



**Kandidatarbeten  
i skogsvetenskap**  
Fakulteten för skogsvetenskap

**2015:15**

**Jordart och markfuktighets inverkan på trädets  
stabilitet under stormen Hilde 2013**

*Soil and soil-moisture effects on tree stability during the storm  
Hilde 2013*



Foto: Anton Larsson

**Oscar Jakobsson och Anton Larsson**

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för skogens ekologi och skötsel  
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,  
Handledare: Erik Valinger

Program: Jägmästarprogrammet

Kurs: EX0592 Nivå: G2E

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel  
Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Umeå 2015



# Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,  
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Oscar Jakobsson & Anton Larsson
Titel, Sv	Jordart och markfuktighets inverkan på trädets stabilitet under stormen Hilde 2013
Titel, Eng	<i>Soil and soil-moisture effects on tree stability during the storm Hilde 2013</i>
Nyckelord/ Keywords	Stormskador, markegenskaper, skogsskötsel, stormfällning/ <i>Storm damage, soil properties, forest management, windthrow</i>
Handledare/Supervisor	Erik Valinger, SLU, skogens ekologi och skötsel
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2015

# FÖRORD

Det här arbetet kom till efter en förfrågan från studenter på SLU om ett kandidatarbete som behandlar olika aspekter av vindskador i Sverige. Arbetets syfte mynnade ut i att se ifall det finns ett samband mellan markfuktighet samt jordart och stormfälld volym med hjälp av data från Sveaskog från stormen Hilde.

Vi skulle vilja tacka vår handledare Erik Valinger som under arbetsprocessen varit hjälpsam och gett ett moraliskt stöd i när saker och ting inte gått som väntat. Vi skulle även vilja tacka Tommy Karlsson på Sveaskog som trots stor arbetsbörda kunnat delge och hjälpa oss med materialet. Ytterligare tack riktas till Gustav Friberg på Skogforsk som hjälpt oss med framtagandet av markfuktighetskartan.

Umeå, april 2014

Oscar Jakobsson & Anton Larsson

## **SAMMANFATTNING**

Storm är den absolut vanligaste skadeorsaken på skog. Det handlar om höga värden för skogsägare samt för samhället. Forskningen inom området har ökat sedan 60-talet men ännu finns kunskapsluckor inom området. Målet med denna studie var att förstå hur markens egenskaper påverkar ett skogsbestånds känslighet för storm.

2013 svepte stormen Hilde in över Sveaskogs marker kring Lycksele kommun. Genom data från Sveaskog har vi kunnat studera hur bestånden drabbats av stormen och kombinerat det med data om markens egenskaper i form av markfuktighet och jordart. Eftersom det saknades markdata från ett stort antal avdelningar, skapades en egen markfuktighetskarta och jordartskartan hämtades från Lantmäteriet. Vår hypotes var att en större andel skog skulle blåst omkull på fuktiga avdelningar där jordarten dominerades sediment eller torv.

I de inledande analyserna använde vi enbart Sveaskogs data. Markfuktighet visade högst förklaringsgrad och lägst p-värde, men vi kunde inte visa på ett signifikant samband. För materialet vi kompletterat själva med inventeringar kunde inte något signifikant samband hittas.

För att göra analyserna mer tillförlitliga behövs fortsatta studier där markfuktighet och jordart är säkerställt i fält. Det finns ytterliga faktorer som borde tas med i analyserna eftersom de kan påverkar stormkänsligheten, exempelvis tid sedan gallring och det rumsliga läget.

Nyckelord: Stormskador, markegenskaper, skogsskötsel, stormfällning

## **ABSTRACT**

Storm is the most common cause of damage to forests. It contains high value for forest owners, as well as for society. Research about storm damage in forests has increased lately but there is still a knowledge gap in the area. The purpose of our study was to evaluate if soil properties affect stand vulnerability to storm.

In 2013, the storm Hilde swept over Lycksele municipality. With data provided from Sveaskog we were able to study how the stands were affected by the storm and due to properties (soil moisture and soil type). In the absence actual of soil data from several stands, we created an own soil moisture map and a soil map was obtained from the National Land Survey. Our hypothesis was that stands with high soil moisture or located on sediment would be the most damaged ones.

In the initial analyzes our own inventoried soil data was excluded. Soil moisture showed the highest degree of explanation and lowest p-value. However we could not find any significance or high degree of explanation in any of the factors, either with or without our own inventoried soil moisture and soil type.

To make the analysis more reliable further studies are required, where soil properties is ensured in the field. There are other elements that should be included in the study since they can affect storm sensitivity of a stand. For example, recently performed thinning or if there are any adjacent clear-cuts.

Keywords: Storm damage, soil properties, forest management, windthrow

# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Sedan 1950-talet har årligen 35 miljoner m<sup>3</sup> skog skadats av naturliga störningar i Europa. Vindskador är den enskilt största skadeorsaken och svarar för över hälften av all skadad skog (Schelhaas, et al., 2003). Under 1990 och 1999 föll 120 respektive 180 miljoner m<sup>3</sup> sk i Europa och under 2005 100 miljoner m<sup>3</sup> sk, varav 75 miljoner i Sverige. Skador orsakade av vind har ökat i Sverige på senare tid trots att det inte finns några indikationer på ökad frekvens av stormar (Alexandersson & Vedin, 2002). Däremot har vädret ändrats på andra sätt, så som ökad årsmedeltemperatur och ökad nederbörd (Alexandersson & Edquist 2006). Dessa förändringar kan leda till vintrar med mindre tjäle vilket påverkar stabiliteten hos träd under denna tid. Ytterligare bidragande faktorer till ökade vindskador torde vara dagens trakthyggesbruk som medfört ökade virkesvolymen och fler exponerade hyggeskanter.

Bestånd i utsatta lägen, så som högt i topografi och altitud, tenderar att vara mer skadedrabbade då det gäller vind. Förutom detta spelar även skogens struktur en roll i hur stora skador man kan förvänta sig. Studier har visat att ökning i hyggesstorlek och frekvens har stor inverkan på hur utsatt skogen blir för kraftiga vindar. En ökning på 20 % i hyggesstorlek kan ge en ökad andel utsatta kanter med 70 – 80 % (Zeng et al., 2010). Skogar med inblandning av löv har uppvisat mindre vindskador i boreala skogar eftersom de värsta stormarna sker när träden har fällt sina löv. Blandning mellan olika barrträdslag har inte uppvisat någon signifikant minskning i vindskador jämfört med endast ett barrträdslag.

Även trädets karaktär har inverkan på hur hårt drabbat av vindskador det blir. Trädets höjd och kronstorlek kommer bestämma hur kraftigt vinden påverkar. Hur stort vindfång kronan har bestämmer hur stora påfrestningarna blir på stam och rötter (Peltola et al., 1999). Experiment gjorda på tall (*Pinus Sylvestris* L.) och gran (*Picea abies* (L.) H. Karst) visar att på icke tjälad mark var vindfällan mycket vanligare än stambrott medan det var tvärtom på tjälad mark (Peltola et al., 2000). Detta för att träden kunde motstå mycket kraftigare vindar på frusen mark där de var bättre förankrade.

Tillsammans med ovan nämnda faktorer påverkar också rötternas och jordens egenskaper stabiliteten hos träd (Coutts, 1983). Komponenter som påverkar rotförankring är bl. a utbredning och massa av rotsystemet och motståndskraften hos de djupgående rötterna. Träd tenderar också att vara mer stabila på moräner än på sediment. Rotmorfologin styrs kraftigt av ståndorten samt markens egenskaper. Grundvattenytan bestämmer hur djupt och välförankrade rötter som kan bildas (Armstrong et al., 1976). Väldränerade bestånd tenderar att vara bättre förankrade än bestånd med säsongshöga vattennivåer.

Stormar kan ha påtagliga följder på skog men genererar även sociala konsekvenser. En av de största stormarna som drabbat Sverige i modern tid är stormen Gudrun. Den slog till mot Götaland och Svealand i januari 2005, 75 miljoner m<sup>3</sup> sk blåste omkull i dessa län. Skogsstyrelsen tog år 2006 fram rapporten ”Ekonomiska och sociala konsekvenser i skogsbruket av stormen Gudrun” (Svensson et al., 2006).

Denna rapport kan användas för att visa på vilka stora effekter stormar kan ha på samhället. Ser man till kostnader för skogsbruket kunde man se att drivningskostnaderna var 50 % högre än under ett normalt avverkningsår. Ytterligare kostnader för skogsbruket var framförallt röjning av skogsbilvägar, vägunderhåll och uppdatering av skogsbruksplaner. Men på grund av att avverkningarna tvingades göras tidigare än vad som var optimalt, förlorades pengar även där. Ungefär 15 miljarder kronor landade de samhällsekonomiska kostnaderna för skogsbruket på. När de föll en så stor mängd stormskadat virke, sjönk virkespriset kraftigt. Anledningen till prisfallet var att det blev en utbudschock på markanden och detta kombinerat med sämre kvalitet gjorde att priset sjönk med 33 % (från 416 till 279 kr/m<sup>3</sup>fub).

Dessa beräkningar av de samhällsekonomiska konsekvenserna från stormen Gudrun var komplexa och omfattande. De har beräknats genom att jämföra kostnader och intäkter från stormen Gudrun mot kostnader och intäkter från skadad skog i andra stormar. Data användes då från 2004. Av det stormfällda virket har värdeminskningen uppnått 10,8-16,3 miljarder kronor.

Ända sedan 1960-talet när vindskador blev aktuellt och uppmärksammat som en stor skadeorsak i skogsbruk har febril forskning gjorts inom ämnet. Crook & Ennos (1996) studerade rötternas påverkan på trädets stabilitet vid Jodrell Bank, Chesire Storbritannien. I denna studie undersöktes hybridlärklärk *Larix ×marschlinsii* Coaz., det gjordes även jämförelser mot sitkagran *Picea sitchensis* Bong. och bestånden var 16 år gamla. För att undersöka stabiliteten användes vinschar som fästes i träden och kunde då böjas för att simulera vind. Rötternas uppgift är inte bara att ta upp näring och vatten, utan även förankra och att ge trädet stabilitet mot exempelvis starka vindar. De kunde konstatera att sitkagranen var betydligt mer instabil på vattensjuka jordar eftersom rötterna var mer ytliga och ingen rotplatta bildades. Lärken skapade ett mer vertikalt rotsystem som visade sig var en stor bidragande faktor till trädets stabilitet. Men när man jämförde resultaten inom lärken kunde man se att de stod stabilare på den sandiga väldränerade marken där rötterna kunde skapa djupare rötter än de på lerjordarna.

Valinger & Fridman (1997) genomförde en studie om vind och snöskador i Västerbotten. Datat från denna studie kom från riksskogstaxeringens inventeringar mellan åren 1983-1992, det bestod av 286 provtytor som dominerades av tall. De tog fram en modell som visade hur utsatt ett träd var för starka vindar genom att studera avsmalningen hos trädet. Träd med stor avsmalning indikerar på en lokal utsatt för starka vindar. Denna kunskap kan vara användbar för framtida skötselprogram av bestånd som är utsatta för vind. Exempelvis bör man undvika sen gallring i kombination med gödsling. Bestånd klarar oftast högre vindstyrkor om de är gallrade och skötta, samt passerat den mest sårbara tiden som inträder några år efter avverkningsingreppet.

Ytterligare en studie som gjorts inom området var efter stormen Gudrun som drabbade södra Sverige 2005 (Valinger & Fridman, 2011). Där kombinerades data från riksskogstaxeringen (2003 och 2004) innan stormen, med fotografier efter stormen (2005). Då kunde det utläsas utifrån 1721 provpunkter vilka typer av bestånd som drabbats hårdast. Äldre, nyligen gallrade och välbestockade bestånd som dominerades av *Picea abies* var de som drabbats hårdast av stormen Gudrun. Man kunde också se att risken för skador ökade med höjden på träden. Bestånd äldre än 110 år har lägre risk att drabbas jämfört med bestånd mellan 90-110 år. Anledningar till detta kan vara att de är mer vindstabila eftersom de nått sin maximala höjd för en lång tid sedan

och har stått emot vind under väldigt lång tid. Samt att senaste gallringen utfördes för ett flertal år sedan och träden haft tid på sig att anpassa sig till luckorna i skogen.

## 1.2 Stormen Hilde

Lördagskvällen den 16 november 2013 drog stormen Hilde in över Skandinavien från Norska havet. Extrema byvindar uppemot 56 m/s uppmättes och ett nytt rekord i högsta medelvindhastighet i Sverige registrerades i Stekenjokk. 36 000 hushåll blev utan ström och stora störningar förekom i bil- och tågtrafik pga. att vindfällda träd blockerade vägarna. Skogsstyrelsen tillsammans med skogsägarna har uppskattat att stormen skadade 3,5 miljoner m<sup>3</sup>sk skog (Skogsskaderapport Region Nord 2013). Hårdast drabbat var Lycksele kommun i Västerbotten där 950 000 m<sup>3</sup>sk skadades.

90 % av det stormfällda virket var tall i åldersklasserna 40 till 80 år. Största delen av de skadade bestånden var gallringsskogar där framförallt nygallrade bestånd drabbades hårt. Den västliga vinden gjorde att västexponerade lägen och hyggeskanter uppvisade de svåraste skadorna.

## 1.3 Markfuktighet

Vattnet i marken binds olika hårt i olika typer av jordar. Kapillärkraften gör det möjligt för vattnet att stanna kvar i marken ovan grundvattenytan. Hur stark denna kraft är kopplas till porstorleken i marken. Är det en finkornig jord med små porer, är kapillärkraften stark och vattnet hålls kvar i marken längre. Är det en grovkornigare jord kommer porerna vara större och den vattenhållande förmågan kommer då minska (Andersson & Wiklert, 1972).

När marken innehåller en större andel vatten ökar risken för körskador. Om stora maskiner kör i beståndet, vid exempelvis en gallring, tilltar risken för erosion och skador/brott på rötterna (Jansson & Johansson, 1998). Detta kan leda till att trädens stabilitet minskar och risken för stormfällning ökar (Olsson M., 1977). I samband med att tunga maskiner kör i skogen kan markkompaktering uppstå, detta kan leda till att rötterna får ytterligare problem. När porerna i marken kompakteras kommer rötterna att få svårt att breda ut sig i marken. Ett annat problem med markkompaktering kopplat till fuktighet är att rötterna kan kvävas på grund av syrebrist. Risken för detta är större när marken består av finare partiklar som har en större vattenhållande förmåga.

Markfuktighetskartor kan vara ett bra hjälpmedel för att undvika ovan nämnda skador. I en arbetsrapport från Skogforsk (Bergkvist I et al., 2014) skriver de om utvärderingen av markfuktighetskartor. Där jämfördes markfuktighetskartan mot fältinventeringar över samma område. I 68 % av punkterna gav fältinventeringen samma fuktighetsklass som markfuktighetskartan. Där dessa skiljde sig åt var det framförallt så att modellen övervärderade



fuktighetsklassen. Efter att de analyserade denna felmarginal kunde de konstatera att det var kopplat till dikning, som inte tas med i modellen. När dikade områden uteslöts ur analysen gav modellen och fältinventeringen samma fuktklass i 86 % av mätpunkterna. Detta kan vara bra att ha i åtanke när man läser av vår klassificering av markfuktighet.

Modellen som tagits fram bygger på vattnets väg i landskapet. Den räknar ut ett avstånd till grundvattenytan baserat på höjd över havet, lutningens riktning m.m. Om det är mindre än en meter till grundvattenytan från markskiktet ger kartan en modell över mark som är fuktig/blöt enligt Riksskogstaxeringens definition. Denna fuktiga/blöta mark kommer på kartan visas som blå i olika nyanser. Områden på kartan som blir vita/svarta är enligt modellen friska eller torra. Modellen validerades och utvärderades sommaren 2012 (Bergkvist I et al., 2014).

## **1.4 Syfte & Hypotes**

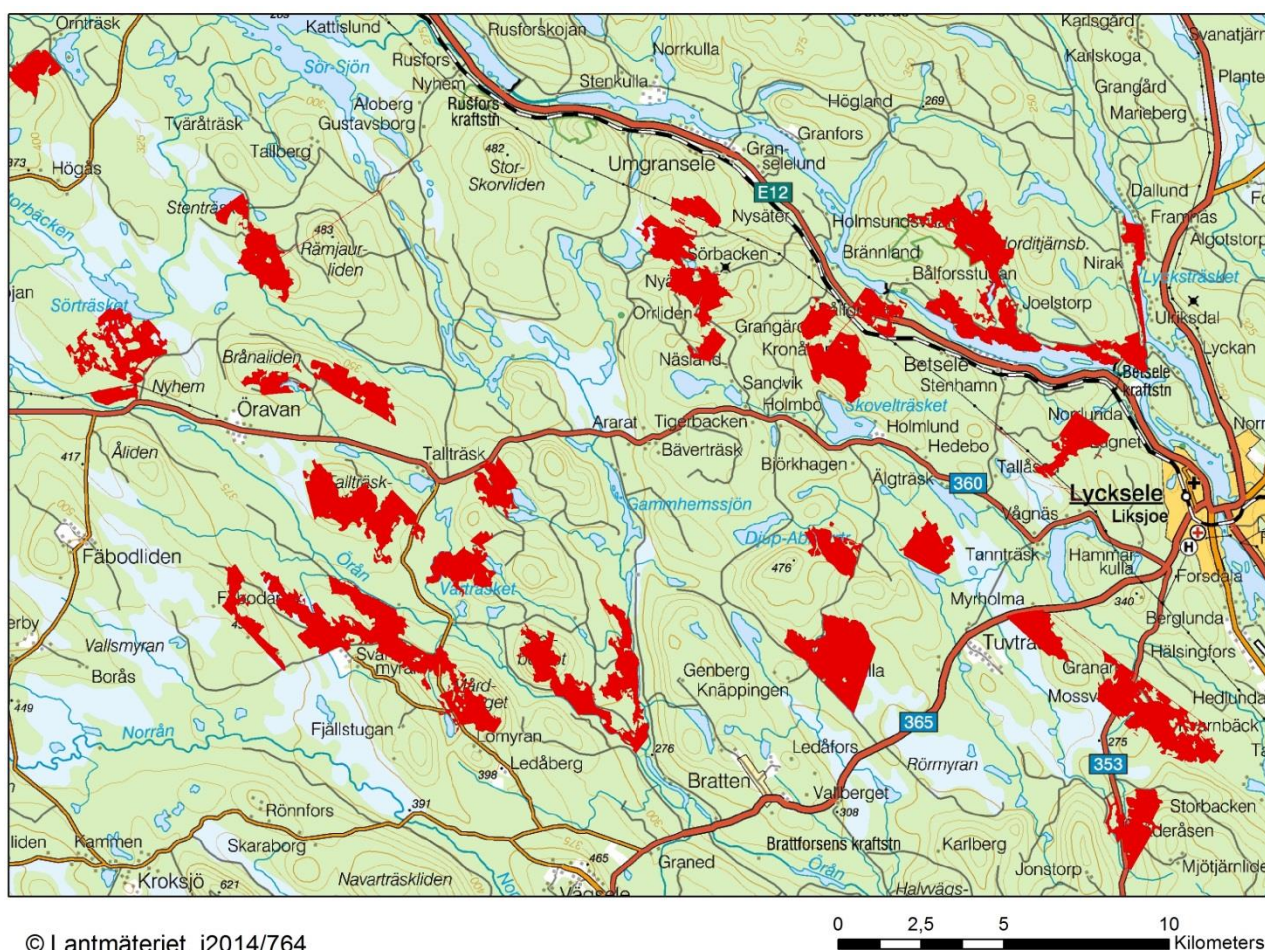
Vårt mål var att analysera effekterna av stormen Hilde på Sveaskogs marker i Lycksele kommun och undersöka om det fanns ett samband mellan fällda träd och markens egenskaper i form av jordart och markfuktighet. Om bestånd på en viss marktyp var mer vindkänsliga skulle denna kunskap kunna påverka hur man väljer att sköta skogen i framtiden. Det skulle även kunna påverka hur man väljer att sköta bestånd som gränsar till mer stormkänsliga områden.

Vi ställde upp en hypotes om att bestånd klassade som fuktiga visade en högre skadeprocent än bestånd klassades som friska. Dessutom bedömde vi att moränmarker var mindre skadedrabbade än sediment- eller torvmarker.

## 2. MATERIAL OCH METOD

### 2.1 Studielokal

Studien genomfördes på Sveaskogs marker i Lycksele kommun som drabbades av stormen Hilde 2013 (Figur 1). Boniteten på de drabbade avdelningarna hade en medelproduktion på 5 m<sup>3</sup>sk/ha/år och merparten var dominerade av tall. De berörda avdelningarna utgjorde ungefär 5000 hektar produktiv skogsmark. De flesta bestånden hade ett åldersspann på 50-70 år men det fanns även äldre bestånd i åldrar uppemot 180 år. Lokalerna karaktäriserades av friska marker där rörligt markvatten ofta saknades eller fanns under kortare perioder. Den dominerande jordarten var morän men det fanns även enstaka sediment- och torvmarker.



**Figur 1.** Karta över Sveaskogs bestånd drabbade av stormen Hilde 2013.

*Figure 1.* Map showing Sveaskogs damaged stands during the storm Hilde 2013.

## 2.2 Datainsamling

Materialet vi tog del av var vad som styrde Sveaskogs resurser, exempelvis maskinlag, till de stormdrabbade områdena.

Data som erhöles från Sveaskog var i form av shapefiler (.shp) för programmet ArcMap 10.1. Vi delgavs också beståndsregister med alla avdelningar drabbade av stormen med information om skogens skick innan 16-17 november 2013. Här fanns även information om geografiskt läge i form av koordinater och även höjd över havet samt bärighet, markegenskaper, avdelningsstorlek och hänsynsareal. Vissa parametrar var bristfälligt inventerade inom avdelningarna och data i form av bonitet, jordart och markfuktighet fanns inte registrerat inom alla bestånd.

Utförda avverkningar och typ av avverkning (gallring, slutavverkning och övrig avverkning) fanns registrerade inom studieområdet. Utöver detta fanns även en fil med alla utförda stormavverkningar där vi genom planerat uttag kunde utläsa effekterna av stormen. Dessa stormavverkningar hade pågått sedan stormtillfället och pågick fortfarande när denna studie utfördes. Största delen av de avverkningar vi tog del av var utförda under 2014. Det faktiska uttaget fanns inte registrerat och förväntades vara något högre än det planerade. Dessa olika datalager kopplades sedan samman genom gemensamt avdelnings ID i programmet Excel.

Vi tog hem jordartskartan ”Jordarter 1:25 000–1:100 000” i vektorform från Lantmäteriet och kombinerade den med det avdelningsdata vi fått från Sveaskog. Denna jordartskarta baseras på information från kartläggningar som började på 1960-talet och som pågår även idag (Sveriges geologiska undersökning, 2014). Jordartsobservationerna som gjorts i fält gjordes i huvudsak på en halv meters djup. I glest bebyggda områden bygger karteringsmetoden mestadels på flygbildstolkning, vilket inte gav en lika detaljerad kartläggning men den var ändå överskådlig. Jordarterna delades upp i berg, morän, sediment och torv och skrevs in i Sveaskogs data-set. Enligt Sveriges geologiska undersökning (SGU) omfattar begreppet ”kalt berg” helt blottad berggrund men även områden med mycket tunt jordtäckte och med tätt liggande hållar (Sveriges geologiska undersökning). Vi valde att kalla denna typ ”berg” men dessa områden uteslöts i våra analyser. Dessutom föll några avdelningar bort där jordarten var ospecificerad utifrån kartan. Denna typ av inventering blev naturligtvis en grov skattning och en del avdelningar hade flera typer av jordarter. Den dominerande jordarten valdes alltid som visande.

Markfuktigheten som inte heller var fullständigt inventerad, valde vi också att inventera själva för att komplettera materialet från Sveaskog. Genom att ladda hem en Digital Terrain Model (DTM) från Geographic Extraction Tool (GET-verktyget) med två meters upplösning skapade vi en egen markfuktighetskarta. DTM'en kom ifrån en flygburen laserskanning som gjorts av lantmäteriet. I kartan kunde vi avläsa djupet till grundvattenytan från markytan, utifrån kartan klassade vi sedan in markfuktigheten till torr (TR), frisk (FR) eller (FU). Varje avdelning som saknade markfuktighet från Sveaskogs inventeringar tilldelades en fuktighetsklass. De avdelningar som övervägande hade mindre än en meter till grundvattenytan, alltså avdelningar

som till störst del var täckt med blå färg, klassades som fuktig. Avdelningar som dominerades av gråskalan klassades som frisk. I vissa fall där avdelningarna var placerade på berg och på hög altitud klassade vi dessa som torra.

## **2.3 Bearbetning av data**

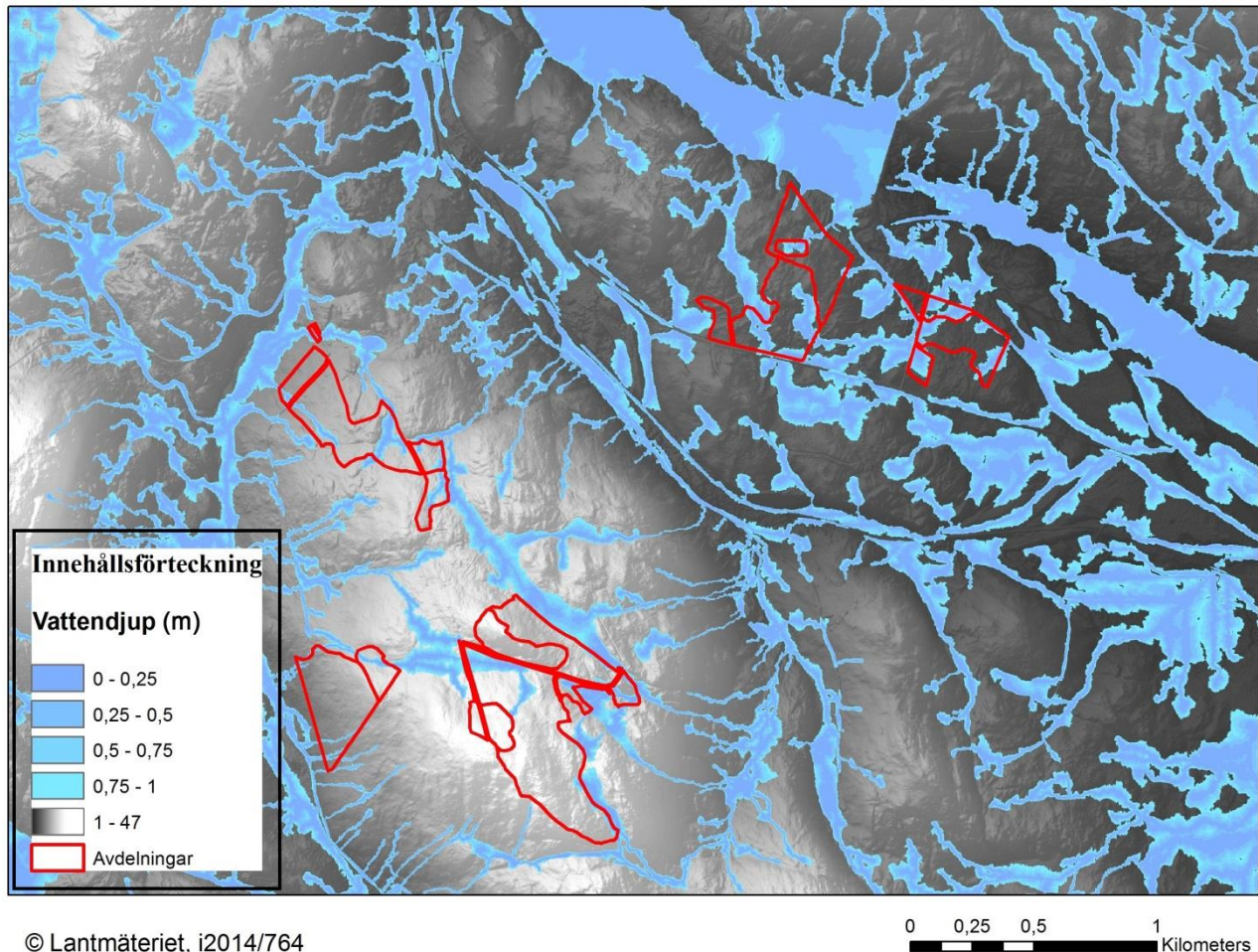
De avdelningar som valdes ut för analys var de avdelningar där åtgärder var registrerade och planerade i respons till stormen Hilde. Eftersom Sveaskog även utfört många åtgärder utanför sina egna marker fanns ett stort antal polygoner vi inte hade någon avdelningsdata för. Dessa sållades bort i ArcMap genom Clip-funktionen för att underlätta arbetet i Excel. All befintlig stormdata utnyttjades alltså inte. När materialet avgränsats exporterades båda polygonskiktens Attribute Tables till Excelark.

Utförd åtgärd och avdelningsdata var inte sammankopplade på förhand utan dessa kopplades ihop genom ett gemensamt ID med hjälp av VLOOKUP-funktionen i Excel. Det gav oss all nödvändig data på samma rad för varje bestånd. Utifrån detta kunde värden exporteras till Minitab. Minitab är ett statistiskt analysprogram.

För att kunna utläsa effekten av stormen inom de olika bestånden med givna data har antaganden gjorts att den planerade uttagsvolymen stämde överens med den verkliga.

## 2.4 Utförande

I samarbete med Gustav Friberg på Skogforsk skapades en markfuktighetskarta (Figur 2).



**Figur 2.** Utsnitt av markfuktighetskarta.

*Figure 2.* Section of groundwater map.

Av honom delgavs vi en modell till ArcMap som vi applicerade på vårt DTM över studieområdet. För att göra den stora datamängden från DTM'en mer lätthanterlig skapade vi en ny shapefil och kunde då genom en polygon begränsa datamängden till vårt område.

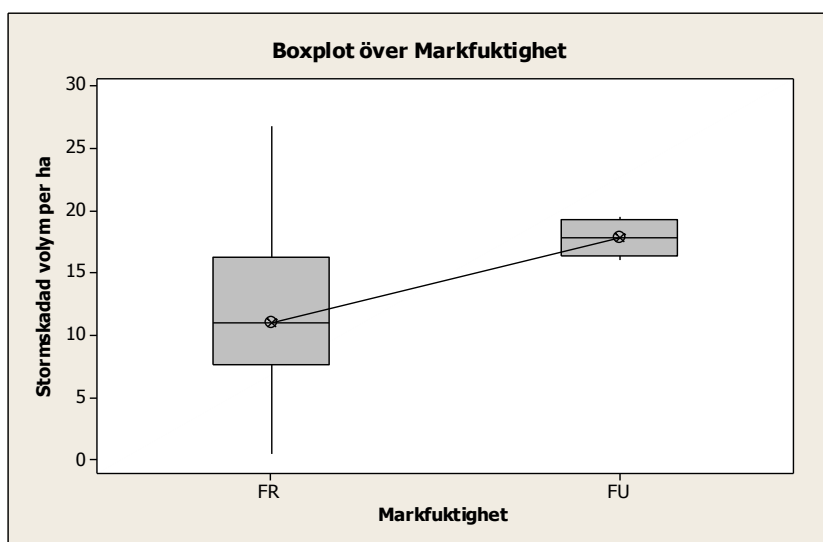
Eftersom våra data från Sveaskog nu var samlat i Excel-ark tillsammans med materialet vi skapat själva så importerades kolumnerna till Minitab. Detta gjordes för enkelhetens skull genom att kopiera och klistra in.

Våra inledande analyser gjordes på de avdelningar som var inventerade på förhand av Sveaskog. Det innefattade 31 observationer. Signifikansnivån i studien är satt till 5 % och vi utförde två stycken One-Way ANOVA i Minitab. En med stormskadad volym mot markfuktighetsklass och en mot jordart. Vi såg till att använda four-in-one grafen samt boxplot för ett visuellt resultat. Sedan skapade vi en General Linear Model bestående av de ovan nämnda variablerna.

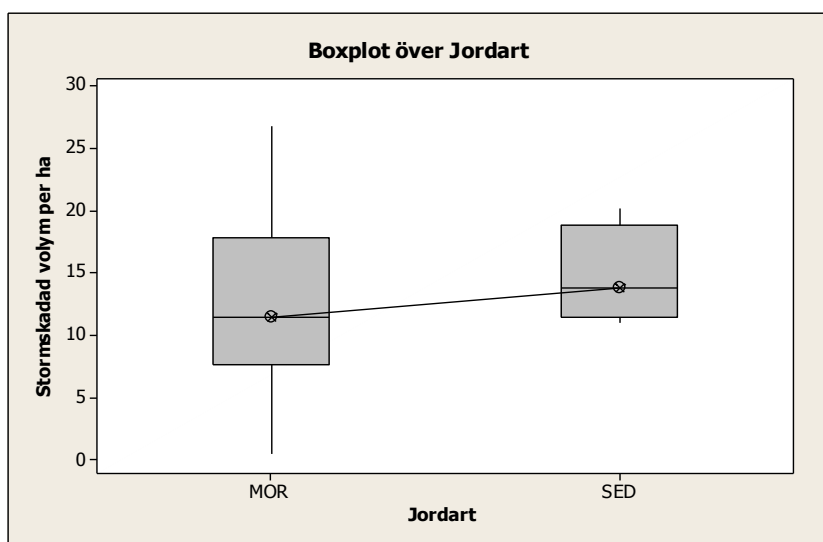
För det större datamaterialet och de faktorer vi inventerat själva med hjälp av underliggande kartor, inledde vi med att utföra analyser på om stormskadorna kunde förklaras av stående volym, bonitet, ålder och höjd. Detta genomfördes med enklare regressionsanalyser i Minitab och spridningsdiagram skapades för visuella analyser. Jordart och markfuktighet analyserades var för sig i Minitab med One-Way ANOVA och boxplotdiagram skapades för den visuella analysen. Totalt 130 observationer användes i vår slutgiltiga analys där värden med onormalt stora avvikelser uteslöts.

### 3. RESULTAT

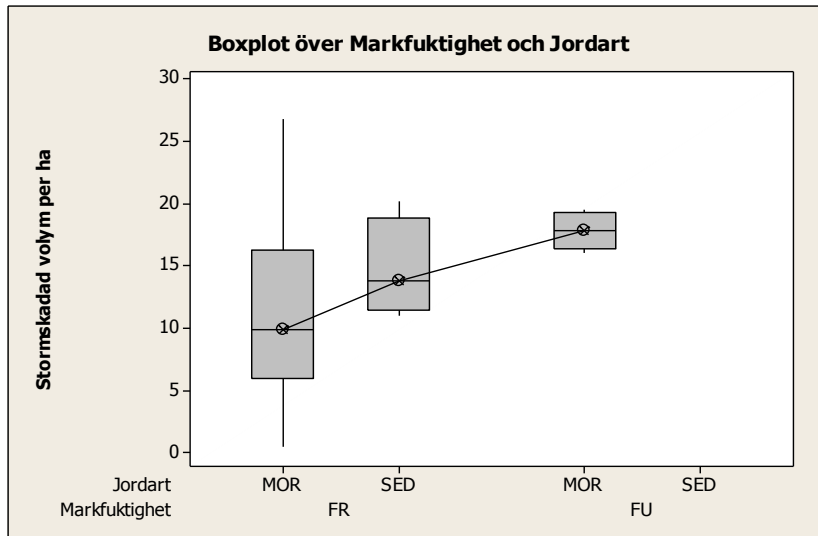
För de första statistiska analyserna med enbart Sveaskogs inventerade data uteslöt vi två avdelningar som avvek onormalt mycket mot övriga avdelningar, dvs. hade onormalt stora residualer. I övrigt så var materialet normalfördelat och ingen autokorrelation syntes. Ingen av modellerna med detta material kunde uppvisa statistisk signifikans eller betydande förklaringsgrad för variablerna markfuktighet eller jordart (Tabell 1). En sammanställning av vår General Linear Model på dessa värden redovisas i Figur 5.



**Figur 3.** Stormskadad volym ( $m^3sk$ ) kontra markfuktighetsklass, där FR= frisk mark och FU= fuktig mark.  
*Figure 3.* Diagram showing damaged volume versus soil-moisture categories, whereas FR= fresh and FU= wet.



**Figur 4.** Stormskadad volym ( $m^3sk$ ) kontra jordart, där MOR= Morän och SED= Sediment.  
*Figure 4.* Damaged volume versus soil, whereas MOR= Moraine and SED= Sediment.



**Figur 5.** Sammanställning av figur 2 och figur 3.

*Figure 5. Compilation of figure 2 and figure 3.*

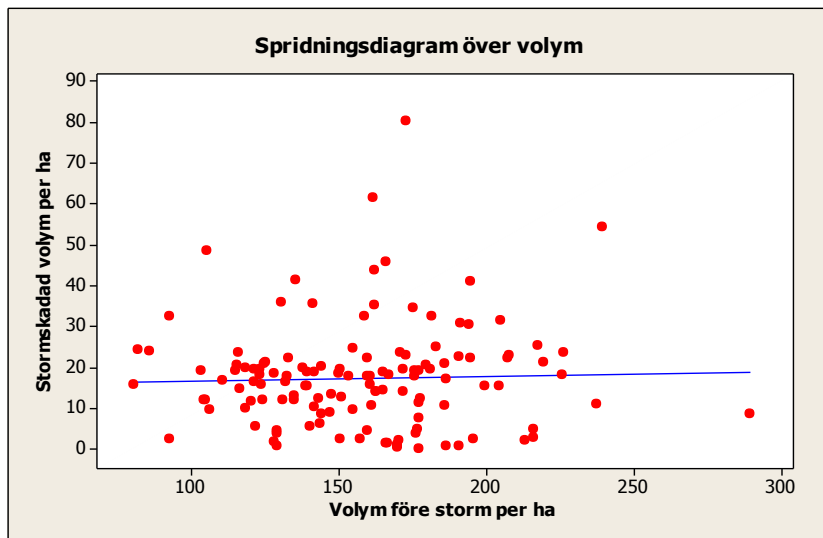
**Tabell 1.** Analysvärden från Minitab tagen av Sveaskogs data.

*Table 1. Analysis values taken from Minitab using only Sveaskogs data*

Figur	p-värde	Förklaringsgrad ( $R^2$ )
3. Markfuktighet	0,12	8,95 %
4. Jordart	0,56	1,27 %
5. Markfuktighet samt Jordart		11,60 %

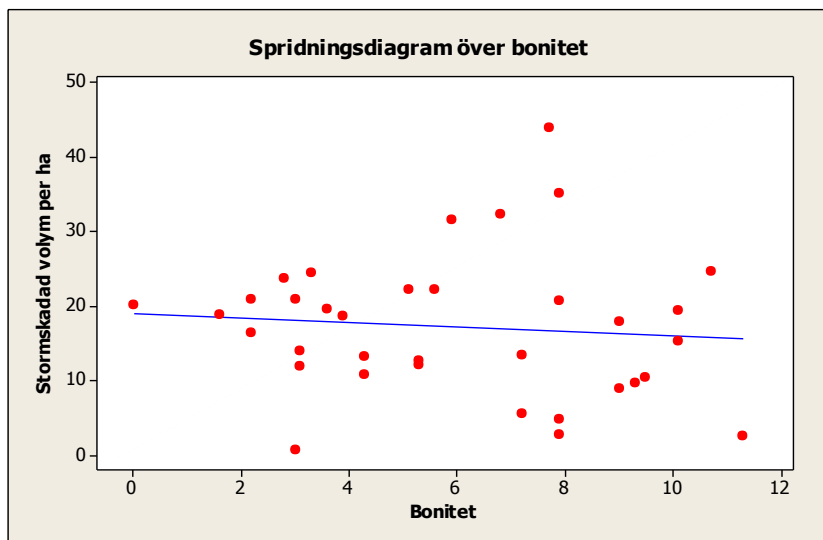


För nedanstående redovisade resultat användes allt tillgängligt material som låg registrerat inom avdelningarna samt materialet skapat från de underliggande kartorna. I Tabell 2 kan vi utläsa p-värde samt förklaringsgrad för varje analys. Ingen av dem fick ett statistiskt signifikant utfall ( $p > 0,05$ ). De visuella analyserna presenteras i Figurerna 6 till och med 11. Här visas på ett antal faktorer som bl.a. i andra studier diskuterats ha inverkan på vindkänsligheten hos träd.



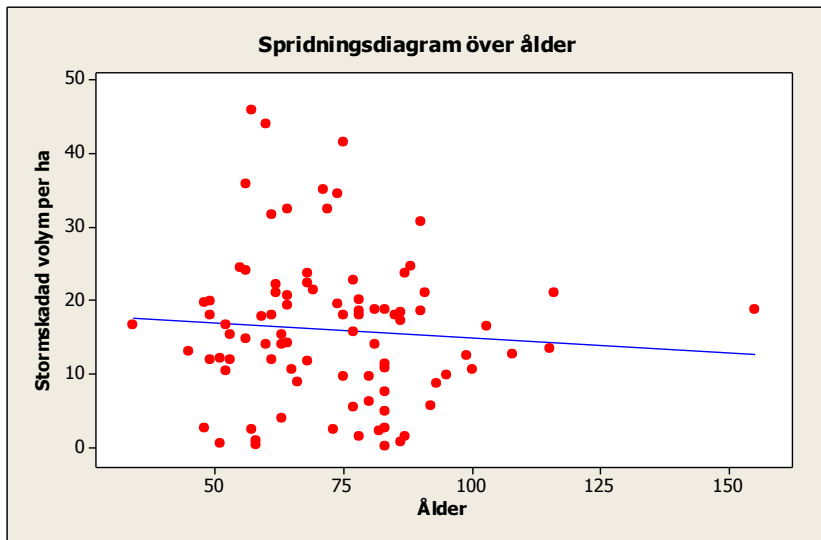
**Figur 6.** Skadad volym ( $m^3sk$ ) kontra stående volym innan storm.

*Figure 6.* Damaged volume ( $m^3f$ ) versus standing volume before the storm.

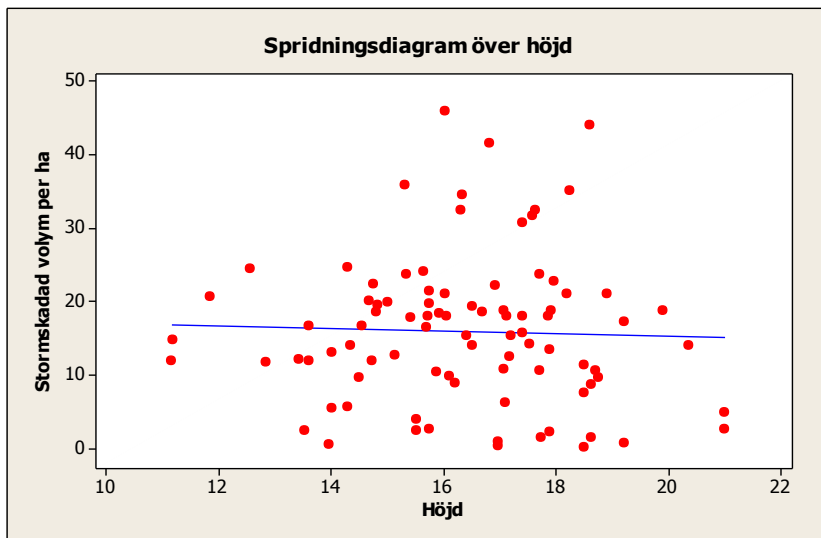


**Figur 7.** Skadad volym ( $m^3sk$ ) kontra bonitet.

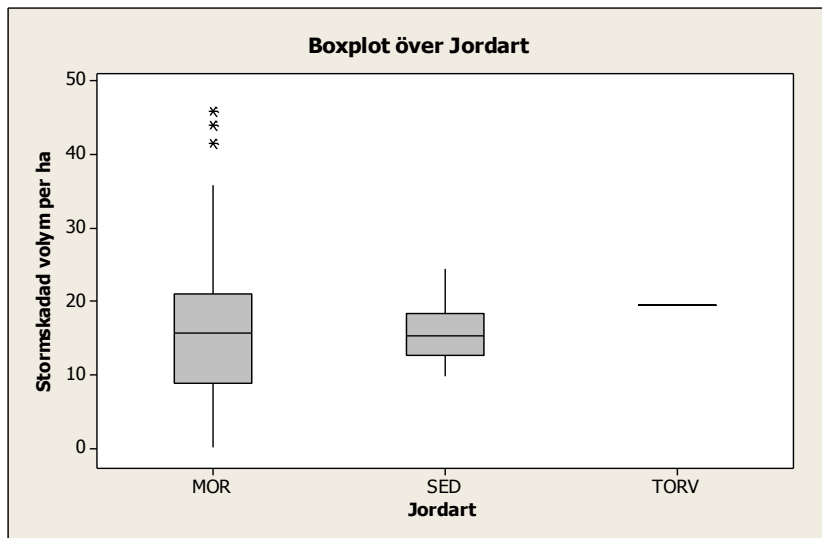
*Figure 7.* Damaged volume ( $m^3f$ ) versus site productivity.



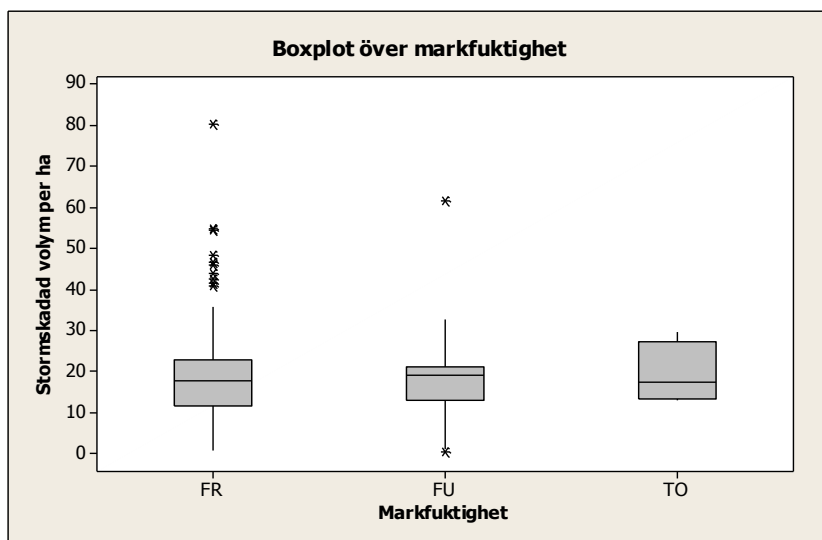
**Figur 8.** Skadad volym ( $m^3sk$ ) kontra ålder.  
*Figure 8.* Damaged volume ( $m^3f$ ) versus stand age.



**Figur 9.** Skadad volym ( $m^3sk$ ) kontra höjd (m).  
*Figure 9.* Damaged volume ( $m^3f$ ) versus stand height (m).



**Figure 10.** Skadad volym ( $m^3sk$ ) kontra jordart, inventerat m. h. a SGUs jordartskarta.  
*Figure 10.* Damaged volume ( $m^3f$ ) versus soil, inventoried with the soil map from SGU.



**Figure 11.** Skadad volym ( $m^3sk$ ) kontra markfuktighet, inventerat m. h. a markfuktighetskarta.  
*Figure 11.* Damaged volume ( $m^3f$ ) versus soil-moisture, inventoried with a soil-moisture map.

**Tabell 2.** Analysvärden från Minitab vid användning av Sveaskogs data kombinerat med data från vår inventering.

*Table 2. Analysis values from Minitab using Sveaskogs data combined with data from our inventory.*

Figur	p-värde	Förklaringsgrad ( $R^2$ )
6. Volym	0,72	0,10 %
7. Bonitet	0,59	0,90 %
8. Ålder	0,48	0,60 %
9. Höjd	0,74	0,10 %
10. Jordart	0,94	0,15 %
11. Markfuktighet	0,95	0,08 %

## 4. DISKUSSION

För analyserna på fullt inventerade avdelningar kunde inte jordart eller markfuktighet förklara stormfällningarna. Markfuktigheten visade dock en tendens till skillnad mellan fuktig och frisk mark (Figur 3), men detta kunde inte utläsas som signifikant (jfr Tabell 1). Resultatet kunde inte bekräfta vår ställda hypotes om att skadorna skulle vara mer omfattande på fuktig mark. Ett större material hade kanske gett ett annorlunda resultat. Armstrong et al., (1976) fann att träd på väl-dränerade marker var stabilare än träd på vattensjuka marker där rötterna hade svårare att förankra sig djupt. Det finns ofta ett samband mellan jordart och markfuktighet där finkorniga jordar har större förmåga att hålla kvar vattnet (Andersson & Wiklert, 1972). Våra resultat kunde dock inte visa på mer utbredda stormskador på denna typ av mark då tiden för studien inte tillät mer djupgående analyser där man hade kunnat titta på kornstorlek, vilket även fanns inventerat inom vissa avdelningar.

För det mesta materialet inom avdelningarna var inte markfuktighet, jordart och bonitet inventerade men parametrar så som volym, ålder och höjd fanns för alla drabbade avdelningar. Speciellt stående volym är en intressant faktor då den förutsätter hur mycket som riskerar att blåsa omkull inom ett visst bestånd eller område. Volym, som avspeglar skogens ekonomiska värde, torde vara en av de mest noggrant och frekvent inventerade parametrarna. Därför borde Figur 6 ge en ganska rättvis bild av hurvida den stående volymen haft någon inverkan på hur mycket som vindfällts. Regressionslinjen tyder på ökad skadad volym med ökad stående volym, men sambanden kunde inte utläsas som signifikant (jfr Tabell 2).

Så som markfuktigheten och jordarten fanns boniteten inventerad i 31 avdelningar vi kunde använda (Figur 7). Vi tyckte det skulle vara intressant att se om stabiliteten hos bestånden kunde kopplas till hur fort de växer. I en tidigare studie av Blennow et al. (2010) skapades olika potentiella framtida klimatscenarion där boniteten inverkade på trädets tillväxt kombinerat med klimatförändringar. Där kunde det utläsas att ökad tillväxt på träden i förening med förändrat vindklimat kunde öka risken för stormskador. Vi kunde dock inte se att boniteten hade någon påverkan på hur stormkänsliga bestånden var.

Som presenterat i resultaten tittade vi även på hur trädens höjd korrelerade med skadorna. I en studie från 1997 (Valinger & Fridman) tog de även hänsyn till avsmalning på träden. Det har inte varit möjligt för oss att ta med den aspekten utifrån de data vi delgavs. Men, vi valde ändå att göra en analys av höjdens effekt på stormkänsligheten. Vi fick inget statistiskt signifikant utslag eller hög förklaringsgrad på denna faktor. I spridningsdiagrammet över ”höjd kontra skadad volym” i figur 9, fanns en tendens till större andel stormskadad volym i höjdklasserna 15-19 meter. Detta kan bero på att bestånd i de höjdklasserna ligger inom möjlig gallringshöjd. Detta skulle kunna styrka de Valinger & Fridman (2011) fann i sin studie efter stormen Gudrun, att nyligen gallrade bestånd löper större risk för att drabbas av vindfällena. Vi saknar dock data om nyligen utförda åtgärder och kan inte säkerställa detta antagande.

I vår studie hade inte åldern säkerställd inverkan på skadorna. Men, det går att se tendenser i spridningsdiagrammet att större andel stormskadad skog hittades i åldersklasserna 50-80 år. Den största delen av den stormskadade skogen från stormen Hilde var gallringsskogar och framförallt nygallrade bestånd. 90 % av det stormfällda virket var tall i åldersklasserna 40 till 80 år (Skogsskaderapport Region Nord 2013). Indikationen angående ålder skulle alltså också kunna kopplas till gallringsskogar.

För det stora datamaterialet med inventeringar av jordart och markfuktighet med underliggande kartor kunde ingen statistisk signifikans observeras (jfr Tabell 2). I Figurerna 10 och 11 som redovisar resultatet visuellt kunde ingen nämnbar skillnad utläsas mellan de olika markfuktighetsklasserna eller jordartstyp. Dock spelar en del felkällor in här, vilket diskuteras i ett senare stycke.

## 4.1 Felkällor

På grund av att dataunderlaget var relativt tunt inventerat i de faktorer vi önskade undersöka valde vi att göra egna inventeringar över markfuktighet och jordart. Utan denna inventering kunde vi endast utnyttja 31 av 184 avdelningar. I den gällande markfuktighetskartan finns det en hel del felkällor. Kartan är konstruerad för att upptäcka potentiella blöta partier i terrängen, men självklart har den inte alltid rätt. Den har en träffprocent på ungefär 70 %. Detta ska sedan kombineras med att det är vi själva som gjort en subjektiv bedömning över hur pass fuktig marken är i en hel avdelning. Eftersom ett stort antal av avdelningarna hade både fuktiga och friska partier fick vi göra en avvägning och försöka se om det var övervägande fuktigt eller friskt. Enligt Gustav Friberg (pers. kom.) på Skogforsk är kartan inte gjord för att göra denna typ av indelning, utan mer ett verktyg lämpad för traktplanering. Det var enligt honom omöjligt att bedöma utifrån kartan om en avdelning ska klassas som ”fuktig” eller ”blöt”. Vi valde därför att slå ihop dessa två klassar och kalla båda för ”fuktiga”.

Denna markfuktighetskarta tog inte hänsyn till dikade avdelningar. Träffsäkerheten ökade från 68 till 86 procent om dessa avdelningar togs bort. I det dataunderlag vi fått från Sveaskog var få avdelningar fullständigt inventerade, då också huruvida det var dikade eller odikade, därför behöll vi dessa. Om vi känt till om fler avdelningar varit odikade hade markfuktighetskartan blivit mer träffsäker.

Jordartskartan inventerades på liknande sätt som markfuktighetskartan. Denna karta är framtagen av lantmäteriet (Ur SGUs jordartsdatabas 1:25-100K). Enligt lantmäteriet är inventeringarna inte lika noggranna i mer glesbebyggda områden, vilket man torde klassa området vi studerar som. Här är inventeringen mestadels gjord med hjälp av flygbildstolkning. Därför får gränserna mellan jordarterna antas vara väldigt flytande, och i avdelningar där det är fler än en jordart blir vår inventerade jordart inte lika tillförlitlig.

För att kunna se hur mycket volym som skadats av stormen i varje avdelning har vi använt Sveaskogs data. Problemet med detta var att kolumnen ”Planerat uttag” i dataunderlaget, var just planerat uttag, detta kan självklart komma att skilja sig från det faktiskt uttaget som gjordes. Vi antog att denna uppskattade volym bör överensstämma relativt bra med verkligheten.

En annan aspekt som spelar stor roll i var man kan förvänta sig stormskador är det rumsliga läget av beståndet. Så som Zeng et al. (2010) beskriver spelar närliggande bestånds egenskaper en stor roll i hur utsatt ett visst bestånd blir för hårda vindar. Skillnaden i utsatthet ifall det är ett hygge eller äldre skog intill är stor. Vi hade inte tillgång till några spatiala data och kunde därför inte ta med denna faktor som beskrivande om hur mycket som blåser omkull inom bestånden.

## **4.2 Fortsatta studier**

Vid fortsatta studier skulle det vara intressant att ta med aspekten hur lång tid det gått sedan tidigare åtgärd. Både i själva bestånden men även i gränsande bestånd. Framför allt om en gallring eller slutavverkning utförts några år innan stormen, eftersom intensivt gallrade bestånd och bestånd som gränsar till ett hygge löper större risk för att drabbas av stormskador (Peltola et al., 1999). Den här informationen saknades i vår studie men den borde undersökas. Om samma försök skulle göras igen, med mera tid, skulle det helt klart vara uppskattat om man hade den faktiska markfuktigheten och jordarten i varje avdelning. Eftersom 153 av 184 avdelningar var inventerade av oss med en markfuktighetskarta som var rätt till 70 %, känns denna felkälla som kanske den största. Inventeringar i fält hade gjort resultatet mycket mer säkert. Men det finns många faktorer som spelar in på hur stora riskerna är för att ett bestånd ska drabbas av storm och det är svårt att ta med alla i en studie.

## **4.3 Slutsats**

Denna studie kan inte visa på några säkerställda signifikanta samband mellan markfuktighet samt jordart och stormskadad volym. Det går sällan att peka ut en enskild faktor som påverkar stormskadefrekvensen utan denna påverkas av en kombination av dessa.

## 5. REFERENSER

Alexandersson, H., Edquist, E., (2006). Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991–2005 med 1961–1990. SMHI Faktblad 29, Norrköping.

Andersson, S., Wiklert, P., (1972). Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XXIII. Om de vattenhållande egenskaperna hos svenska jordarter. Journal of Agricultural Land Improvment. Nr 2-3.

Armstrong, W., Booth, T C., Priestly, P., Read, D J., (1976) The relationship between soil aeration, stability and growth of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr) on upland peaty gleys. J. Appl. Ecol. 13, 585-591.

Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S., Sonesson, J., (2014). *STIG-projektet 2010-2014*. Skogforsk, arbetsrapport 818-2014. [Online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2014/stig-projektet-20102014/> [2015-03-24]

Blennom, K., Andersson, M., Bergh, J., Sallnäs, O., Olofsson, E., (2010). Potential climate change impacts on the probability of wind damage in a south Swedish forest. Climatic Change. 99, 261-278.

Coutts, M.P., (1983). Root architecture and tree stability. Plant and Soil. 71, 171-188.

Crook, M.J., Ennos, A.R., (1996). The anchorage mechanics of deep rooted larch, *Larix europea* x *L japonica*. Journal of Experimental Botany. 47, 1509-1517.

Jansson, K.J., Johansson, J., (1998). Soil changes after traffic with a tracked and a wheeled forest machine: a case study on a slit loam in Sweden. Forestry. 71, 57-66.

Olsson, M., (1977) Körskador i skogsbruket – ett markvårdsproblem. I: Markvård – skogsmarkens egenskaper och nyttjande. Tidsskrift 2-3, 233-247.

Peltola, H., Kellomaki, S., Hassinen, A., Granander, M., (2000). Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. Forest Ecology and Management. 135, 143–153.

Peltola, H., Kellomaki, S., Vaisanen, H., Ikonen, VP., (1999). A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. Canadian Journal Of Forest Research. 29, 647-661.

Schelhaas, Mj., Nabuurs, Gj., Schuck, A., (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. Global Change Biology. 9, 1620-1633

Svensson, S., Bohlin, F., Bäcke, J.O., Hultåker, O., Ingemarson, F., Karlsson, S., Malmhäll, J., (2006) Ekonomiska och sociala konsekvenser i skogsbruket av stormen Gudrun. Skogsstyrelsens rapport 2006:12.



Sveriges geologiska undersökning (2014). Produktbeskrivning, Produkt: Jordarter 1:25 000-1:100 0000.

Sveriges geologiska undersökning. *Jordarter i kartvisaren* [Online] Tillgänglig: <http://www.sgu.se/produkter/kartor/kartvisaren/jordartsteman/> [2015-03-23]

Sveriges geologiska undersökning. *Kartgeneratören* [Online] Tillgänglig: [http://apps.sgu.se/kartgenerator/maporder\\_sv.html](http://apps.sgu.se/kartgenerator/maporder_sv.html) [2015-03-13]

Valinger, E., Fridman, J., (1997). Modelling probability of snow and wind in Scots pine stands using tree characteristics. *Forest Ecology and Management*. 97, 215-222.

Valinger, E., Fridman, J., (2011). Factors affecting the probability of wind throw at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*. 262, 398-403.

Zeng, HC., Garcia-Gonzalo, J., Peltola, H., Kellomaki, S., (2010). The effects of forest structure on the risk of wind damage at a landscape level in a boreal forest ecosystem. *Annals of Forest Science*. 67, 111.