, while at the same time a warmer climate will result in rising sea levels. The predicted effect of climate change to Sweden has been addressed in the Klimat- och sårbarhetsutredningen (“Climate and Vulnerability Commission”). This investigation constitutes an important starting point for work within the National Platform for Working with Natural Disasters. Twenty agencies and/or organizations that have a more or less clearly delineated responsibility for questions about risks and vulnerabilities associated with various naturally occurring phenomenon’s have been cooperating within the platform.

Based on suggestions from the Climate and Vulnerability Commission, the government has given Lantmäteriet, the Swedish Mapping, Cadastral and Land Registration Authority the task of producing a digital elevation model that is significantly more accurate and detailed than the existing model. In its current form, the model extends over a majority of the country and is expected to be completed before the end of 2015. Uses for this more accurate elevation data, with an average height error of less than 50 cm, has been the focus of two of the platform’s projects, which were completed during 2012-13 with support from the Swedish Civil Contingencies Agency’s 2:4 Grant for Crisis Preparation. One of these projects that was conducted with a broad cooperation between several of the platform members, is described below:

Future sea level increase and the accurate national elevation model

- Part 1: Use in studies of the influence on societally important activities;
- Part 2: Use in planning, protection and prioritizing of cultural/historical wealth;
- Part 3: Use in studies of coastal erosion;
- Part 4: Use in assessing erosion and stability along waterways.

Inventory of risk along roads with help of the National elevation model and other databases

Accurate elevation data is very important in order to be able to provide quality input and models for a number of different areas of use within climate change and vulnerability analyses (of which this report describes several).

This was the purpose when the government gave the Lantmäteriet the task of producing a new elevation model with high precision and accuracy. As part of the inventory of potential uses for the elevation data², it was determined that the areas of use can generally be categorized as the following:

- Water (e.g. flood risk analyses, hydrology, sewerage management)
- Ground (overall mapping of erosion and landslide risk)
- Projection, exploitation and physical planning
- Mapping and visualization
- Forest
- Transport modeling (e.g. pollution and sound)
- Other (e.g. detection of ancient remains or landscape features, wetlands inventory)

For some applications, the elevation data is used as is, without future processing as in-data towards another process. Other applications, such as transport modelling, demand significant post-processing of the data in order to extract the desired information. The same report also identified that the organizations that use the elevation data are diverse, comprised of very different types of agencies, private businesses, universities and colleges. It would be difficult to overstate the usefulness of the dataset. It would also be difficult to imagine how investigations of this type were performed prior to the existence of this high precision data.

Another interesting question is if it would be possible to illustrate the societal benefit that this data provides in economic terms. This, in itself, could contribute to a well based discussion on, for example, updating the model.

This report involves five of the seven categories listed above. Hopefully, this will provide examples that can be used as inspiration and sources of information for anyone that might need more precise elevation data for their activities.

In the studies listed previously (Part 1, Part 3 and Part 4), there is a clear perspective related to the planning of society (Ch 3.1, 3.3 and 3.4). These studies show how important it is to combine precise elevation data with detailed information that describes geology, geotechnical conditions, infrastructure, buildings and climate variables in order to evaluate the effect of extreme conditions – both today and in the future. High quality bathymetric data is also very much needed (more information available in the research project EMMA (Rydell *et al.*, 2013)). In the project Skånestrånd (Skåne Beach), which is still on-going, continuous elevation information (both depth and height) are collected within the coastal zone, together with geological data.

In general, issues related to the coastal zone require bathymetric data down to about eight meters depth SGU has produced a GIS-layer that identify areas where certain preconditions are met for landslides. This product is

² NNH and natural catastrophes – Taking an inventory of the performed uses for the New National Elevation Model (NNH) – with a focus on work aiming to reduce the risk of catastrophes MSB 2012.

entirely dependent on detailed elevation data. This is a typical example of a product that was made possible only through the use of the new, more precise elevation model.

The study about erosion and stability along waterways (Ch. 3.4) highlights the need of such elevation data in order to make general evaluations for the risk of erosion or problems with stability along water courses. As the study indicates, elevation data with lower resolution and precision can lead to completely incorrect conclusions and, as a consequence, to misplaced priorities. It also shows the possibilities to make a general inventory of the risk areas in order to better manage work efforts and more detailed stability analyses.

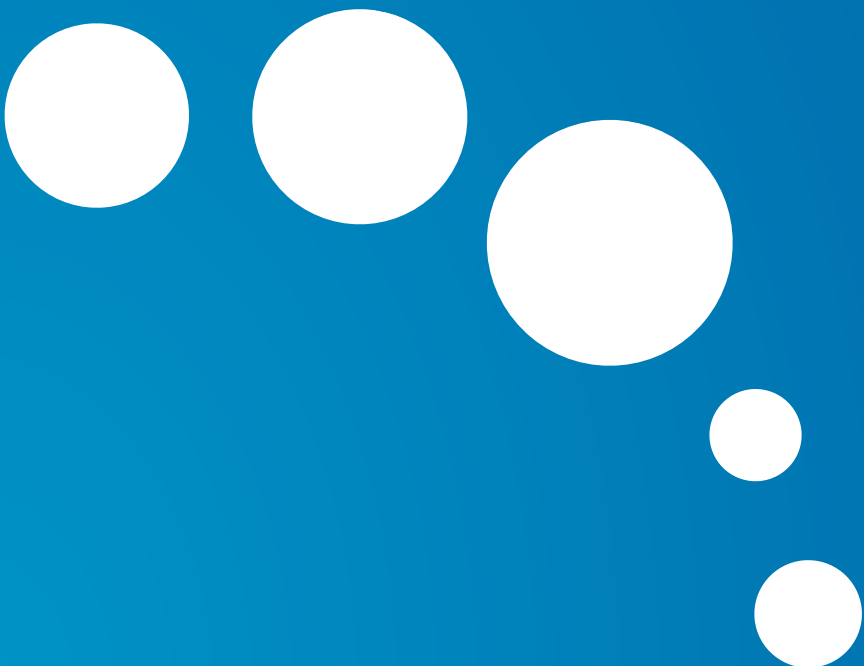
In the study related to Norrköping (Ch. 3.1), the specifics of how precise elevation data contributes to making a significantly better risk and vulnerability analysis have been clarified, which is a legal requirement for all municipalities and county councils. This significantly increases the possibilities to focus on the right activities in the right areas, for example during a flood. Additionally, this data makes possible a number of analyses that have implications for municipal physical planning. According to the Planning and Building Act of 1987 (PBL), the municipalities, with respect to general and detailed planning, as well as relating to building permits, must take into account future climate changes and the consequences of these.

Examples are given in the study related to cultural and historical wealth (Ch. 3.2) of how one can work with spatially bound registry information in order to be able to evaluate which ancient ruins might be affected by sea level rise. Within the study area (Skanör-Falsterbo), the municipality is preparing to build a levee in order to mitigate future flooding from the sea – and which also adds additional factors that must be accounted for. The study shows how ancient ruins and culturally and historically valuable structures can be affected by sea level rise. This is a threat that cultural resources management doesn't often take into account. However, the visual evidence shown on a map makes it very obvious. Studies such as this can be reference material for decisions related to protective activities such as embankments or investigations of ancient ruins.

The final study presented here is a result of a research and development project within Trafikverket aimed at identifying nature-related risks along the road and rail network (Ch. 3.5). The overall goal was to produce reference material which can help make maintenance and prevention work more efficient and effective. Several of the risks identified can be traced back to the hydrological relationship and drainage surrounding the road in question. These are normally also associated with the material in the road bed and topography in the vicinity of the road. An important parameter in this context is if land use has changed, in particular if forested areas have been cut. Clear cuts change the hydrological dynamics at the same time at the upper layer of soil becomes less compact. This results in an area that is more sensitive to intensive precipitation.

Ideas for further study

- Investigate the need for updated elevation data – of a similar or better quality than the National Digital Elevation Model (Nationell höjdmmodell) – when vital landscape features have changed,
- Assess and prioritize the geographical areas in need of updating and at what frequency,
- Determine the need for editing the bare earth elevation model (Grid 2+) in order to facilitate value-added processing, such as hydrological modelling,
- Assess the variations in quality of the bare earth model (Grid 2+),
- Monitoring of erosion, both general and local, using satellite imagery – possibly in conjunction with digital aerial imagery and laser scanning data,
- Seamlessly map the vegetation and type of substrata on land and in the near shore environment,
- Highlight the socio-economic benefits of accurate elevation data, particularly in relation to determining database update frequencies,
- Compile a database of the Areas of Use for the National Digital Elevation Model (Nationell höjdmmodell).



1. INTRODUKTION

1.1 Klimatförändringar och naturolyckor

De flesta samhällsverksamheter i Sverige kommer att påverkas av ett förändrat klimat med bland annat stigande temperaturer och förändrade nederbörds-
mönster. Risker för översvämning, ras, skred och erosion bedöms öka på
flertalet håll i landet. I klimatanpassningsarbetet är det viktigt att ta hänsyn
till detta i arbetet med eventuella åtgärder. I den fysiska planeringen är det
viktigt att ta hänsyn till klimatförändringar för att inte ytterligare risk och
sårbarheter ska byggas in i samhället.

Ett aktivt klimatanpassningsarbete pågår runt om i Sverige. På nationell nivå
arbetar många centrala myndigheter inom respektive expertområde med
att bygga upp en god beredskap för att möta de utmaningar som klimat-
förändringarna medför. På regional nivå är det länsstyrelserna som har sam-
ordningsansvaret för klimatanpassningsfrågor, med stöd av de nationella
myndigheterna. De kommunala ansvarsområdena omfattar sektoriserad
verksamhetsplanering, men de har också det totala ansvaret som granskning
och godkännande inom fysisk planering, översiktsplanering, detaljplanering
samt vid bygglov. Kommunernas krisberedskap och räddningstjänst är vik-
tiga funktioner för framtagandet av risk- och sårbarhetsanalyser i klimat-
anpassningsarbetet.

Under 2013 har en ny klimatscenarioensemble (flera olika varianter av scena-
rier) utarbetats vid SMHI. Resultaten visar framför allt betydande uppvärmning
och nederbördsförändring. Temperaturförändringarna i Sverige förväntas bli
störst under vintermånaderna och då särskilt i landets nordligaste delar.
Nederbörden förväntas öka i hela landet, mest under vintern, men i en del
områden väntas nederbördsminskningar längst i söder under sommaren.
En illustrativ analys av hur klimatet kan utvecklas i Sveriges samtliga län
fram till 2100, tillsammans med en sammanställning av utvecklingen till
och med 2012, har gjorts med hjälp av scenarier och observationer som
finns tillgängliga på www.smhi.se. De förändringar i temperatur och neder-
börd som sker då klimatet förändras påverkar även avrinningen till vatten-
dragen. Det gäller både den totala mängden vatten, men också fördelningen
under året. För norra Sverige och de sydvästra delarna av landet ses en ökad
tillgång på vatten. För Skåne och de sydöstra delarna av landet pekar klimat-
scenarierna på en minskad vattentillgång.

Strandnära bebyggelse som i nuläget drabbas av översvämningar och erosion riskerar att vara speciellt utsatt vid en förändring av klimatet. På grund av ökad nederbörd förväntas översvämningar bli vanligare framförallt i landets västra och sydvästra delar. Problem med översvämningar orsakade av skyfall förväntas öka i hela landet (Olsson och Foster, 2013)³. Det innebär att områden som idag inte är utsatta för översvänningsrisk kan komma att påverkas i framtiden.

Klimatförändringar leder även till stigande havsnivåer som kommer att öka kusterosionen. Detta gäller för södra Sverige redan idag och på lång sikt även för nordliga områden, där landhöjningen motverkar effekten av havsnivåns stigning. I mitten av seklet kommer emellertid havsnivån öka mer än landhöjningen och exempelvis kommer 2050 havsnivån i Stockholm vara lika stor som landhöjningen. (Bergström, 2012)⁴.

1.2 Studiernas omfattning

Under perioden 2012-2013 har två projekt, genomförts inom den Nationella plattformen för arbete med naturolyckor. Inom det ena projektet har det genomförts fyra delstudier. De har genomförts med stöd från MSB:s anslag 2:4 Krisberedskap och har alla använt de noggranna höjddata som under senare år har producerats över Sverige. Ett av projekten visar på fyra områden där höjdmodellen kopplas samman med framtida klimatförändringar för att belysa vad som kan ske i framtiden samt utgöra underlag för framtida klimatanpassningar.

Det har också diskuterats att genomföra en tillämpning av hur klimatet påverkar olika naturvärden, vilket emellertid inte varit möjligt inom projektets ram. En omfattande studie av kartering av naturvärden på land och i grunda vattenområden har dock genomförts i ett annat sammanhang där Nationell höjdmodell använts inom forskningsprogrammet EMMA (Environmental Mapping and Monitoring with Airborne laser and digital images) och för ett kustområde i Åhus⁵ i Kristianstads kommun. Här har batymetrisk och topografisk laserskanning kombinerats med digitala flygbilder för att beskriva akvatiska och terrestra biotoper. En beskrivning har också gjorts av vilka indikatorer/kriterier som behövs för att värdera förändringar av strandzonen för bedömning av erosionsförhållanden.

Tillämpningsstudien för kustzonen inom EMMA-projektet har visat att den senaste utvecklingen inom laserskanning och digitala flygbilder ger nya möjligheter till en samlad och sömlös kartering av land- och vattenområden i strandnära områden. Genom att kombinera den akvatiska bottenklassningen med vegetationskarteringen av terrester och semiakvatisk miljö fås en integrerad vegetationsdatabas över land och vatten. Dagens vegetationskartor har i stort utelämnat vattenområden och först i och med Natura 2000 har man börjat kartera habitat både på land och i vatten i samma kartering. Med en integrerad ansats kan man använda olika data och komplettera de olika tolkningarna så att man kan få en integrerad bild av hela kustmiljön.

3 Olsson, J. och Foster, K., 2013. Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige. SMHI, Klimatologi 6.

4 Bergström, S., 2012. Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012. SMHI, Klimatologi nr 5.

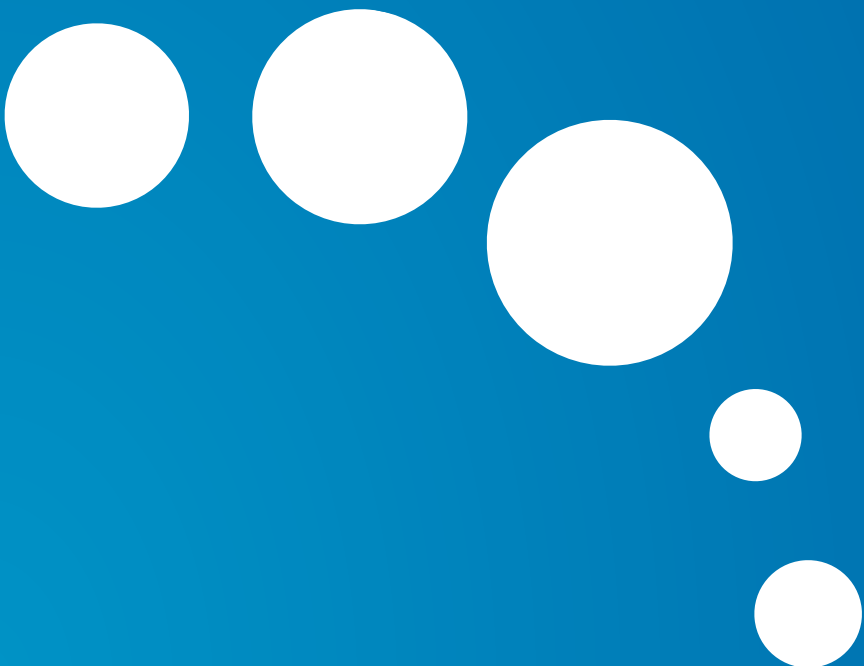
5 Rydell, B, Skånes, H, Tulldahl, M & Wikström, S (2013). Laserskanning och digitala flygbilder för miljöövervakning. Kustzonen – tillämpning i Åhus. SGI Publikation 7. Statens geotekniska institut, Linköping.

Följande studier har genomförts och sammanfattas i denna rapport:

Framtida havsnivåhöjning och noggrann nationell höjdmodell

- Delstudie 1: Användning vid studier av inverkan på samhällsviktig verksamhet
- Delstudie 2: Användning vid planering, skydd och prioritering av kulturhistoriska värden
- Delstudie 3: Användning vid studier av stranderosion vid kuster
- Delstudie 4: Användning vid bedömning av erosion och stabilitet nära vattendrag

Riskinventering vid väg med hjälp av Nationell höjdmodell och andra databaser



2. NATIONELL HÖJDMODELL

Nationell höjdmmodell är den nya höjdmmodell som Lantmäteriet med hjälp av laserskanning tar fram rikstäckande. I några av delrapporterna som denna rapport bygger på förekommer benämningen ny nationell höjdmmodell (NNH), som tidigare har använts. Med dessa två benämningar avses samma produkt.

2.1 Behov av noggranna höjddata som underlag vid klimatanpassning

Regeringen har, baserat på förslag från Klimat- och sårbarhetsutredningen publicerat av Statens Offentliga Utredningar (SOU 2007:60), givit Lantmäteriet i uppdrag att ta fram en ny nationell höjdmmodell med hög och känd kvalitet. Sedan 2009 arbetar därför Lantmäteriet med att laserskanna landet enligt en plan. Den slutliga produkten ska kunna användas inom klimatanpassning och andra miljöändamål. De första skannade områdena i den nya nationella markmodellen, numera kallad Nationell höjdmmodell, stod leveransklara i början på 2010 (tidigare benämnd NNH). Målet är att fram till 2015 framställa en rikstäckande markmodell med ett medelfel i höjd som är bättre än 0,5 m för ett 2 meters grid med en noggrannhet bättre än 0,5 m i plan.⁶

Med hjälp av den nya Nationell höjdmmodell kan Sverige karteras och analyseras med en noggrannhet i höjd som aldrig tidigare funnits över några större områden. Den tidigare höjdmodellen över Sverige hade en upplösning på 50 meter i plan och 2,5 meters medelfel i höjd.⁷ Resultat från ett flertal undersökningar av den nya höjdmodellen tyder på att noggrannheten i höjd är bättre än de ursprungliga kraven som ställts vid framtagandet av höjdmodellen. Detta ger en fantastisk potential att analysera och modellera verkligheten samt göra för olika framtidsscenarier med betydligt bättre tillförlitlighet än vad som tidigare var möjligt.

Behovet och användbarheten av en nationell höjdmmodell av hög och känd kvalitet finns dokumenterat i Nyttanalyt (Lantmäteriet, 2009)⁸. I slutsatserna från denna utredning framhålls 1) Stora samhällsekonomiska vinster samt 2) Säkrare klimatanpassningsarbete på lokal respektive regional nivå.

6 Lantmäteriets hemsida (2013-10-28), "Vanliga frågor om markmodellen": "9. Vilken noggrannhet har markmodellen?", <http://www.lantmateriet.se/Kartor-och-geografisk-information/Hojddata/Vanliga-fragor-om-nationella-hojdmodellen/>

7 Lantmäteriet (2010). Produktbeskrivning: GSD-Höjddata, grid 50+

8 Lantmäteriet (2009), Nyttanalyt – Höjddata – en förutsättning för klimatanpassning

Det har tidigare även framkommit att en mer detaljerad och heltäckande höjddatamodell över Sverige är av avgörande betydelse för genomförande av en rad nationella, regionala och lokala satsningar i olika samhällssektorer. Nya detaljerade höjddata är nödvändiga och i viss mån redan in-tecknade i arbetet med att reducera risker och minska sårbarheten i samhället. Nya höjddata behövs också för att skydda kritisk infrastruktur från störningar och avbrott på grund av extrema väderhändelser i ett förändrat klimat.

2.2 Om Nationell höjdmodell

I arbetet med att ta fram Nationell höjdmodell ligger under 2010–2013 fokus på skanning och efter det sker fineditering och korrigeringar. Nya områden skannas kontinuerligt enligt en fastlagd prioriteringsordning och generellt gäller att nya områden blir färdiga för leverans inom 6 månader efter genomförd skanning. Framväxten av höjdmodellen redovisas på Lantmäteriets hemsida – se GeoLex.⁹ I dagsläget (November 2013) är mer än 80% av landet skannat och endast fjällområden och vissa fjällnära områden återstår. Övriga delar av landet är klara för användning.

I stort sett hela södra Sverige har skannats under så kallad icke vegetationsperiod för att få så bra markträffar som möjligt medan Norrland har skannats oberoende av vegetations-säsong.

Punkterna i 3D-punktmolnet delas in i följande klasser:

- 01: oklassificerade
- 02: mark
- 09: vatten
- 11: broar

Alla punkter som inte kan klassas som mark, bro eller vatten, till exempel byggnad och vegetation, kodas som oklassificerade. Inledningsvis levererades endast laserdata som var klassificerat med automatiska metoder. Våren 2013 inleddes en förfinad, delvis manuell, klassificering av broar och dammar för att skapa en bättre terrängmodell. Klassificeringsnivåerna är f.n. följande:

- 1: Automatiserad klassificering av mark, vatten och övrigt.
- 2: Klassificering av broar och säkrad mark-klassificering av dammar.
- 3–4: *Reserverade för eventuellt framtida behov, t.ex. efter fineditering av laserdata.*

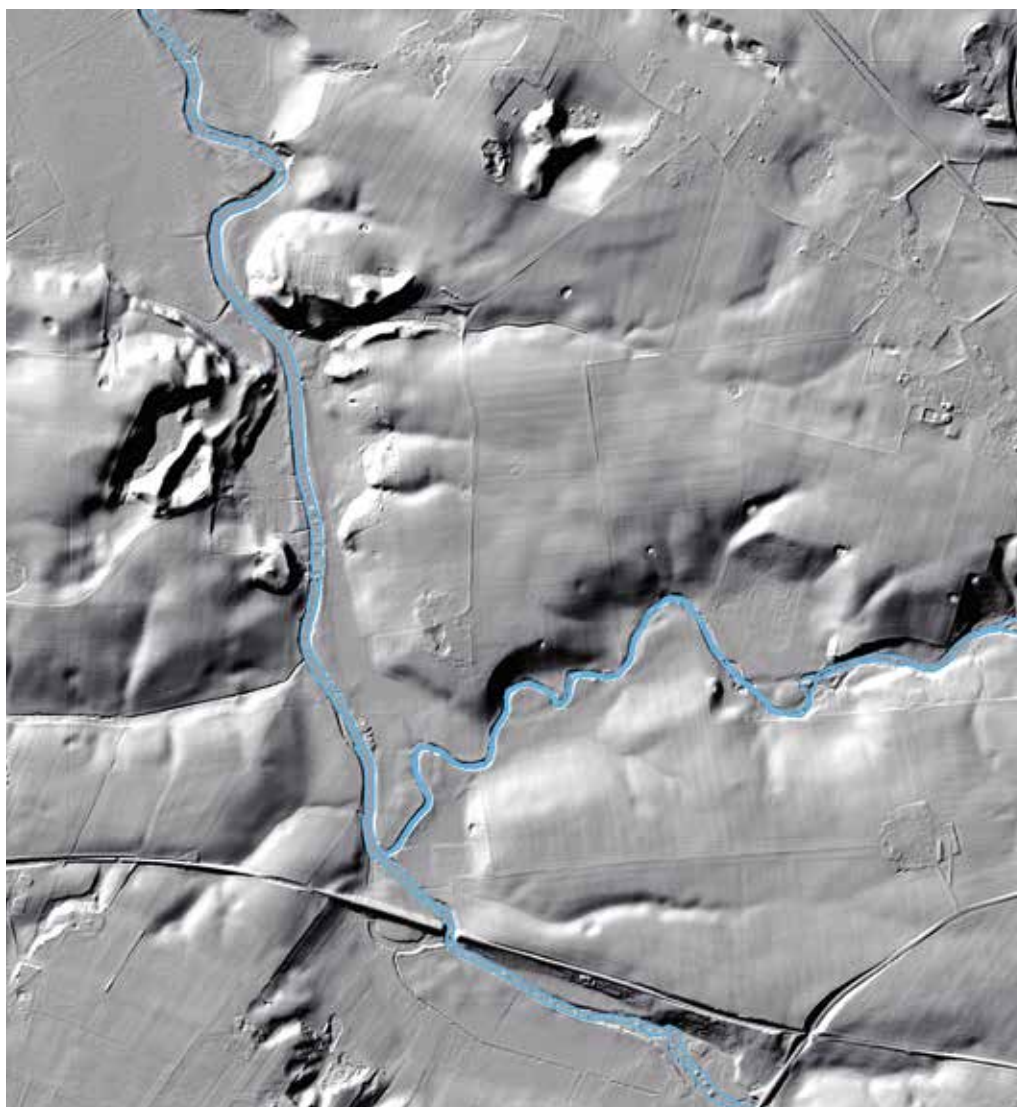
Ett helt skanningsområde genomgår sökning efter broar och dammar som ska editeras, men det är bara de bearbetningsrutur där objekt editrats som får nivå 2. Ambitionen är att under 2014 upphandla fineditering för att ytterligare förbättra klassningen av laserdata och därigenom skapa en mer rättvisande terrängmodell.

För mer information om finediteringen, se nedan i avsnittet Laserdata.

9 <http://www.geolex.lm.se> under Geografiska databaser/ Höjd-information/Ny nationell höjdmodell.

Klassificeringsnivå redovisas för varje bearbetningsruta (leveransruta) om 2,5 x 2,5 km, dels i GeoLex⁹ och vid leverans i medföljande metadata som också redovisar ursprung och status för genomförd bearbetning, exempelvis skanningsdatum. Dessutom medföljer vid leverans en rasterbild som visar punkttätheten.

Insamlade data redovisas i referenssystemen SWEREF 99 TM för plan och RH 2000 för höjd.



Figur 1. Terrängskuggad bild av Nationell höjdmödel. I bilden kan tydligt urskiljas vägar, mindre vattendrag, erosionsformationer och branta terrängpartier.

Den nya höjdmödeln tillhandahålls av Lantmäteriet i form av ett 2 meters rutnät (Grid 2+ i rasterformat)¹⁰. Dessutom tillhandahålls, som en separat produkt, hela det laserskannade punktmolnet, vilket kan användas i t.ex. tillämpningar där man behöver information om vegetation och annat.

¹⁰ Regelbundet rutnät med en höjdangivelse i varje punkt. Rasterformat kan hanteras av ett flertal GIS-programvaror.

2.2.1 Grid 2+ ¹¹

Produkten Nationell höjdmmodell, GSD-höjddata, Grid 2+, levereras i dataformaten ASCII grid (rutnät) (Esri) eller ASCII-tabell och i det nationella referenssystemet SWEREF 99 TM, men kan även transformeras och levereras i valfri regional SWEREF-zon. Produkten ger tillgång till höjddata med hög kvalitet i form av koordinatsatta höjdpunkter i ett regelbundet rutnät, ett så kallat grid, med två meters upplösning. Till produkten levereras metadata som innehåller klassificerings- och punkttäthetsinformation, enligt föregående paragraf, samt tillkomst- och bearbetningshistorik. Grid 2+ kommer att ajourhållas.

Markmodellen i 2 m grid skall ha ett generellt medelfel som är mindre än $\pm 0,5$ m i höjd. På plana och väl definierade ytor ska medelfelet i interpolerade punkter vara bättre än 0,2 m i höjd. Noggrannheten i plan skall vara bättre än 0,5 m. I praktiken verkar noggrannheten generellt bli högre än kraven som sattes vid specifikationen.

2.2.2 Laserdata¹²

Produkten utgörs av laserdata i form av 3D-punktmoln som levereras i LAS-format, ett binärt sekventiellt format, vilken är den de facto standard som gäller för laserdata. I LAS-filerna ingår samtliga laserpunkter, även s.k. låg- och högpunkter, dvs både markpunkter och träffar på objekt ovan mark. Antalet träffar ligger på i genomsnitt ca 1 punkt per 2 m². Punkttätheten inom ett stråk varierar mellan 0 punkter/m² (vattenytor och områden med dålig reflektion som svarta tak eller tak med viss lutning) till fler än 0,5 punkter/m². Laserdata är en separat produkt i förhållande till den Nationella höjdmmodellen och kommer inte att ajourhållas.

Under 2014 och framåt kommer en förbättring av punktklassificeringen att göras med hjälp av s k fineditering. Detta innebär dock inte att några nya klasser införs.

Vilken klassificeringsnivå respektive 2,5 km-ruta har framgång i GeoLex och vid leverans i medföljande metadata som också redovisar ursprung och status för genomförd bearbetning, exempelvis skanningsdatum och klassificeringsnivå. Dessutom medföljer en rasterbild som visar punkttätheten. För mer information om finediteringen, se ”produktbeskrivning: Laserdata”.

2.2.3 Noggrannhet för laserdata och Nationell höjdmmodell

Noggrannheten i höjddata är bättre för hårdgjorda- än för vegetationsklädda ytor samt för plan terräng jämfört med kuperad terräng. Vid användning av höjdmodellen måste man alltid vara uppmärksam på att stora lokala variationer kan förekomma och ha kännedom om var de största felen i höjdmodellen bör finnas. Det är viktigt att utifrån varje områdes skanningsdatum bedöma hur vegetationen kan ha sett ut vid skanningstillfället och vilken inverkan den har haft på noggrannheten. Ytterligare en aspekt som kan påverka kvalitén är vilket lokalt höjdsystem man arbetar i. ”För att fullt ut kunna utnyttja kvalitén i den nya nationella höjdmodellen (NNH) krävs att

¹¹ Lantmäteriet. Produktbeskrivning: GSD-Höjddata, grid 2+, version 1.6, 2013-06-01

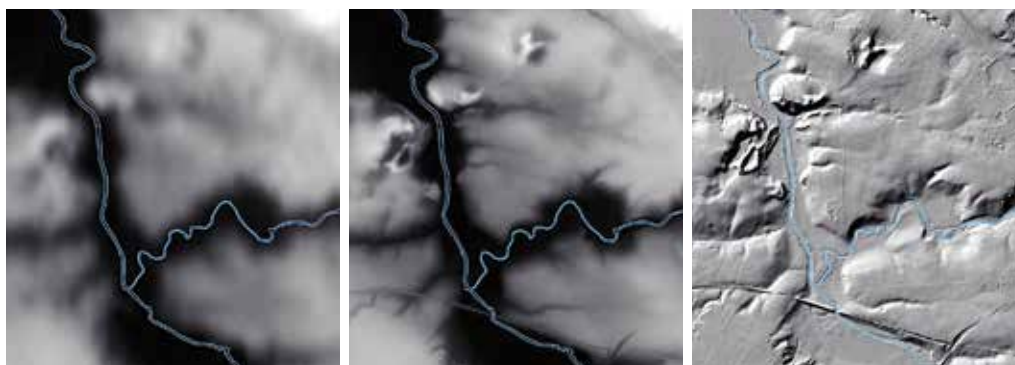
¹² Lantmäteriet. Produktbeskrivning: Laserdata, version 1.6, 2013-06-01

kommuner och andra ägare av lokala höjdsystem rätar upp sina system och etablerar en stark relation till RH 2000. I samband med bland annat analyser av översvämningshot är det nödvändigt att alla aktörer 'pratar samma språk'.¹³

Noggrannheten i höjd hos enskilda laserpunkter är normalt bättre än 0,1 m på plana hårdgjorda ytor (kravet var bättre än 0,2 m enligt Lantmäteriet Nyhetsbrev 2010: 5), men beror i en specifik punkt till stor del på markytans egenskaper. Lokalt kan därför 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.

I plan är noggrannheten betydligt sämre än i höjd. Fotavtrycket eller träffytan på marken är ca 0,5 m². 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.

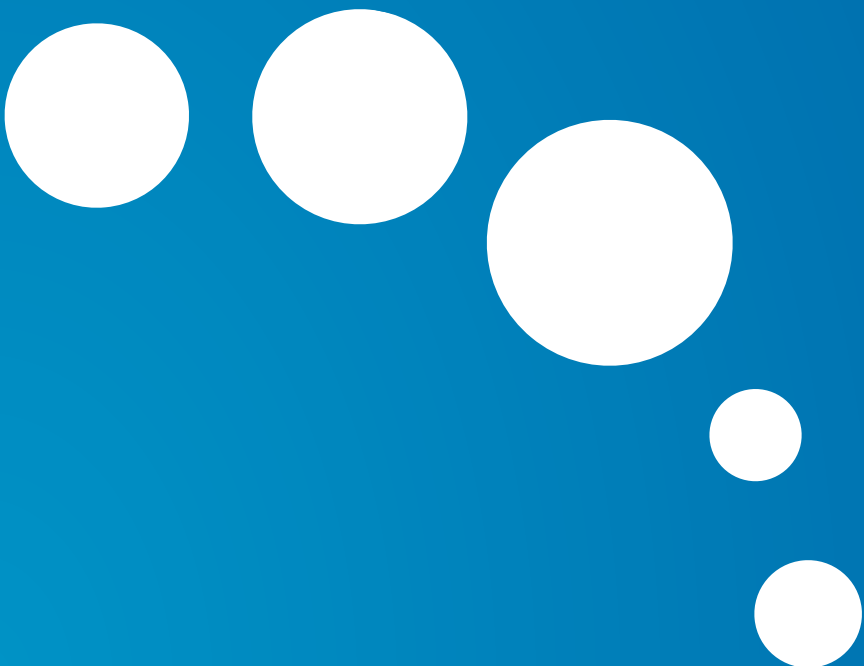
Klassificering av laserpunkterna till mark, vatten eller övrigt görs i huvudsak med automatiska metoder, där fastighetskartans vattenytor använts för att klassificera vatten. I de områden där fastighetskartan inte finns har vägarternas vattenytor använts. Vattenytor reflekterar laserpulserna dåligt, utom då de träffar ytan i rät vinkel, vilket främst inträffar rakt under flygplanet. Det gör att punkttätheten över vatten blir oregelbunden och i genomsnitt mycket låg, vilket försvårar kartering av vattenytor. Ett annat problem är att andelen felaktiga hög- och lågpunkter verkar vara större över vatten. Att vattenståndet för de flesta vattenytor varierar under året komplicerar karteringen ytterligare. I många fall skannas olika delar av större sjöar vid olika tillfällen. Om vattenståndet ändrats mellan skanningstillfällena kommer "trappsteg" att uppstå i höjdmodellen. Även detta fenomen kommer att åtgärdas i den fineditering som inleds under 2014.



Figur 2. Från vänster till höger detalj ur den gamla 50 m- modellen, Nationell höjdmmodell, Grid 2+ samt terrängskuggning baserad på Nationell höjdmmodell, Grid 2+.

NATIONELL HÖJDMODELL

- Laserskanning sker rikstäckande av Lantmäteriet.
- Två produkter; markmodell med 2 meters upplösning i plan samt klassade laserpunkter.
- Mycket hög noggrannhet i höjd på plana och väldefinierade ytor.
- Något lägre noggrannhet i områden med tät vegetation och/eller starkt lutande mark.
- Mer info: www.lantmateriet.se



3. TILLÄMPNINGAR

Följande kapitel är sammandrag av delstudierna som genomförts inom projektets ram.

3.1 Samhällsviktig verksamhet

Delstudien genomfördes i samarbete med Norrköpings kommun där Magnus Gullstrand och Magnus Johansson deltog i arbetsgruppen och bidrog med texter till slutrapporten (Metria rapport MS123325B, 2013).

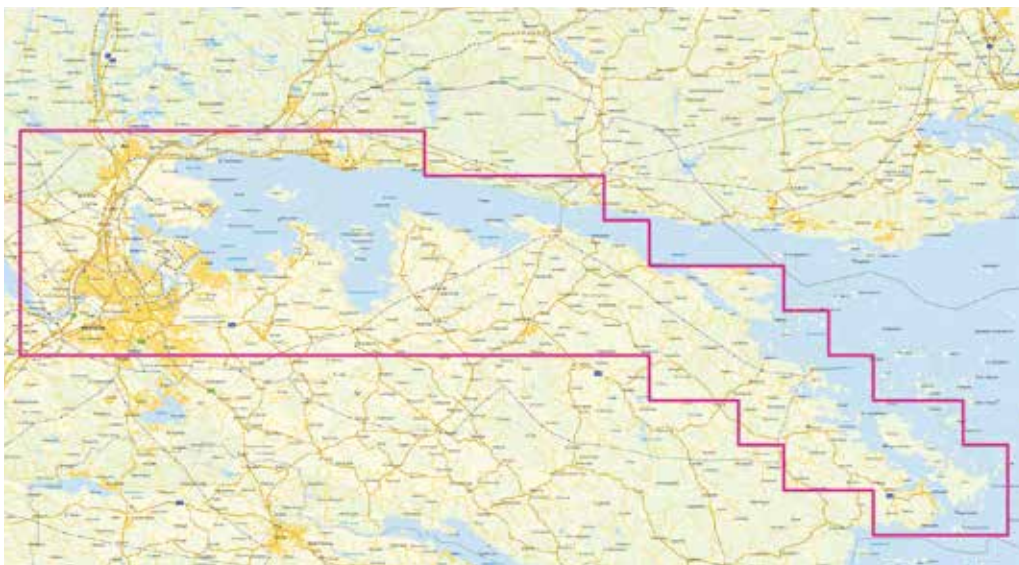
3.1.1 Bakgrund

Samhället är idag uppbyggt av en rad komplexa verksamheter som ibland är helt avgörande för hur väl samhället i sin helhet fungerar. Vissa verksamheter i samhället tillhandahåller viktiga samhällstjänster och produkter och om deras funktionalitet kraftigt minskar kan människors liv och hälsa hotas och möjligheten att värna om samhällets grundläggande värden minska.

Exempel på samhällsviktiga verksamheter är sjukvård, räddningstjänst, elförsörjning, vattenförsörjning och transportsystemen. De samhällsviktiga verksamheterna består i stor utsträckning av olika flöden och processer som på olika sätt utnyttjar infrastrukturer, exempelvis el och tele och vägar. Avbrott i en verksamhet kan påverka andra samhällsviktiga verksamheter. De allra flesta samhällsviktiga verksamheter är idag beroende av exempelvis el- och telekommunikationer

Med utgångspunkt från en tidigare genomförd översvämningsanalys i Norrköping, gjord av SMHI under 2009 och 2010, då havsnivåer prognosticerats fram till år 2100, har översvämningsanalyser gjorts för fem olika scenarier av havsnivåhöjning. Studieområdet sträcker sig från centrala Norrköping och österut längs delar av Bråvikens norra och södra strand. Två områden inom studieområdet har detaljstuderats. Norrköpings kommun har sedan använt de geografiska översvämningsanalyserna för att ta fram en konsekvensanalys där effekter på samhällsviktig verksamhet av stigande havsnivåer samt användningen av Nationell höjdmodell (NH) som underlag för denna typ av analyser diskuteras.

Målet med denna delstudie är således att visualisera prognosticerad havsnivåhöjning inom ett område i Norrköpings kommun. Målet är också att i samarbete med Norrköpings kommun identifiera samhällsviktig verksamhet som kan påverkas vid de olika havsnivåerna och göra en konsekvensbedömning.



Figur 3. Översikt av studieområdet.

3.1.2 Indata och metod

Indata till de geografiska analyserna finns beskrivna i Tabell 1. Nationell höjdmmodell levereras i rutnät om 2,5 x 2,5 kilometer, dessa slogs samman till en sammanhängande markmodell över det aktuella studieområdet. Allt vatten maskades bort med hjälp av en strandlinje från fastighetskartan. Alla byggnader i kommunens byggnadsregister inom vårt studieområde höjdsattes med hjälp av Nationell höjdmmodell och alla indatalager från Norrköpings kommun konverterades från MapInfo till ESRI Shape.

DATA	KOMMENTAR	LEVERANTÖR/ URSPRUNG
Nationell höjdmmodell Grid 2+	Markmodell, raster med 2 meters upplösning.	Lantmäteriet
Byggnadsregister med byggnadspunkter	Innehåller kommunens registrerade byggnader, både kommersiella och privata.	Norrköpings kommun
Strandlinje från Fastighetskartan		Lantmäteriet
Svenska Marktäckedata	SMD är ett raster med 25 x 25 meters upplösning uppdelad i marktäckeklasser.	Lantmäteriet
Diverse datalager så som: <ul style="list-style-type: none"> • spårväg • järnväg • farlig verksamhet • prioriterade vägar för farligt gods. 		Norrköpings kommun
Bakgrundskarta och ortofoton via Metria Maps	Metria Maps är en WMS-tjänst från Metria.	Metria
SMHI datalager	Översvämningskarteringar från 2009 och 2010 på äldre höjddata.	SMHI och Norrköpings kommun

Tabell 1. Indata till analysen.

HAVSNIVÅ (METER) RH 2000	KOMMENTAR
0,13	Beräknad medelvattenyta år 2010
0,66	Medelvattenytan år 2100 förutsatt en global höjning av havsytan med + 1 m
1,32	100-års högsta vattenstånd i dagens klimat (1965-2009), övre gräns för 95 % konfidensintervall
2,28	Framtida (2100) årshögsta vattenstånd med 50 års återkomsttid inklusive vinduppstuvning (35 cm), övre gränsen för 95 % konfidensintervall
2,38	Framtida (2100) årshögsta vattenstånd med 100 års återkomsttid inklusive vinduppstuvning (35 cm), övre gränsen för 95 % konfidensintervall
2,50	Lägsta grundläggningsnivå vid nybyggnation, dagens nivå föreslagen av kommunen i Miljö- och riskfaktorer – Tillägg till översiktsplanen för Norrköpings kommun, samrådshandling december 2012.

Tabell 2. Havsnivåer relativt medelvattenyta år.

Översvämningsområden för alla fem havsnivåer vi valt att arbeta med i denna studie togs fram (Tabell 2). Analyserna genomfördes med hjälp av standardverktyg i programvarorna ArcGIS, ERDAS Imagine och FME. Nivåkurvor skapades på de fem valda nivåerna, dessa omvandlades sedan till polygonskikt som visar utbredningen av vatten vid den nivån. Även ett vattendjupsraster skapades utifrån den hypotetiska havsnivån 2,5 meter. Vattendjupsrastret skapades genom en differens mellan höjden 2,5 meter och markmodellen, differensen görs i varje pixel och visar hur djupt vattnet är ner till markytan för varje pixel och ger därmed information om hur pass drabbade de olika områdena skulle bli vid de olika scenarierna. Vattendjupsrastret klassades sedan i lämpliga intervall.

Nästa steg innebar framtagande av statistiska underlag baserat på ytterligare geografiska analyser. Kommunens byggnadsregister höjdsattes och överlagrades med de översvämmade områdena för att se vilka objekt som drabbas på respektive nivå. Även datalagret med farliga verksamheter överlagrades mot de olika översvämningsnivåerna.

Vid framtagande av statistik inkluderades även de olika avrinningsområdena så att statistiken även kunde redovisas för respektive avrinningsområde.

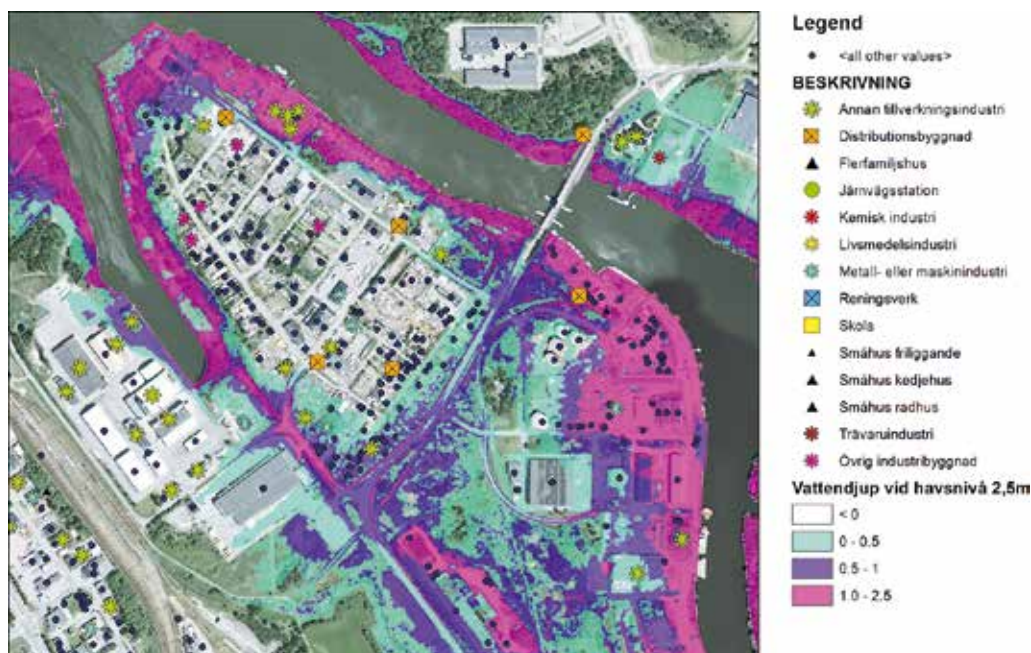
Information om marktäcket bearbetades också i analyserna med hjälp av det nationella kartsiktet Svenska marktäckedata vilket innehåller olika markklasser med 25 meters upplösning. Arealer för respektive klass som fanns representerad inom de översvämmade områdena beräknades för de fem olika nivåerna.

3.1.3 Resultat

Resultaten består av digitala underlag som visar möjlig påverkan av en förhöjd havsnivå. I Figur 4 och Figur 5 visas geografisk utbredning av översvämmade områden enligt de olika scenarierna samt information från kommunens byggnadsregister.



Figur 4. Bilden visar två områden i tätorten Norrköping vilka valdes ut som mest intressanta i projektet med avseende på översvämningshotad samhällsviktig verksamhet. Område ett till vänster och område två till höger. Bilden visar även de fem havsnivåerna och de byggnadsobjekt som drabbas.



Figur 5. Bilden visar att centrala Alholmen i Norrköping kan komma att snöras av om havsvattennivån stiger till 2,5 meter, bilden visar vattendjupet ner till markytan, samt alla byggnadsobjekt (svarta rektanglar), även de som inte kommer att påverkas direkt vid en eventuellt förhöjd havsnivå.

På en generell nivå kan vi utifrån underlagen se att ett mycket stort antal objekt påverkas redan då havsvattennivån ligger i intervallet 1,32 - 2,28 meter. Inom denna nivå är det ett stort antal friliggande småhus som påverkas exempelvis i bostadsområdet Lindö som är under utveckling.

I Norrköping liksom i många andra tätbefolkade kustkommunen har havsnära områden varit attraktiva både för boende och för verksamheter (t.ex. för hamn och industri). Med anledning av det blir konsekvenserna av en översvämning genom en stigande havsnivå ofta mer eller mindre omfattande. Vid en översvämning till denna nivå skulle konsekvenserna sannolikt bli omfattande både vad gäller ekonomiska och miljömässiga aspekter.

Exempel på ekonomiska konsekvenser är skador på fastigheter och infrastruktur. Den miljömässiga påverkan skulle innebära ökad föroreningsbelastning genom att det inom de områden som skulle översvämmas finns en hel del markföroreningar som genom en stigande havsnivå skulle lakas ur och rinna ut i strömmen och Bråviken. En stigande havsnivå leder även till höjda grundvattennivåer som negativt påverkar föroreningsbelastningen. I förlängningen kan det även påverka folkhälsan negativt via badplatser och dricksvattenbrunnar i kustnära områden. En havsnivåhöjning kan även leda till en ökad risk för skred och kusterosion. Delar av de områden som påverkas av en havsnivåhöjning i denna studie är riskområden för skred och erosion vilket, exempelvis gäller för Saltängen och Slottshagen.

3.1.4 Diskussion och slutsatser

Ur ett kommunalt perspektiv är Nationell höjdmodell ett viktigt geografiskt underlag för att kunna analysera och se vilka konsekvenser en framtida havsnivåhöjning får och dess inverkan på fysisk planering och bedömning av sårbarhet för viktiga samhällsfunktioner. Mer precist kan underlaget vara till god användning i kommunens arbete med att upprätta och revidera en risk- och sårbarhetsanalys, vilket sker en gång per mandatperiod. Enligt lagen (2006:544) om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap (LEH) ska kommuner och landsting analysera vilka extraordinära händelser i fredstid som kan inträffa och hur dessa händelser kan påverka den egna verksamheten.

Den betydligt mer detaljerade höjdinformationen i Nationell höjdmodell är också ett viktigt planeringsunderlag för kommunens fysiska planering både inom översikts- och detaljplaneringen samt inom bygglovgivningen. Enligt PBL (2010:900) som gäller från 2 maj 2011 ska kommunerna i samband med lämplighetsprövningen i översiktsplaner, detaljplaner och bygglovsärendena ta hänsyn till klimatförändringen och dess konsekvenser som till exempel ökad risk för översvämningar. Enligt 11 kap. 10 § PBL kan länsstyrelsen överpröva och upphäva kommunens beslut att anta en detaljplan med hänvisning till risken för olyckor, översvämningar och erosion.

Tillgången på bra geografiska data är nödvändig för att kunna göra analyser av översvämningsrisk. Dock finns en rad osäkerhetsfaktorer man bör beakta, av vilka några nämns nedan;

- Klimatmodeller vilka havsnivåerna är baserade på är i sig behäftade med en rad osäkerheter.
- Kombinationer av stora nederbörds mängder och framtida högvattenstånd kan temporärt ge ännu större effekter.
- Analyserna i denna studie tar inte hänsyn till skyddsåtgärder som t.ex. invallningar.
- Konsekvenserna för enskilda objekt är inte undersökta, inte heller beroenden mellan olika verksamheter.
- I mycket flacka områden kan denna typ av översvämningsanalys ge mindre tillförlitligt resultat även om noggrannheten i höjddata är god.
- Inom områden med tät vegetation blir felet i höjdmodellen större.
- Konsekvenser av en varaktigt förhöjd grundvattennivå bör beaktas ur geotekniskt samt ur ett miljö- och hälsoperspektiv.

3.2 Kulturhistoriska värden

Delstudien (Metria rapport MS123325E, 2013) genomfördes i samarbete med Riksantikvarieämbetet (RAÄ) där Erika Hedhammar och Maria Carlsson deltog i arbetsgruppen och bidrog med texter till slutrapporten.

3.2.1 Bakgrund

Kulturmiljö är den miljö som påverkats och formats av mänsklig aktivitet och som därigenom berättar historier om människors liv. Tillsammans utgör samhällen, bebyggelse, byggnader med inredning, trädgårdar, staket, stängsel, väg- och järnvägsnät, gatljus och infrastruktur en helhet för kulturmiljön. Fornlämningar och andra lämningar utgör en annan del i kulturmiljön och är spår efter mänsklig aktivitet i forna tider, som t.ex. gamla husgrunder och gravar.

Inledningsparagrafen i kulturminneslagen fastslår att *”Det är en nationell angelägenhet att skydda och vårda vår kulturmiljö. Ansvaret för detta delas av alla, såväl enskilda som myndigheter skall visa hänsyn och aktsamhet mot kulturmiljön. Den som planerar eller utför ett arbete skall se till att skador på kulturmiljön såvitt möjligt undviks eller begränsas.”*

Kulturminneslagen skyddar fornlämningar, byggnadsminnen, statliga byggnadsminnen och kyrkliga kulturminnen. Plan- och bygglagen, PBL, skyddar även annan bebyggelse med kulturhistoriska värden.

Vi valde att i denna studie studera fasta fornlämningar och kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. De finns registrerade i Riksantikvarieämbetets fornminnesinformationssystem (FMIS) och Bebyggelseregistret, samt register över kommunens bebyggelse med kulturhistoriska värden som är skyddade i PBL. Utöver detta finns även kulturhistoriska värden i museer, arkiv, bibliotek m.m. Det finns även immateriellt kulturarv som språk och traditioner.

Fornlämningar kan bestå av delar både över och under markytan. Det som ligger i jorden vet man ofta lite om innan en arkeologisk undersökning är gjord. Därför kan det också vara svårt att veta hur de skadas av klimatförändringar så som en höjd havsnivåhöjning. Ändrade fuktförhållanden i marken leder till ändrade bevarandeförhållanden för organiskt material och metaller.

Högre havsnivå kan även leda till att marken skadas genom ras och skred. För fornlämningar och skred kan var idé att överväga om de behöver undersökas innan den möjligheten går förlorad.

När havsnivån höjs och tillfälligt svämmar över byggnaders grundnivå finns risk för, mer eller mindre allvarliga, fukt- och sättningsskador. Byggnadsmaterial i grund, bjälklag och väggstomme påverkas olika av fukt och vatten och risk för mögel- och rötskador kan bli en följd av en översvämning. Översvämningar kan även orsaka sättningar både i hus samt mark vilket ger en större risk för husras.

Målet med studien är att i studieområdet Skanör-Falsterbo studera vilka fasta fornlämningar och vilken kulturhistorisk skyddad bebyggelse som påverkas av en framtida havsnivåhöjning, med avseende på klimatförändringar samt dess påverkansgrad.

Målet är även att se om det är en bra metod att arbeta med kulturhistoriska värden tillsammans med nationell höjdmodell för att studera effekterna av ett förändrat klimat.

3.2.2 Indata och metod

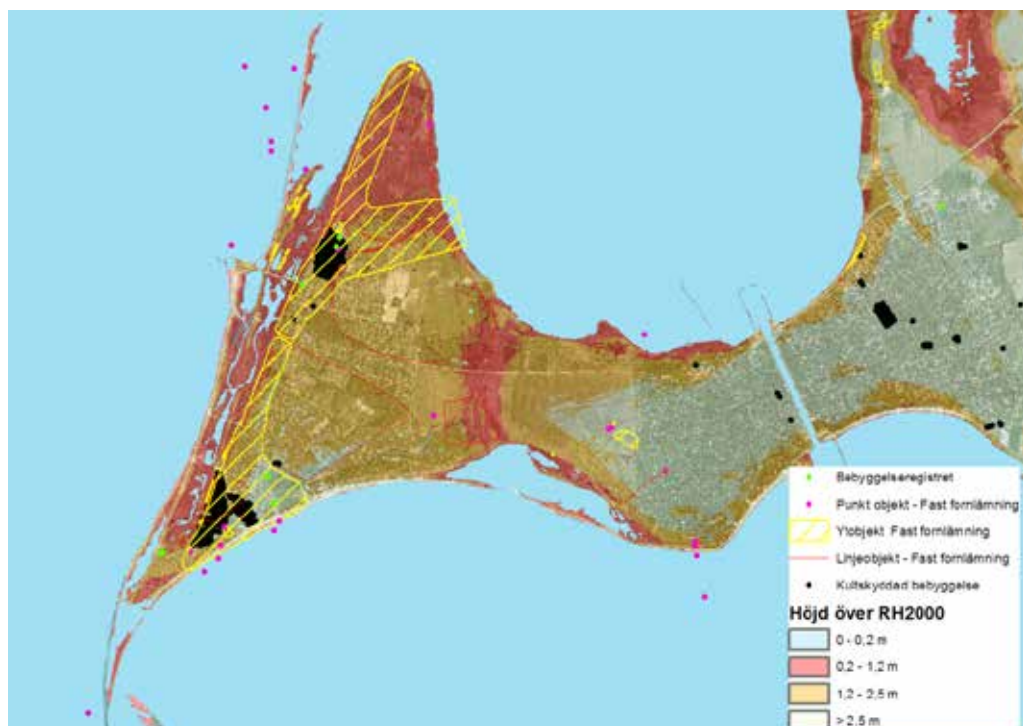
De tre nivåerna som arbetet är baserat på är SMHIs klimatscenarier, se tabell 3 nedan. Nivåerna applicerades på studieområdet och på så sätt erhöles översvämningssområden inom studieområdet. Analyserna genomfördes med hjälp av standardverktyg i ArcGIS samt tillägget Spatial Analyst.

HAVSNIVÅ (METER) RH 2000	KOMMENTAR
0,2	Beräknad medelvattenyta år 2010
1,2	Medelvattenytan år 2100 förutsatt en global höjning av havsytan med + 1 m, beräknad av SMHI
2,5	Framtida (2100) årshögsta vattenstånd med 50 års återkomsttid

Tabell 3. Havsnivåscenarier i studien.

På Riksantikvarieämbetet finns alla fornlämningar lagrade i en databas som heter Fornminnesinformationssystemet (FMIS). Informationen i FMIS som rör fasta fornlämningar märktes med nivåintervall för att kunna visualiseras på karta samt att utifrån nivåerna för respektive objekt kunna diskutera vilka objekt som kommer att påverkas vid olika vattenstånd, utan hänsyn till framtida invallning.

Riksantikvarieämbetets Bebyggelseregister innehåller byggnader med kulturhistoriskt värde. Dessa märktes också upp med nivåinformation, på samma sätt som objekten i FMIS. Det samma gäller för register över bebyggelse med kulturhistoriska värden som är skyddade enligt PBL, vilket erhöles från Länsstyrelsen i Skåne.



Figur 6. Inom Studieområdet finns det många kulturhistoriska värden. Figuren visar kulturhistoriska värden i form av fornlämningar och skyddad kulturhistoriskt värdefull bebyggelse tillsammans med analysnivåerna.

Inom studieområdet planerar Vellinge kommun för en vall för att skydda delar av Falsterbonäset. Den påverkar även de fasta fornlämningarna och kulturhistoriskt värdefulla byggnaderna i området. Påverkan kan både vara positiv och negativ, då vissa objekt kommer att skyddas av en vall, medan andra kommer påverkas negativt då vällen kan komma att byggas ovanpå några av fornlämningarna. Vällen i sig kommer delvis även att påverka kulturmiljön visuellt.



Figur 7. Föreslagen utbredning för yttre respektive inre vällen samt översvämmade områden med respektive nivå då den inre vällen uppförs.

3.2.3 Resultat

I Tabell 4 nedan visas att 44 fasta fornlämningar, 1 byggnadsminne, vilka är skyddade enligt kulturminneslagen, påverkas om vattenlinjen och således havsnivån stiger till 1,2 m. Vidare skulle 70 fasta fornlämningar, 4 byggnadsminnen enligt kulturminneslagen och 244 kulturhistoriskt värdefulla byggnader som är skyddade i Plan- och bygglagen, PBL, påverkas om havsnivån steg och hamnade inom intervallet 1,2 - 2,5 meter. Om den planerade vällen byggs kan den skydda 32 fasta fornlämningar, 1 byggnadsminne och 244 kulturhistoriskt värdefulla byggnader som är skyddade i PBL. De som inte skulle skyddas med en vall är bl.a. firsamhället i Falsterbo samt borgruinen i Skanör.

	TOTALT INOM STUDIEOMRÅDET	PÅVERKADE VID 0,2 – 1,2 M	PÅVERKADE VID 1,2 – 2,5 M	OBJEKT SOM SKYDDAS SOM SKULLE SKYDDAS AV INVALLNING
Fasta fornlämningar	105	44	70	32
Byggnader skyddade enligt Kulturminneslagen (KML)	12	1	4	1
Byggnader skyddade enligt PBL	475	0	244	244

Tabell 4. Byggnader och fornlämningar inom studieområdet.

Utöver den geografiska analysen genomfördes även en Workshop med representanter från RAÄ, SMHI och Metria. Resultat från den geografiska analysen presenterades tillsammans med information om klimatförändringar och klimatanpassningar från SMHI. Under workshopen studerades och diskuterades även ett antal objekt i studieområdet mer ingående utifrån hur objekten skulle värderas och vilka åtgärder som kunde vara lämpliga för respektive objekt ur ett klimatanpassningsperspektiv, så att objektet samtidigt behåller sitt kulturhistoriska värde.

3.2.4 Diskussion och slutsatser

Tillgången på bra geografiska data är nödvändig för att kunna göra analyser av översvämningsrisk och för att koppla dessa risker till enskilda objekt. Dock finns en rad osäkerhetsfaktorer som bör beaktas både när det gäller noggrannheten i höjddata, men även i lägesnoggrannheten för de studerade objekten.

Under workshopen kunde konstateras att studien har varit ett bra sätt att åskådliggöra betydelsen av havsnivåhöjningar för kulturarvssektorn. Kartorna utgör en bra visualisering av problemställningarna och fungerar som diskussionsunderlag.

Troligen är det värdefullt att göra liknande studier i fler områden för att identifiera hotade fasta fornlämningar och kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Detta för att kunna vidta klimatanpassningsåtgärder i form av invallning eller utgrävning och dokumentation av fornlämningar innan det är för sent. Visualiseringsunderlaget i form av kartor och skuggreliefer skulle även kunna vara ett bra underlag vid andra arbeten inom kulturmiljövården.

Studien vill inte ta ställning till konsekvenser av eventuell invallning, utan visar objektivt hur en invallning skulle påverka området.

3.3 Stranderosion vid kuster

Denna delstudie har genomförts som ett samarbete mellan SGI, SGU och Metria. Från SGI medverkade Linda Blied och Bengt Rydell. Från SGU medverkade Jonas Ising.

Studien är en fördjupning av arbetet ”Ny Nationell Höjdmodell vid havsnivåhöjningar – Analyser av översvämningsrisk och bedömning av erosionskänslighet i strandzonen” (MSB, 2012) vilken finansierades av LM och MSB.

En detaljerad beskrivning av projektets indata, metoder, resultat och diskussioner återfinns i rapporten ”Framtida havsnivåhöjning och noggrann nationell höjdmodell – Användning vid studier av stranderosion vid kuster” (Metria rapport MS123325A, 2013).

3.3.1 Bakgrund

Kustområden är utsatta för påverkan av vågor och strömmar, vilket leder till erosion som kan orsaka stora skador på bebyggd miljö och infrastruktur. Stigande havsnivåer kommer efterhand att öka riskerna för erosion längs kuster i synnerhet i södra Sverige.

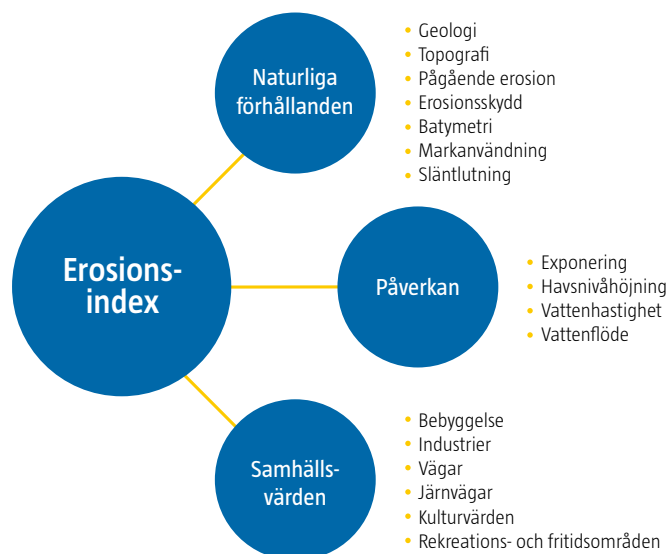
Syftet med denna studie har varit att ge exempel på hur man kan utnyttja Nationell höjdmodellen och andra datakällor för att illustrera effekterna av stranderosion och hur den påverkas av en havsnivåhöjning. Ambitionen har inte varit att kartlägga de sammanlagda effekterna av det stora antalet faktorer som påverkar förutsättningarna för stranderosion, utan och några heltäckande analyser har därför inte genomförts inom studieområdena. Indata och metod.

3.3.2 Indata och metod

Den nya markmodellen Nationell höjdmodell, Grid2+, presenteras i kapitel 2. Övriga indata är: LIDAR-mätningar för batymetri, jordartsdata (SGU), borrhöjningsdata (Brunnsarkivet, SGU), preliminära resultat från projektet "Skånestrand", klimatscenarier och prognoser för havsnivåhöjning, förutsättningar och förekomst för erosion enligt SGI, vågexponering, fastighetskartan, ortofoton och sjökort – djupdata.

Översiktlig kartering av stranderosion

SGI har översiktligt inventerat förutsättningar för stranderosion för hela den svenska havskusten. SGI har också i en förstudie arbetat fram en metodik för översiktlig kartering av sårbarhet, vars resultat uttrycks som ett erosionsindex (EI)¹⁴. Metodiken bygger på en sammanvägning av naturliga landskapsförhållanden, påverkande krafter och samhällsvärden, se Figur 8 nedan. Utifrån det kan en kuststräckas sårbarhet klassas i tre nivåer: hög, medel eller låg sårbarhet för erosion.

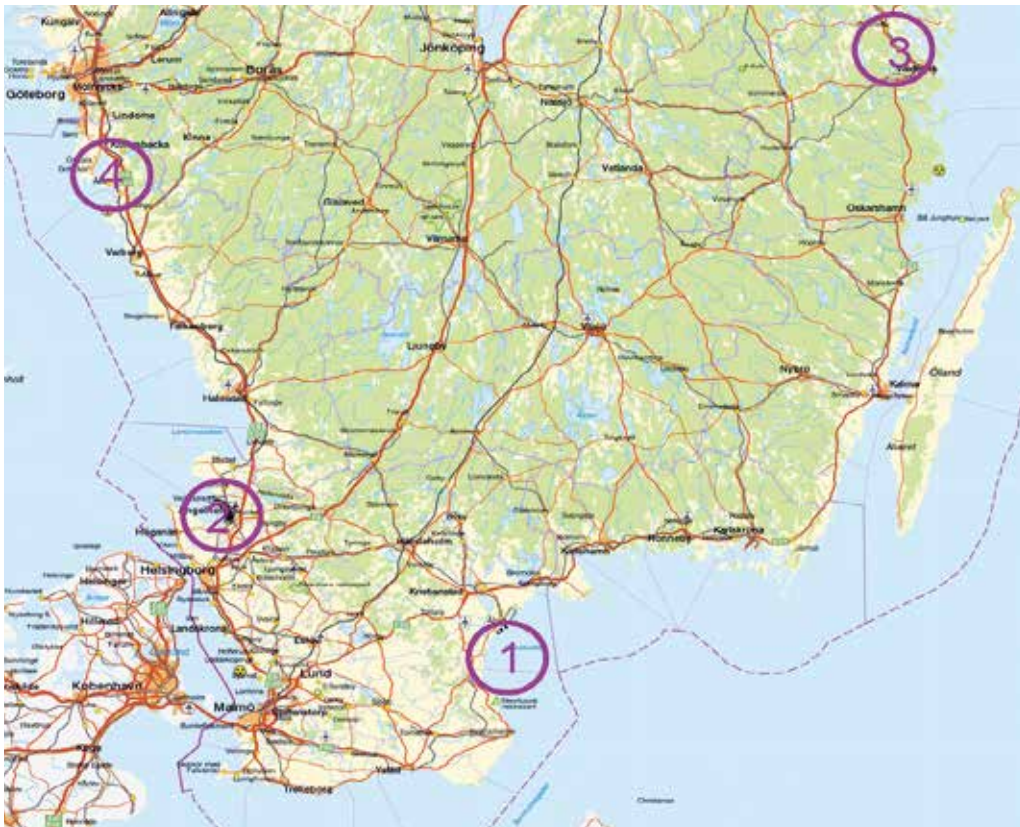


Figur 8. Ingående förhållanden och parametrar som ligger till grund för värdering av sårbarhet för kuster och vattendrag, uttryckt som erosionsindex EI¹⁴. Observera att några parametrar i figuren endast är aktuella vid erosion i vattendrag.

14 Rydell, B, Blied, L, Hedfors, J, Hågeryd, A-C & Turesson S (2012). Metodik för översiktlig kartering av risker för stranderosion. SGI Varia 641. Statens geotekniska institut.

Studieområden

Fyra geografiska områden presenteras i denna studie, se Figur 9 nedan. Dessa valdes ut med hänsyn till skiftande karaktär och datatillgång. Åhus och Ängelholm är sandkuster där landhöjningen upphört medan Gamleby representerar en landhöjningskust med annorlunda geologiska förutsättningar. Åhus och Ängelholm är också mycket exponerade kustavsnitt. Geologin i Gamleby kännetecknas av ett ganska kuperat landskap med berg i dagen och morän i höjdområdena samt lera och svallsediment i dalgångarna. Exponeringen för hav och vågverkan är också begränsad i området Gamleby. Kungsbacka är ett område med delvis liknande geologi som Gamleby men mer exponerat och med större sammanhängande områden med lera. I Gamleby och Kungsbacka är problematiken med stranderosion relativt begränsad i dagsläget. I dessa områden ligger sannolikt de potentiella problemen i erosion som kan leda till skred eller stabilitetsproblem. Inför en framtida havsnivåhöjning är det viktigt att peka ut områden som kan vara extra känsliga för detta.



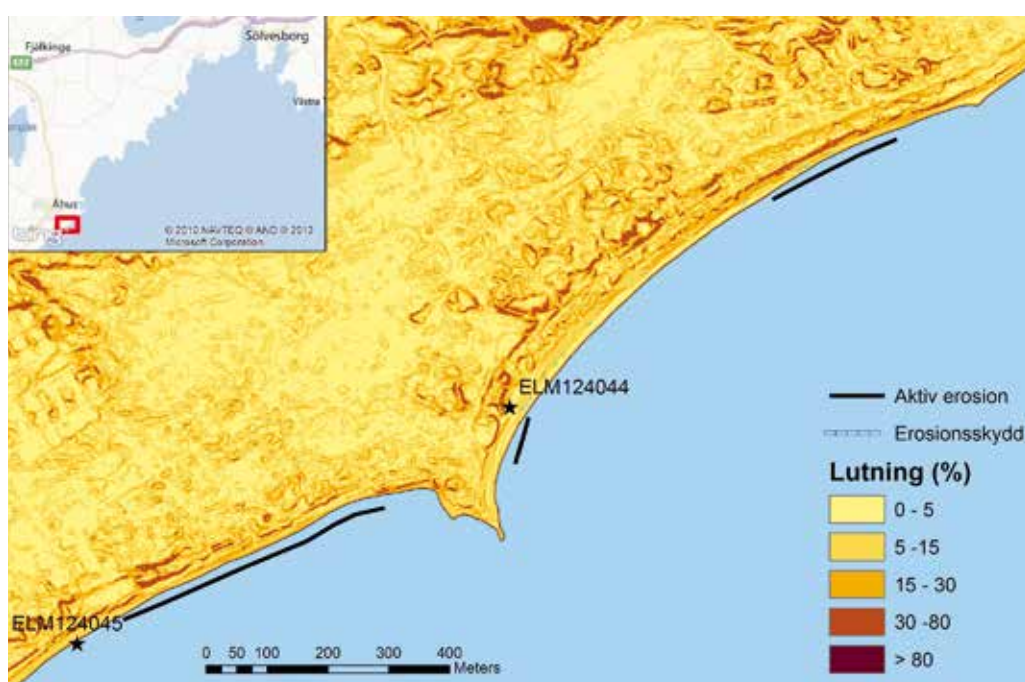
Figur 9. Studieområden: 1. Åhus. 2. Ängelholm. 3. Gamleby. 4. Kungsbacka.

3.3.3 Resultat

Exempel från studieområde Åhus

Erosion och lutning

Från Nationell höjdmmodell, Grid2+ beräknades lutning för strandnära områden och dessa visas i Figur 10 tillsammans med karteringen av aktiv erosion samt erosionsskydd (inget sådant just i denna bild). Här ser man att det på flera ställen finns ett samband mellan en starkt lutande "strandklitter" (dynbildningar) och de strandavsnitt där man kartlagt erosionsområden. Detta ger en möjlighet att med hjälp av Nationell höjdmmodell få en indikation på områden där erosion troligen har varit aktiv i närtid.



Figur 10. Lutning i strandzonen och erosion. Observera att linjer som indikerar erosion är flyttade ut i vattnet för att underlätta läsningen av kartan.

Bedömning av framtida erosion

För översiktlig bedömning av hur en stigande havsnivå påverkar stranderosionen kan användas ett samband som brukar kallas Bruuns lag (Bruun, 1962). Sambandet visar hur en kust förändras vid stigande havsnivå och utgår från att den ursprungliga strandprofilen omformas till en ny profil med ny jämvikt

Modellen ger emellertid en förenklad bild av erosionsprocesserna och tar exempelvis inte hänsyn till erosion orsakad av kustströmmar. För att illustrera påverkan av en havsnivåhöjning beräknades erosionspåverkan från strandlinjen och inträngningen på land för olika kombinationer av bottenlutning och klitterhöjd, se tabell 5.

LUTNING BOTTENPROFIL (%)	KLITTERHÖJD (M)			
	5	4	3	2
2,5 %	29	30	32	34
2,0 %	36	38	40	43
1,5 %	48	51	54	57
1,0 %	71	76	81	86
0,5 %	143	152	161	172

Tabell 5. Erosionsinträngning från nuvarande strandlinje vid ett ökat medelvattenstånd om 1 m och en medelvåglängd om 25 m.

Möjligheterna att extrapolera strandens lutning till bottnar i vattenområden med hjälp av Nationell höjdmmodell har undersökts. Avsikten var att då kunna göra uppskattningar av erosionsinträngning enligt Bruuns lag. Resultaten visar emellertid att det är svårt att extrapolera bottenlutning från Nationell höjdmmodell, Grid2+, liksom att använda sjökortsbatymetri. Slutsatsen är att noggrannare bestämning av bottenpografin erfordras, t.ex. genom laserskanning eller multibeammätning.

Exempel från studieområde Ängelholm

Studier av effekterna av Novemberstormen 2011 (nordväst och ca 30 m/s) visar att karterad erosion sammanfaller med områden som har kraftig lutning i strandzonen. I det flackare området med mindre erosion sammanfaller klittens början med den temporära strandlinje (1,9 meter över medelvattennivån) som rådde under stormen, vilket tyder på att klitten är utbildad vid ett tidigare sådant extremt högvatten.

Exempel från studieområde Gamleby

Nivån för högsta förekommande högvatten i dagsläget ligger omkring +1,5 meter över medelvattenståndet, varför denna nivå valdes för undersökningen. I ett tillägg till översiktsplanen (Västerviks kommun, 2012) räknar man år 2100 med högvattennivå omkring +2,5 meter över dagens medelvattenstånd.

Endast en plats i området Gamleby är utpekad i SGI:s översiktliga kartläggning av förutsättningar för stranderosion. Inom detta område förekommer lutningar större än 1:10 (10 %), vilket i ler- och siltjordar är en förutsättning för skred. Med framtida högre havsnivåer kommer nya landområden utsättas för stranderosion som ger branta lutningar, vilket kan innebära att andra områden än idag kan komma att utsättas för skred. För att kartlägga denna problematik krävs i ett första steg en kartläggning av områden som kommer att översvämmas vid en förhöjd havsnivå med hjälp av Nationell höjdmmodell. I ett andra steg kombineras denna information med lutningsinformation, vilken deriveras från Nationell höjdmmodell, samt jordartsinformation från SGU:s kartering.

I kartframställningen redovisas även områden med sand som i många fall överlagrar t.ex. glacial lera. I denna visualisering visas alltså alla sammanhängande områden med jordarter som sammanfaller med lutningar större än 10 % inom det översvämmade området.



Figur 11. Område vid Gamleby. Förhöjd havsnivå (1,5 m) visualiserad med lutningsinformation samt jordarter.

Exempel från studieområde Kungsbacka

Enligt SGI:s översiktliga kartläggning finns ett antal sträckor med erosionskänsliga jordarter inom studieområdet. En studie med samma metodik som för Gamleby, men med en antagen höjning av medelvattenståndet i havet med 2,0 m, visar områden med potentiellt skredfarliga och erosionskänsliga jordarter där lutningen är större än 1:10 (10 %).

3.3.4 Diskussion och slutsatser

Stranderosionsproblem är komplexa och det kan vara mycket svårt att förutsäga hur en strandlinje kommer att förändras i framtiden. Den mest avgörande faktorn är tillgången till erosionskänsligt jordmaterial i strandområdet.

Nationell höjdmödel, Grid 2+, är potentiellt ett underlag som kan ge ett bättre stöd för bedömning av hur erosion kommer att påverka kuster nu och i framtiden. Det allra mest uppenbara är att den gör det möjligt att bestämma hur långt in ett kortvarigt förhöjt vattenstånd kommer att påverka strandområdet.

När det gäller konsekvenserna av ett permanent förhöjt medelvattenstånd, så är effekterna mer svårbedömda. I dessa fall kommer erosionen verka

successivt på olika nivåer, vilket är svårt att modellera. I fallen med sandkust har i denna rapport presenterats resultat som relaterar till Bruuns lag (Bruun, 1962). Enkelheten i Bruuns lag är både en styrka och en svaghet. Den är relativt enkel att tillämpa eftersom den endast kräver en tvärsnittsprofil i strandzonen. Svagheten är att den inte tar hänsyn till t.ex. materialsammansättning, exponering, vindar, strömmar, vegetation eller sedimentdynamik.

Områden som i dagsläget är utsatta för erosion är intressanta att studera eftersom det finns relativt goda skäl att anta att de även kommer att vara erosionsutsatta i framtiden. Här ger Nationell höjdmmodell en möjlighet att identifierat sådana kuststräckor genom att studera nuvarande erosionspåverkan genom klitternas lutning. Flera sådana områden har lokaliserats i denna studie, men det kan finnas anledning att verifiera detta i vidare arbete.

Studien visar också att det sannolikt är svårt att bedöma bottenlutning med hjälp av Nationell höjdmmodell. Batymetriska mätningar med laserskanning, eventuellt kompletterade med akustiska metoder (multistråleekolod), är därför nödvändiga för mer detaljerade studier av stranderosion.

Nationell höjdmmodell är ett värdefullt underlag vid bedömning av erosionsrisk till följd av havsnivåhöjningar, i synnerhet om det kompletteras med noggranna data om djupförhållanden och sedimentsammansättning. Denna studie visar några användningsområden för dessa data som kan tjäna som inspiration för vidare arbete.

3.4 Erosion och stabilitetsproblem nära vattendrag

Delstudien har genomförts som ett samarbete mellan SGI, SGU och Metria. Från SGI deltog Wilhelm Rankka och Jan Fallsvik. Från SGU deltog Lars Rodhe och Mats Engdahl.

En detaljerad beskrivning av projektets indata, metoder, resultat och diskussioner återfinns i rapporten "Framtida havsnivåhöjning och noggrann nationell höjdmmodell – Användning vid bedömning av risk för erosion och stabilitetsproblem nära stränder och vattendrag" (Metria MS123325C, 2013).

3.4.1 Bakgrund

Detta projekt är en fördjupning av projektet "Ny Nationell Höjdmmodell vid havsnivåhöjningar – Analyser av översvämningsrisk och bedömning av erosionskänslighet i strandzonen" (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB 361, 2012). Syftet med den nu genomförda studien är att belysa och ge exempel på hur Nationell höjdmmodell kan användas i arbetet med att kartlägga problem med erosion och stabilitetsproblem. Inbyggt i frågeställningen finns också frågan om hur de förväntade klimatförändringarna kan komma att påverka erosion och stabilitet vid vattendrag. I denna studie har Rønne å studerats i ett område mellan Ängelholm och Klippan.

Idag tillämpas i Sverige en metodik för översiktlig stabiliseringskartering för att identifiera bebyggda områden där risker för ras och skred kan finnas.

Nationell höjdmödel ger nya möjligheter att karakterisera de topografiska förhållandena och därmed nya möjligheter att klargöra förutsättningar för ras och skred.

3.4.2 Indata och metod

Studieområdet utgörs av en knappt 40 km lång sträcka längs Rönne å i Skåne, nedströms det sista vattenfallet i Klippan, innan ån utmynnar i Kattegatt vid Ängelholm (Figur 12). Studieområdet är ca 170 km². Rönne å har näst Helge å det största avrinningsområdet i Skåne län om 1 897 km².



Figur 12. Studieområde Rönne å nedströms det sista vattenfallet (Forsmöllans kraftverk näst sist).

Indata till delstudien sammanfattas i Tabell 6.

DATA	LEVERANTÖR / PRODUCENT
Nationell höjdmödel	Lantmäteriet
Information om de geologiska förhållandena (Jordarter, borrhullar, skredärr och ravinbildningar)	SGU
Översvämningsscenario för Rönne å	MSB, SMHI
Erosions- och stabilitetsutredningar	Sweco, Norconsult, Peab

Tabell 6. Indata

En metod för att översiktligt identifiera förutsättningar för ras och skred har tillämpats i det aktuella området. Metoden utgår från jordart och markens lutning och har utarbetats av SGI och SGU och beskrivs närmare i tillhörande delrapport.

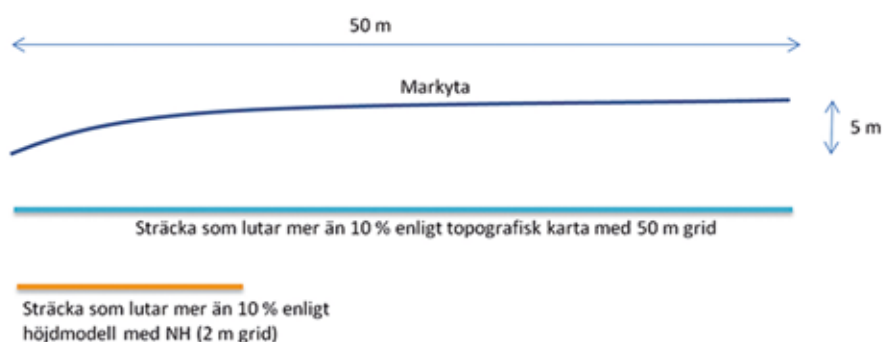
3.4.3 Resultat

På de sträckor i ett vattendrag där erosion sker i strandkanten kan urgröpingar och ökad lutning i slänter uppstå vilket leder till försämring av stabiliteten i strandkanten. Om mycket material eroderas kan, i skredbenägen jord, risken för skred öka. En ökning av flödet kan påskynda erosionen och därmed försämringen i stabilitet.

Förutom att erosion kan leda till lokalt försämrad stabilitet i stränder så leder den, i ett meandrande vattendrag, på lång sikt till förändring av åfårens sträckning. Ett sätt att analysera erosionen kan därför vara att jämföra flygbilder, från olika tidpunkter, över en åfårens sträckning.

I ett meandrande vattendrag förekommer vanligen erosion av jord utmed ytterkurvor och sedimentation utmed innerkurvor. Variation i batymetri, såsom förträngningar i åfåran eller lokala djuphålor, kan emellertid leda till att andra erosions- och sedimentationsförhållanden uppstår. Exempelvis noterades vid fältbesöket längs Rönne å ett par platser där erosion av jord hade förekommit i innerkurvor.

I denna studie har områden i finkornig jord (lera och silt) med lutning större än 10 %, identifierats. På grund av den högre upplösningen förväntas kartor upprättade med Nationella höjdmodellen kunna visa områden med skredförutsättningar med mindre omfattning jämfört med en höjdmodell med lägre upplösning. I Figur 13 och Figur 14 visas två situationer som kan uppstå om man jämför lutningen som genereras ur höjdmodeller med olika upplösning. I Figur 14 visas en situation där den relativt branta slänten i mitten av profilen som inte skulle detekteras med en lågupplöst höjdmodell. Med detta resonemang förväntas fler områden bli visade som områden med förutsättningar för skred.



Figur 13. Jämförelse av hur olika noggrannhet i höjdmodeller kan påverka utbredningen av områden med förutsättningar för skred.

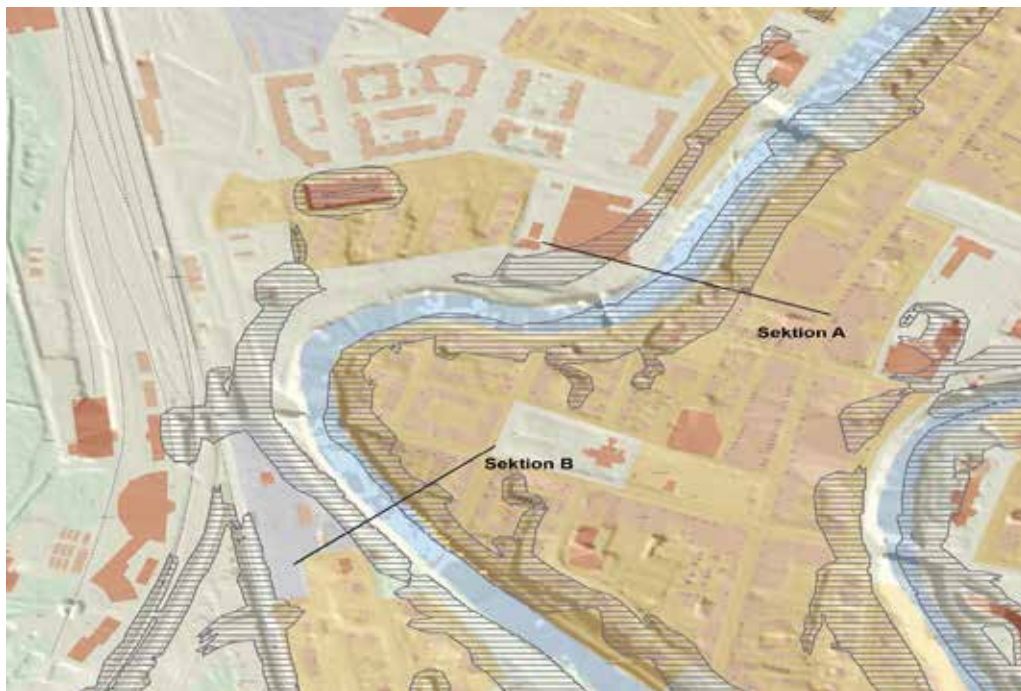


Figur 14. Jämförelse av hur olika noggrannhet i höjdmödel kan påverka utbredningen områden med förutsättningar för skred finns. I bilden visas ett avsnitt som inte detekteras med en lågupplöst höjdmödel.

SGI utförde överslagsberäkningar, med höjddata från Nationell höjdmödel och antagna jordlagerförhållanden, av stabiliteten i 4 sektioner läng Rönne å:s dalgång. Sektionerna ligger inom områden som har förutsättningar för ras och skred identifierade enligt den metod som utvecklats av SGI och SGU. Två av dessa sektioner ligger centralt i Ängelholm och ytterligare två längre österut varav den ena i ett glesbebyggt område (Figur 15 och Figur 16).



Figur 15. Läge för geotekniska sektioner.



Figur 16. Områden med förutsättningar för ras och skred (streckade ytor) samt två av de sektioner där överslagsberäkningar av stabiliteten utförts.

Stabilitetsförhållandena var enligt överslagsberäkningarna tillfredsställande (Sektion A) eller mycket tillfredsställande (övriga sektioner). Vid överslagsberäkningarna antogs att förekommande lerlager utgjordes av lera med hög odränerad hållfasthet. För sektion A och sektion B är antagandet väl grundat då mätningar som redovisas i utredningar för just de sektionerna visar på hög hållfasthet. För sektion C och D är antagandet rimligt med hänsyn till att leran där bedöms ha bildats på liknande sätt som leran i sektion A och B. Antagandet är dock mindre väl grundat än i sektion C och D i och med att inga mätningar utförts i närheten av de sektionerna.

Om leran hade antagits ha låg odränerad hållfasthet så hade de beräknade stabilitetsförhållandena varit betydligt sämre.

Vidare gällde överslagsberäkningarna för nuvarande topografi. Om en eventuell framtida erosion, med påföljande ökande lutning i slänterna eller fördjupning av åfåran, skulle medräknats, så hade de beräknade stabilitetsförhållandena också varit sämre.

Bedömningen av att förutsättningar för ras och skred finns för områden kring sektion C och D är rimlig så länge det kvarstår en osäkerhet kring jordlagrens hållfasthet och erosionsförhållanden.

3.4.4 Diskussion och slutsatser

Stabilitetsutredningar görs normalt enligt den arbetsgång som rekommenderas av Skredkommissionen. Inledningsvis (Skede 1) kan göras en geoteknisk besiktning och överslagsberäkning av stabilitetsförhållandena.

Med GIS-modeller baserade på Nationell höjddata underlättas det inledande arbetet i en stabilitetsutredning. Den främsta användningen är för utredning inom områden där ingen stabilitetskartering har utförts och som inledning till mer detaljerade stabilitetsutredningar. Det bör noteras att kompletterande detaljerade utredningar normalt behöver göras för att närmare klargöra stabilitetsförhållandena.

Den delstudie som här genomförts belyser att slänters stabilitet är beroende av jordens hållfasthet. Detta innebär att den metod som tillämpats här endast bör användas för att få en uppfattning om var det kan finnas förutsättningar för ras och skred. Med användning av noggranna höjddata finns bättre förutsättningar för att avgränsa sådana områden.

En inledande utredning av stabilitetsförhållandena bör inledas med att klargöra översvämningsområden utifrån hydrauliska modeller (dagsläge eller framtidsscenario) och noggranna höjddata. En GIS-analys av förutsättningar för ras och skred utifrån jordarter och lutningar genomförs. Underlag för jordlagerföljd hämtas från t.ex. Geoteknisk sektorsportal och digital geologisk kartinformation om jordlager och skredärr. Därefter görs ett urval och beräkning av sektioner som är intressanta ur stabilitets- och erosionsperspektiv samt förekommande bebyggelse och infrastruktur.

Resultaten från analysen behöver kompletteras med en geoteknisk besiktning i fält och värdering av de geotekniska förhållandena. Detta är nödvändigt för att klargöra t.ex. förekomst av skikt eller lager av jord med lera under annat jordmateriel, för att ta hänsyn till områden med kvicklera eller för att eliminera beräkningsresultat som är orimliga eller där stabilitetsförhållanden bedöms vara otillfredsställande.

3.5 Riskinventering vid väg

Denna studie genomfördes som ett samarbete mellan Trafikverket och Metria. Från Trafikverket deltog Håkan Nordlander, Bo Kristofersson och Johan Schärdin (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB624, 2013).

3.5.1 Bakgrund

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 nederbördsmängder 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. Ytterligare en målsättning är att visa på möjligheterna att generera enhetliga underlagsdata att användas vid 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.

3.5.2 Indata och metod

För en mer detaljerad beskrivning av metoder och framställning av underlag (skikt) hänvisas till projektdokumentet: "Riskinventering vid väg med hjälp av Nationell höjdmmodell och andra databaser".

En litteraturstudie genomfördes och ett antal indata anskaffades för att användas dels för användning i GIS-system vid analys och för presentation vid fältinventering och dels för att framställa ytterligare underlag för analyser:

Jordartsdatabaser, GSD-Fastighetskartan, Ortofoto, NVDB, Hyggeskartering och Skred och ravindatabas.

Från dessa indata framställdes följande underlag:

Höjdkurvor, *Lutning, *Höga vägbankar, Långa lutningar mot vattendrag eller sjö, Avrinningsnätverk med flödesriktning, "Blue spot", TWI (Topographic Wetness Index), Extra högupplöst markmodell med 1 meters upplösning, *Sannolika lägen för vägtrummor och *Skredriskområden.

* Ovanstående fyra stjärnmarkerade skikt visades på datorn vid fältinventeringen.

Anskaffade såväl som producerade skikt/tjänster levererades till Trafikverket för att användas vid olika analyser och/eller fältinventeringar.

Nedan beskrivs kortfattat litteraturstudien samt två av skikten som användes vid i fält vid riskinventeringen: Höga vägbankar och Sannolika lägen för vägtrummor.

Litteraturstudie

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. Analyser kopplade till denna typ av problematik kräver oftast relativt noggranna höjddata. Därför innebär den nya Nationell höjdmmodell, Grid 2+ 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 tidigare projekten "Utvecklad riskanalys med Ny Nationell Höjdmmodell (NNH)" och "NNH för identifiering av höga vägbankar och vägtrummor". 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 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. I två rapporter från SGI beskrivs hur digital höjdinformation används 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. Riskidentifiering (riskinventering).

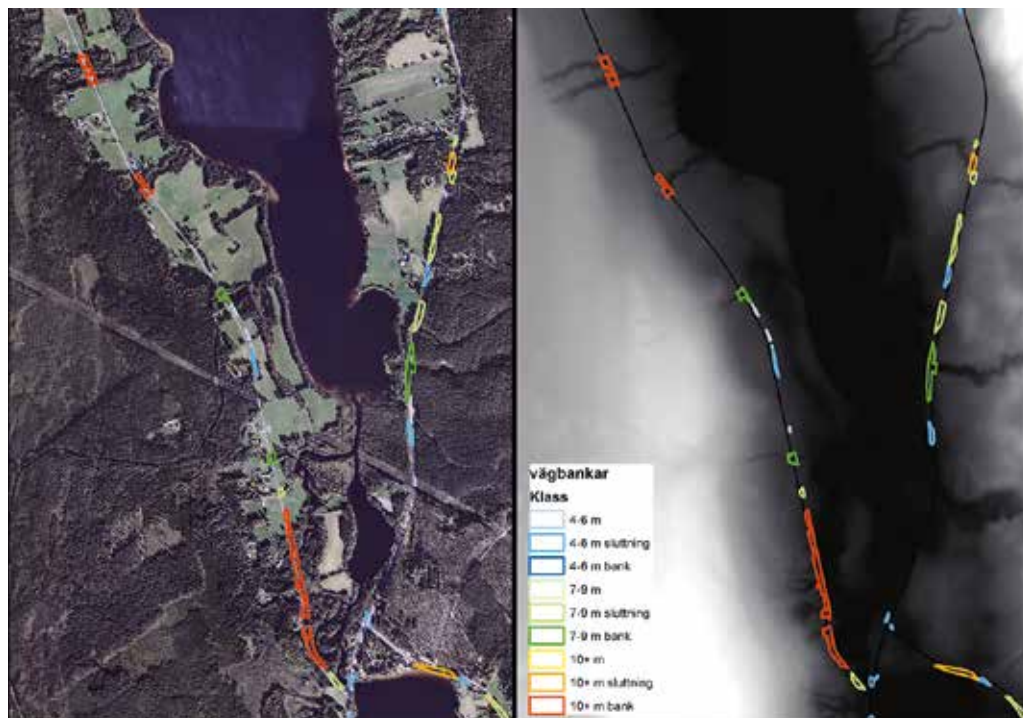
En av de grundläggande frågeställningarna i detta projekt är hur befintlig information och databaser för riskinventering ska kunna utnyttjas. En annan är hur det, automatiskt eller semiautomatiskt, är möjligt att ta fram enhetliga underlag att basera en riskinventering på. Dessa frågeställningar är inte 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).

Höga vägbankar

Målet med analys av höga vägbankar är att peka ut riskområden med höga vägbankar. 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 skred- eller erosionskänsliga jordarter i eller under vägbanken kan detta utgöra en 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.

En klassificering av höga vägbankar gjordes baserad på ett antal kriterier: vägbankstyp, höjd, lutning och närhet till vatten; underlaget utgjordes av: Nationell höjdmmodell (GSD-höjddata, grid 2+). Lutning, Höjdkurvor och NVDB.



Figur 17. Höga vägbankar lagda över ortofoto till vänster respektive över Nationell höjdmmodell, Grid 2+ till höger. Utsnitt ur driftsområde Bergslagen.

Sannolika lägen för vägtrummor

Ett problem vid inventering av riskobjekt vid väg är att vägtrummers lägen inte alltid är kända. Därför görs med GIS-verktyg en klassning för att identifiera sannolika lägen för trummor. Denna analys baseras på kriterierna:

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

Resultatet summeras till attribut "KLASS" som i detta fall innebär en poängskala mellan 1 och 7 och som indikerar ökande sannolikhet att finna en trumma. Underlag för klassningen utgjordes av: Nationell höjdmmodell (GSD-höjddata, Grid 2+), NVDB och GSD Fastighetskartans hydrografiskikt, Avrinningsnätverk och "Blue Spots".



Figur 18. Resultat från identifieringen av möjliga lägen för vägtrummor.

3.5.3 Resultat

En riskinventering för att testa värdet hos några av de skikt som togs fram genomfördes i form av en geoteknisk fältinventering med bil utrustad med dator med skikt och GPS-funktion som indikerade bilens position. Följande skikt användes:

- Höga vägbankar
- Sidolutande terräng
- Områden med skredförutsättningar (med hänsyn till jordart och topografi)
- Troliga trummlägen.

Inom Driftsområde Bergslagen har tidigare skett vägras i samband med stor nederbörd, främst på platser där jordartsmaterialet varit sediment av silt och sand, vilket liknar markförhållandena inom fältinventeringsområdet. Erfarenheterna från dessa vägras gav följande riskindikatorer:

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

Inventering av vägtrummor

På en ca 7 km lång sträcka inventerades trummor genom väg. Ett skikt gav visst förhandsbesked om trummlägen. Ca 80–90 % av trummorna hittades inom föreslaget läge för trumma genom väg.

Övriga resultat

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.

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. GPS-funktion tillsammans med kartor och övriga underlag är till stor hjälp vid inventeringen.

3.5.4 Diskussion och slutsatser

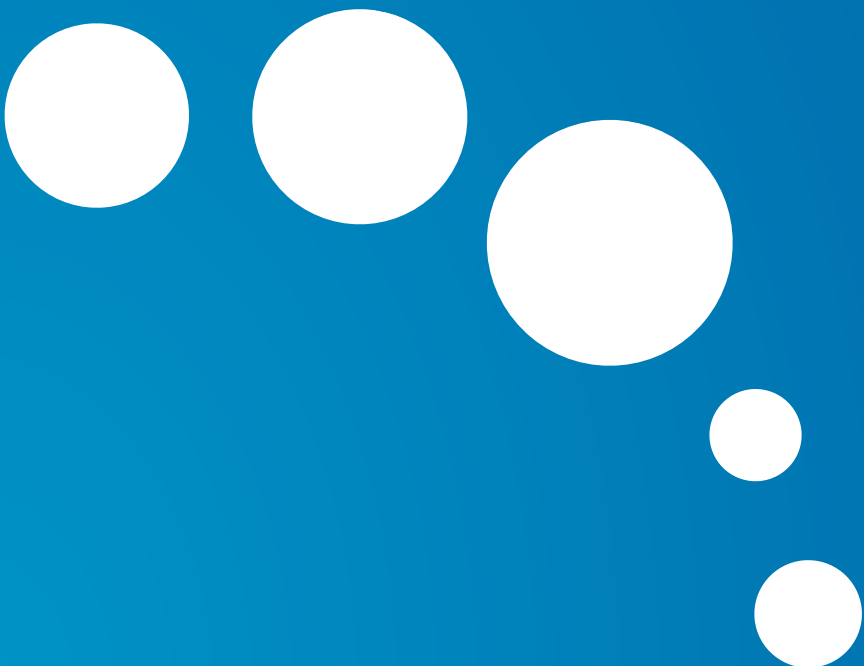
Erfarenheterna från fältkontrollerna visar att de geografiska underlagen som tagits fram inom projektet kan underlätta en inventering i fält och eventuellt också underlätta prioriteringar vid inventeringar.

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. 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. Det skulle vara till stor hjälp att skapa ett sammanslaget skikt som kan ge indikationer om riskpunkter längs vägen utan all tilläggsinformation. 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.



4. IDÉER TILL FORTSATTAS STUDIER

4.1 Hydrologisk modellering

Flera tillämpningar som beskrivs använder Nationell höjdmodell för hydrologiska modelleringar. Höjdmodellen är dock inte anpassad för detta ändamål, bl.a. eftersom påverkan från artificiell avvattning (ex. kulvertar och vägtrummor) och t.ex. broar inte är kompenserad. I Danmark finns en landstäckande s.k. HydroDTM där vissa artificiella avvattningsobjekt finns kompenserade för i modellen. En möjlig vidareutveckling vore att undersöka behovet av en likande produkt i Sverige.

Exempel på andra utvecklingsvägar:

- Bättre beskriva verksamhetsnyttan med denna typ av underlag, samt paketera informationen på ett mindre tekniskt sätt, vilket skulle kunna öka nyttan för icke-expert.
- Ta reda på vilka behov som finns att klassa punktmolnet ytterligare, samt behovet av 3D-modeller.
- Bättre beskriva användning och begränsningar av Nationell höjdmodell. Detta gäller i synnerhet de underlag där indikationer för risk anges.
- Underlagen som tas fram med hjälp av Nationell höjdmodell och andra geodata är många, men hur ska man värdera och presentera materialet? Många gånger ger den nya precisionen vid jämförelse med andra, äldre geografiska underlag svårigheter att värdera resultatet av en analys.
- Kommuner beställer i dagläget t.ex. översvämningsscenarioer som bygger på olika antaganden och prognoser om flöden och havsnivåhöjningar. En intressant fråga är om staten borde göra scenarioanalyser som bygger på samma grundantaganden för att göra kommunernas arbete mer jämförbart och transparent.
- Tidigare gjordes en sammanställning av användningsområden för Nationell höjdmodell. Den snabba utvecklingen gör att en liknande studie skulle kunna göras för att beskriva nya användningsområden.

4.2 Erosionsövervakning – översiktligt och lokalt

Utredningen har visat att Nationell höjdmmodell kan vara ett värdefullt underlag vid bedömning av erosionsrisk till följd av havsnivåhöjningar, i synnerhet om det kompletteras med noggranna data om djupförhållanden och sedimentsammansättning.

Det finns också möjlighet att etablera ett system för övervakning av förändringar av erosion och sedimentation vid kuster genom en kombination av olika typer av fjärranalys, där metoder väljs beroende på detaljningsnivå och syfte. För att översiktligt och kostnadseffektivt kunna studera förändringar och utvecklingstendenser av strandnära områden kan satellitbilder användas. Inom bedömda och avgränsade riskområden kan därefter mer detaljerad analys göras med laserskanning och digitala flygbilder.

4.3 Vegetationskartering och naturvärden i strandområdet

Som visats i EMMA-projektet finns stora möjligheter till en samlad och sömlös kartering av vegetation och botten typer på land och i vatten i strandnära områden. Genom att kombinera resultat från laserskanning och tolkning av flygbilder kan en databas sammanställas, med möjligheter att presentera information på olika kartor som kan användas för naturvård, fysisk planering och riskvärdering. En sammanläggning av Nationell höjdmmodell med en batymetrisk laserskanning skulle ge en detaljerad och integrerad djup- och höjdmmodell med möjlighet att simulera olika hot som t.ex. framtida översvämningar och erosion. Exempel på denna typ av kartläggning finns också i projektet Skånestrand (kartläggning utförd av SGU).

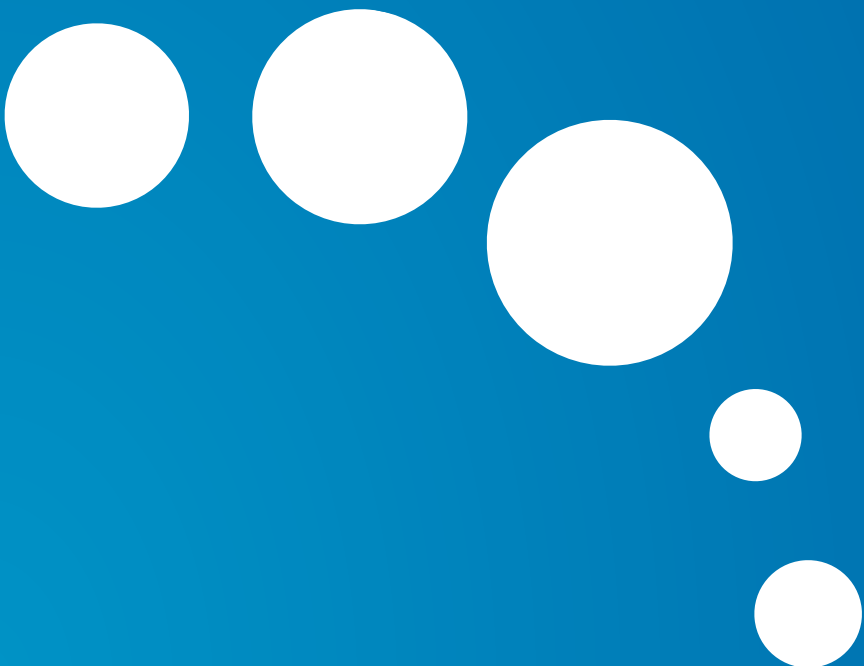
En annan möjlighet är att lägga samman en akvatisk botten typsklassningen med vegetationskartering av terrester och semiakvatisk miljö till en integrerad vegetationsdatabas över land och vatten.

En särskild delstudie inriktad mot naturvärden och havsnivåhöjningar har inte ingått i projektarbetet. Däremot gjordes en tentativ arbetsplan för att utvärdera hur strandnära habitat skulle kunna komma att påverkas vid en havsnivåhöjning. Några av de frågeställningar man i detta fall formulerade, och som alltså kvarstår, var:

- Hur påverkas dagens strandängar och arter kopplade till dessa av en havsnivåhöjning?
- Hur stora arealer av strandängar skulle försvinna vid en havsnivåhöjning om +1 m?
- Vilka förutsättningar finns för att nya strandängar ska kunna bildas när havsnivån höjs? Och vilka hinder finns för detta?
- Det finns ju exempel på att man vallar in bebyggda områden, men kan man även tänka sig att valla in värdefull åkermark?

4.4 Riskidentifiering vid vägar och järnvägar

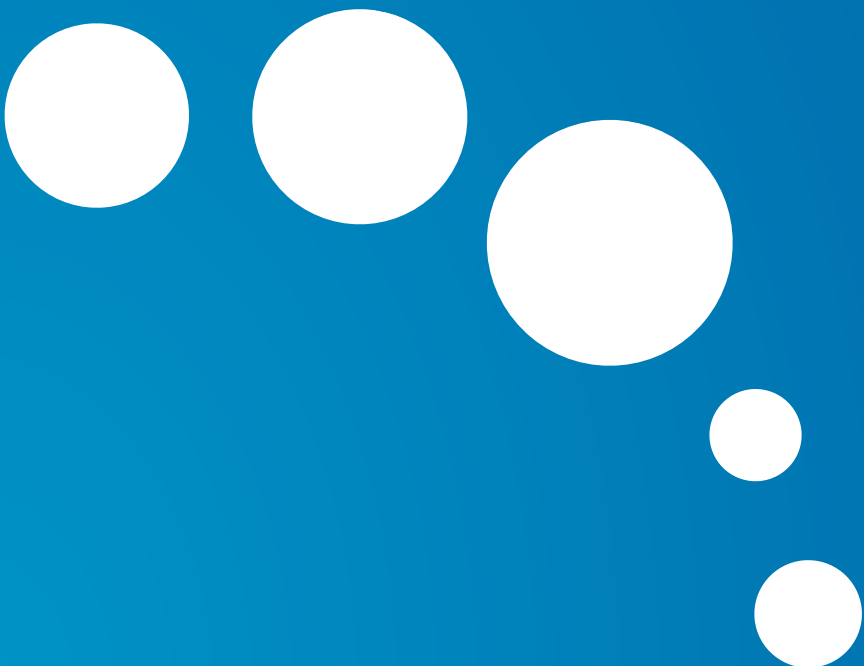
- Inventering av riskobjekt (skred, ras, erosion, översvämning) längs väg och järnväg
- Klassning av höga vägbankar
- Inventering av vägtrummor
- Stöd för dimensionering av vägtrummor
- Prioritering av fältinsatser och inventering genom att välja vägsträckor där många eller särskilt utsatta riskobjekt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



5. ORDFÖRKLARINGAR

ArcGIS	Programvara för presentation och bearbetning av geografisk information
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
EMMA	Environmental mapping and monitoring with airborne laser and digital images
Erdas Imagine	Programvara för bearbetning av georefererade bilder
ESRI Shape	Dataformat för vektorbaserad geografisk information
FME	Feature manipulation engine
FMIS	Fornminnesinformationssystem
GeoLex	Sökverktyg för Lantmäteriets geodata
GIS	Geografiskt informationssystem
GPS	Global Positioning System
GSD	Geografiska Sverige Data
KML	Kulturminneslagen
LAS	Format för datalagring av det laserskannade punktmolnet
LEH	Extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap
Mapinfo	Programvara för presentation och bearbetning av geografisk information
Metria Maps	Internetbaserad karttjänst
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
NNH	Ny Nationell Höjdmodell, heter numer Nationell höjdmodell
NVDB	Nationell Vägdatabas
Ortofoto	Geografisk refererad flygbild kompenserad för höjdvariationer
Punktmoln	Data från laserskanning som består av digitalt lagrad information om laserpulsernas träffar på olika objekt på och ovan markytan
RAÄ	Riksantikvarieämbetet

RH 2000	Rikets höjdsystem 2000
SMD	Svenska Marktäckedata
SMHI	Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
SOU	Statens offentliga utredningar
SWEREF 99 TM	Geodetiskt datum SWEREF99, med projektionen Transvers Mercator
TWI	Topographic Wetness Index
VA	Vatten och Avlopp
WMS	Web Map Service



6. REFERENSER

Bergström, S., 2012. Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012. SMHI, Klimatologi nr 5.

Bruun, P; 1962. Sea-Level rise as a cause of shore erosion. Journal of the proceedings of the American society of civil engineers.

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

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.

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

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

Framtida havsnivåhöjning och noggrann nationell höjdmodell – Användning vid bedömning av risk för erosion och stabilitetsproblem nära stränder och vattendrag. Metria rapport MS123325C, 2013.

Framtida havsnivåhöjning och noggrann nationell höjdmodell – Användning för fysisk planering och analys av stigande havsnivåers inverkan på samhällsviktig verksamhet. Metria rapport MS123325B 2013.

Framtida havsnivåhöjning och noggrann nationell höjdmodell – Användning vid studier av stranderosion vid kuster. Metria rapport MS123325A, 2013.

Framtida havsnivåhöjningar och nationell höjdmmodell
– Användning för kulturmiljövården och analys av stigande havsnivåers
inverkan på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse och fasta fornlämningar.
Metria rapport MS123325E, 2013.

H. Björn, D. Eklund, J. Andréasson, S. Lindahl och S. Nerheim, rapport nr:
2008 – 76. SMHI (2009). Detaljerad översvämningsskartering längs Motala-
ström, Roxen, Glan och Bråviken.

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

Nationell plattform – Handlingsplan 2013 – 2015, publ.nr. MSB577, juni 2013.

NNH och naturolyckor, publ.nr. MSB360, april 2012.

Norrköpings kommun (2012). Miljö- och riskfaktorer – tillägg till översikts-
planen för Norrköpings kommun, samrådshandling december 2012.

Ny nationell höjdmmodell vid havsnivåhöjningar – analyser av översvämningss-
risk och bedömning av erosionskänslighet i strandzonen. Myndigheten för
samhällsskydd och beredskap, MSB 361, 2012.

Nyttoanalys: Höjddata – en förutsättning för klimatanpassning,
Lantmäteriet 2009.

Olsson, J. och Foster, K., 2013. Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner
för Sverige. SMHI, Klimatologi 6.

Riskinventering vid väg med hjälp av nationell höjdmmodell och andra data-
baser, publ.nr. MSB624, november 2013.

Rydell, B, Blied, L, Hedfors, J, Hågeryd, A-C & Turesson S (2012). Metodik
för översiktlig skartering av risker för stranderosion. SGI Varia 641.
Statens geotekniska institut.

Rydell, B, Skånes, H, Tulldahl, M & Wikström, S (2013). Laserskanning och
digitala flygbilder för miljöövervakning. Kustzonen – tillämpning i Åhus.
SGI Publikation 7. Statens geotekniska institut, Linköping.

Sverige inför klimatförändring – hot och möjligheter (SOU 2007:60).

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

Åström, S. 2010. Kompletterande beräkningar havsvattenstånd Bråviken.
Rapport nr 2010-60, SMHI.

Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämningar, ras, skred och erosion
i bebyggd miljö i ett framtida klimat. Bilaga B14 till SOU 2007:60.



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
RIKSANTIKVARIÉÄMBETET



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
Publ.nr MSB625 - januari 2014 ISBN 978-91-7383-398-1