



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC W15052

Examensarbete 30 hp
December 2015

Avrinningens variation i det boreala landskapet

- en fallstudie i Strömsjöleden

Erik Boström

REFERAT

Avrinningens variation i det boreala landskapet - en fallstudie i Strömsjöliden

Erik Boström

Ett avrinningsområdes hydrologiska påverkan på avrinning beror av dess karaktärsdrag i form av topografi, marktäckande och geologi vilka kan ha signifikant påverkan på vattenkvaliteten nedströms med avseende på turbiditet, näringsämnen osv. Denna studie har syftat till att utvärdera vilken hydrologisk effekt variabler som sammanfattar viktiga karaktärsdrag hos avrinningsområden i det boreala landskapet har på avrinningen. Detta har gjorts genom en fallstudie i Strömsjöliden, ca 60 km västnordväst om Umeå, Sverige. Området har ett karakteristiskt utseende för Sveriges boreala landskap med låga höjdskillnader, dominerat av skogsbruk och moränmark. Mätserier för vattenstånd erhöles för 10 avrinningsområden via mätstationer i avrinningsområdenas utlopp där vattenståndet registrerades i dammar med triangulära överfall av SLU (Umeå). Geografisk data erhöles från SLU (Umeå), SGU och Lantmäteriet, klimatdata erhöles från SMHI. Samband mellan geografiska variabler och avrinningens varians och storlek söktes via korrelationsanalys med Kendalls Tau och principalkomponentanalys. Variablernas påverkan på avrinningens storlek undersöktes både kumulativt för säsongen under växtperioden och vårfloden men även för dygnsmedelvärden. Tidsvariationen definierades som kvartilavståndet dividerat med medianen och undersöktes säsongvis.

Ett flertal variabler uppvisade tydliga statistiska korrelationer där skogstäckt moränmark hade en klart minskande effekt på avrinningens storlek och sänkte lågflöden signifikant medan hög dränering, t.ex. via utdikning, visade sig öka avrinningens storlek. Korrelationsanalysen fann att dräneringsdensiteten berodde på avrinningsområdets fuktighet. Topografin i området visade sig driva på och därmed öka avrinningen både vid höga och låga flöden vilket framgick av korrelation med lutningen och det topografiska våthetsindexet.

Analysen uppvisade att det fanns tydliga brister i datakvaliteten för vissa variabler som beskrev marktäckande och geologi samt att det var dålig spridning av olika jordarter i studieområdet. Studien visade även hur stor påverkan definitionen och beräkningen av geometri samt topografiska index har på dess beskrivningen av den faktiska topografin. Den visade också vikten av väl planerade mätprojekt. Korrelationsanalys har god potential för att hitta hydrologiska samband och analysen kan tänkas få bra prestanda vid kombination med andra analysmetoder som responsanalys.

Nyckelord: Strömsjöliden, hydrologi, avrinningsområde, landskapsanalys, boreal, avrinning, geografiskt informationssystem, korrelation, Kendalls Tau, principalkomponentanalys

ABSTRACT

Runoff variability in the boreal landscape – a case study in Strömsjöliden

Erik Boström

The hydrological impact on runoff from a catchment depends on ground cover, topographical and geological characteristics which can have a significant effect on water quality downstream with regards to turbidity, nutrients etc. The purpose of this study was to evaluate which hydrological effect variables that explain the catchment characteristics have in the boreal region through a case-study in Strömsjöliden, roughly 60 km west-northwest of Umeå, Sweden. The area has a typical appearance of the boreal landscape in Sweden with small differences in ground level, dominated by forestry and till soil.

Water level measurements were obtained from the Swedish University of Agricultural Sciences, SLU (Umeå) for 10 catchments were measuring stations consisting of dams with V-notch weirs built at the catchment outlet from which the runoff could be derived. The geographical data was obtained from SLU (Umeå), The Geographical Survey of Sweden and Lantmäteriet, the precipitation observations were acquired from the Swedish Hydrological and Meteorological Institute. Correlations between variables and the cumulative runoff as well as the variations in runoff were examined through correlation analysis with Kendall's Tau and principal component analysis where the runoff variation was defined as the interquartile range divided by the median. The correlation between the variables and the cumulative runoff as well as the variation of the runoff was sought for the growing season and spring melt period. To supplement this analysis the correlation was also sought for the runoff magnitude depending on the size of the flow through daily mean values.

Several of the variables exhibited significant statistical correlations showing that till soil covered by forest had a diminishing effect on the runoff, lowering the magnitude of runoff significantly during periods of low flow. Meanwhile an extensive drainage network showed a significant positive correlation with the magnitude of runoff where the extent of the active drainage network depended on the wetness of the catchment. The topography in the area showed signs of driving the propagation of runoff downstream and therefore increasing the runoff for both the low and high flows which were seen through correlation with slope and the topographical wetness index.

The analysis showed flaws in data quality for a few variables describing ground cover and geology as well as a low amount of different variables regarding soil type in the study area. The study also clarified the influence of how geometry and topographical indices are defined and calculated on their ability to describe the actual topography. The study also showed the importance of planning when taking measurements. The correlation analysis on data derived from runoff measurements and geographical information does however show good potential to find these hydrological correlations.

Keywords: Hydrology, catchment, landscape analysis, boreal, runoff, principal component analysis, geographical information system, correlation

FÖRORD

Detta examensarbete på 30 högskolepoäng har genomförts på Uppsala Universitet som avslutning på Civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik.Handledare under projektets gång har varit Reinert Karlsen, doktorand, ämnesgranskare har varit Jan Seibert, gästprofessor och examinerator har varit Allan Rodhe, professor vilka samtliga är verksamma på Institutionen för geovetenskaper; Luft-, Vatten och Landskapslära på Uppsala Universitet.

Jag skulle vilja tacka min handledare Reinert Karlsen och ämnesgranskare Jan Seibert som hjälpt mig längs hela detta projekt. Jag vill även tacka teknikerna från SLU, Umeå som samlat in hydrologisk och geografisk data i Strömsjöliden samt Lantmäteriet, SGU och SMHI varifrån övrig data som analyserats erhållits från.

Uppsala, Oktober 2015
Erik Boström

Copyright © Erik Boström och Institutionen för geovetenskaper; Luft-, Vatten och Landskapslära, Uppsala Universitet
UPTEC W15052, ISSN 1401-5765
Publicerad digitalt vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, Uppsala 2015

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Avrinningens variation i det boreala landskapet - en fallstudie i Strömsjöleden

Erik Boström

Norra Sveriges boreala landskap är värd för ett stort antal sjöar och vattendrag. Norrbottens och Västerbottens län har nästan hälften (ca 47 %) av landets totala antal sjöar på ca 100 000 med en areal större än en hektar. Dessa vattendrag och sjöar får sitt vatten från det uppströms belägna landskapet i vilket avrinning omvandlas från nederbörd, kallat avrinningsområde. Denna process är svår att kvantifiera, till stor del pga. den stora skillnaden och heterogeniteten i viktiga hydrologiska variabler mellan olika avrinningsområden samt internt inom avrinningsområdena. Viktiga hydrologiska variabler inom ett avrinningsområde är topografi, geologi, marktäckning och klimat. Dessa har olika relativ inverkan vilken kan variera med säsongerna samt kan korsinteragera i sin påverkan på vattnets väg i landskapet och skapar ett enormt komplext system.

Ett avrinningsområdes förmåga att generera avrinning till nedströms belägna vattendrag och sjöar bestämmer i stor utsträckning dessa områdens tillgång på vatten samt mängden lösta ämnen, tillfört av växtligheten eller vittring i avrinningsområdet. Kombinationen av avrinningsområdets karaktär och nederbörd kan därmed ge information för att förutsäga vattenföring nedströms. Då framtidens klimat förutspås ändras på ett sätt där torka varvat med större mängder nederbörd, framförallt intensivare nederbördstillfällen, är det av stort intresse ur samhällssynpunkt att förstå hur landskapselement påverkar generationen av avrinning både idag och i framtiden. Denna kunskap är av stor vikt för skydd av skogsmark, jordbruksmark och urbana ytor eftersom den ökade variationen i nederbördsmängd bedöms ge upphov till både fler översvämningar och torka samt att översvämningar skapade av vårfloden tros hämmas. Påverkan av skogsbruk på nedströms belägna vattendrag är inte limiterad endast till variansen och mängden vatten som strömmar ut från avrinningsområdet utan även på vattnets kvalitet. Ökningar i avrinning efter slutavverkning av skog tenderar att öka turbiditeten och halten näringsämnen i avrinningen. Dessa ämnen transporteras nedströms till vattendragets recipient och kan ge övergödande effekter samt ökad grumlighet vilket ur samhällssynpunkt är oönskade vattenkvalitetsändringar.

Denna studie har sökt att utvärdera frågan hur geologi, markanvändning samt topografi påverkar generationen av avrinning i det boreala landskapet, genom en fallstudie i området Strömsjöleden. För detta togs den procentuella andelen av jordarter och olika marktäckningar, vilka utgjordes av olika former av vegetation fram och olika index beräknades från topografin vilka används för att beskriva avrinningsområdenas morfologi. Vattenståndsmätningar i dammar i utloppet till avrinningsområdena för åren 2012 och 2013, uppmätta av SLU (Umeå) användes. Dessa relaterades till vattenföring varpå den areanormaliserade ”specifika avrinningen” för vart avrinningsområde togs fram. Analysen utfördes med det icke-parametriska korrelationstestet Kendalls Tau och principalkomponentanalys vilka fann statistiska samband mellan marktäckning, jordart, topografiska index och variation samt storlek av avrinningen. För att analysera skillnaden av den hydrologiska påverkan dessa variabler analyserades vårflod och växtperioden var för sig samt både mot den kumulativa avrinningen och variansen över hela dessa perioder. P.g.a. att majoriteten av den kumulativa avrinningen härstammar från högflöden utfördes en utökad analys för hur korrelationen såg ut för höga respektive låga flöden för avrinningens storlek via dygnsmedelavrinningen.

De samband som korrelationsanalysen fann visade på att skogsbeklädd moränmark sänker lågflödena, även kallat basflödet vilket är sent i recessionen som sker efter den flödestopp som orsakas av nederbördstillfället. Växtligheten visades dock inte ha stor påverkan på höga flöden då deras vattenupptag och interception, vilket representerar när växtligheten fångar upp regn på blad och andra ytor, eftersom att detta upptag är litet relativt den stora mängden vatten som tillförs vid nederbörden. Ett väl utbrett bäcknätverk visade ha stor påverkan på avrinningsområdenas möjlighet att dränera markvattnet där olika delar av bäcknätverket utnyttjades olika beroende på vattentillgången. Det grova, korta nätverket nära utloppet visades vara aktivt under alla flöden medan det finare stora nätverket visades påverka mest under blöta episoder.

Datakvaliteten, främst för jordart och vissa delar av marktäcket, uppvisade tyvärr stora brister. Detta i kombination med att flera av dessa variabler förekom i liten utsträckning, framförallt för jordart gör att flera av korrelationerna blir svårtolkade. Att variabler som skog, morän och högt jorddjup visade sig vara nära korrelerade gör att individuell analys av sådana variabler blir svår och att det snarare handlar om en kombinerad korrelation av dessa variabler och avrinningens variation och storlek. Analysen av de topografiska indexen visade att beroende på hur de definieras får dess resultat väldigt stor påverkan vilket gör att analys med sådana index bör utvärderas för den specifika platsen så att de representerar områdets topografi väl.

Sammanfattningsvis kom denna studie fram till att korrelationsanalys uppvisar god potential för att hitta hydrologiska samband men att stor vikt ligger på väl uppdaterad data av hög kvalitet samt att kombinera denna analysmetod med andra analysmetoder kan vara lämpligt.

ORDLISTA

DEM	Digital Elevation Model, en rasterfil som beskriver markytans höjd i förhållande till havsytan
GIS	Geografiska Informationssystem
Hydrograf	Diagram som illustrerar förändringen i vattenföring över tid
Kapacitiv givare	Ett mätinstrument som utnyttjar vätskors eller gasers dielektriska förmåga för att bland annat mäta vattenstånd
PTHBV	En hydrologisk modell utvecklad av SMHI som interpolerar nederbördsdata i ett rutnät över Sverige baserat på data från SMHI:s klimatstationer. Modellen tar hänsyn till mätfel.
RMSE	Root mean square error. Ett mått på spridningen av medelfelet.
RT90 2,5 gon V	Ett tvådimensionellt koordinatsystem som använder Gauss konforma projektion som tidigare var Sveriges Rikes standard koordinatsystem
Specifik avrinning	Avrinning per ytaarea avrinningsområde [mm/tidsenhet]
SWEREF99 TM	Ett tvådimensionellt koordinatsystem som använder Gauss konforma projektion vilket under senare tid fasat ut RT90 av t.ex. Lantmäteriet

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

REFERAT	I
ABSTRACT	II
FÖRORD.....	III
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING	IV
ORDLISTA	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund och teori	1
1.2 Syfte.....	2
2 MATERIAL & METOD	3
2.1 Områdesbeskrivning.....	3
2.2 Nederbörd	4
2.3 Avrinning.....	4
2.3.1 Korrigeringsfaktor	5
2.3.2 Vattenföring	6
2.4 Geografisk analys i ArcGIS.....	6
2.4.1 Preparering av DEM.....	7
2.4.2 Geografisk analys	7
2.5 Statistik	9
3 RESULTAT	10
3.1 Nederbörd	10
3.2 Avrinning.....	10
3.2.1 Flödesberäkningar	10
3.2.2 Växtsäsongen	11
3.2.3 Vårfloden.....	13
3.3 Geografisk analys	15
3.4 Statistik	18
3.4.1 Principalkomponentanalys	18
3.4.2 Korrelationsanalys växtperiod.....	21
3.4.3 Korrelationsanalys vårflod	23
4 DISKUSSION	25
4.1 Specifik avrinning.....	25
4.2 Landskapsanalys	25
4.3 Datakvalitet.....	28
4.3.1 Vattenstånd.....	28
4.3.2 Beräkningar för vattenföring och avrinning	29
4.3.3 Landskapsdata	29

4.4	Förbättringar	30
5	SLUTSATS	31
	REFERENSER	32
	BILAGOR	36
BILAGA A	DAMMTYPER	36
A.1.	Små dammar	36
A.2.	Medelstora dammar	37
A.3.	Stora dammar	37
BILAGA B	STUDIEOMRÅDETS AVRINNINGSSOMRÅDEN	38
BILAGA C	DATAINSAMLING	39
BILAGA D	DRÄNERINGSDENSITET	40
BILAGA E	STATISTISK ANALYS	41
E.1.	Normalfördelningstest	41
E.2.	Korrelationstest	41
E.3.	Principalkomponentanalys, PCA	41
BILAGA F	PCA-KOD I MATLAB	43
F. 1.	PCA huvudprogram	43
F. 2.	Kompleterande kod för medelvärdesbildning till PCA	44
BILAGA G	KORRIGERINGSFAKTOR	45
G.1.	Mätstation 3	45
G.2.	Mätstation 6	45
G.3.	Mätstation 7	45
G.4.	Mätstation 9	46
G.5.	Mätstation 10	46
G.6.	Mätstation 14	47
G.7.	Mätstation 25	47
G.8.	Mätstation 26	48
G.9.	Mätstation 32	48
G.10.	Mätstation 38	48
BILAGA H	AVBÖRDNINGSKURVOR	50
BILAGA I	SPECIFIK AVRINNING	53
BILAGA J	KORRELATIONSANALYS	55
BILAGA K	KORRELATION UNDER VÄXTPERIODEN	57
BILAGA L	KORRELATION UNDER VÅRFLODEN	61

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund och teori

Konceptualisering av hydrologiska variabler i avrinningsområden är grundläggande för att förutsäga avrinning från områden utan mätningar (Tetzlaff m. fl., 2008; Buttle och Eimers, 2009). Detta försvåras av den heterogena karaktären hos hydrologiska variabler (Lyon m. fl., 2012) och det stora antalet variabler som påverkar hydrologin (Grabs, 2010).

Länge sågs avrinning som en process som genererades av överflöd av vatten då markens infiltrationskapacitet understiger nederbördsintensiteten och ytavrinning sker vilket då skulle ge stora delar av tillflödet till vattendragen. Mycket av forskningen har syftat till att öka förståelsen för hur flödessökningen i vattendrag kan påverkas i så stor utsträckning av grundvattentillflödet då grundvattenresponsen har visat öka tillflödet till vattendrag med mellan 5 till 50 gånger ursprungsflödet innan nederbördstillfället (Rodhe, 1989).

Spårämnesförsök med stabila isotoper är ett väl använt sätt att utvärdera hur vattnet transporteras i landskapet. Slutsatsen Rodhe (1989), Laudon m. fl. (2007) och flera andra studier gjort är att ”gammalt” vatten sedan innan nederbördstillfället dominerar hydrografen efter ett nederbördstillfälle eller snösmältning. Dessa studier visar på vikten av att särskilja mellan vattenpartiklarnas uppehållstid och hastigheten för tryckfortplantningen genom grundvattnet, den drivande processen för ökat vattenstånd i vattendrag, efter ett nederbördstillfälle. Tryckfortplantningen sker då det infiltrerande vattnet effektivt trycker på grundvattnet nedströms till vattendragen (Rodhe, 1989). ”Transmissivity feedback” är ett fenomen observerat i moränjord där grundvattennivån i marken bestämmer vilka av marklagren som bidrar till flödet av vatten. Då grundvattenytan höjs av infiltration kan flödet ske genom mer ytligt belägna marklager med högre hydraulisk konduktivitet. I de ytliga marklagren finns dessutom vatten som tidigare immobiliserats vilket åter kan mobiliseras. En liten ökning av grundvattenytan ökar därmed grundvattenflödet genom marken till vattendrag mycket vilket har en avgörande roll för avrinningens vattenkemi (Kuraš m. fl., 2008; Bishop m. fl., 2004) då marktäckets och geologin influerar markvattnet på sin resa genom avrinningsområdet (Nicolson, 1980; Buffam m. fl., 2008).

Avrinning beror till stor del på latitud då nederbörd och potentiell evapotranspiration varierar med latituden. Den generella trenden är att nederbördsmängden är större och att den potentiella evapotranspirationen är mindre vid högre latituder (Böhme m. fl., 2011).

Avrinningsområden belägna i det boreala landskapet utsätts inte endast för nederbörd i form av regn utan påverkas även av snösmältning som kan ge ett tillflöde av vatten till avrinningsprocessen utan att nederbörd sker under själva smältperioden (Schelker m. fl., 2013; Kuraš m. fl., 2008). Vattentillförseln via den snösmältning som resulterar i vårfloden kan i det boreala landskapet uppgå till hela 50 % av den totala årliga avrinningen. Tjäle kan i våtmarker i det boreala landskapet påverka flödesvägarna, speciellt för de stora tillflöden som vårfloden utgör, liknande permafrost där infiltration hindras. Stora delar av flödet sker därmed ovan markytan vilket resulterar i snabb hydrologisk respons (Laudon m. fl., 2007).

Framtidens klimatförändringar, med fokus på temperaturökningen som respons på koldioxidemissioner kommer att påverka vattnets kretslopp. Ökad temperatur under vintermånaderna kommer generera ett mindre snölager och därmed minska vårfloden men öka basflödet i vattendragen under vintermånaderna. Även växtlighetens påverkan på vattnets kretslopp tros förändras då den största begränsande faktorn för biomassatillväxten i dessa områden är den låga temperaturen. Växtsäsongens längd förväntas öka och därmed även skogens tillväxt vilken påverkar vattnets kretslopp (Prentice m. fl., 1991)

I höglänt terräng har marktäcke visats ha signifikant påverkan på hydrologin då stora lutningar och lågt jorddjup i dessa områden ger snabb hydrologisk respons nedströms vid stor vattentillförsel (Gardner och McGlynn, 2009). Ökad växtlighet påverkar vattenbalansen genom interception av nederbörd och ökad evapotranspiration (Schelker m. fl., 2013). I regioner belägna på hög latitud ökar generellt både den årliga avrinningen och högflöden vid en minskning av växtligheten (Sørensen m. fl., 2009; Brown m. fl., 2005).

Andra studier har inriktat sig mer på hur geometrin och topografiska index beräknade på höjdmodeller kan beskriva den hydrologiska responsen vilket i många fall är väldigt svårt (Romstad och Etzelmüller, 2012). Grundvattnets flödesvägar genom landskapet följer ofta områdets topografi vilket har gjort att topografiska index har använts i stor utsträckning för att beskriva vattnets väg genom landskapet (Sørensen m. fl., 2006). Framförallt har landskap som domineras av berg i dagen där avrinningsområden får stor lutning ofta tydliga samband mellan topografi och avrinning nedströms (Jencso och McGlynn, 2011).

En geometrisk variabel som Romstad och Etzelmüller, (2012) utvärderade är kurvighet vilket beskriver om markytans lutning skapar en konkav, konvex eller rät sluttning som kan aggregera flödeskanaler eller påverka grundvattenytans lutning. Narayan m. fl. (2012) definierade ett antal variabler för att beskriva avrinningsområdets form där rundare och mindre avlånga avrinningsområden får en högre flödestopp som varar kortare tid jämfört med utdragna avrinningsområden som får en mindre flödestopp som är mer utdragen. Dräneringsdensitet, D_D , definierades av Horton (1932) som längden på bäcknätverket delat med arean av det uppströms liggande området som avvattnades av bäcknätverket i fråga. Denna parameter har sedan dess introduktion 1932 använts i stor utsträckning (Dingman, 1978). Topografiska variabler kan kombineras för att skapa topografiska index, t.ex. topografiskt våthetsindex, T_{VI} , vilket är ett annat väl använt kvantitativt mått på hur topografin förväntas påverka dränering och ackumulation av ett områdes grundvatten (Sørensen och Seibert, 2007; Kling, 2011).

1.2 Syfte

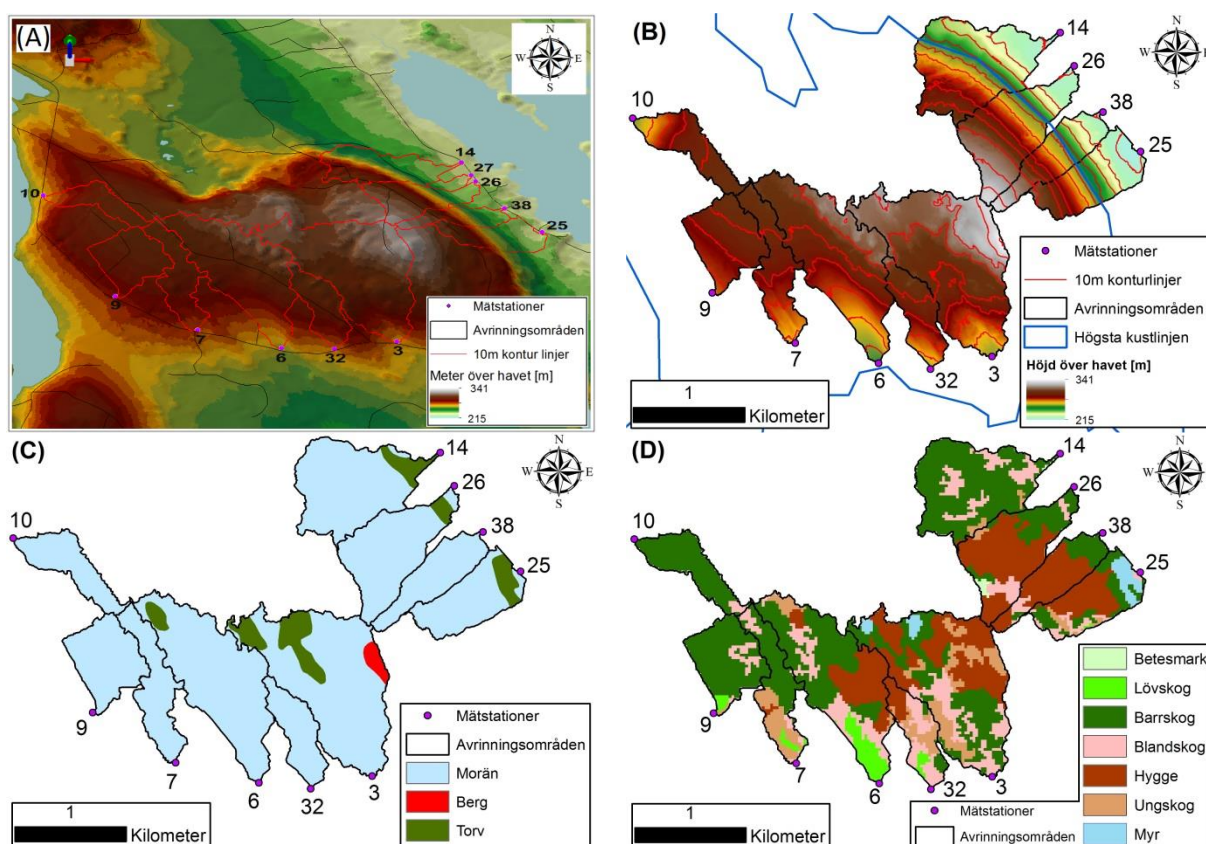
Syftet med projektet var att utvärdera hur olika rumsliga parametrar påverkar vattenföringens storlek och tidsvariationer under vårflod och växtperiod i 10 tätt klustrade avrinningsområden belägna i norra Sverige.. Rumsliga parametrarna som utvärderas är sådana som definierar ett avrinningsområdes morfologi och utformning: morfologi, topografi, jordart och markanvändning. För markanvändning utvärderar studien framförallt skogsbrukets påverkan då studieområdet, samt det boreala landskapet som helhet domineras av just skogsbruk. Frågeställningen under detta examensarbete har varit:

1. Vilka variabler som beskriver ett avrinningsområdes geologi, markanvändning och topografi kan användas för att förutsäga variationer i storlek och varians för avrinningen under vårfloden och växtperioden?
2. Hur varierar variablernas påverkan på hydrologin med vattenföringens storlek?

2 MATERIAL & METODER

2.1 Områdesbeskrivning

Strömsjölidens är en höjd belägen mellan de två sjöarna Stor-Strömsjön och Stor-Sandsjön (latitud 64,10 nordlig och longitud 19,19 ostlig) ungefär 60 km västnordväst om Umeå, Sverige. Denna studie bygger på 10 avrinningsområden (Figur 1, A) där vattenföring registrerats i respektive avrinningsområdes utlopp i ett mätprojekt av SLU, Umeå under åren 2012 och 2013 (SLU Umeå, 2015). Morän utgör majoriteten, 91,8 %, av områdets geologi med stråk av torv, 5,0 %, och berg i dagen, 3,2 % (Figur 1, C). Studiens område domineras av skogsbruk, marktäcket utgörs till 69,8% av skog uppdelat i 38,0 % barrskog, 21,4 % av blandskog, 9,9 % ungskog och 0,5 % lövskog. Den resterande arealen utgörs av 25,6 % kalhygge, 4,5 % myrmark och 0,2 % betesmark. Skogsbruk utgör därmed 95,4 % av markanvändningen (Figur 1, D).



Figur 1. (A) Studiens avrinningsområden med tillhörande mätstationsnummer i en 3D representation av landskapet (B) Höjd över havet (C) Jordart (D) Marktäcke (baserad på öppna data från Lantmäteriet, 2014 och SGU, 2014).

Strömsjölidens lägsta och högsta punkter befinner sig ca 215 respektive 341 m ö.h. och högsta kustlinjen, HK, beräknas vara ca 250 m ö.h. i detta område vilket resulterar i att avrinningsområdena på östra sidan delvis ligger under HK (Figur 1, B). Studieområdets totala area uppgår till 554 ha där avrinningsområdenas storlek varierar mellan 25,8 och 120,1 ha (Tabell 1).

Tabell 1. Studiens 10 avrinningsområdens morfologiska egenskaper (area, omkrets, aspekt och altitud)

Område	Area	Omkrets	Aspekt	Höjd	Medel- höjd
	[ha]	[km]	[-]	[m]	[m ö.h.]
3	120,1	8,5	Syd	79	306
6	93,5	7,9	Sydväst	68	296
7	34,0	5,9	Syd	40	290
9	38,6	4,0	Sydväst	30	293
10	27,8	4,4	Nordväst	48	291
14	74,2	6,3	Nordöst	97	258
25	41,9	4,3	Nordöst	100	254
26	59,4	5,4	Nordöst	117	283
32	25,8	3,7	Sydväst	54	292
38	32,7	4,4	Nordöst	117	269

Avrinningsområdena antas utsättas för ett liknande klimat då de ligger nära varandra geografiskt (Figur 1). Ungefär 11 km västnordväst om Strömsjöleden ligger samhället Örträsk där SMHI har en mätstation som registrerat klimatdata under tidsperioden 1 augusti 1973 till 30 november 2012. Medelårsnederbörden var 639 mm medan den maximala och minimala årsnederbörden i Örträsk mellan åren 1974 och 2011 var 886 mm respektive 433 mm. Som medel föll 43 % av nederbörden i form av snö. Medeltemperaturen är 2,1 °C, medelvärdet av högsta registrerade temperaturen under året är 19,6 °C och medelvärdet av lägsta registrerade temperaturen under året är -24,0 °C ("SMHI Öppna data", n.d.).

2.2 Nederbörd

Data för nederbörd vid analys av nederbördsmängd och dess variation åren 2012 och 2013 över Strömsjöleden togs fram med SMHI:s klimatdatabas PTHBV då data från någon mer närliggande klimatstation inte var tillgängligt. PTHBV interpolerar nederbördsmängd i ett 4x4 km rutnät över Sverige med data från SMHI:s klimatstationer och tar hänsyn till mätfel som orsakas av vind eller evaporation (Olsson m. fl., 2013).

2.3 Avrinning

Vattenföring i utloppen till de 10 avrinningsområdena i Strömsjöleden uppmättes av SLU, Umeå genom observationer av vattenstånd var 10:e minut där timmesmedelvärden registrerades med loggrar av typen "TruTrack", "Campbell" och "LevelTroll". TruTrack loggern använder sig av en integrerad kapacitiv givare av typen "WT-HR 1000" vilken har en upplösning på 1 mm i temperaturintervallet 0-70 °C. Campbellloggrarna var kopplade till en kapacitiv MJK nivågivare med mätnoggrannheten $\leq \pm 0,2$ % i temperaturintervallet -10 till +70 °C (MJK Automation AB, 2009), LevelTroll 700 loggrarna hade integrerade tryckmätare med noggrannheten $\leq \pm 0,05$ % (In-Situ Inc, 2013).



Figur 2. Mätstation i utloppet till avrinningsområde nr. 3.

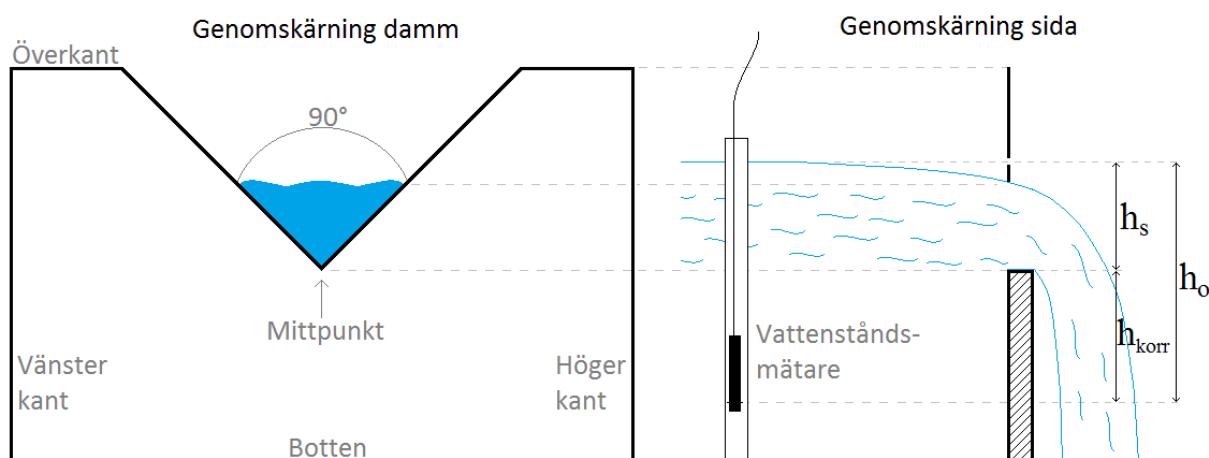
Mätstationen består av en damm med ett triangulärt överfall vinkelrätt mot flödesriktningen vilket ger ett samband mellan vattenstånd och vattenföring (Vlotman, 1989). Uppställningen av mätutrustningen gjordes av mättekniker från SLU (Umeå) i dammen, cirka en meter uppströms utloppet, där dammens vattenstånd registrerades. Vattenståndsmätaren placerades i ett perforerat stålrör för att undvika störningar från t.ex. djur och is, Figur 2. Samtliga dammar hade ett 90° överfall och tre olika storlekar på dammarna användes beroende på storleken av avrinningsområdet. Små dammar användes

för mätstationerna 7, 9, 10 och 32, medelstora dammar för mätstationerna 25, 26 och 38 samt stora dammar för mätstationerna 3, 6 och 14. Bild på samtliga dammtyper finns i BILAGA A.

Vattenståndsdata behandlades med Microsoft Access och Python för justering av tidsförskjutningar, omvandling från vattenstånd till flöde och kvalitetskontroll. Avrinningsområden utan damm och överfall samt ett avrinningsområde med väldigt osäkert avrinningsområde uteslöts från analysen. Samtliga avrinningsområden finns i BILAGA B.

2.3.1 Korrigeringsfaktor

Mätdata för vattenstånd relateras till underkanten av överfallet. Vattenståndsmätaren monterades längre uppströms samt djupare än utflödets underkant, Figur 3, för att inte torrläggas vid lågvatten vilket justeras med en korrigeringsfaktor för vattenståndet i överfallet, h_s . Hänsyn togs även till vattenytans lutning genom att relatera manuella fältmätningar för vattenstånd vid mätinstrument relativt överfallet. Beräkning av korrigeringsfaktorn gjordes genom jämförelse av det registrerade vattenståndet från loggern och manuella fältmätningar. De manuella mätningarna utfördes vid olika vattenstånd och med jämna intervall under året då korrigeringsfaktorn ibland förskjuts mellan åren eller under året. Detta kan bero på sedimentation succesivt flyttar upp vattenytan eller att tryckmätarna sakta sjunkit över loppet av flera år då de suttit ute i fält. Snabba förändringar kan bero på att mätutrustningen förskjutits i samband med inhämtning av data eller då överfallet blivit blockerat.



Figur 3. Genomskärning av damm med observerat vattenstånd, h_o , det sanna vattenståndet, h_s och korrigeringsfaktorn, h_{korr} . Figuren är baserad på fotografier av mättekniker.

2.3.2 Vattenförling

Fältnätningar för flöde gjordes med volym-tidsmätning: ”bucket test” eller med saltutspädning. Översättningen från vattenstånd till flöde genom överfallet i dammen gjordes med parametrarna gravitationskonstanten (g), överfallets vinkel (θ), vattenståndet (h_s), flödesexponenten (b) och utströmningskoefficienten (C_{st}) med det av teoretiska förhållandet:

$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} C_{st} h_s^{2,5} \quad (1)$$

där ett triangulärt överfall med $\theta=90^\circ$ har den empiriska variabeln $C_{st}=0,585$, vilken bör kalibreras för varje enskilt fall och $b=2,5$ vilket kan härledas matematiskt (Vlotman, 1989). Avbördningskurvor togs fram för var mätstation via kalibrering av C_{st} -värdet från fältnätningar för flöde och vattenstånd för varje mätstations överfall enligt ekvation 1. Det linjära, logariterade fallet av ekvation 1 används för att residualernas påverkan på resultatet ska bli oberoende av värdet för vattenståndet. Avbördningskurvor för mätstationerna 3, 6, 7, 9, 10 och 32 beräknades med programvaran MatLab i verktyget ”Curve Fit Toolbox” som utnyttjar den robusta algoritmen ”Bisquare weights”. Denna metod kräver minst två kalibreringspunkter, tar hänsyn till uteliggare genom att vikta mätpunkterna och kalibrerar genom att variera värdet för C_{st} och minimera residualerna med minsta kvadratmetoden (MathWorks, n.d.). Avbördningskurvor för mätstationerna 14, 25, 26 och 38 beräknades med minstakvadratmetoden i MatLab då dessa mätstationer endast har en kalibreringspunkt.

Endast under åren 2012 och 2013 hade loggrar för samtliga mätstationer varit aktiva och registrerat data, tidigare år uteslöts därmed ur analysen. Mätserierna för respektive mätstation sammanfogades baserat på mätningarnas kvalitet till en dataserie per station. Dataserierna var i vissa fall brutna eller hade uppenbara mätfel som inte kunde fyllas av någon annan mätserie. I dessa fall fylldes hålen med linjär interpolation, främst för vårfloden 2012 där mätstation 7 saknade 8,7 % av datapunkterna och för växtperioden 2013 där mätstation 3 saknade 9,6 % av mätserien. Samtliga hål i mätdata var belägna i lågflöden under recessionen då, jämfört liknande mätstationer, endast små variationer i flödet kunde urskiljas.

För jämförelse av avrinningsområdena beräknades den specifika avrinningen för att kunna jämföra hur stor mängd avrinning avrinningsområdena genererade per yta (Volym avrinning per tidsenhet/Avrinningsområdes area) (Gleick, 1994).

Då mätutrustningen tagits in under vintern för att undvika skador från snö och is saknades början av vårfloden men dataserier för slutet av vårflod och majoriteten av växtperioden kunde erhållas för båda åren. Den kumulativa avrinningen samt dess tidsvariation, TV, beräknades där variansberäkningarna definierades som kvoten av interquartile range, IQR, och medianen (Lyon m. fl., 2012) vilket för icke normalfördelad data bör likna variationskoefficienten (coefficient of variation, CV) för ett normalfördelat datasett (Shapiro, 2005).

2.4 Geografisk analys i ArcGIS

Insamlingen av information om avrinningsområdena gjordes både genom fältnätningar samt öppen information från de statliga organisationerna Sveriges Meteorologiska Institut (SMHI), Sveriges Geologiska undersökning (SGU), Lantmäteriet samt Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Tabell 2. Den geografiska analysen av avrinningsområdena i området Strömsjöleden utfördes i ”ArcGIS” version 10.2, utvecklat av företaget ESRI.

Tabell 2. Produktinformation för de raster som används i den geografiska analysen.

Raster	Källa	Produktår	Koordinatsystem	Upplösning gridnät [m]
DEM 2,0	Lantmäteriet	2009-2013	SWEREF99 TM	2,0 m
DEM 0,5	SLU, Umeå	2008	RT90 V gon	0,5 m
Marktäcke	Lantmäteriet	2002	SWEREF99 TM	25 m
Jordart	SGU	1960	SWEREF99 TM	Vektor
Jorddjup	SGU	2009	SWEREF99 TM	10 m
Skogskartan	SLU (kNN-Sverige)	2010	SWEREF99 TM	25 m
Högsta kustlinjen	SGU	2009	SWEREF99 TM	50 m

Som komplement till DEM raster utfördes fältmätningar med GPS (okänd utrustning) för koordinater av kulvertar och mätstationer av SLU, Umeå. Utförlig information om de raster som utnyttjades i den geografiska analysen (Tabell 2) finns i BILAGA C.

2.4.1 Preparering av DEM

Fältmätningar för mätstationer och kulvertar uppmättes med koordinatsystemet RT90 2,5 gon V vilka transponerades till koordinatsystemet SWEREF99 TM då resterande rasterfiler var i det koordinatsystemet. Den högupplösta DEM utnyttjades för att detektera samt placera diken och kulvertar rätt då dess högre upplösning tog fram detaljer bättre. Denna DEM användes inte i GIS analysen då detaljer i denna utsträckning kan påverka flödesvägarna där små objekt som inte påverkar grundvattenflödet får stor påverkan och på grund av att ingen information om kvalitetskontroll för denna fanns till hands. DEM från Lantmäteriet med lägre upplösning antas ge en mer realistisk bild av flödesvägar och topografins påverkan på hydrologin. Att använda en DEM med lägre upplösning sparade även beräkningstid i datorn då rasterberäkningar i GIS är väldigt krävande samt att denna DEM saknade information om datainsamling och kvalitet.

Lokala djuphålor fylldes igen med ArcGIS inbyggda ”fill” verktyg vilket ökar depressionscellers höjd, i z-led, till lägsta omliggande cells z-värde för att undvika avbrutna flödesvägar (Jenson och Domingue, 1988). Denna metod för lokala djuphålor användes då större depressioner som dammar inte ansågs närvarande trots ganska flacka områden. Flödesriktningen togs fram med D8 algoritmen vilken ger flödesvägar för varje cell till dess lägst belägna granne (Lindsay, 2005). Analysen av flödesriktningen ger vilka celler som får sitt vatten från uppströms belägna celler och skapar ett nätverk av flödesvägar. Detta nätverk av flödesvägar beskriver hur vattnet tar sig fram enligt områdets topografi vilket inte nödvändigtvis stämmer överens med verkligheten då höjdmodellen kan ha mätfel och på grund av att topografien inte är det enda i terrängen som påverkar flödesvägar. För att justera att dessa simulerade flödesvägar i GIS efterliknade verklighetens faktiska flödesvägar jämfördes de med fältmätningar för observerade diken och det högupplösta DEM-rastret. Diken och kulvertar som skurit av vattenvägar åtgärdades genom rasteralgebra där celler som hindrade vattenvägar sänktes.

2.4.2 Geografisk analys

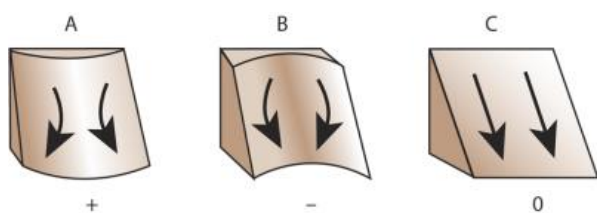
Avrinningsområden beräknade på den topografiska vattendelaren togs fram varpå varje avrinningsområdes jordart, jorddjup, marktäcke, skogsvolym, skogsålder och skogshöjd togs fram och geometriska variabler beräknades på DEM.

Ett avrinningsområdes aspekt avser dess lutnings riktning i vädersträck vilket indelades enligt ArcGIS standardinställning in i grupperna: Norr (337,5°-22,5°), Nordöst (22,5°-67,5°), Öst (67,5°-112,5°), Sydöst (112,5°-157,5°), Syd (157,5°-202,5°), Sydväst (202,5°-247,5°), Väst

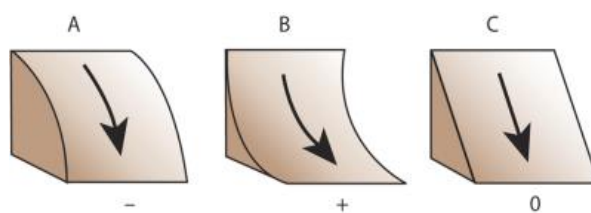
(247,5°-292,5°) samt Nordväst (292,5°-337,5°) (ESRI, 2012). Denna klassificering av aspekt sinustransformerades vilket gav värden mellan -1 och +1 där norrläge representerades av positiva värden och sydläge representerades av negativa värden (Ågren m. fl., 2014).

T_{VI} beräknades med formeln $T_{VI} = \ln(\frac{a}{\tan(\beta)})$ där a är det lokala avrinningsområdets area genom längden höjdlinje vinkelrätt mot lutningen och tangens av β beskriver den lokala lutningen (Grabs m. fl., 2009).

Två olika mått på kurvighet beräknades vilka var planform (Figur 4) respektive profilkurvighet (Figur 5) där planform kurvighet beskriver topografins påverkan på flödet av vatten vinkelrätt mot lutningen medan profilkurvigheten representerar lutningens förändring parallellt med lutningen (Romstad och Etzelmüller, 2012).



Figur 4. De tre olika fallen för planform kurvighet i ArcGIS (Buckley, 2010)



Figur 5. De tre olika fallen för profilkurvighet i ArcGIS (Buckley, 2010)

Dräneringsdensiteten beräknades för flera tröskelvärden då det faktiska bäcknätverket i Strömsjöleden var okänt. Bäcknätverk erhöles genom beräkning av hur många celler som får sitt vatten av uppströms liggande celler där ett tröskelvärde för initierande av bäck varierades från 0,5 upp till 7,5 ha. Tröskelvärdena 1 ha valdes för att representera högflöden och 5 ha valdes för att representera lågflöden. För vidare information om detta val se BILAGA D.

Olika variabler för att beskriva form (Tabell 3) beräknades på olika kombinationer av kvoter för avrinningsområdets area, längd och omkrets (Narayan m. fl., 2012).

Tabell 3. Fem parametrar som på olika sätt beskriver ett avrinningsområdes form från parametrarna längd (L), area (A) och omkrets (P_r) (Narayan m. fl., 2012)

Variabel	Definition	Formel	Enhet
Formfaktor 1, F_1	$\frac{(\text{Avrinningsområdets längd})^2}{\text{Avrinningsområdets area}}$	$\frac{L^2}{A}$	[-]
Formfaktor 2, F_2	$\frac{(\text{Avrinningsområdets area})^2}{\text{Avrinningsområdets längd}}$	$\frac{A^2}{L}$	[m ³]
Utsträkningsförhållande, U_f	$\frac{\text{Diameter för cirkel med area som avr. omr.}}{\text{Avrinningsområdets längd}}$	$\frac{1,128A^{0,5}}{L}$	[-]
Kompakteringskoefficient, K_k	$\frac{\text{Avrinningsområdets omkrets}}{\text{Diameter för cirkel med area som avr. omr.}}$	$\frac{0,886P_r}{A^{0,5}}$	[-]
Cirkelratio, C_r	$\frac{\text{Avrinningsområdets area}}{\text{Avrinningsområdets cirkelarea}}$	$\frac{12,57A}{P_r^2}$	[-]

2.5 Statistik

För att detektera möjliga generella trender utfördes en utforskande principalkomponentanalys, PCA. Shapiro-Wilk testet användes för att avgöra vilka variabler som kunde transformeras närmare normalfördelning med hjälp av logaritm-transform inför PCA vilken gjordes i programmeringsspråket MatLab. PCA utfördes med inbyggda funktioner för två dimensioner, där variablerna skalades innan analys och roterades efter för enklare grafisk tolkning. PCA användes som komplement till korrelationsanalysen med Kendall Tau som utfördes för samtliga variabler mot den kumulativa avrinningen och TV för hela växtperioden respektive vårfloden år 2012 och 2013. Även denna analys gjordes i programmeringsspråket MatLab. Ytterligare kompletterande analys över hur Tau påverkades av flödesstorleken gjordes i MatLab där Kendalls Tau samt dess p-värden togs fram jämfört den kumulativa avrinningen för dygnsmedelvärden av flödet. Vidare förklaring av dessa statistiska verktyg ges i BILAGA E, MatLab kod för PCA finns i BILAGA F.

3 RESULTAT

3.1 Nederbörd

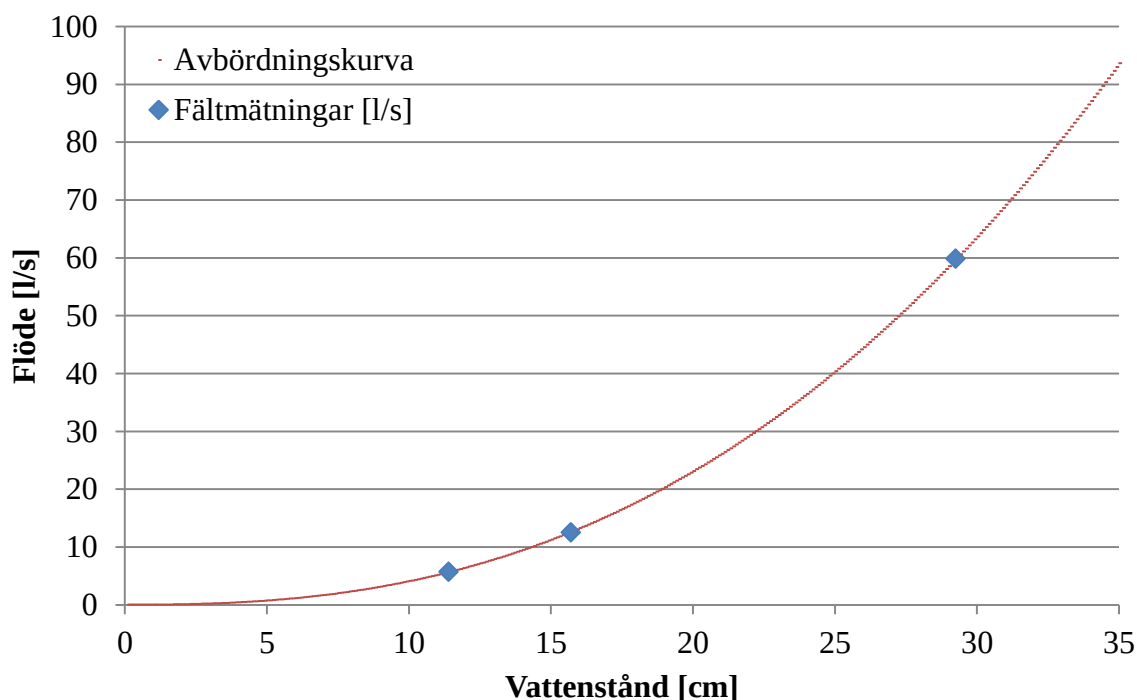
Nederbördsdata från PTHBV för åren 1961 till 2013 för Strömsjölidens gridruta resulterade i medelårsnederbörden 646 mm medan den maximala och minimala årsnederbörden var 931 mm respektive 462 mm. Åren 2012 och 2013 var den kumulativa nederbörden 895 mm/år respektive 646 mm/år. 2012 var därmed ett av de blötaste åren under de 52 år PTHBV har data för och anses därmed representera det blötaste fallet. Nederbördsmängden år 2013 representerade ett år med medelnederbörd och anses därmed representera normalåret.

3.2 Avrinning

3.2.1 Flödesberäkningar

Korrigeringsfaktorer för vattenståndsdata hade en standardavvikelse, STD på 2,1 mm och den största STD var 5,0 mm. Medelantalet mätpunkter som korrigeringsfaktorn baserades på var 7 stycken medan vissa baserades på väldigt få fältmätningar p.g.a. den stora mängden förskjutningar av mätinstrumentet. Beräknade korrigeringsfaktorer för samtliga vattenståndsdata sammanfattas i BILAGA G.

Avbördningskurvor för respektive mätstation baserades på en till tre kalibreringspunkter beroende på tillgänglighet samt kvalitet på datapunkter. Avbördningskurvan för mätstation nummer tre baserades på tre punkter (Figur 6). Avbördningskurvor för samtliga mätstationer finns tillgängliga i BILAGA H.



Figur 6. Avbördningskurva för mätstation 3 approximerad mot 3 fältmätningar.

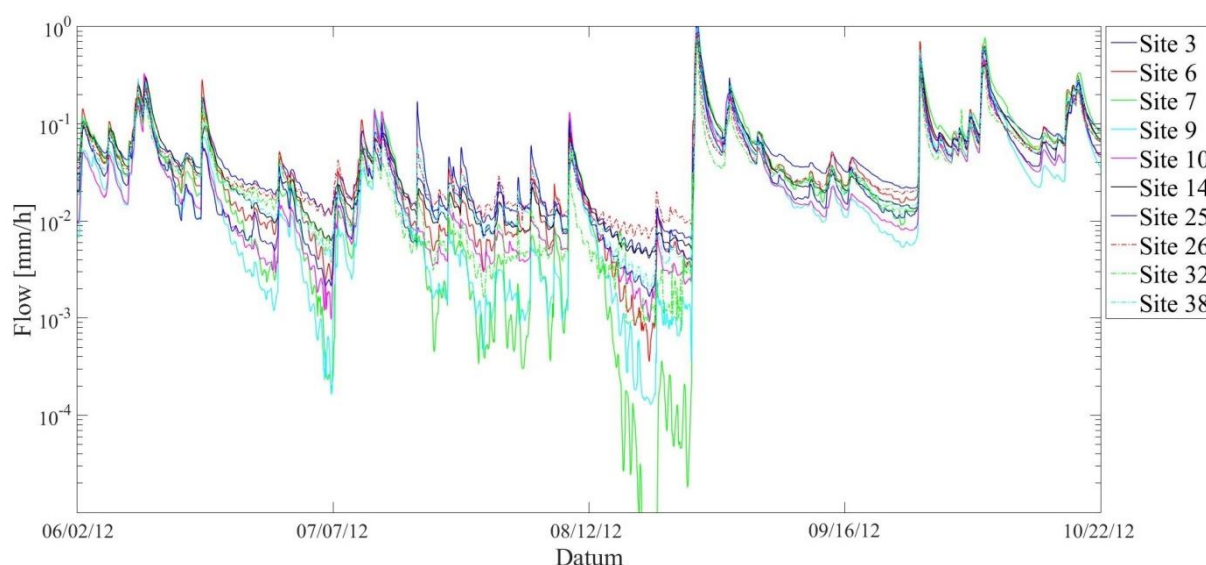
Kalibrering av C_{st} för avbördningskurvorna resulterade i värden inom intervallet 0,494 till 0,655 (Tabell 4) d.v.s. nära det empiriska värdet på 0,585.

Tabell 4. Kalibrerad flödeskoefficient, C_{st} för samtliga av studiens mätstationer och antalet mätpunkter som kalibreringen baserades på.

Mätstation	C_{st}	Antal kalibreringspunkter
3	0,547	3
6	0,602	3
7	0,604	2
9	0,576	3
10	0,494	3
14	0,655	1
25	0,523	1
26	0,603	1
32	0,630	3
38	0,550	1

3.2.2 Växstsäsongen

Växstsäsongen 2012 definierades som en tidpunkt med basflöde efter vårfloden. Därmed tillförs inget smältvatten till avrinningen under mätperioden utan tillförseln sker uteslutande från nederbörd. År 2012 valdes den första mätpunkten till 2 juni och den första mätstationen som ställdes av för vintern avaktiverades den 22 oktober vilket avslutade mätserierna (Figur 7). Mätperioden stäcker sig därmed över 143 dagar under vilken den kumulativa nederbörden uppgick till 433 mm under perioden, motsvarande ca 3,0 mm per dag.



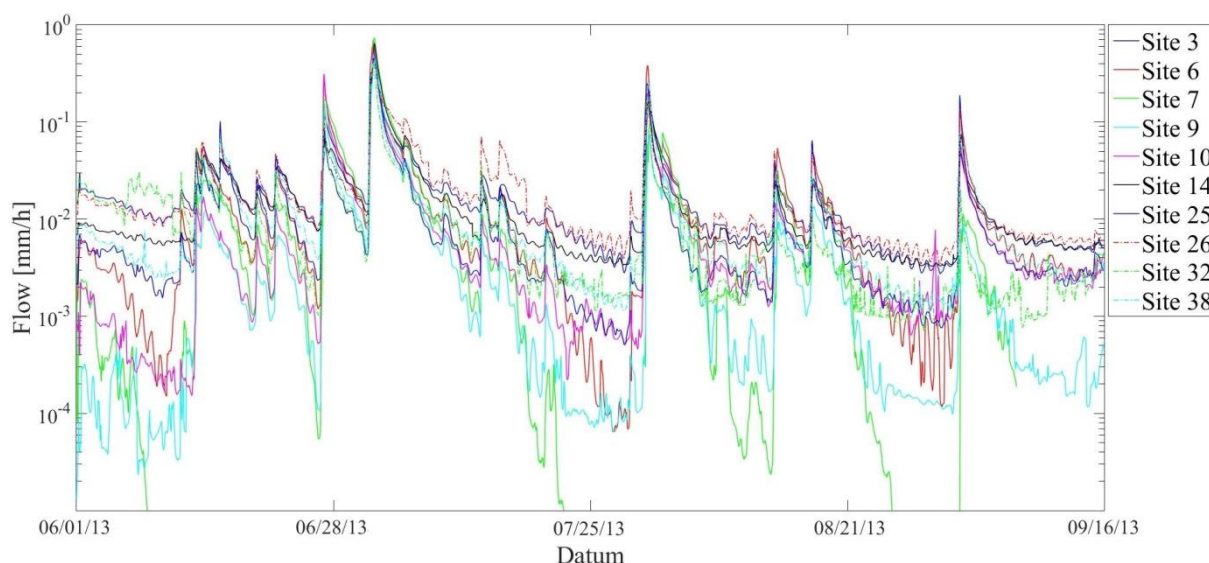
Figur 7. Specifik avrinning under växstsäsongen 2012 för samtliga mätstationer.

Den kumulativa nederbörden relaterades till den kumulativa avrinningen och gav avrinningskoefficienten för respektive avrinningsområde vilka varierade från 0,32 och 0,46. TV representeras av kvartilavståndet dividerat med medianen vilken varierade mellan 1,342 och 3,127 (Tabell 5). Se BILAGA I för dataserierna i Figur 7 med ej logaritmerad y-axel.

Tabell 5. Kumulativ avrinning, medel och medianavrinningen samt dess tidsvariation, undre och övre gräns av 10- respektive 90 % percentil under växtperioden 2012 och andelen av nederbörden som genererade avrinning.

Mät-station	Kumulativ avrinning	Medel	Median	IQR/ Median	10 % percentil	90 % percentil	Avrinnings-koefficient
	[mm]	[mm/h]	[mm/h]	[-]	[mm/h]	[mm/h]	[-]
3	192,6	0,056	0,036	1,514	0,011	0,117	0,45
6	197,5	0,058	0,028	2,146	0,005	0,125	0,46
7	198,4	0,058	0,024	3,007	0,001	0,145	0,46
9	139,2	0,041	0,014	3,127	0,001	0,106	0,32
10	144,9	0,042	0,015	2,628	0,004	0,096	0,33
14	187,2	0,055	0,025	2,104	0,008	0,119	0,43
25	163,2	0,048	0,021	2,061	0,006	0,102	0,38
26	165,2	0,048	0,029	1,342	0,012	0,094	0,38
32	137,3	0,040	0,024	1,889	0,004	0,091	0,32
38	176,8	0,052	0,027	1,756	0,007	0,107	0,41

Mätserier för växtperioden 2013 definierades starta 1 juni och avslutades 16 september (då flera mätstationer togs ur bruk) vilket resulterade i en mätserie på 108 dagar, se Figur 8. Under denna period föll 255 mm nederbörd, motsvarade ca 2,4 mm/dag, växtperioden var därmed något torrare än år 2012.



Figur 8. Specifik avrinning under växtperioden 2013 för samtliga mätstationer.

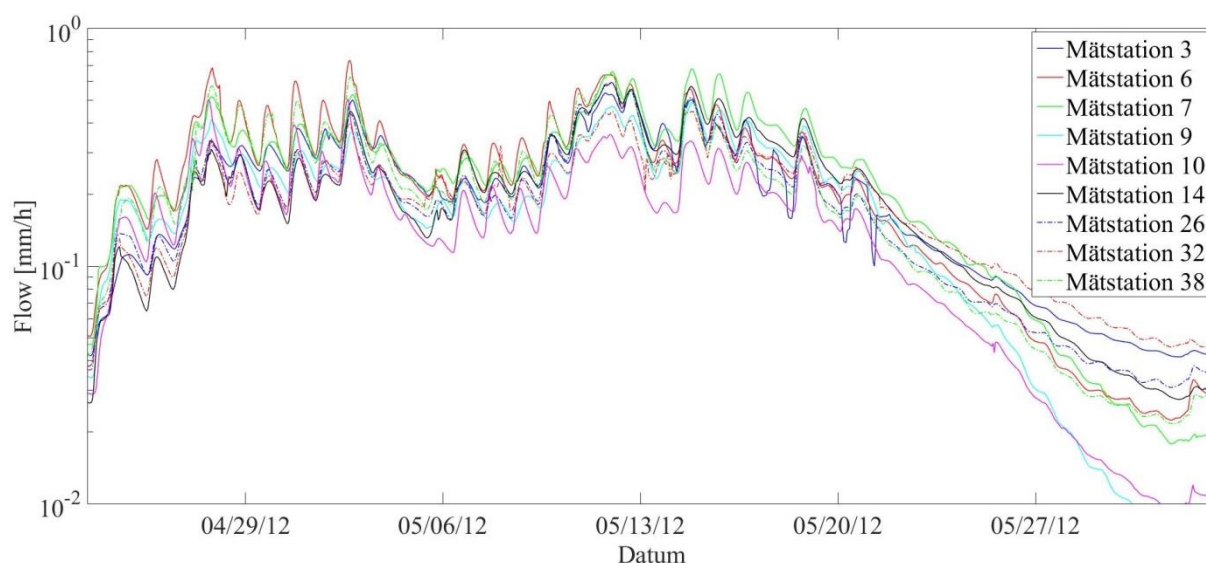
Avrinningen under växtperioden 2013 var lägre med en medelavrinning på 0,38 mm/dag jämfört 1,02 mm/dag under år 2012. Detta avspeglades även i avrinningskoefficienterna vilka varierade från 0,08 till 0,19 år 2013 d.v.s. lägre än för år 2012. TV var högre för avrinningsområdena 6, 7, 9 och 32 jämfört med 2012 och varierade mellan 1,147 och 9,555, ett större spann än för år 2012. Den kumulativa avrinningen dominerades av vatten från högflöden då medelavrinningen var större än medianavrinningen (Tabell 6). Se BILAGA I för dataserierna i Figur 8 med ej logaritmerad y-axel.

Tabell 6. Kumulativ avrinning, medel och medianavrinningen samt dess tidsvariation, undre och övre gräns av 10- respektive 90 % percentil under växtperioden 2013 och andelen av nederbörden som genererade avrinning.

Mät-station	Kumulativ avrinning [mm]	Medel [mm/h]	Median [mm/h]	IQR/ Median [-]	10 % percentil [mm/h]	90 % percentil [mm/h]	Avrinnings koefficient [-]
3	53,6	0,021	0,012	1,147	0,005	0,038	0,18
6	49,5	0,019	0,005	2,473	0,001	0,042	0,16
7	38,7	0,015	0,001	9,555	0,000	0,029	0,13
9	25,1	0,010	0,001	5,778	0,000	0,016	0,08
10	32,6	0,013	0,003	2,173	0,001	0,024	0,11
14	49,1	0,019	0,007	1,453	0,004	0,036	0,16
25	35,3	0,014	0,004	1,900	0,001	0,028	0,12
26	59,0	0,023	0,011	1,250	0,006	0,042	0,19
32	30,1	0,012	0,004	2,569	0,001	0,022	0,10
38	38,0	0,015	0,006	1,755	0,002	0,030	0,13

3.2.3 Vårfloden

År 2012 startade första mätpunkten då alla mätstationer utom nummer 25 var aktiva den 23 april. Vårfloden ansågs över den 2 juni då ingen ytterligare uppenbar smältning av snölagret kunde identifieras och vårfloden ansågs vara i recession, d.v.s. då dataserien för växtperioden 2012 definierades som startad. Mätserien för vårfloden 2012 pågick därmed under 38 dagar (Figur 9).



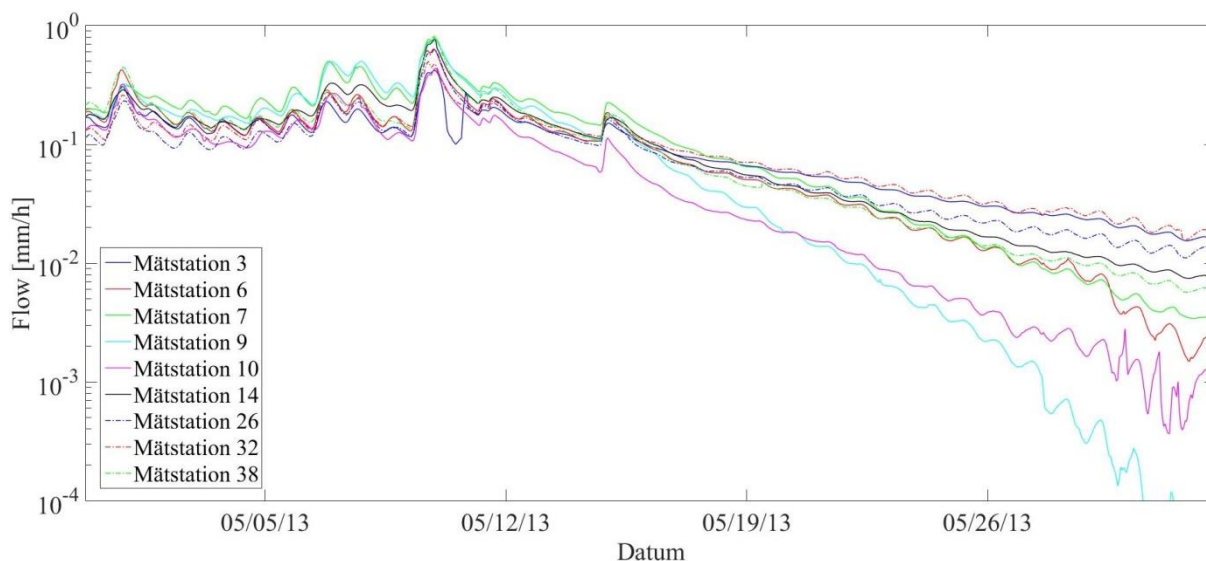
Figur 9. Specifik avrinning under vårfloden 2012 för samtliga mätstationer utom nr. 25.

Medelavrinningen under perioden var 5,38 mm/dag och TV låg i intervallet 0,820 upp till 1,148 (Tabell 7). Den kumulativa avrinningen har väldigt lika tillskott av vatten från låg- som höglöden då medel- och medianavrinningen liknade varandra i stor utsträckning. Se BILAGA I för dataserierna i Figur 9 med ej logariterad y-axel.

Tabell 7. Kumulativ avrinning, medel och medianavrinningen samt dess tidsvariation, undre och övre gräns av 10- respektive 90 % percentil under vårfloden 2012.

Mät-station	Kumulativ avrinning [mm]	Medel [mm/h]	Median [mm/h]	IQR/ Median [-]	10 % percentil [mm/h]	90 % percentil [mm/h]
3	207,8	0,216	0,215	1,009	0,049	0,393
6	239,1	0,249	0,240	1,060	0,030	0,482
7	247,3	0,258	0,260	0,942	0,030	0,473
9	188,0	0,196	0,194	1,000	0,014	0,367
10	154,7	0,161	0,163	1,049	0,015	0,303
14	204,2	0,213	0,211	1,018	0,037	0,419
26	189,5	0,197	0,185	1,032	0,038	0,371
32	188,9	0,197	0,201	0,820	0,055	0,342
38	215,7	0,225	0,211	1,148	0,028	0,455

Mätserien för vårfloden 2013 saknade data för mätstation 25 och definierades starta 29 april. Mätserien avslutades 1 juni då ingen ytterligare uppenbar smältning av snölagret kunde identifieras och vårfloden ansågs vara i recession vilket resulterade i en mätserie på 32 dagar (Figur 10).



Figur 10. Specifik avrinning under vårfloden 2013 för samtliga mätstationer utom nr 25.

Den kumulativa avrinningen var klart lägre för vårfloden 2013, med en medelavrinning på 2,79 mm/dag medan TV var större jämfört med år 2012 för samtliga stationer, mellan 1,046 och 2,559. En större andel av den kumulativa avrinningen kom från högflöden då medelavrinningen var större än medianavrinningen (Tabell 8). Se BILAGA I för dataserierna i Figur 10 med ej logaritmerad y-axel..

Tabell 8. Kumulativ avrinning, medel och medianavrinningen samt dess tidsvariation, undre och övre gräns av 10- respektive 90 % percentil för vårfloden 2013.

Mät-station	Kumulativ avrinning [mm]	Medel [mm/h]	Median [mm/h]	IQR/ Median [-]	10 % percentil [mm/h]	90 % percentil [mm/h]
3	80,5	0,102	0,096	1,172	0,023	0,187
6	87,8	0,111	0,093	1,600	0,007	0,231
7	119,4	0,151	0,128	1,669	0,007	0,317
9	105,9	0,134	0,088	2,308	0,000	0,325
10	63,0	0,080	0,048	2,559	0,002	0,189
14	96,1	0,122	0,102	1,532	0,011	0,262
26	77,6	0,098	0,086	1,213	0,016	0,207
32	85,5	0,108	0,105	1,046	0,025	0,206
38	95,3	0,121	0,097	1,625	0,010	0,255

3.3 Geografisk analys

Den geografiska analysen visade på stora skillnader för topografiska variabler. Höjdskillnaden (Tabell 1) varierade mellan 30 och 117 m. Avrinningsområde nr 9 hade minst lutning och nr 38 hade störst och lutningen varierade mellan 2,4 upp till 6,1 grader. T_{VI} varierade mellan 4,7 och 5,7 för avrinningsområdena. $D_{D,1}$ varierade mellan 8,7 och 13,3 medan $D_{D,5}$ varierade mellan 2,6 och 5,4 där trenden var att områden med stort $D_{D,1}$ fick låga värden för $D_{D,5}$. Aspekt representerar samma som i Tabell 1, men i numerisk form medan den plana och profila kurvigheten varierade mellan -0,02 och 0,10 (Tabell 9).

Tabell 9. Topografiska index för studiens avrinningsområden som beskriver dess geometri.

Område	T_{VI} [ln(m)]	$D_{D,1}$ [km/km ²]	$D_{D,5}$ [km/km ²]	Aspekt [-]	Lutning [grader]	Plan kurvighet [m ⁻¹]	Profil kurvighet [m ⁻¹]
3	4,9	8,7	4,2	-1,0	4,4	0,09	0,07
6	5,1	9,6	3,6	-0,9	4,1	0,04	0,03
7	5,3	9,8	5,4	-1,0	3,0	0,10	0,09
9	5,7	10,5	3,5	-0,8	2,4	0,03	0,01
10	5,5	10,1	3,3	0,5	2,9	0,09	0,06
14	4,7	10,5	3,9	0,9	5,8	0,01	0,05
25	5,1	13,3	3,6	0,5	5,3	0,03	0,02
26	5,0	10,0	4,2	0,8	5,4	-0,02	-0,02
32	4,9	9,5	2,6	-0,9	4,6	0,10	0,07
38	4,9	11,5	4,2	0,7	6,1	0,01	0,00

Formvariablernas förmåga att beskriva hur utdragna avrinningsområdena var varierade vilket visas i Tabell 10 som kan kompletteras med PCA, avsnitt 3.4.1. Avrinningsområde 25, med utlopp på östra kortsidan och det enda avrinningsområde vilket visuellt bedömdes ha rektangulär form, hade värden för F_1 och F_2 vilket väl representerar dess rektangulära form. Det nära på kvadratiska avrinningsområdet nr 9 representerades inte speciellt väl av formfaktorerna. Formeln för formfaktorerna har kvadrerad längd vilket lyser genom för utdragna avrinningsområden som nummer 7, 10, 32 och 38 vilka alla har höga värden för F_1 och låga för F_2 . U_f liknar F_2 där utdragna avrinningsområden får låga värden medan

kompaktare får högre värden. K_k tenderar att visa höga värden för utdragna avrinningsområden medan C_r tenderar att visa motsatsen men båda dessa variabler har lite inkonsekventa resultat.

Tabell 10. Formvariabler som beskriver studiens avrinningsområden baserade på dess längd (L), area (A), och omkrets (O).

Område	F_1	F_2	U_f	K_k	C_r
	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]
3	2,9	0,35	0,66	2,20	1768
6	4,1	0,24	0,56	2,30	1491
7	6,4	0,16	0,45	2,85	724
9	2,2	0,46	0,77	1,80	1221
10	5,1	0,20	0,50	2,36	794
14	2,9	0,34	0,66	2,08	1470
25	2,6	0,39	0,70	1,87	1226
26	3,6	0,28	0,59	1,97	1390
32	4,6	0,22	0,53	2,07	869
38	5,2	0,19	0,49	2,15	946

Marktäcket i studieområdet består av betesmark, lövskog, barrskog, ungskog, kalhygge samt myrmark (Tabell 11). Betesmark och lövskog utgör endast 0,2 respektive 0,5 % av studieområdet. Myrmark utgör 4,5 % av studieområdet men utgör en väsentlig del, 14,8 % i område 25. Barrskog, blandskog, ungskog och kalhygge utgör alla signifikanta delar av studieområdet och samtliga återfinns i nästan alla avrinningsområdena.

Tabell 11. Procentuell distribution för marktäcke för studiens avrinningsområden samt totala studieområdet, TSO.

Område	Betesmark	Lövskog	Barrskog	Blandskog	Ungskog	Hygge	Myr
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
3	0,0	0,0	31,6	15,0	15,1	35,3	3,0
6	0,0	0,0	9,8	43,1	25,6	16,7	0,0
7	0,0	0,0	4,6	52,1	1,8	11,3	0,0
9	0,0	3,4	85,2	9,8	1,6	0,0	0,0
10	0,0	0,0	95,3	4,7	0,0	0,0	0,0
14	0,2	0,0	79,0	17,9	2,4	0,4	0,0
25	0,0	0,5	30,4	10,0	5,1	39,2	14,8
26	1,6	0,0	26,1	9,1	1,6	61,7	0,0
32	0,0	5,5	10,0	39,8	25,2	19,5	0,0
38	0,0	0,0	27,7	6,3	0,0	66,1	0,0
TSO	0,2	0,5	38,0	21,4	9,9	25,6	4,5

För att beskriva skogen på fler sätt än indelningen löv-, barr-, bland- respektive ungskog utvärderades variablerna skogsålder, skogshöjd och virkesvolym enligt medelvärden för respektive avrinningsområde (Tabell 12). Skogsåldern varierade mellan ca 35 och 87 år, skogshöjden mellan ca 6 och 16 meter och virkesvolymen mellan ca 77 och 245 m³/ha.

Tabell 12. Variabler som beskriver skogen i studiens avrinningsområden. Skogsbeståndets virkesvolym beskrivs i skogskubikmeter, m³ SK/ha.

Område	Skogsålder	Skogshöjd	Virkesvolym
	[år]	[m]	[m ³ /ha]
3	54	9,5	98
6	65	12,5	156
7	66	12,1	144
9	87	16,2	245
10	76	13,4	176
14	74	13,6	170
25	49	9,2	124
26	40	6,5	77
32	64	13,0	170
38	35	5,8	64

De jordarter som återfinns i Studieområdet i Strömsjöleden är morän, torv och berg i dagen där morän dominerar (Tabell 13). Morän återfinns i samtliga avrinningsområden och utgör hela 91,8 % av arealen medan torv återfinns i 5 av avrinningsområdena. Torv utgör dock endast 5,0 % av landarealen i hela studieområdet. Berg i dagen utgör 3,3 % av den totala studietan och återfinns endast i avrinningsområde 3 där det utgör 15,2 % av landarealen. Trots andelen berg i dagen i avrinningsområde 3 är jorrdjupet 6,6 m. Jorrdjupet varierar mellan 6,0 och 8,0 m i avrinningsområdena.

Tabell 13. Procentuell fördelning av jordarterna morän, torv eller berg i dagen samt jorrdjupet för studiens avrinningsområden samt totala studieområdet, TSO.

Område	Morän	Berg	Torv	Jorrdjup
	[%]	[%]	[%]	[m]
3	81,1	15,2	3,7	6,6
6	96,2	0,0	3,8	7,7
7	100,0	0,0	0,0	8,0
9	100,0	0,0	0,0	8,0
10	100,0	0,0	0,0	8,0
14	90,8	0,0	9,2	6,0
25	83,6	0,0	16,4	6,0
26	94,8	0,0	5,2	6,0
32	100,0	0,0	0,0	7,2
38	100,0	0,0	0,0	6,0
TSO	91,8	3,2	5,0	-

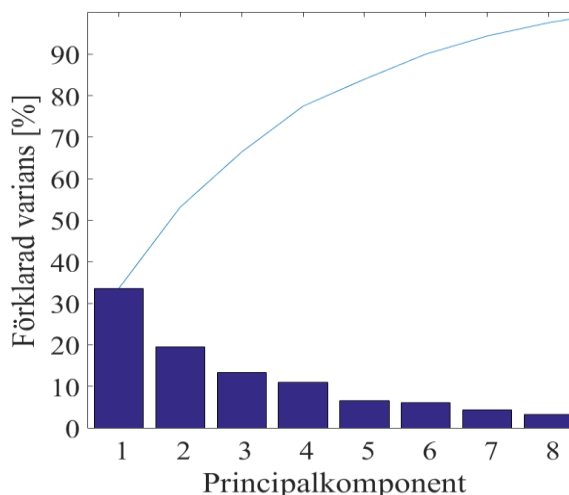
3.4 Statistik

3.4.1 Principalkomponentanalys

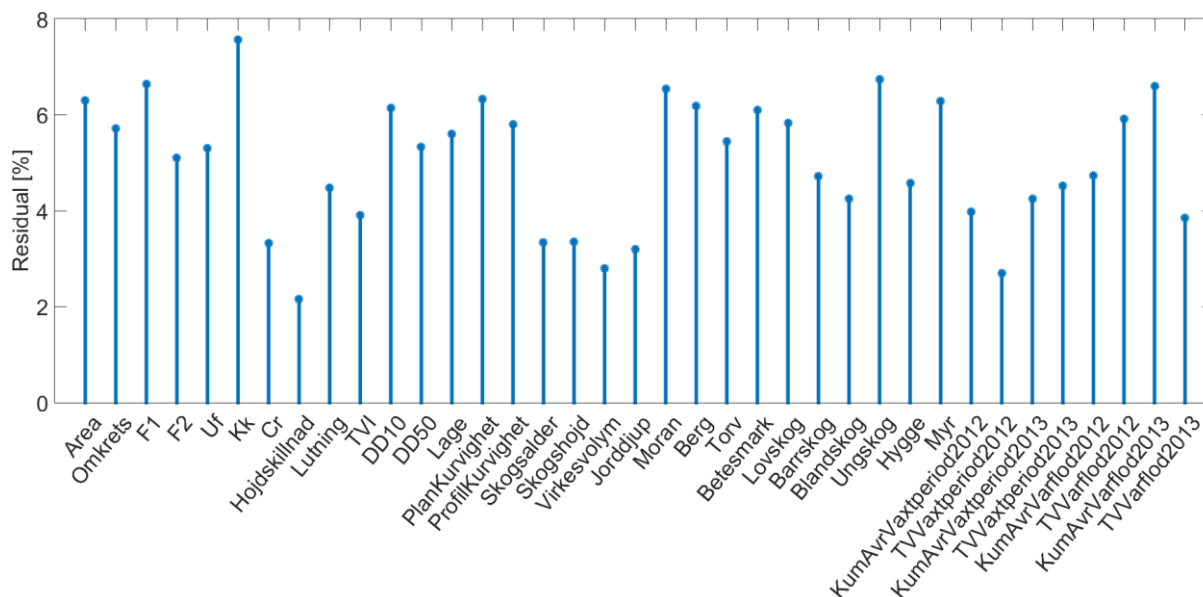
Transformering av variablerna via logaritmering gjordes för att få ett mer normalfördelat dataset. Denna transformation är inte möjlig för variablerna plankurvighet, profilkurvighet och aspekt p.g.a. negativa värden. De fyra variablerna barrskog, blandskog, TV växtperiod 2013 och TV vårflod 2013 blev normalfördelade via transformation och dessa transformerades därmed medan resterande data behölls utan transform. Sammanlagt kunde därmed 30 variabler normalfördelas medan det för 11 stycken ej var möjligt att åstadkomma denna fördelning.

Nio principalkomponenter, PK, hittades varav de två bästa PK sammanlagt kunde förklara 53,2 % av variansen hos variablerna, Figur 11. Då den tredje bästa PK endast ökade förklaringsgraden med 13,3 % utnyttjades endast två PK för att bibehålla en tydligare grafisk tolkning.

Variablernas individuella residualer varierade mellan 2,1 till 7,9 % med ett medelvärde på 5,0 % (Figur 12). Variabler med väldigt låg residual inkluderade höjdskillnaden, den formbeskrivande C_r samt skogsvariablerna skogsålder, skogshöjd och virkesvolym. Variabler som beskrevs sämre och därmed hade större residualer var bl.a. K_k och F_1 .



Figur 11. Principalkomponenternas förklaringsgrad



Figur 12. Respektive variablers residual för PK1 och PK2.

PK1 vilken kunde förklara 33,6 % av variationen associerades positivt med skogsvariabler samt morän och högt jorddjup men negativt med frånvaron av skog i variablerna betesmark och kalhygge, Figur 13. Den negativa associationen för PK1 involverade även torv samt de geometriska variablerna stor lutning och altitudskillnad samt höga värden på C_r (kompakta avrinningsområden). PK2 som förklarade 19,6 % av variansen associerades istället positivt

med D_D för högre tröskelvärden, F_1 , area och omkrets samt ungskog och blandskog. Den negativa associationen för PK2 involverade barrskog och topografiska och geometriska variabler som T_{VI} , D_D för låga tröskelvärden samt F_2 och U_f .

Ett stort antal korrelerade variabler kunde hittas i PCA där skogsålder, skogshöjd och virkesvolymen följde varandra väldigt nära vilket även gällde för altitudskillnad och lutning. Lövskog samt variablerna skogshöjd, skogsålder, virkesvolym, morän, lövskog, T_{VI} och jorddjup bildade ett kluster. Dessa variabler uppvisade negativ korrelation med den kumulativa avrinningen under växtperioden och avrinningsområdesstorleken i variablerna area och omkrets. Formfaktorerna 1 och 2 vilka, nära på, är varandras speglade kvoter var motsatta varandra och beskriver samma sak i stor utsträckning samt att U_f och F_2 var väldigt nära korrelerade, Figur 13.

Avrinningsområdena 9 och 10 samt 26 och 38 är nära grupperade medan resterande avrinningsområden är relativt väl utspridda. Samtliga avrinningsområdena är grupperade efter hur de ligger geografiskt där avrinningsområde 14, 25, 26 och 38, vilka alla är positionerade på Strömsjölidens nordöstra sida (Figur 13, Figur 1, A), är negativt associerade med PK1. Avrinningsområdena nr 3, 9 och 10 är belägna på södra sidan och uppvisade ingen korrelation med PK1 men nr 3 associeras negativt med PK2 medan nr 9 och 10 associeras positivt med PK2. Resterande avrinningsområden är positivt associerade med PK1.

TV för vårfloden år 2012 skiljde sig klart från TV för resterande tidsperioder vilka visade sig vara korrelerade till ett flertal skogsparametrar samt stort jorddjup och morän som jordart. TV visade sig hämmas av större, avlånga avrinningsområden där TV för växtperioden för båda åren var relativt nära varandra och motstående den kumulativa avrinningen. Den kumulativa avrinningen under vårfloden grupperade sig positivt associerat till formfaktor 1 (avlånga avrinningsområden) dominerat av myrmark och ungskog samt berg och morän. TV uppvisade positiv korrelation med T_{VI} och negativ med lutning och altitudskillnad.

3.4.2 Korrelationsanalys växtperiod

Åtta korrelationer mellan variabler och den kumulativa avrinningen för hela växtperioden kunde etableras med 90 % konfidens vilka var area, omkrets, C_r , $D_{D,5}$, virkesvolym, lövskog och myrmark. Korrelationen för lövskog och $D_{D,5}$ var signifikant för båda åren där trenden för lövskog var negativ medan trenden för $D_{D,5}$ var positiv. Under det blöta året 2012 hittades positiv korrelation mellan myrmark och avrinning medan en negativ korrelation hittades för morän samt virkesvolym under året 2013. År 2013 visade även en positiv korrelation mellan hög C_r och ökad avrinning (Tabell 14).

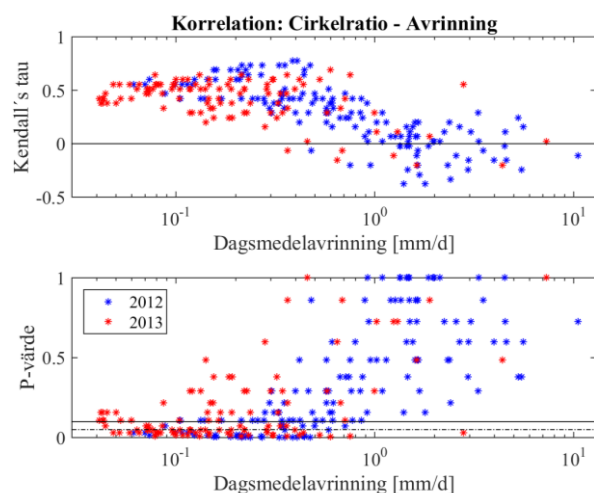
Hela 11 variabler hade korrelation med TV för avrinningen. C_r hade negativ korrelation medan jorddjupet påverkade TV positivt för båda studieåren. Lutningen följde variabeln höjdskillnad i att påverka TV negativt under år 2012 med nära till korrelation med 90 % konfidens även år 2013. Av resterande variabler visade sig söderläge år 2013 och kalhygge år 2012 att minska TV till skillnad mot skogsålder, skogshöjd, virkesvolym, jorddjup och morän vilka ökade avrinningens TV (Tabell 14).

Tabell 14. Kendalls Tau korrelationsanalys för kumulativ avrinning och dess tidsvariation under växtperioden åren 2012 och 2013 för variabler som uppvisade korrelation med avrinning. Mörkgrön och ljusgrön markerar korrelationer med minst 95 % respektive 90 % konfidens.

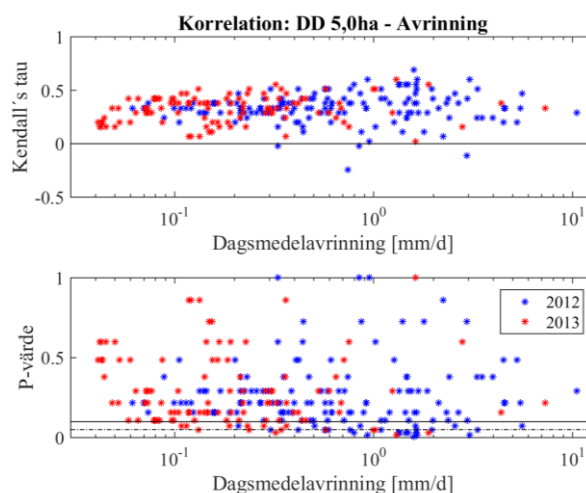
Variabel	Kumulativ avrinning växtperiod				Tidsvariation växtperiod			
	2012		2013		2012		2013	
	Tau	P-värde	Tau	P-värde	Tau	P-värde	Tau	P-värde
Area	0,51	0,05	0,60	0,02	-0,11	0,73	-0,42	0,11
Omkrets	0,69	0,00	0,69	0,00	-0,11	0,73	-0,33	0,22
C_r	0,20	0,48	0,56	0,03	-0,60	0,02	-0,56	0,03
Altitudskillnad	-0,02	1,00	0,42	0,11	-0,73	0,00	-0,60	0,02
Lutning	0,07	0,86	0,33	0,22	-0,56	0,03	-0,42	0,11
$D_{D,5}$	0,60	0,02	0,60	0,02	-0,29	0,29	-0,33	0,22
Aspekt	-0,05	0,93	0,09	0,79	-0,18	0,53	-0,46	0,09
Plan kurvighet	-0,02	1,00	-0,29	0,29	0,33	0,22	0,47	0,07
Skogsålder	-0,11	0,73	-0,38	0,16	0,69	0,00	0,38	0,16
Skogshöjd	-0,20	0,48	-0,38	0,16	0,51	0,05	0,29	0,29
Virkesvolym	-0,33	0,22	-0,51	0,05	0,56	0,03	0,42	0,11
Jorddjup	-0,05	0,93	-0,32	0,24	0,60	0,02	0,51	0,06
Morän	-0,23	0,44	-0,48	0,08	0,43	0,12	0,58	0,03
Lövskog	-0,67	0,02	-0,61	0,03	0,12	0,74	0,37	0,22
Kalhygge	0,09	0,79	0,36	0,18	-0,67	0,01	-0,36	0,18
Myr	0,54	0,05	0,16	0,61	0,16	0,61	0,16	0,61

En komplett sammanställning för korrelationsanalysen för hela växtperioden finns i BILAGA J. Medan korrelationsanalys för den kumulativa avrinningen för hela växtperioden endast uppvisade korrelationer för fem variabler uppvisades korrelationer med hela 21 variabler då analysen utvärderade korrelationen för daglig specifik avrinning. Nästan samtliga variabler som uppvisade korrelationer med den kumulativa avrinningen uppvisade starkast korrelation vid låga flöden, korrelationens signifikans och styrka minskade för högre flöden. Variabler som påverkade den kumulativa avrinningen positivt under torra perioder var area, omkrets,

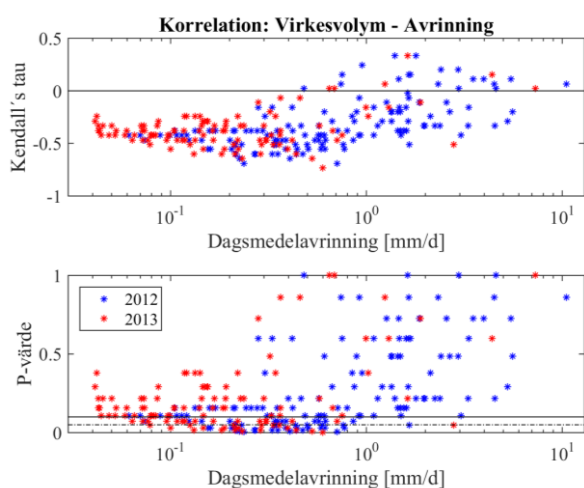
höjdskillnad, lutning, norrläge, C_r (Figur 14), betesmark, kalhygge och torv. Variabler som påverkade den kumulativa avrinningen negativt under låga flöden var jorddjup, morän, plan kurvighet samt skogsvariablerna skogshöjd, skogsålder och virkesvolym (Figur 16) medan T_{VI} visade negativ korrelation för höga flöden. K_k uppvisade både positiv och negativ korrelation för medelflöden men varken för låga eller höga flöden medan. $D_{D,5}$ visade sig ha liknande signifikans och styrka för sin korrelation för både höga och låga flöden, Figur 15, medan aspekt endast uppvisade korrelation för den kumulativa avrinningen under hela växtperioden men inte för dygnsmedelvärden. Myr visade sig ha negativ korrelation för låga flöden vilken övergick i positiv korrelation för höga flöden (Figur 17).



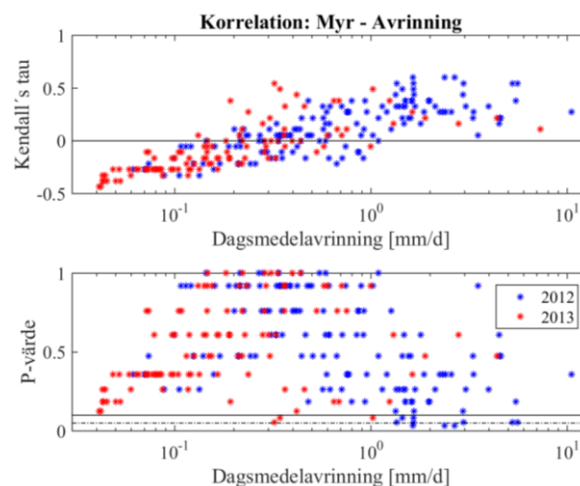
Figur 14. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för cirkelration växtperioden 2012 och 2013.



Figur 15. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för dräneringsdensiteten med 5 ha tröskelvärde växtperioden 2012 och 2013.



Figur 16. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för virkesvolym åren 2012 och 2013.



Figur 17. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för myrmark under växtperioden åren 2012 och 2013.

Övriga grafer för variabler som uppvisade signifikanta korrelationer under växtperioden presenteras i BILAGA K. Sammanfattningsvis uppvisade korrelationsanalysen under växtperioden statistiska samband för rundare, icke utdragna avrinningsområden med stora höjdskillnader, hög lutning och inslag av torv med liten växtlighet som betesmark eller kalhygge ökar den kumulativa avrinningen vid låga flöden. Avrinningsområden dominerade av moränmark med stort jorddjup och mycket skog visades ha en hämmande effekt på den kumulativa avrinningen vid låga flöden. För högre flöden minskar T_{VI} den kumulativa avrinningen, det grövre bäcknätverket avvattnar avrinningsområdet vid alla flöden medan myr hämmar avrinningen vid lågflöden och gynnar den vid högflöden.

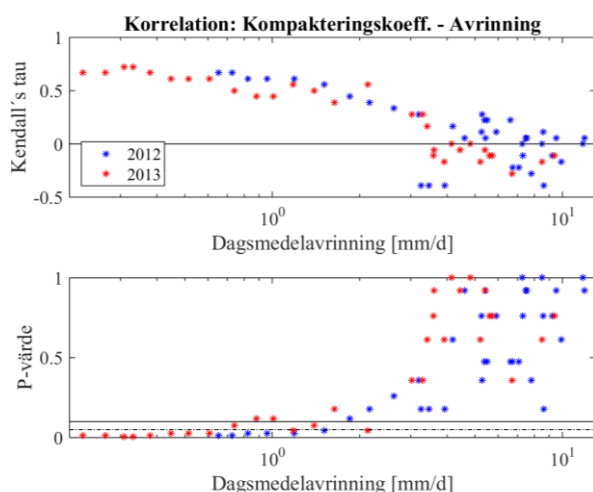
3.4.3 Korrelationsanalys vårflod

Korrelationer mellan variabler och den kumulativa avrinningen samt TV för vårfloden åren 2012 och 2013 var väldigt olika, för den kumulativa avrinningen vårfloden 2013 uppvisades inga statistiskt signifikanta korrelationer. Fyra variabler uppvisade korrelation med bättre än 90 % konfidens. Virkesvolym och barrskog visade sig ge upphov till minskad kumulativ avrinning år 2012 medan myrmark och $D_{D,5}$ uppvisade motsatt korrelation. För TV hittades nio variabler med bättre än 90 % konfidens. TV under 2012 visade sig öka för stora värden på T_{VI} , C_r och små värden på K_k . Negativ korrelation mellan kurvighet och lövskog mot TV hittades för året 2012 medan TV år 2013 hade positiv korrelation med morän och $D_{D,1}$ och negativ korrelation med K_k och ungskog (Tabell 15).

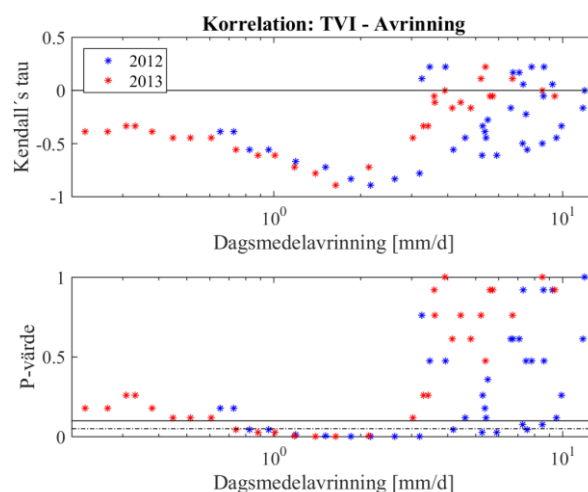
Tabell 15. Kendalls Tau korrelationsanalys för kumulativ avrinning och dess tidsvariation under vårfloden åren 2012 och 2013 för variabler som uppvisade korrelation med avrinning. Mörkgrön och ljusgrön markerar korrelation med minst 95 % respektive 90 % konfidens.

Variabel	Kumulativ avrinning vårflod				Tidsvariation vårflod			
	2012		2013		2012		2013	
	Tau	P-värde	Tau	P-värde	Tau	P-värde	Tau	P-värde
K_k	0,06	0,92	0,06	0,92	-0,11	0,76	-0,72	0,01
C_r	0,17	0,61	-0,28	0,36	0,56	0,04	-0,17	0,61
T_{VI}	0,47	0,07	0,42	0,10	0,00	1,00	0,61	0,02
$D_{D,1}$	-0,17	0,61	0,06	0,92	0,44	0,12	0,50	0,08
$D_{D,5}$	0,56	0,04	0,00	1,00	0,17	0,61	0,00	1,00
Plan kurvighet	0,00	1,00	0,00	1,00	-0,50	0,08	0,00	1,00
Profil kurvighet	0,11	0,76	0,11	0,76	-0,50	0,08	-0,11	0,76
Virkesvolym	-0,50	0,08	0,06	0,92	-0,33	0,26	0,17	0,61
Morän	-0,20	0,58	0,20	0,58	0,00	1,00	0,52	0,08
Lövskog	-0,39	0,28	0,13	0,78	-0,56	0,08	-0,13	0,78
Barrskog	-0,61	0,02	-0,17	0,61	0,11	0,76	0,28	0,36
Ungskog	0,25	0,41	0,14	0,68	-0,37	0,21	-0,48	0,09
Myr	0,69	0,02	0,25	0,47	-0,11	0,81	0,04	1,00

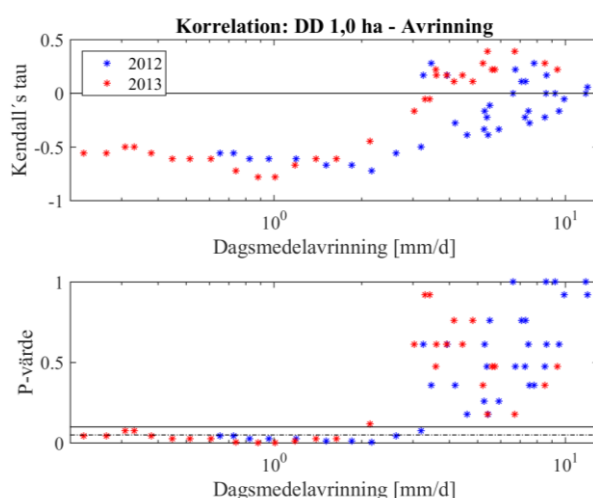
En komplett sammanställning för korrelationsanalysen för hela vårfloden finns i BILAGA J. För låga flöden hittades signifikant korrelation för variablerna K_k , T_{VI} , $D_{D,1}$, skogshöjd, myr, altitudskillnad och lutning (Figur 18, Figur 19 och Figur 20). För högre flöden hittades signifikanta korrelationer främst för variablerna blandskog, skogsålder och ungskog (Figur 21).



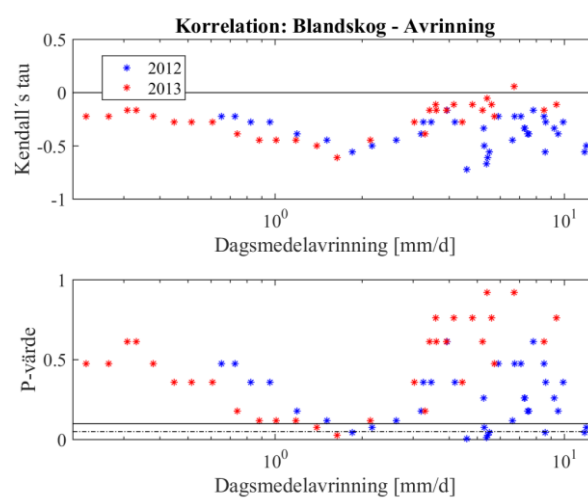
Figur 18. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för kompakteringskoefficienten under vårfloden 2012 och 2013.



Figur 19. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för T_{VI} under vårfloden 2012 och 2013.



Figur 20. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för dräneringsdensiteten med tröskelvärde 1,0 ha under vårfloden 2012 och 2013



Figur 21. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för blandskog under vårfloden 2012 och 2013.

Övriga grafer för variabler som uppvisade signifikanta korrelationer under vårfloden presenteras i BILAGA L. Sammanfattningsvis påvisades statistiska samband som styrker att kompakta avrinningsområden som domineras av morän och är väl dränerade får en ökad TV medan lövskog och kurvighet hade motsatt korrelation. Den totala kumulativa avrinningen under vårfloden gynnades av att det grövre bäcknätverket var större medan lågflöden gynnades av det finare bäcknätverket. Att skogsbeväxtade avrinningsområden minskade avrinningen vid lågflöden styrktes av skogshöjd och virkesvolym medan skogsålder visade på att gynna avrinningen för medelhöga flöden, dock med sämre signifikans. Avrinningsområden med kalhygge, stor altitudskillnad, lutning och myrmark visade signifikant korrelation för att öka avrinningen vid lågflöden medan ungskog visade trend för att öka avrinningen för högre flöden.

4 DISKUSSION

4.1 Specifik avrinning

Den specifika avrinningen har i denna studie använts för att jämföra avrinningen mellan avrinningsområdena av olika storlek. Metoden att ta fram avrinning via vattenståndsdata och areanormalisera dessa till specifik avrinning fick rimliga resultat jämfört Lyon m. fl. (2012) vilka utnyttjade samma metod. När denna data jämfördes med nederbörds mängden erhöles avrinningskoefficienterna vilka även de uppvisade rimliga resultat och trender som Rodríguez-Blanco m. fl. (2012) och Merz m. fl. (2006) fann där andelen avrinning som genereras av ett avrinningsområde är beroende nederbörds mängden.

4.2 Landskapsanalys

Korrelationsanalysen mot den kumulativa avrinningen fann signifikanta statistiska samband för 8 variabler för växtperioden och 5 för vårfloden. Den utökade korrelationsanalysen mot dygnsmedelavrinning fann korrelationer för ytterligare 12 variabler under växtperioden och 9 under vårfloden vilka uppvisar mer komplexa mönster i variablernas påverkan på avrinningens magnitud. Signifikanta statistiska samband mellan avrinningens TV och 11 av variablerna hittades för växtperioden medan 9 av variablerna uppvisade korrelation under vårfloden. Ett flertal variabler visade korrelation med varandra vilket främst framgick i PCA, vilket gör att en utvärdering av var variabel för sig kan vara missvisande. Den korrelation mot avrinning som hittats är därmed snarare en kombination av dessa variabler.

Vid tolkning av korrelationer under vårfloden bör stor skepticism vidtas då flödesdata för hela vårfloden inte registrerats och de initiala topparna av vårfloden missats vilket resulterar i att endast halva bilden syns. Detta gäller speciellt för vårfloden året 2013 då majoriteten av datan representerar vårflodens recession varför det redan smält bort stora mängder snö och is innan. Året 2012 representerar vårfloden bättre då snösmältningen i området "Krycklan", ca 35 km från Strömsjöleden, startade den 22 april med ett litet snösmältningstillfälle i slutet av mars (Karlsen, 2015). Oklara korrelationer under vårfloden kan även bero på depositionen av snö under vintern samt att smältning av snö- och islagret på våren är mer homogen ju mindre lutningen är (Schelker m. fl., 2013). Förslag och resonemang för de statistiska samband som hittats följer härefter.

Den negativa korrelationen för skogsvolym och den positiva korrelationen för kalhygge med den kumulativa avrinningen under växtperioden följer resultaten av Sørensen m. fl. (2009) vilka fann störst påverkan av skog under lågflöden. Vid högflöden är skogens vattenupptag relativt den tillgängliga mängden vatten litet och skogen får liten påverkan på dessa flöden medan motsatt effekt sker vid lågflöden (Lyon m. fl., 2012). Att påverkan är störst under lågflöden gör att den totala procentuella avrinningen inte påverkas i samma utsträckning då stora delar av flödet som bidrar till detta sker vid högflöden. Detta kan förklara varför få korrelationer hittades mot den kumulativa avrinningen för hela växtperioden men väldigt klara korrelationer för låga flöden. Flödestoppar förblir relativt oförändrade medan lågflödet sänks radikalt och därmed ökar TV (Branfireun och Roulet, 2002; Rosén m. fl., 1996). Med samma resonemang påverkar inte kalhyggen och betesmark evapotranspirationen i samma utsträckning (jämfört skogsbeklädda områden) vilket minskar TV då basflödet ej dras ned lika radikalt. van der Velde m. fl. (2013) studerade effektiviteten hos evapotranspirationen för olika marktäckan i Sverige och kom fram till att naturliga öppna landskap beklädda av växtlighet, som inte är skog eller våtmark, är ineffektiva vad gäller att utnyttja tillgänglig energi och vatten för evapotranspiration jämfört med skog och våtmark.

Den negativa korrelation ungskog uppvisade motbevisar resultaten för studier av Hornbeck m. fl. (1993) vilka kom fram till motsatt effekt på avrinning då interception av nederbörd och evapotranspiration hos unga träd överstiger den för färdigvuxna träd. De statistiska samband som hittades för marktäckan som ungskog och framförallt betesmark och lövskog anses vara väldigt osäkra då dessa områden utgör sådan liten del av studieområdet.

Skogens påverkan genom att minska den kumulativa avrinningen under vårfloden kan förklaras med det ökade vattenupptaget. En mer trolig förklaring är dock den ökade interceptionen och därmed minskade snö- och islagret vilket styrks av den motsatta korrelationen för kalhygge (Hornbeck m. fl., 1993). Schelker m. fl. (2013) utförde en studie i Balsjö, ca 20 km från Strömsjölidens, och kom fram till att mängden vatten från vårfloden ökade med mellan 27 upp till 39 % för kalhyggen relativt skogsmark. Kalhygge gynnar även ytavrinning i viss mån p.g.a. den markpackning som sker vid skogsbruk (Brown m. fl., 2005).

Laudon m. fl. (2007) kom fram till att för undersökta skogsdominerade boreala avrinningsområden på moränmark infiltrerade majoriteten av nederbörden, även smältvatten under vårfloden. Transmissivitetsåterkopplingen av denna infiltration kan förklara varför morän får sådan positiv korrelation med TV (Bishop m. fl., 2004). Denna snabba respons ger hydrografen högre toppar och lägre basflöde vilket ökar TV. Den positiva korrelationen mellan morän och minskad kumulativ avrinning, främst för låga flöden förväntas snarare vara en funktion av växtligheten.

Jorrdjupets nära korrelation med de skogsrelaterade variablerna i kombination med att jorrdjupet är relativt stort, att skillnaden mellan avrinningsområdena är liten samt att felmarginalen i dessa jordartskartor är stor gör att resultatet lätt kan övertolkas. Dess negativa korrelation med kumulativa avrinningen och ökad TV under växtperioden följer dock resultaten av Gardner och McGlynn (2009), vilket tyder på att djupare jordlager minskar chansen för snabba ytliga flödesvägar. Nederbörden infiltrerar istället djupare och kan tas upp av växtligheten under en längre tid vilket sänker basflödet.

Torvmark och myr förväntades visa positiv spatial korrelation vilket i PCA (Figur 13) var raka motsatsen. Detta kan förklaras med Figur 1, C och Figur 1, D där myrmark till största delen befinner sig på torvjord men att stora delar av torvjordarna inte är beklädda av myrmark. Den torvjord som saknar myrmark ligger främst på Strömsjölidens östra sida vilken även är den del som är utdikad i störst utsträckning. Den positiva korrelationen mellan torv och avrinningens storlek för låga flöden kan därmed vara en funktion av hög dikesdensitet vilket styrks i PCA av att torv ligger nära $D_{D,1}$. Utdikningen och kulverteringen rätar ut flödesvägarna och ger därmed snabbare avrinningsrespons samt dränerar marken (Schreiber och Tranvik, 2007; Gardner och McGlynn, 2009).

Myrmarken i Strömsjölidens uppvisade karaktärsdrag likt dem som Quinton & Roulet (1998) och Oswald m. fl. (2011) fann för torvdominerad våtmark vilken växlar mellan två hydrologiska funktioner beroende på tröskelvärde för hur mycket vatten myrmarken kan lagra, likt en damm. Då flödet in i våtmarken från omliggande mark eller nederbörd understiger utflödet från evapotranspiration och avrinning dräneras våtmarken. Om våtmarkens vattenhalt understiger tröskelvärde skärs flödet via avrinning av från dessa bassänger. Myren aggregerar då som en buffert som håller kvar vatten vilket kan förklara den negativa korrelationen vid låga flöden. Under våtare perioder med högflöden då våtmarken mätas med vatten sker motsatt hydrologisk respons där hela våtmarken avvattnas som en enhet och inflöde uppströms ger snabb respons ut ur myren. Richardson m. fl., 2012 följde upp dessa studier och beskrev ett något mer komplext system där lagringskapacitet och flödesvägar inom våtmarken ej uppvisade linjära samband samt potentiella laterala flöden

mellan myrmark och omliggande marktäcke. Detta kan förklara den successiva övergången som observerades i korrelationsanalysen. Myrmark har därmed en väldigt komplex påverkan på hydrologin som är väldigt beroende dess lagringskapacitet samt klimatet. Dessvärre utgör myrmarken sådan liten del av studieområdet att dessa resultat anses vara väldigt osäkra och att inga säkra slutsatser kan fattas.

Söderlägets påverkan genom att minska avrinningen kan förklaras av ökningen i evapotranspirationen från skogen vilket påverkar mest under lågflöden. Aspekt är en funktion av att det finns en lutning och både aspekt och lutning påverkar instrålningen från solen på markplanet. Kombinationen av dessa två kan ha signifikant påverkan på instrålningen. Aspekt och lutningen avgör inte endast hur stor den skuggade arean av avrinningsområdet är utan påverkar även instrålningens effektivitet då ett avrinningsområde med söderläge och hög lutning får en mer vinkelrät instrålning än ett avrinningsområde med svag lutning där instrålningen sprids ut mer (Nippgen m. fl., 2011).

Den topografiska lutningen uppvisade signifikant korrelation för att öka den kumulativa avrinningen och dess TV genom variablerna lutning och T_{VI} vilket följer resultaten av Shanley m. fl. (2002). De förklarar denna korrelation genom att små lutningar minskar möjligheten för vatten att dräneras vilket ger mer utdragen hydrologisk respons. Topografins påverkan, även för detta område med liten lutning beror på att de undre jordlagren har lägre hydraulisk konduktivitet vilket dränerar marken sämre vilket i sin tur skapar en högre grundvattenyta som följer topografen (Eriksson m. fl., 1966). Detta förklarar varför den positiva korrelationen med den kumulativa avrinningen och TV för T_{VI} var störst vid höga flöden och därmed blöta tillstånd som under vårfloden. Att lutningen och altitudskillnaden uppvisade signifikanta korrelationer under låga flöden tyder dock på att T_{VI} inte nödvändigtvis visar hela bilden utan att topografen även har en signifikant påverkan för att öka lågflöden. Osäkerheter i beräkningen av T_{VI} beror till stor del på upplösningen hos den DEM som används (Sorensen m. fl., 2006) varför en utökad analys för olika algoritmer för beräkning av avrinningsområdes area och lutning samt olika rasterupplösningsgrader kan påverka resultatet för T_{VI} avsevärt.

Var utloppet på avrinningsområdet är lokaliserat påverkar beräkningen av längden av avrinningsområdet och får därmed stor påverkan på hur väl formfaktorerna beskriver avrinningsområdet. Att formfaktorerna och U_f representerar avrinningsområdena dåligt visar därmed upp klara brister för att utnyttja avrinningsområdenas längd för att förklara dess form för dessa avrinningsområden. Hydrografens utseende påverkas av avrinningsområdets form där utdragna avrinningsområden resulterar i en mer utdragen respons vilket därmed minskar TV (Narayan m. fl., 2012; Snyder, 1938). Kompakta avrinningsområden (hög C_r och lågt K_k) förväntades därmed få positiv korrelation med TV vilket inte var fallet under växtperioden men under vårfloden uppvisades denna korrelation för C_r år 2012 och K_k år 2013. Korrelationernas inkonsekventa resultat, även för den kumulativa avrinningen, gör att för att hitta samband mellan form och hydrografens förväntade utseende krävs fler parametrar eller bättre sätt att förklara formen.

Bäcknätverkets förmåga, representerat av D_D , att dränera ett avrinningsområde (Murphy m. fl., 2008; Rodriguez-Iturbe och Valdes, 1979) kan förklara korrelationen mellan $D_{D,5}$ och avrinningens magnitud för hela flödesspektrat under växtperioden. Korrelationen tyder på att detta grövre bäcknätverk är aktivt och leder vatten under hela växtperioden till skillnad från det finare bäcknätverket representerat av $D_{D,1}$ som inte uppvisade någon signifikant korrelation. Studien av Buffam m. fl. (2008), utförd i Krycklan, fann att de mindre bäckarna i nätverkets källa tenderade att frysa under vintern vilket kan förklara den negativa

korrelationen som uppvisades för lågflöden och medelflöden under vårfloden av det finare bäcknätverket, $D_{D,1}$ där dessa bäckar blockeras och stoppar upp flödet. Detta styrks av att det grövre bäcknätverket visade positiv korrelation under höga flöden, då blockaderna uppströms bryts och detta nätverket blir aktivt.

Hög D_D resulterar i att medelavståndet till närmaste vattendrag för en vattenpartikel som landar i avrinningsområdet är liten (Dingman, 1978). Ett större bäcknätverk och därmed större D_D ger upphov till att markens vattenlager töms i bäcknätverket snabbare och får högre flödestoppar efter nederbördstillfällena (Buttle och Eimers, 2009). Problemet med att endast den senare delen av vårfloden analyserades är att stora mängder av avrinningen redan kan ha skett, främst för de avrinningsområden med ett väl utvecklat fint bäcknätverk, $D_{D,1}$. Den negativa korrelation som därmed uppvisas kan därmed tyda på att denna variabel snabbt dränerat bort stora delar av vårfloden och har en positiv effekt på både den kumulativa avrinningen och TV. Figur 9 och Figur 10 vilka visar vårfloden stödjer detta senare resonemang där avrinningsområde 9 och 10 har lägst flöde under recessionen och höga flöden tidigt under vårfloden för båda åren, vilket även givit dem störst TV. Dessa avrinningsområden har höga värden, nästan de största för $D_{D,1}$ medan avrinningsområde 3, vilket har låg TV och jämnare avrinning under vårfloden, har det lägsta värdet för $D_{D,1}$.

Målet med variablerna som beskrev kurvighet var att få den övergripande kurvigheten för avrinningsområdena. Den profila kurvigheten ger ett mått på hur lutningen förändras längs med flödesriktningen vilket påverkar gravitationens inverkan på acceleration och inbromsning och därmed grundvattenytans lutning. Den planforma kurvigheten beskriver istället hur flödet aggregeras ihop till större flöden genom avrinningsområdet och beskriver lutningens förändring parallellt med flödesriktningen (Romstad och Etzelmüller, 2012). Metoden för att ta fram kurvighet i ArcGIS gör detta cellvis (ESRI, n.d.) vilket för den höga upplösningen gör att den planforma kurvigheten snarare ger bilden av flödeskanaler än den övergripande kurvigheten för hela avrinningsområdet. Den planforma kurvighetens beskrivning av konvergens respektive divergens av flöde tenderar därmed att ge extrema värden för områden där gradienten är liten vilket gör att den tangentiella kurvigheten kan ge bättre resultat. Den tangentiella kurvigheten beräknas för ett helt plan parallellt med flödesriktningen istället för i en punkt som för den planforma kurvigheten (Romstad och Etzelmüller, 2012). Från resultaten för kurvigheten anses det därmed inte vara möjligt att dra andra slutsatser än att vidare utforskning av kurvigheten, t.ex. med tangentiella kurvigheten eller med grövre rasterfiler behövs. Thompson m. fl. (2001) utvärderade hur DEM upplösningen i rasterberäkningar påverkade resultatet och fann att mindre topografiska strukturer fick reducerad påverkan men att det medföljde att lutningen i vissa fall generaliserades mycket.

4.3 Datakvalitet

De mätdata som utvärderats och analyserats i denna studie har mätfel som härstammar från mätinstrumentet eller fel i uppställning av mättekniker. Rasterfiler som använts i landskapsanalysen har i många fall baserats på flygfoton och punktmätningar vilket generaliserat dem i väldigt stor utsträckning.

4.3.1 Vattenstånd

Under mätningen av vattenstånd har ett flertal mätfel uppstått i dataserien, t.ex. då överfallet blockerats av is eller material som följt med vattenflödet. Blockaden höjer vattenståndet i dammen vilket ger en icke-stationär avbördningskurva och flödet överskattas. Hur förhållandet mellan vattenstånd och flöde förändras vid blockad beror av blockadens utformning och kan ej approximeras. Vid manuella mätningar av vattenstånd, inhämtning av loggerdata eller annat underhåll av mätstationerna har mättekniker rensat överfallet från störande material. Denna rensning ger en snabb vattenståndsförändring vilket har korrigerats

för men då blockaden troligtvis byggts upp succesivt, vilket inte ger tydliga förändringar i dataserien, gör justeringar för sådana fel svåra att utföra eller uppskatta. Då flödet är en potensfunktion av vattenståndet påverkar överskattade vattenståndsdata mycket mer än underskattade mätpunkter trots att de skiljer sig från det sanna vattenståndet i samma utsträckning. Blockad kan däremot endast ske vid låga flöden då den spolas bort vid höga flöden vilket gör att dessa störningar ej bör påverka den kumulativa avrinningen avsevärt. En stor mängd tid har lagts ned på att justera sådana fel vilket är anledningen till den stora mängd korregeringsfaktorer som använts och vattenståndsserien anses vara godtyckligt korrekt till den ”sanna” mätserien. Utstickande punkter i korrelationsanalysen mot dygnsmedelavrinning kan dock ha sitt ursprung från sådana här fel.

4.3.2 Beräkningar för vattenföring och avrinning

Metoden för att omvandla vattenstånd till vattenflöde har krävt beräkningar och antaganden som involverar korregeringsfaktor och avbördningskurvor för vilka det finns potentiella felkällor som influerat resultatet.

Uteliggare kan spela stor roll i att förskjuta vattenståndet felaktigt om inga andra eller väldigt få mätpunkter finns för det intervall korregeringsfaktorn tas fram för. Manuella höjdmätningar som beskriver det verkliga vattenståndet för åren 2012 och 2013 finns i stor utsträckning och uteliggare har kunnat tas hänsyn till för långa tidsperioder. I ett flertal fall har dock mätserierna delats upp i flera korregeringsfaktorer då mätutrustningen flyttats i höjddled. I dessa fall har korregeringsfaktorerna baserats på väldigt få punkter, vilket gör dem känsliga för uteliggare. Beräkningarna av korregeringsfaktor anses dock trovärdiga då de baserats på många mätpunkter, hänsyn togs till vattenytans lutning och standardavvikelsen är låg.

Små skillnader i C_{st} värdet har stor påverkan på avrinningen vilket visar att resultatet är väldigt känsligt för uteliggare men även att dessa kalibreringar är viktiga. Även fast kalibreringen gjordes med få mätningar i samtliga fall antas den vara tillräckligt bra då fältmätningarna för flödet är relativt bra utspridda för fallen då det finns flera fältmätningar och medianflöden presenteras väl för samtliga mätstationer i dessa fältmätningar.

4.3.3 Landskapsdata

En stor potentiell felkälla för samtliga variabler är avrinningsområdenas storlek och hur de tagits fram. Möjliga fel i den DEM som användes samt fältmätningarna för kulvertar och diken kan ha signifikant påverkan på resulterande avrinningsområdets utformning. Ett felaktigt avrinningsområde gör att de efterföljande variabler som beräknas på detta avrinningsområde blir felaktiga men framförallt får det påverkan på den specifika avrinningen. Just detta problem är anledningen till att avrinningsområde 27 togs bort från analysen då dess avrinningsområde var orealistiskt litet i förhållande till dess avrinning. Underskattningen av avrinningsområde 27 resulterar även i att närliggande avrinningsområdena 14 och 26 kan ha överskattats. Denna överskattning anses dock vara försumbar då avrinningsområde 27 var väldigt litet (endast 6 ha) relativt dessa två.

Rasterfilerna för jordart, jorddjup och högsta kustlinjen förväntas vara osäkra då de tagits fram med hjälp av flygbildstolkning och att dess felmarginer därav är väldigt stora i förhållande till avrinningsområdenas storlek. Att jordartskartan endast har ett grundlager (av torv och morän) är dessutom ytterst märkligt då HK delvis är ovan fyra avrinningsområden på östra sidan vilka därav mycket väl kan ha svallade jordarter ovan grundlagret (SGU, n.d.). Den låga andelen av torv och berg i dagen som jordart minskar trovärdigheten i dess korrelationer.

Skogskartan har en ganska stor upplösning med 25 x 25 meters rasterrutor och dess användningsområde är främst för större områden (minst några hundra hektar) vilket inte är

fallet för denna studie där största avrinningsområdet endast är 120 ha, Tabell 1. Dessa rasterfiler är framtagna från riksskogsinventeringen, satellitbilder och modellen är bl.a. kalibrerad på data från området ”Krycklan” nära Strömsjöleden vilket gör dem mer pålitliga (SLU, 2010). Att dessa rasterfiler dessutom representerar tillståndet för år 2010 gör sannolikheten större att skogsförhållandena i området är detsamma med avseende på kalhyggen och tillväxt. Den marktäckesdata som erhöles från Lantmäteriet har en lika grov upplösning på 25 x 25 m men antas inte vara lika representativa för tillståndet under år 2012 och 2013 då dessa data representerar år 2000 varefter stora skillnader i tillväxt samt kalhyggen kan ha skett (Naturvårdsverket, 2014).

4.4 Förbättringar

Förslag på förbättringar och utökning: Datakvaliteten skulle kunna förbättras radikalt med [1] fler fältmätningar för beräkning av korrigeringsfaktor och avbördningskurvor med större fokus på att inkapsla hela flödesspektrat. [2] Kontroll av störningar på överfall och mätutrustning skulle behöva utökas för att eventuella mätfel ska kunna reduceras. [3] Dammar med överfall bör monteras vid samtliga av de 22 avrinningsområdena vid vilka vattenstånd registreras för att utöka datamängden. [4] Mätutrustning som loggar bör spridas jämnt över mätstationerna för att säkerställa att det finns data för alla avrinningsområden under samma tidsperiod.

Landskapsanalysen kan förbättras genom [5] fältmätningar av geologi och marktäcke för att bekräfta eller motbevisa de data som kan erhållas från Lantmäteriet, SGU och SLU samt avgränsa vattendelare för avrinningsområdena. [6] kommunikation med skogsbolaget som äger skogen för att registrera när och vart nya kalhyggen skapas.

Analysen av geometriska variabler och topografiska index kan utvecklas med en [7] känslighetsanalys som utvärderar hur resultatet påverkas av olika algoritmer samt olika upplösning på DEM för beräkning av lutning och avrinningsområde. [8] Analysen kan ytterligare utökas med responsanalyser för att utreda tidsfördröjning, magnitud och recession i större utsträckning med fokus på enskilda nederbördstillfällen.

5 SLUTSATSER

Studiens syfte var att sammanlänka karaktärsdrag i landskapet med den avrinning som landskapet genererar under och efter nederbördstillfällen för att kunna förutsäga det hydrologiska tillståndet nedströms. Korrelationsanalys med Kendalls Tau och PCA användes för att analysera 10 avrinningsområden i Strömsjölidens varpå korrelationer kunde hittas för 19 variabler för avrinningens storlek och 11 variabler för avrinningens tidsvariation under växtperioden. 10 variabler uppvisade korrelation mot avrinningens storlek och nio variabler mot avrinningens tidsvariation under vårfloden. Dessa statistiska samband kunde i de flesta fall förklaras, främst de variabler som berör marktäckning och geologi, medan vissa variabler beräknade på topografin var mer oklara. Den starka korrelation som fanns mellan flera variabler skapar svårigheter i att tolka variablerna individuellt. Detta i kombination med dålig datakvalitet för vissa variabler gör att endast ett fåtal slutsatser för Strömsjölidens avrinningsområdets hydrologi kan göras:

- Skog minskar avrinningen och torkar ut landskapet, främst under perioder med lågflöden vilket ökar avrinningens variation. Korrelationen är tydligast under växtperioden och under vårfloden är korrelationen mindre tydlig men ändå signifikant, framförallt år 2012 som representerar vårfloden bäst.
- Dränering av skogsmark via bäcknätverket har en signifikant påverkan under både växtperioden och vårfloden där höghöden, främst under vårfloden utnyttjar det finare nätverket och det grövre nätverket har större påverkan under lågflöden för växtperioden.
- Lutningens storlek påverkar genom att driva på grundvattenflödet, även i dessa lågt lutande områden. Enkelt beräknade topografiska variabler som lutning kan därmed vara användbara för att förutsäga avrinning men komplettering med mer komplexa variabler som T_{VI} kan förbättra resultatet.

Studien har uppvisat problematiken som uppstår vid framtagandet av topografiska index vilka påverkas av källmaterialet. För att på ett bättre sätt förklara topografin via sådana index bör mer grundläggande efterforskning utföras. T.ex. via känslighetsanalys för hur rasterupplösning för DEM och beräkningsmetod av indexen påverkar resultatet.

Studiens resultat visar att korrelationsanalys har bra potential för att förklara hur ett avrinningsområde kan påverka avrinningen. Den visade även att för att utvärdera så många parametrar som denna studie gjort bör mer data inkorporeras för flera år och framförallt flera avrinningsområden.

REFERENSER

- Abenius, J., 2014. Våtmark - Naturvårdsverket [webbsida]. URL <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vatten/Vatmark/#> (hämtat 7.21.15).
- Ågren, A.M., Lidberg, W., Ring, E., 2015. Mapping Temporal Dynamics in a Forest Stream Network—Implications for Riparian Forest Management. *Forests* 6, 2982–3001. doi:10.3390/f6092982
- Ågren, A.M., Lidberg, W., Strömberg, M., Ogilvie, J., Arp, P.A., 2014. Evaluating digital terrain indices for soil wetness mapping – a Swedish case study. *Hydrol Earth Syst Sci* 18, 3623–3634. doi:10.5194/hess-18-3623-2014
- Ahad, N.A., Yin, T.S., Othman, A.R., Yaacob, C.R., 2011. Sensitivity of Normality Tests to Non-normal Data. *Sains Malays.* 40, 637–641.
- Alkan, B.B., Atakan, C., Alkan, N., 2015. A comparison of different procedures for principal component analysis in the presence of outliers. *J. Appl. Stat.* 42, 1716–1722. doi:10.1080/02664763.2015.1005063
- Anderson, G.B., 2013. Principal component analysis in R - An examination of the different functions and methods to perform PCA.
- Bishop, K., Seibert, J., Köhler, S., Laudon, H., 2004. Resolving the Double Paradox of rapidly mobilized old water with highly variable responses in runoff chemistry. *Hydrol. Process.* 18, 185–189. doi:10.1002/hyp.5209
- Böhme, M., Winkhofer, M., Ilg, A., 2011. Miocene precipitation in Europe: Temporal trends and spatial gradients. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., The Neogene of Eurasia: Spatial gradients and temporal trends - The second synthesis of NECLIME* 304, 212–218. doi:10.1016/j.palaeo.2010.09.028
- Branfireun, B.A., Roulet, N.T., 2002. Controls on the fate and transport of methylmercury in a boreal headwater catchment, northwestern Ontario, Canada. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 6, 783–794.
- Brown, A.E., Zhang, L., McMahon, T.A., Western, A.W., Vertessy, R.A., 2005. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *J. Hydrol.* 310, 28–61. doi:10.1016/j.jhydrol.2004.12.010
- Buffam, I., Laudon, H., Seibert, J., Mörth, C.-M., Bishop, K., 2008. Spatial heterogeneity of the spring flood acid pulse in a boreal stream network. *Sci. Total Environ.* 407, 708–722. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.10.006
- Burn, D.H., Hag Elnur, M.A., 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *J. Hydrol.* 255, 107–122. doi:10.1016/S0022-1694(01)00514-5
- Buttle, J.M., Eimers, M.C., 2009. Scaling and physiographic controls on streamflow behaviour on the Precambrian Shield, south-central Ontario. *J. Hydrol.* 374, 360–372. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.06.036
- Dingman, S.L., 1978. Drainage Density and Streamflow: A Closer Look. *Water Resour. Res.* 14, 1183–1187. doi:10.1029/WR014i006p01183
- Eriksson, E., Gustafsson, Y., Nilsson, K., 1966. Ground Water Problems: Proceedings of the International Symposium Held in Stockholm. Elsevier.
- ESRI, 2012. ArcGIS Help 10.1 - How Aspect works [webbsida]. URL <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009z000000vp000000> (hämtat 8.25.15).
- ESRI, n.d. What is GIS?
- Gardner, K.K., McGlynn, B.L., 2009. Seasonality in spatial variability and influence of land use/land cover and watershed characteristics on stream water nitrate concentrations in a developing watershed in the Rocky Mountain West. *Water Resour. Res.* 45, W08411. doi:10.1029/2008WR007029
- Gleick, P., 1994. Water and peace in the middle east.

- Grabs, T., 2010. Water quality modeling based on landscape analysis: importance of riparian hydrology. Stockholm.
- Grabs, T., Seibert, J., Bishop, K., Laudon, H., 2009. Modeling spatial patterns of saturated areas: A comparison of the topographic wetness index and a dynamic distributed model. *J. Hydrol.* 373, 15–23. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.03.031
- Grung, B., Manne, R., 1998. Missing values in principal component analysis. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* 42, 125–139. doi:10.1016/S0169-7439(98)00031-8
- Hornbeck, J.W., Adams, M.B., Corbett, E.S., Verry, E.S., Lynch, J.A., 1993. Long-term impacts of forest treatments on water yield: a summary for northeastern USA. *J. Hydrol.* 150, 323–344. doi:10.1016/0022-1694(93)90115-P
- Horton, R.E., 1932. Drainage-basin characteristics. *Eos Trans. Am. Geophys. Union* 13, 350–361. doi:10.1029/TR013i001p00350
- In-Situ Inc, 2013. Level TROLL® 400, 500 & 700 Data Loggers.
- Jencso, K.G., McGlynn, B.L., 2011. Hierarchical controls on runoff generation: Topographically driven hydrologic connectivity, geology, and vegetation. *Water Resour. Res.* 47, W11527. doi:10.1029/2011WR010666
- Jenson, S., Domingue, J.O., 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis.
- Karlsen, R., 2015. Krycklan.
- Kavraki, L.E., 2015. Dimensionality Reduction Methods for Molecular Motion - OpenStax CNX [webbsida]. openstax. URL <http://cnx.org/contents/02ff5dd2-fe30-4bf5-8e2a-83b5c3dc0333@10/Dimensionality-Reduction-Metho> (hämtat 9.2.15).
- Kling, J., 2011. Några tänkbara användningsområden för nya höjddatabasen med 2 m upplösning. Göteborg.
- Kuraś, P.K., Weiler, M., Alila, Y., 2008. The spatiotemporal variability of runoff generation and groundwater dynamics in a snow-dominated catchment. *J. Hydrol.* 352, 50–66. doi:10.1016/j.jhydrol.2007.12.021
- Lantmäteriet, 2014. Produktbeskrivning: GSD-Höjddata, grid 2+.
- Laudon, H., Berggren, M., Ågren, A., Buffam, I., Bishop, K., Grabs, T., Jansson, M., Köhler, S., 2011. Patterns and Dynamics of Dissolved Organic Carbon (DOC) in Boreal Streams: The Role of Processes, Connectivity, and Scaling. *Ecosystems* 14, 880–893. doi:10.1007/s10021-011-9452-8
- Laudon, H., Sjöblom, V., Buffam, I., Seibert, J., Mörth, M., 2007. The role of catchment scale and landscape characteristics for runoff generation of boreal streams. *J. Hydrol.* 344, 198–209. doi:10.1016/j.jhydrol.2007.07.010
- Lawrence, N., 2005. Probabilistic Non-linear Principal Component Analysis with Gaussian Process Latent Variable Models. *J Mach Learn Res* 6, 1783–1816.
- Lindsay, J.B., 2005. The Terrain Analysis System: a tool for hydro-geomorphic applications.
- Lyon, S.W., Nathanson, M., Spans, A., Grabs, T., Laudon, H., Temnerud, J., Bishop, K.H., Seibert, J., 2012. Specific discharge variability in a boreal landscape. *Water Resour. Res.* 48, W08506. doi:10.1029/2011WR011073
- Martens, H., Martens, M., 2001. Multivariate Analysis of Quality: An Introduction. John Wiley & Sons.
- MathWorks, n.d. Least-Squares Fitting - MATLAB & Simulink - MathWorks Nordic [webbsida]. URL <http://se.mathworks.com/help/curvefit/least-squares-fitting.html> (hämtat 7.29.15).
- Merz, R., Bloesch, G., Parajka, J., 2006. Spatio-temporal variability of event runoff coefficients. *J. Hydrol.* 331, 591–604. doi:10.1016/j.jhydrol.2006.06.008
- MJK Automation AB, 2009. Nivågivare mjk 1400 Expert.

- Montgomery, D.R., Dietrich, W.E., 1989. Source areas, drainage density, and channel initiation. *Water Resour. Res.* 25, 1907–1918. doi:10.1029/WR025i008p01907
- Murphy, P.N.C., Ogilvie, J., Meng, F.-R., Arp, P., 2008. Stream network modelling using lidar and photogrammetric digital elevation models: a comparison and field verification. *Hydrol. Process.* 22, 1747–1754. doi:10.1002/hyp.6770
- Narayan, K., P. K. S., D., S. B., D., 2012. GIS supported Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph (GIUH) of Varuna river basin using Geomorphological Characteristics. *Int. J. Adv. Earth Sci.* 1, 68–76.
- Nathanson, M., W. Kean, J., J. Grabs, T., Seibert, J., Laudon, H., W. Lyon, S., 2012. Modelling rating curves using remotely sensed LiDAR data (No. DOI: 10.1002/hyp.9225), *Hydrological Processes*.
- Naturvårdsverket, 2014. Svenska Marktäckedata (Produktbeskrivning).
- Nicolson, J., 1980. Water and Chemical Budgets for Terrestrial Basins at the Turkey Lakes Watershed. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Print 88–95.
- Nippgen, F., McGlynn, B.L., Marshall, L.A., Emanuel, R.E., 2011. Landscape structure and climate influences on hydrologic response. *Water Resour. Res.* 47, W12528. doi:10.1029/2011WR011161
- Olsson, J., Södling, J., Wetterhall, F., 2013. Högupplösta nederbördsdata för hydrologisk modellering: en förstudie (No. ISSN: 0283-7722 © SMHI). Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, Norrköping.
- Oswald, C.J., Richardson, M.C., Branfireun, B.A., 2011. Water storage dynamics and runoff response of a boreal Shield headwater catchment. *Hydrol. Process.* 25, 3042–3060. doi:10.1002/hyp.8036
- Prentice, I.C., Sykes, M.T., Cramer, W., 1991. The Possible Dynamic Response of Northern Forests to Global Warming. *Glob. Ecol. Biogeogr. Lett.* 1, 129–135. doi:10.2307/2997426
- Quinton, W.L., Roulet, N.T., 1998. Spring and Summer Runoff Hydrology of a Subarctic Patterned Wetland. *Arct. Alp. Res.* 30, 285–294. doi:10.2307/1551976
- Richardson, M., Ketcheson, S., Whittington, P., Price, J., 2012. The influences of catchment geomorphology and scale on runoff generation in a northern peatland complex. *Hydrol. Process.* 26, 1805–1817. doi:10.1002/hyp.9322
- Rodhe, A., 1989. On the Generation of Stream Runoff in Till Soils. *Nord. Hydrol.* 20, 1–8.
- Rodriguez-Iturbe, I., Valdes, J.B., 1979. The geomorphologic structure of hydrologic response. *Water Resour.* 15.
- Romstad, B., Etzelmüller, B., 2012. Mean-curvature watersheds: A simple method for segmentation of a digital elevation model into terrain units. *Geomorphology* 139–140, 293–302. doi:10.1016/j.geomorph.2011.10.031
- Rosén, K., Aronson, J.-A., Eriksson, H.M., 1996. Effects of clear-cutting on streamwater quality in forest catchments in central Sweden. *For. Ecol. Manag.* 83, 237–244. doi:10.1016/0378-1127(96)03718-8
- Schelker, J., Kuglerová, L., Eklöf, K., Bishop, K., Laudon, H., 2013. Hydrological effects of clear-cutting in a boreal forest – Snowpack dynamics, snowmelt and streamflow responses. *J. Hydrol.* 484, 105–114. doi:10.1016/j.jhydrol.2013.01.015
- Schreiber, H., Tranvik, L., 2007. Levande sjöar och vattendrag: Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet (underlagsrapport No. Rapport nr 5769; ISBN 978-91-620-5769-5.pdf; ISSN 0282-7298).
- SGU, 2014. Produkt: Jordarter 1:25 000-1:100 000 (Produktbeskrivning).
- SGU, n.d. Morän – spår av inlandsisen [webbsida]. SGU Sver. Geol. Unders. URL <http://www.sgu.se/om-geologi/jord/fran-istid-till-nutid/inlandsisen/moran-spar-av-inlandsisen/> (hämtat 7.22.15).

- Shanley, J.B., Kendall, C., Smith, T.E., Wolock, D.M., McDonnell, J.J., 2002. Controls on old and new water contributions to stream flow at some nested catchments in Vermont, USA. *Hydrol. Process.* 16, 589–609. doi:10.1002/hyp.312
- Shapiro, H.M., 2005. *Practical Flow Cytometry*. John Wiley & Sons.
- Shlens, J., 2003. A tutorial on principal component analysis: Derivation, Discussion and Singular Value Decomposition.
- SLU, 2010. kNN-Sverige - Aktuella kartdata över skogsmarken, årgång 2005 och 2010.
- SLU Umeå, V.F., 2015. Mätdata.
- SMHI Öppna data [webbsida], n.d. URL <http://opendata-catalog.smhi.se/explore/> (hämtat 9.2.15).
- Snyder, F., 1938. Synthetic unit-graphs. *Trans. - Am. Geophys. Union* 19, 447–454.
- Sørensen, R., Ring, E., Meili, M., Högbom, L., Seibert, J., Grabs, T., Laudon, H., Bishop, K., 2009. Forest Harvest Increases Runoff Most during Low Flows in Two Boreal Streams. *Ambio* 38, 357–363.
- Sorensen, R., Seibert, J., 2007. Effects of DEM resolution on the calculation of topographical indices: TWI and its components. *J. Hydrol.* 347, 79–89. doi:10.1016/j.jhydrot.2007.09.001
- Sorensen, R., Zinko, U., Seibert, J., 2006. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 10, 12.
- Tetzlaff, D., McDonnell, J.J., Uhlenbrook, S., McGuire, K.J., Bogaart, P.W., Naef, F., Baird, A.J., Dunn, S.M., Soulsby, C., 2008. Conceptualizing catchment processes: simply too complex? *Hydrol. Process.* 2008, 1727–1730. doi:10.1002/hyp.7069
- Thompson, J.A., Bell, J.C., Butler, C.A., 2001. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. *Geoderma* 100, 67–89. doi:10.1016/S0016-7061(00)00081-1
- Van der Velde, Y., Lyon, S.W., Destouni, G., 2013. Data-driven regionalization of river discharges and emergent land cover–evapotranspiration relationships across Sweden. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 118, 2576–2587. doi:10.1002/jgrd.50224
- Vlotman, W.F., 1989. Discharge measurement structures.
- Yue, S., Pilon, P., Cavadias, G., 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *J. Hydrol.* 259, 254–271. doi:10.1016/S0022-1694(01)00594-7

BILAGOR

I bilagorna som följer presenteras ytterligare material som kan finnas intressant för rapporten. Detta material inkluderar tabeller, figurer och ingående information om hur delar av studien utförts.

BILAGA A DAMMTYPER

I BILAGA A hittas bilder för de tre olika dammarna som användes i de studerade avrinningsområdena i Strömsjöliden.

A.1. Små dammar

Den storlek och typ av damm som användes vid mätstationerna 7, 9, 10 och 32 var relativt enkel (Figur A1) då den inte behövde stå emot så stora vattenstånd och flöden som vissa av de mätstationerna vid de större avrinningsområdena (Figur 1).



Figur A1. Typ, storlek och höjd till bräddning av överfallet för mätstation 7, 9, 10 och 32.

A.2. Medelstora dammar

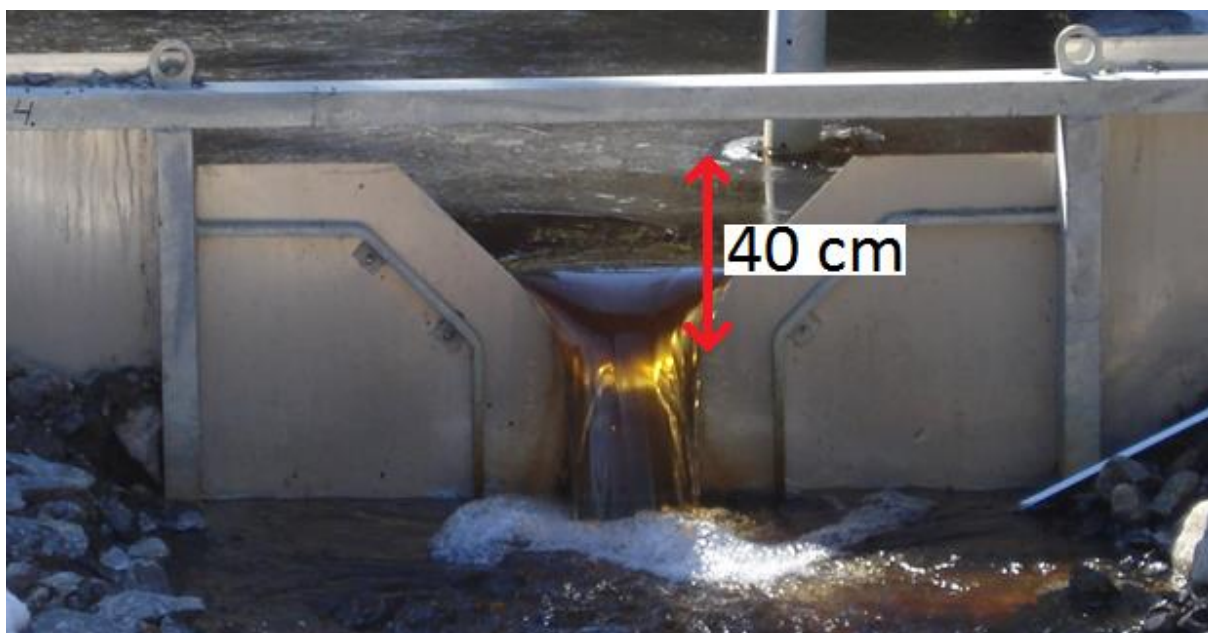
Den storlek och typ av damm som användes av mätstationerna 25, 26 och 38 var grövre med mer stöd, Figur A2, då dessa mätstationer tog emot större flöden än mätstationerna i A.1.



Figur A2. Typ, storlek och höjd till bräddning av överfallet för mätstation, 25, 26 och 38.

A.3. Stora dammar

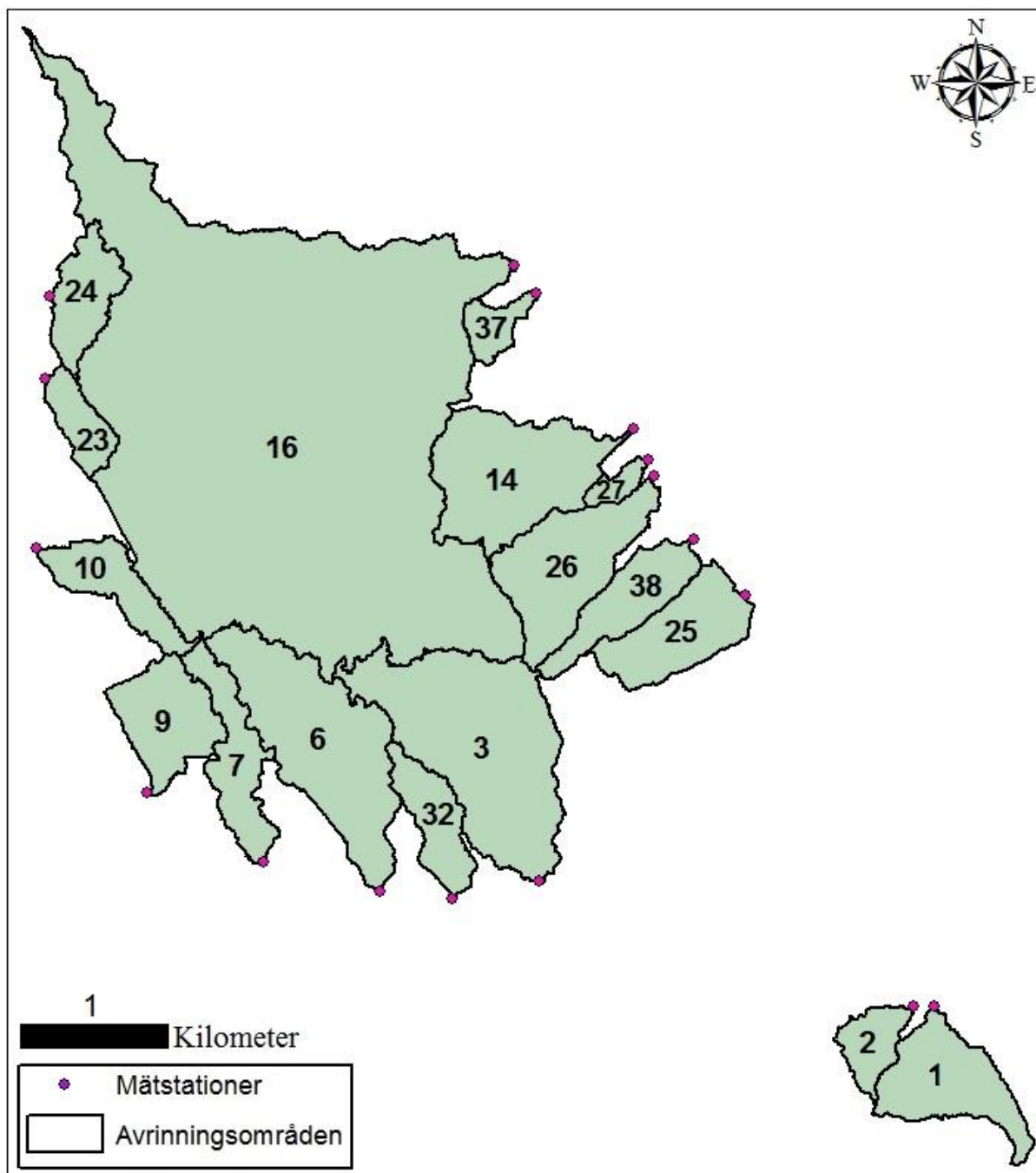
Storlek och typ av damm som användes av mätstationerna 3, 6 och 14 var den största och stabilaste typen som var rejält uppbyggda med mycket stöd för att klara de höga vattenstånd och stora flödena som genererades av dessa stora avrinningsområden, Figur A3.



Figur A3. Typ, storlek och höjd till bräddning av överfallet för mätstation 3, 6 och 14.

BILAGA B STUDIEOMRÅDETS AVRINNINGSOMRÅDEN

BILAGA B innehåller en grafisk representation för samtliga avrinningsområden för vilka det finns vattenståndsdata från SLU (Umeå) i Strömsjöliden. Avrinningsområdena 3, 6, 7, 9, 10, 14, 25, 26, 27, 32 och 38 har mätstation med damm som finns i BILAGA A. Resterande avrinningsområdena 1, 2, 16, 23, 24 och 37 saknade mätstationsuppställningen med damm och överfall och uteslöts därmed ur studien (Figur B1).



FigurB1. Avrinningsområden för vilka vattenstånd uppmätts i Strömsjöliden av SLU (Umeå)

BILAGA C DATAINSAMLING

BILAGA C innehåller en utförlig beskrivning av vart rasterfiler som utnyttjades i den geografiska analysen hämtades från samt hur de tagits fram.

Den DEM som användes för avgränsande av avrinningsområdena är framtagen med LiDAR-skanning och hämtades från Lantmäteriets databas. Höjdmodellen har två meters upplösning med en noggrannhet på 0,1 m i bästa fall och upp till 2,0 m vid starka lutningar eller tät skog. Höjdmodellen fanns tillgänglig i form av rasterfiler med referenssystemet SWEREF99 TM, mätningarna har utförts under åren 2009 till 2013 (Lantmäteriet, 2014). Som komplement uppmättes en mer högupplöst DEM, med upplösningen 0,5 m, år 2008 i referenssystemet RT90 V-gon med ett TopEye MkII S/N 425 system av Blom Swe AB, Gothenburg, Sweden (Nathanson m. fl., 2012).

Lantmäteriets databas utnyttjades ytterligare för rasterfiler av marktäck, jordart och jorddjup. Lantmäteriets projekt för dokumentation av marktäck har upplösningen 25 x 25 m och hela 58 under-klassificeringar förekommer med huvudklasserna: anlagda ytor, jordbruksmark, naturliga marker, skog, våtmark och vatten. Från databasen tillhandahölls marktäckesdata som raster med koordinatsystemet SWEREF99 TM. Marktäckesdatabasen är uppbyggd med hjälp av Lantmäteriets satellitkartor, SLU:s riksskogstaxering, uppgifter från SMHI, Statistiska centralbyrån samt miljöenheterna på Naturvårdsverket och Länsstyrelserna och representerar åren 1999 till 2001 (Naturvårdsverket, 2014).

Rasterfiler för jordart i Strömsjölidens område finns tillgängliga i SGU:s databas i skalan 1:25.000 där kartläggningen av denna databas har pågått sedan år 1960 med stors fokus på bebyggda områden. Jordartskartan för Strömsjölidens tillhandahölls som rasterfil med koordinatsystemet SWEREF99 TM och är av karttyp nr. 5 där jordartskartan tagits fram med hjälp av flygbildstolkning och fältkontroller. En sådan osäker metod för jordartsbestämning kan generera fel i avgränsningar, klassificeringar samt att viktiga geologiska objekt kan förbises helt. Ytterligare fel uppstår då presentationen av jordartskartan medvetet generaliseras där små objekt tas bort för att kartan inte skall bli så otydlig. Lägesfel uppskattas till >50 m. Jordartskartan består av två ytlager och ett underliggande grundlager där Strömsjölidens område främst innehöll data för grundlagret som utvärderades och väldigt lite data för ytlagren vilka ignorerades helt. Högsta kustlinjen förväntas ha varit ca 250 m i detta område och dess utbredning har baserats på en DEM med 50 m upplösning (SGU, 2014).

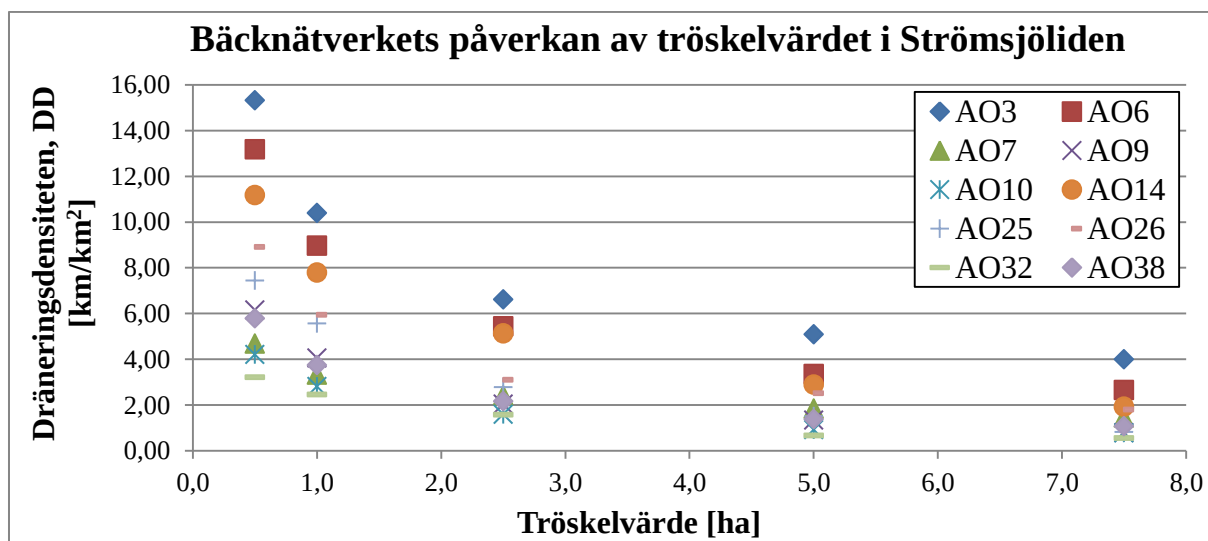
Jorddjup erhöles med upplösningen 1:50 000 i rasterfiler från SGU:s databas som tagits fram via analys av information vid borrhning av brunnar eller i undersökningssyfte, schaktning samt seismiska mätningar i kombination med berggrunds och jordartskartor från SGU:s databas. Rastret har beräknats genom interpolering från de observationer som gjorts i området och kan i vissa fall innehålla stora felaktigheter vid stora avstånd mellan mätpunkter (SGU, 2014).

Färdiga rasterfiler från databasen ”Skogskartan”, även kallat ”kNN-Sverige” tillhandahölls från SLU för information om de aktuella skogsrelaterade parametrarna ålder, höjd samt virkesvolym per ytareal för den skog som växer i området Strömsjölidens för året 2010. Rasterfilerna har sammanställts genom kombination av information från Riksskogstaxeringens stickprovsinventering och satellitbilder. För att få databasen att representera det verkliga tillståndet har stickproven för de fem föregående åren innan 2010 använts och anpassats med hjälp av tillväxtfunktioner för att representera året 2010. Satellitbilderna som använts täcker spannet från 2004 till 2010 (SLU, 2010).

BILAGA D DRÄNERINGSDENSITET

BILAGA D innehåller en utvärdering över hur dräneringsdensitetens tröskelvärden påverkade avrinningen samt motivationen för använda tröskelvärden.

Dräneringsdensiteten är starkt påverkad av hur bäcknätverkets längd definieras för vilket det inte finns klara regler eller praxis för tillvägagångssätt (Montgomery och Dietrich, 1989). En studie av Ågren m. fl., (2015) i Krycklan, vilket är ett avrinningsområde nära Strömsjölidens kom fram till stora skillnader i bäcknätverkets längd för låg- respektive högflöden där längden var hela 4,5 gånger större vid blöta tillstånd. Studiens fältmätningar jämfört tillgängliga kartor visade även att över hälften upp till tre fjärdedelar av bäcknätverket saknades på dagens kartor. Krycklans avrinningsområde uppgår till hela 6800 ha vilket är avsevärt större jämfört Strömsjölidens totala studiearea vilken är 554 ha, se BAKGRUND OCH TEORI. Ågren m. fl. (2015) utvärderade tröskelvärden för D_D mellan 1 och 15 ha där blöta tillstånd som vårfloren behandlades med tröskelvärdet 2 ha baserat på resultat som visade på att denna initiering av bäcknätverket varierade mellan 0,4 och 4,4 ha. Torrare tillstånd definierades ha tröskelvärdet 10 ha baserat på resultat mellan 11,4 och 15,8 ha. Tröskelvärden mellan 0,5 och 7,5 ha (Figur D1) utvärderades varpå tröskelvärdena 1 och 5 ha valdes ut för att representera blöta respektive torra tillstånd. Valet ansågs rimligt med tanke på studien av Ågren m. fl. (2015) och att en tidigare studie i Krycklan nära Strömsjölidens av Laudon m. fl. (2011) utnyttjade 5 ha som tröskelvärde.



Figur D1. Bäcknätverkets längd beroende av tröskelvärdet för hur stor area bäcknätverkets start behöver avvattna för studiens avrinningsområden (AO).

Bäcknätverkets påverkan av tröskelvärdet i Figur D1 visar tydligt hur ett lågt tröskelvärde gör att bäcknätverket initieras efter att en mindre area avvattnats och ger större bäcknätverk vilket avtar exponentiellt med tröskelvärdets storlek.

BILAGA E STATISTISK ANALYS

BILAGA E beskriver de två olika statistiska testen korrelationsanalys med Kendalls Tau samt principalkomponent analys, PCA vilka använts i studien.

E.1. Normalfördelningstest

Statistiska tester kräver över lag att den data som skall utvärderas skall ha en viss typ av distribution för att slutsatser skall kunna dras. Dessa tester är väldigt bra på sin specifika statistiska uppgift och ger väldigt korrekta resultat för data inom den distributionen men faller kort vad gäller andra distributioner. En av de vanligaste distributioner som statistiska tester använder sig av är normaldistributionen. För att bestämma om ett dataset är normalfördelat eller inte finns ett antal tester varav ”Cramer-von Mises test”, ”Kolmogorov-Smirnov test”, ”Anderson-Darling test” och ”Shapiro-Wilk test” är fyra exempel. Av dessa fyra presterar Shapiro-Wilk testet bäst med varierande storlek på dataset, skevhet och kurtiosis (Ahad m. fl., 2011).

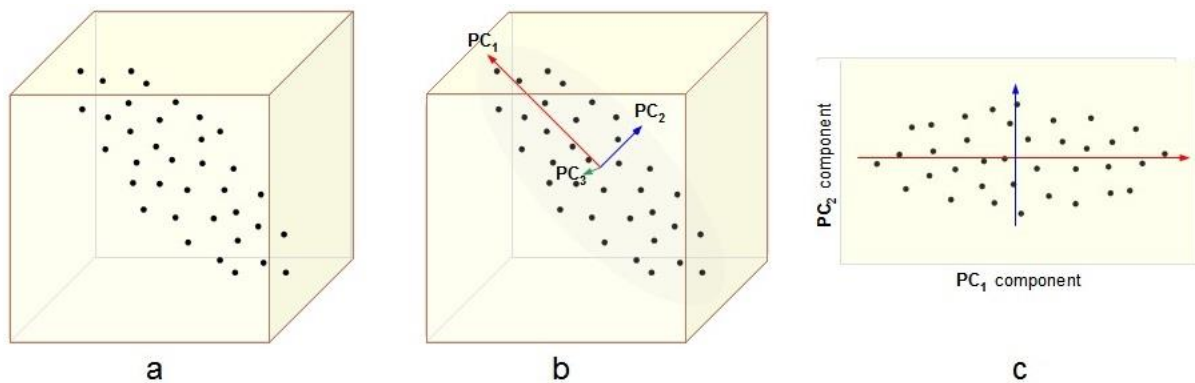
E.2. Korrelationstest

Icke-parametriska korrelationstest gör inga antaganden om populationens distribution samt blir mindre känsliga för uteliggare där ett inom hydrologin väl använt sådant korrelationstest är ”Kendalls Tau test”, KD vilket är ett rankbaserat, icke-parametriskt statistiskt test (Yue m. fl., 2002). Resultatet av KD är ett mått på signifikansnivån samt korrelationens styrka och lutning som anges med parametern τ där ett positivt värde anger en positiv korrelation och vice versa för negativt värde. Nollhypotesen för KD säger att populationerna ej är korrelerade där signifikansnivån för ifall nollhypotesen är sann eller ej anges av ett p-värde. För ett konfidensintervall på 95 % så förkastas nollhypotesen för p-värden mindre än 0,05 vilket ger resultatet att en korrelation av storlek definierad av τ kan påfinns med 95 % sannorlikhet (Burn och Hag Elnur, 2002).

E.3. Principalkomponentanalys, PCA

Multivariata analysmetoder är en undergrupp av statistiska analysmetoder där fler än en variabel observeras och empiriska förhållanden mellan de olika variablerna kan urskiljas. Detta är speciellt värdefullt i fall då man har många variabler och vill reducera antalet dimensioner till endast två för grafisk analys (Martens och Martens, 2001).

Principal Component Analysis, PCA från engelskan kallas den analysmetod där man utför ett så kallat bas byte och projicerar datasetet på två nya principalkomponenter, PC. Den nya basen är då en linjär kombination av den gamla basen som presenterar den maximala variansen samt minimerar kovariansen. Transponeringen förenklar visuell detektion av korrelation mellan variabler då antalet dimensioner minskar (Figur E1). Analysen särskiljer på mätpunkter, fortsättningsvis kallat ”objekt” och variabler där antalet dimensioner på det ursprungliga vektorrummet som transponeras beror av antalet variabler som undersöks (Alkan m. fl., 2015).



Figur E1. Grafisk representation för hur principalkomponentanalys transponerar ett data set med tre variabler till principalkomponent-axlarna PC1 och PC2. (a) utgångstillståndet där data presenteras i tre dimensioner. (b) principalkomponent-axlarna i XYZ-rummet. (c) slutgiltiga transponeringen till de nya principalkomponentaxlarna PC1 och PC2 (Kavraki, 2015).

Basbytes ekvation:

$$X = T * P^T + R$$

X = Ursprungsbas

T = Scores

P = Loadings

R = Residual

Projektionen genererar ”Scores” och ”Loadings” vilka beskriver längden av projektionerna för objekten resp. variablerna. Scoresmatrisen på PC beskriver relationen mellan objekten medan Loadingsmatrisen på PC beskriver relationen mellan variablerna. Transponering av flera dimensioner till färre ger upphov till att data förloras och då fler PC används för att beskriva datasettet förklaras större del av variansen men dimensionen ökar. Det som avgör ifall PC beskriver datasettet godtyckligt är hur stor mängd data som förloras där det generellt är accepterat att PC kumulativt skall beskriva minst 70-80% av den totala variansen. Den datan som PC ej kan förklara lagras i residualmatrisen (Alkan m. fl., 2015; Grung och Manne, 1998).

Kärnan i PCA är beräkning av varians samt kovarians matriser vilka båda är känsliga för uteliggare där en enda uteliggare kan ha signifikant påverkan på resultatet av analysen (Alkan m. fl., 2015).

Principalkomponentanalys har otroliga fördelar vad gäller översikt och grafisk tolkning av data. Men precis som alla statistiska analyser så gör analysen ett antal antaganden som kan göra resultatet känsligt för övertolkning eller rent av felaktigt. Dessa antaganden är [1] att den datan som analyseras kan beskrivas linjärt, [2] att viktig dynamik mellan variabler beskrivs av varians, [3] att det enda som behövs för att beskriva interaktioner mellan variabler är medelvärde och varians (Lawrence, 2005; Shlens, 2003) samt [4] multivariat normalfördelade data set. Det sista villkoret är ej strikt, speciellt inte i fallet för utforskande analys, men det förbättrar resultaten (Anderson, 2013).

För att bestämma om ett data set är normalfördelat eller inte presterar Shapiro-Wilk testet bra jämfört andra tester med hänsyn till varierande storlek på data set, skevhet och kurtiosis (Ahad m. fl., 2011).

BILAGA F PCA-KOD I MATLAB

BILAGA F innehåller MatLab koden för den PCA som utfördes i studien vilken först skalar variablerna, sedan utför PCA och därefter roterar objekten.

F. 1. PCA huvudprogram

```
load data_csv.csv
% Skala variablerna till varians 1 med funktionen "mean_var_adjusted" och transponera
matrisen
x = meanadjust(data_csv); x = x';
variabels = genvarname({'Area','Omkrets','Formfaktor 1','Formfaktor 2','Utsträcknings
forhallande','Kompakterings koeff','Cirkel ratio','Altitud
differens','Lutning','TVI','Tidsfordrojning','DD 05','DD 10','DD 25','DD
50','DD75','Lage','Plan kurvighet','Profil
kurvighet','Skogsalder','Skogshojd','Virkesvolym','Jorddjup','Moran','Berg','Torv','Betesmark','
Lovskog','Barrskog','Blandskog','Ungskog','Hygge','Myr','Kum avr vaxtperiod 2012','Varians
vaxtperiod 2012','Kum avr vaxtperiod 2013','Varians vaxtperiod 2013','Kum avr varflod
2012','Varians varflod 2012','Kum avr varflod 2013','Varians varflod 2013'});
[COEFF, SCORE, LATENT, TSQUARED, EXPLAINED] = pca(x);
% Roterar loadings (testa så rätt med rotatedCoefs2'*rotatedCoefs2 = Identitetsmatrisen)
rotatedCoefs2 = rotatefactors(COEFF(:,1:2),'Method','varimax');
% Relationen mellan objekt
figure('Name','Loadings plot','NumberTitle','off');
hold on
plot(COEFF(1,1),COEFF(1,2),'b*')
plot(COEFF(2,1),COEFF(2,2),'g*')
plot(COEFF(3,1),COEFF(3,2),'r*')
plot(COEFF(4,1),COEFF(4,2),'c*')
plot(COEFF(5,1),COEFF(5,2),'m*')
plot(COEFF(6,1),COEFF(6,2),'y*')
plot(COEFF(7,1),COEFF(7,2),'b.')
plot(COEFF(8,1),COEFF(8,2),'g.')
plot(COEFF(9,1),COEFF(9,2),'r.')
plot(COEFF(10,1),COEFF(10,2),'c.')
title('Loadings - Relationen mellan mätstationer')
legend('AO3','AO6','AO7','AO9','A10','A14','A25','A26','A32','A38')
plot([-1 1],[0 0],'k-'); plot([0 0],[-1 1],'k-')
% Relationen mellan variabler
figure('Name','Scores plot','NumberTitle','off');
plot(SCORE(:,1),SCORE(:,2),'b*')
for K = 1:length(SCORE)
    text(SCORE(K,1),SCORE(K,2),variabels(K),'FontName','Calibri','FontSize',16)
end
title('Scores - Relationen mellan variabler')
xlabel(['1:a Principal Komponent', 'num2str(EXPLAINED(1),'%.2f'),' % av variabiliteten
förklarad'])
ylabel(['2:a Principal Komponent', 'num2str(EXPLAINED(2),'%.2f'),' % av variabiliteten
förklarad'])
% Scree plot representerar %-andelen förklarad varians av resp. PK
figure('Name','Scree plot','NumberTitle','off');
pareto(EXPLAINED)
```

```

xlabel('Principal komponent')
ylabel('Förklarad varians [%]')
% Residual plot för resp. variabel
residual = abs(pcares(x,2));
res_tot = zeros();
for k = 1:length(x)
    res_tot(k,1) = sum(residual(k,:));
end
figure('Name','Residuals plot','NumberTitle','off');
stem(res_tot)
set(gca, 'XTick',1:length(SCORE),
'XTickLabel',variabels,'XTickLabelRotation',50,'FontName','Calibri','FontSize',16)
title('Residual för PC1 & PC2'); xlabel('Variabel'); ylabel('Residual [%]')
% Biplot
figure('Name','Biplot version','NumberTitle','off');
coefforth = inv(diag(std(x)))*rotatedCoefs2;
VARLABS = genvarname({'AO3','AO6','AO7','AO9','A10','A14','A25','A26','A32','A38'});
biplot(coefforth(:,1:2),'Scores',SCORE(:,1:2),'VarLabels',VARLABS);
xlabel('Principal komponent 1'); ylabel('Principal komponent 2')
for K = 1:length(SCORE)
    text(SCORE(K,1)./-
4.7703,SCORE(K,2)./4.7703,variabels(K),'FontName','Calibri','FontSize',20)
end

```

F. 2. Kompletterande kod för medelvärdesbildning till PCA

```

function mean_var_adjusted = meanadjust(x)
mean_x = mean(x);
std_x = std(x);
for column = 1:length(x)
    x(:,column) = (x(:,column) - mean_x(:,column))./std_x(:,column);
end
mean_var_adjusted = x;
end

```

BILAGA G

KORRIGERINGSFAKTOR

BILAGA G innehåller korrigeringsfaktorer för mätstationerna 3, 6, 7, 9, 10, 14, 25, 26, 32 och 38 beräknade på fältmätningar för vattenstånds vilka korrigerats med avseende på dammarnas vattenytas lutning för åren 2012 och 2013. Korrigeringsfaktorer för mätstation 32 och 38 under år 2013 åtgärdades manuellt och importerades till databasen.

G.1. Mätstation 3

Mätstation 3 hade endast en logger, nummer 30000003, monterad under åren 2012 och 2013, Tabell G1. En korrigeringsfaktor per år togs fram med 11 respektive 6 st. fältmätningar med standardavvikelsen 3,1 respektive 3,8 mm.

Tabell G1. *Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för logger 30000003 monterad i mätstation 3 åren 2012 och 2013.*

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigeringsfaktor	STD	Antal mätpunkter
2012	30000003	2012-01-01	2012-12-31	-581,6839394	3,061222	11
2013	30000003	2013-01-01	2013-12-31	-404,4104167	3,830682	6

G.2. Mätstation 6

Mätstation 6 hade endast en logger, nummer 30000006, monterad under åren 2012 och 2013, Tabell G2. Då mätinstrumentet flyttats under 2013 användes två korrigeringsfaktorer för det året medan endast en behövdes för år 2012. Korrigeringsfaktor för år togs fram med 12 fältmätningar medan 2013 års två korrigeringsfaktorer togs fram med 3 respektive 4 fältmätningar. Standardavvikelsen överskred inte 3,6 mm för någon av korrigeringsfaktorerna.

Tabell G2. *Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för logger 30000006 monterad i mätstation 6 åren 2012 och 2013.*

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigeringsfaktor	STD	Antal mätpunkter
2012	30000006	2012-01-01	2012-12-31	-137,1390278	1,532242	12
2013	30000006	2013-01-01	2013-05-30	-144,2382222	3,598838	3
2013	30000006	2013-05-30	2013-09-16	-166,00775	1,24293	4

G.3. Mätstation 7

Mätstation 7 hade två loggrar, nummer 10906280 och 30000007 installerade under 2012 och 2013, Tabell G3. För år 2012 förskjuts logger 10906280 två gånger vilket resulterade i tre korrigeringsfaktorer beräknade med 10, 2 och 11 fältmätningar. Logger 30000007 behövde endast en faktor under 2012, beräknad på 9 fältmätningar men två stycken år 2013 beräknade på 3 respektive 4 fältmätningar. Standardavvikelsen översteg inte 5,4 mm för någon av korrigeringsfaktorerna.

Tabell G3. *Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för loggrarna 10906280 och 30000007 monterade i mätstation 7 åren 2012 och 2013.*

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigerings-faktor	STD	Antal mätpunkter
2012	10906280	2012-05-21	2012-10-25	-537,8766797	2,148894	10
2012	10906280	2012-01-01	2012-05-21	-814,8766797	2,025481	2
2012	10906280	2012-10-25	2012-12-31	-575,8766797	2,505921	11
2012	30000007	2012-01-01	2012-12-31	-196,7916042	2,812579	9
2013	10906280	2013-01-01	2013-12-31	-574,7365108	2,055883	4
2013	30000007	2013-01-01	2013-05-27	-158,4800833	4,975916	2
2013	30000007	2013-05-27	2013-12-31	-193,2151666	2,211570	4

G.4. Mätstation 9

Mätstation 9 hade de tre loggrarna, nummer 10906276, 10607216, 10803319 och 30000009 installerade under 2012 och 2013, Tabell G4. Alla fyra loggrar behövde endast en faktor för år 2012 baserade på mellan 8 till 13 fältmätningar. År 2013 behövde logger nummer 10607216 och 10803319 endast en faktor baserade på 6 respektive 2 fältmätningar medan nummer 10607216 och 30000009 behövde två faktorer vardera baserade på 2 till 7 fältmätningar.

Tabell G4. *Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för loggrarna 10906276, 10607216, 10803319 och 30000009 monterade i mätstation 9 åren 2012 och 2013.*

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigerings-faktor	STD	Antal mätpunkter
2012	10906276	2012-01-01	2012-12-31	-551,5520689	2,661576	11
2012	10607216	2012-01-01	2012-12-31	-362,3444682	2,147879	13
2012	10803319	2012-01-01	2012-07-31	-176,2241750	0,624646	8
2012	30000009	2012-01-01	2012-12-31	-265,2884259	2,975944	9
2013	10906276	2013-01-01	2013-12-31	-539,7096522	2,704981	6
2013	10607216	2013-01-01	2013-08-20	-364,0846095	3,365210	7
2013	10607216	2013-09-20	2013-12-31	-285,3112750	1,512342	2
2013	10803319	2013-01-01	2013-12-31	-199,6265000	1,004000	2
2013	30000009	2013-01-01	2013-05-10	-257,4603333	1,428833	2
2013	30000009	2013-05-20	2013-12-31	-278,0798056	1,685989	6

G.5. Mätstation 10

Mätstation 10 hade de fem loggrarna, nummer 10906288, 10607220, 10803299, 20000010 och 30000010 installerade under 2012 och 2013, Tabell G5. Alla fem loggrar behövde endast en faktor för år 2012 baserade på mellan 7 till 13 fältmätningar. År 2013 behövde logger nummer 10803299 två faktorer baserade på 2 respektive 4 fältmätningar medan resterande loggrar endast behövde en faktor baserade på 4 till 7 fältmätningar. Standardavvikelsen undergick 3,0 mm för samtliga faktorer.

Tabell G5. Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för loggrarna 10906288, 10607220, 10803299, 20000010 och 30000010 monterade i mätstation 10 åren 2012 och 2013.

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigerings-faktor	STD	Antal mätpunkter
2012	10906288	2012-01-01	2012-12-31	-432,0480386	2,659781	13
2012	10607220	2012-01-01	2012-12-31	7,608417948	2,035776	13
2012	10803299	2012-05-12	2012-12-31	-115,3557267	2,099530	12
2012	20000010	2012-01-01	2012-12-31	-8,525595238	2,917478	7
2012	30000010	2012-01-01	2012-12-31	-310,1757949	1,698908	13
2013	10906288	2013-01-01	2013-12-31	-435,3781900	1,260319	7
2013	10607220	2013-01-01	2013-06-30	5,078751112	2,440526	6
2013	10803299	2013-06-07	2013-06-30	-157,8712750	1,551725	2
2013	10803299	2013-06-30	2013-12-31	-136,7329000	2,902798	4
2013	20000010	2013-01-01	2013-12-31	-17,87108333	1,906862	6
2013	30000010	2013-01-01	2013-12-31	-321,1873333	1,267114	5

G.6. Mätstation 14

Mätstation 14 hade endast logger 30000014 installerad under 2012 och 2013, Tabell G6. År 2012 behövdes två korrigeringsfaktorer baserade på 1 respektive 10 mätningar medan år 2013 krävde 3 stycken baserade på 2, 4 respektive 3 fältmätningar. Standardavvikelsen undergick 3,4 mm för samtliga faktorer.

Tabell G6. Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för logger 30000014 monterad i mätstation 14 åren 2012 och 2013.

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigerings-faktor	STD	Antal mätpunkter
2012	30000014	2012-01-01	2012-05-08	-151,4066667	0,000000	1
2012	30000014	2012-05-08	2012-12-31	-300,1553667	1,926993	10
2013	30000014	2013-01-01	2013-05-10	-272,6568333	3,378500	2
2013	30000014	2013-05-10	2013-07-13	-292,3899167	3,319998	4
2013	30000014	2013-07-13	2013-12-31	-301,2758333	0,545905	3

G.7. Mätstation 25

Mätstation 25 hade endast logger 30000025 installerad under 2012 och 2013, Tabell G7. År 2012 behövdes två korrigeringsfaktorer baserad på 3 respektive 6 fältmätningar medan år 2013 endast krävde en faktor baserad på 7 fältmätningar. Standardavvikelsen undergick 2,7 mm för samtliga faktorer.

Tabell G7. Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för logger 30000025 monterad i mätstation 25 åren 2012 och 2013.

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigeringsfaktor	STD	Antal mätpunkter
2012	30000025	2012-01-01	2012-06-16	-352,8361111	2,633300	3
2012	30000025	2012-06-16	2012-12-31	-368,3356389	1,567438	6
2013	30000025	2013-01-01	2013-12-31	-372,3640714	1,681977	7

G.8. Mätstation 26

Mätstation 26 hade endast logger 30000026 installerad under 2012 och 2013, Tabell G8. Endast en korrigeringsfaktor behövdes per år under 2012 och 2013. De baserades på 12 respektive 6 mätpunkter och hade en standardavvikelse under 2,2 mm.

Tabell G8. Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för logger 30000026 monterad i mätstation 26 åren 2012 och 2013.

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigeringsfaktor	STD	Antal mätpunkter
2012	30000026	2012-01-01	2012-12-31	-377,9766667	2,181531	12
2013	30000026	2013-01-01	2013-12-31	-374,2953611	1,784223	6

G.9. Mätstation 32

Mätstation 32 hade loggrarna 10906283 och 30000032 installerad under 2012 och 2013, Tabell G9. År 2012 behövdes en faktor för 10906283 baserad på 13 fältmätningar och två korrigeringsfaktorer för 30000032 baserade på 4 respektive 7 fältmätningar med standardavvikelse under 2,1 mm. För år 2013 var endast 30000032 installerad och den mätaren hade sjunkit sakta under året. Korrigeringsfaktorn som applicerades var baserad på 11 fältmätningar och en linjär interpolation mellan punkterna vilket tvingade dataserien genom fältmätningarna.

Tabell G9. Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för loggrarna 10906283 och 30000032 monterad i mätstation 32 åren 2012 och 2013.

År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigeringsfaktor	STD	Antal mätpunkter
2012	10906283	2012-01-01	2012-12-31	-798,3281127	2,015962	13
2012	30000032	2012-01-01	2012-08-17	-150,4309524	1,560871	7
2012	30000032	2012-08-17	2012-12-31	-156,8415000	0,862377	4

G.10. Mätstation 38

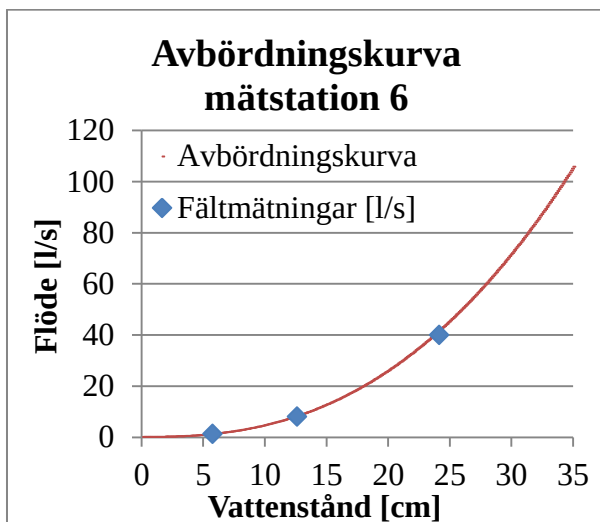
Mätstation 38 hade endast logger 30000038 installerad under 2012 och 2013, Tabell G10. År 2012 behövdes två korrigeringsfaktorer för 30000038 baserade på 5 respektive 7 fältmätningar med standardavvikelse under 1,1 mm. År 2013 hade mätaren sjunkit sakta under året, precis som mätstation 32. Korrigeringsfaktorn som applicerades var baserad på 9 fältmätningar och en linjär interpolation mellan punkterna vilket tvingade dataserien genom fältmätningarna.

Tabell G10. Korrigeringsfaktorer, dess standardavvikelse, STD och antal mätpunkter som faktorn baserats på för logger 30000038 monterad i mätstation 38 åren 2012 och 2013.

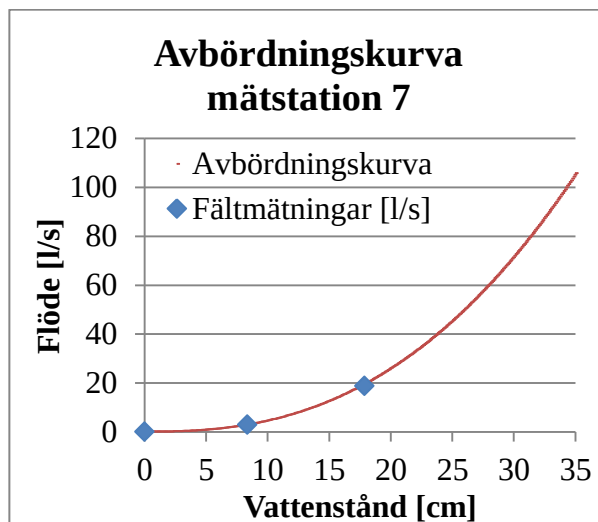
År	Logger ID	Start datum	Stop datum	Korrigerings-faktor	STD	Antal mätpunkter
2012	30000038	2012-01-01	2012-07-01	-436,1847333	1,056198	5
2012	30000038	2012-07-01	2012-12-31	-440,9817857	0,68251	7

BILAGA H AVBÖRDNINGSKURVOR

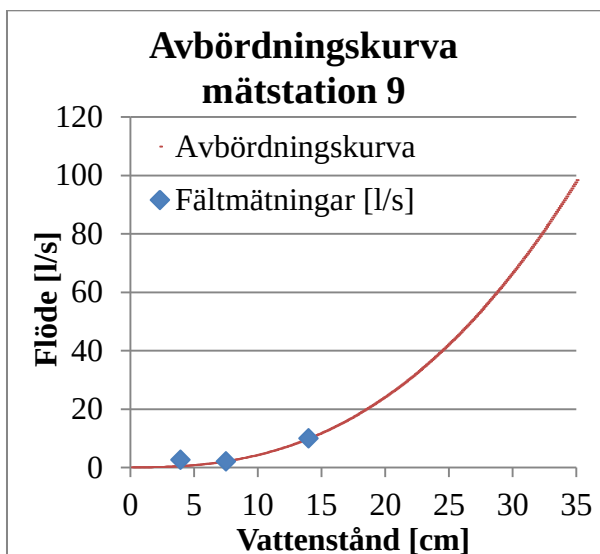
BILAGA H innehåller avbördningskurvor för samtliga mätstationer vilka vid fallen för två till tre fältmätningar kalibrerades med CurveFit Toolbox i MatLab i Figur H1-Figur H4, Figur H8 och med minsta kvadratmetoden då endast en fältmätning fanns tillgänglig i Figur H5-Figur H7 och Figur H9. Residualerna till kalibrerade avbördningskurvor var väldigt små vilket kunde väntas vid så få kalibreringspunkter.



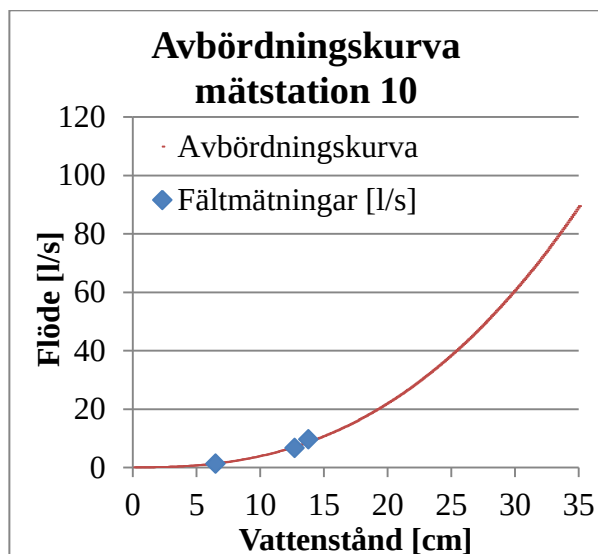
Figur H1. Avbördningskurva för mätstation 6:s överfall.



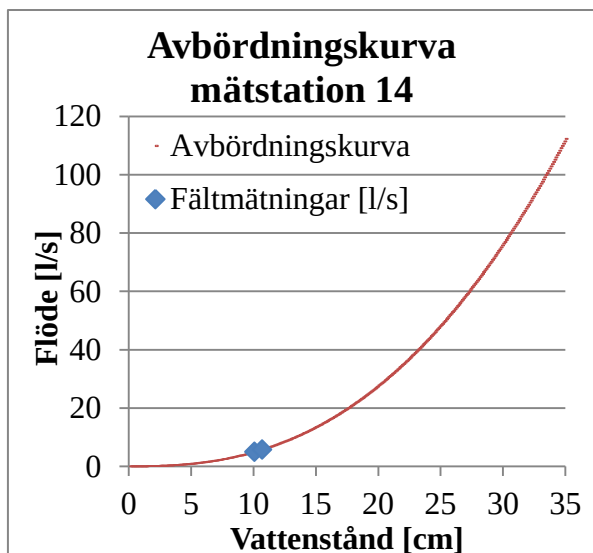
Figur H2. Avbördningskurva för mätstation 7:s överfall.



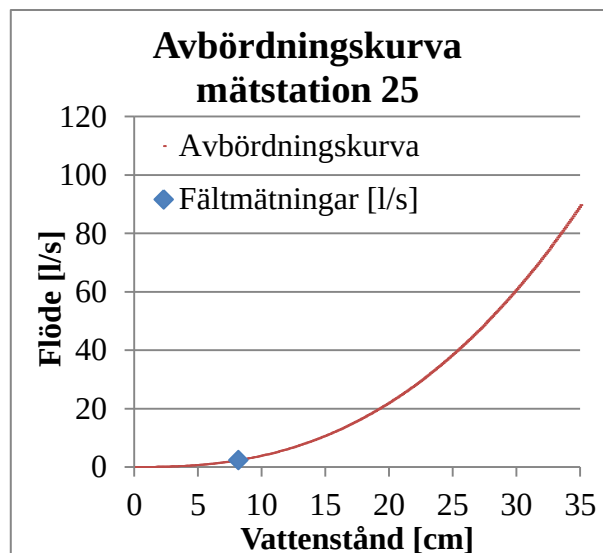
Figur H3. Avbördningskurva för mätstation 9:s överfall.



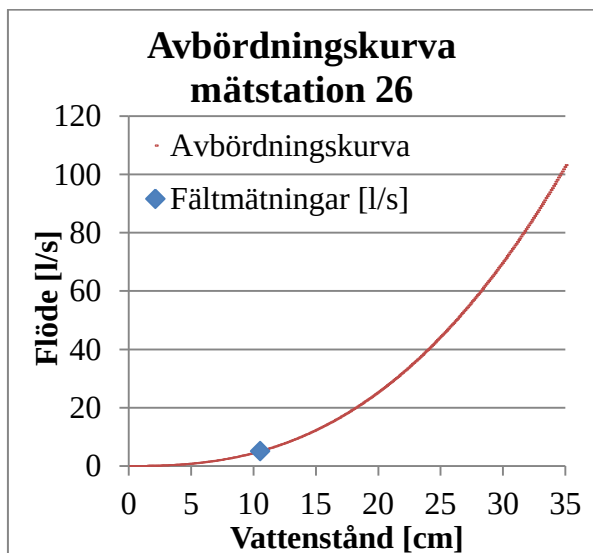
Figur H4. Avbördningskurva för mätstation 10:s överfall.



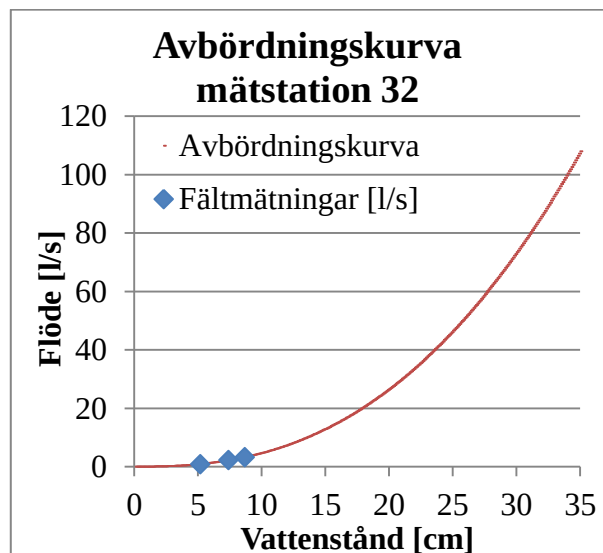
Figur H5. Avbördningskurva för mätstation 14:s överfall.



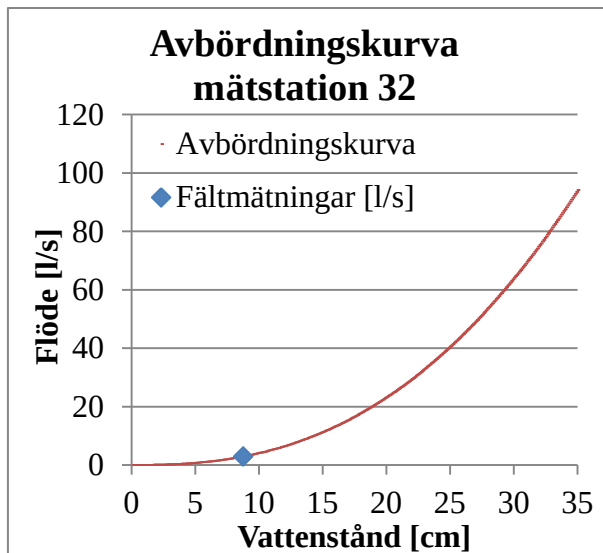
Figur H6. Avbördningskurva för mätstation 25:s överfall.



Figur H7. Avbördningskurva för mätstation 26:s överfall.



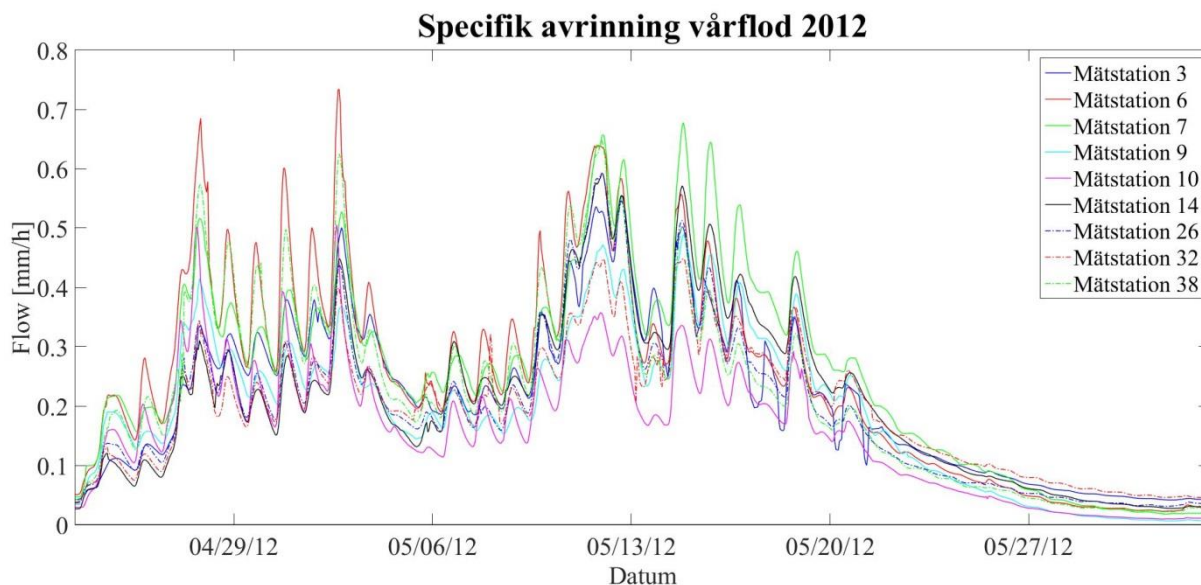
Figur H8. Avbördningskurva för mätstation 32:s överfall.



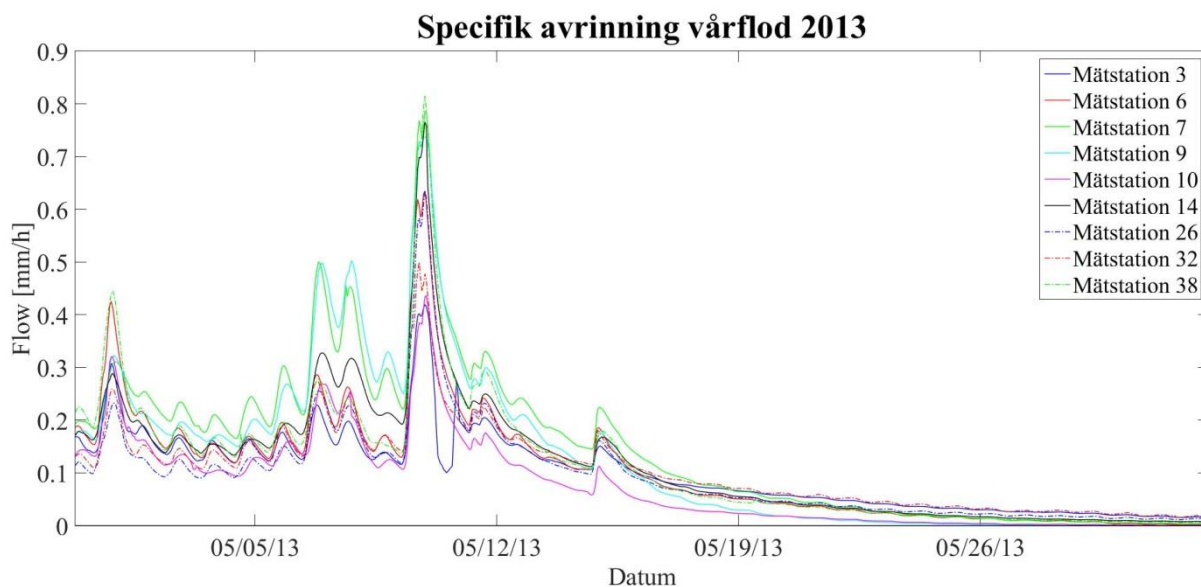
Figur H9. Avbördningskurva för mätstation 38:s överfall.

BILAGA I SPECIFIK AVRINNING

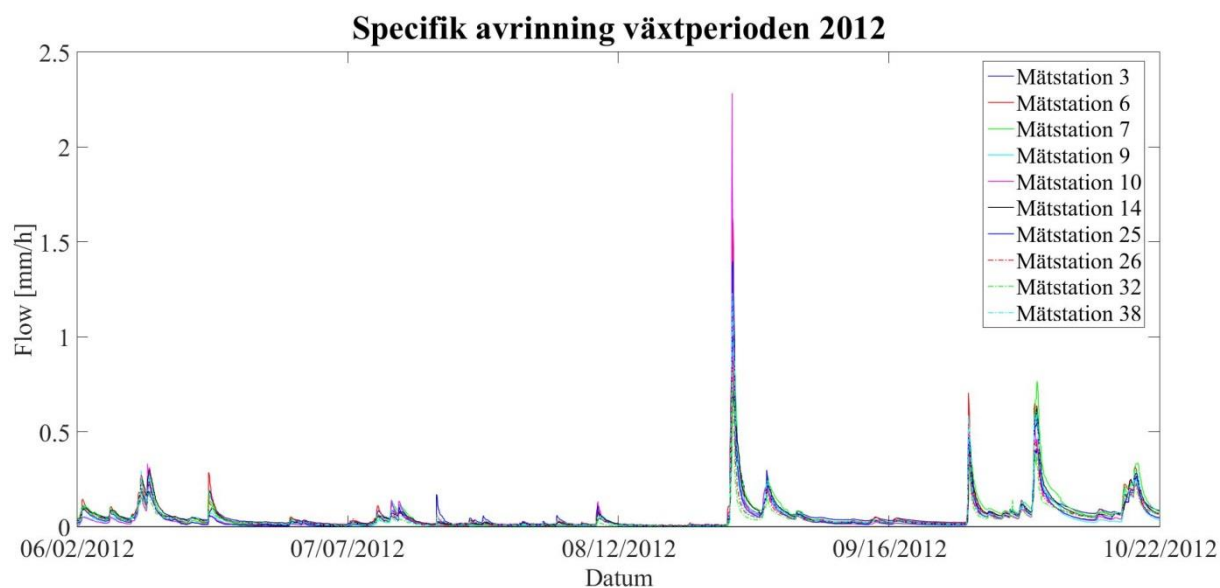
BILAGA I innehåller kompletterande grafer (Figur I1- Figur I4) för avrinningen som hittas i resultatet, avsnitt 3.2.2 och 3.2.3 utan transform. Dessa grafer kan i vissa fall, exempelvis under vårfloden vara enklare att läsa än deras transformerade parter.



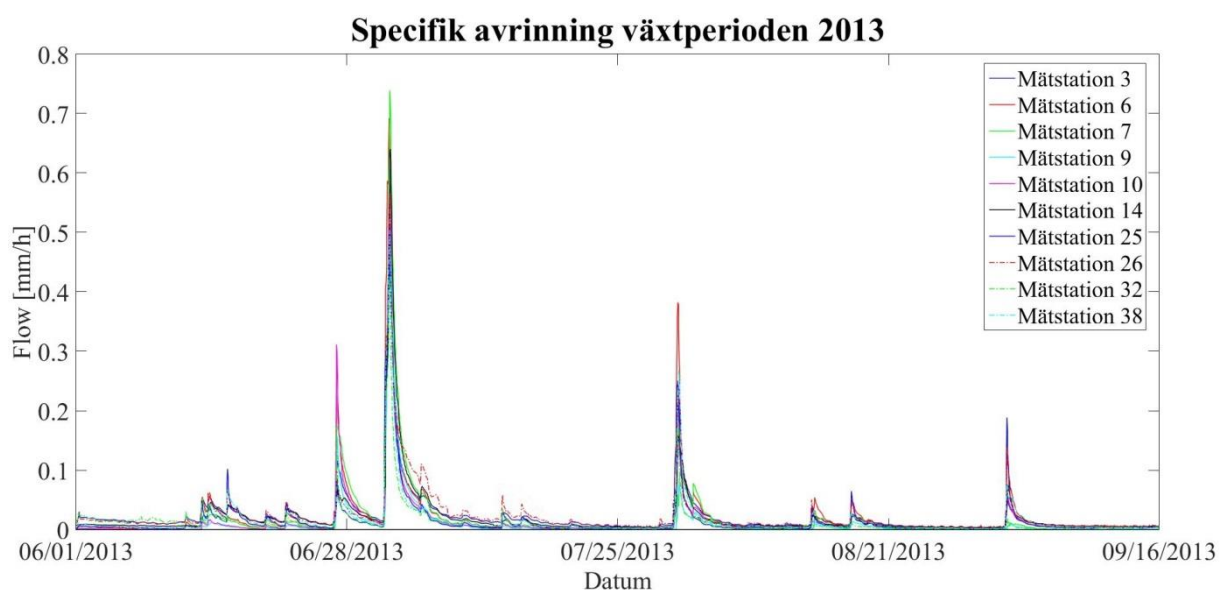
Figur I1. Vattenföringen under vårfloden 2012 för samtliga mätstationer utom nummer 25 utan transform.



Figur I2. Vattenföringen under vårfloden 2013 för samtliga mätstationer utom nummer 25 utan transform.



Figur I3. Vattenföringen under växstsäsongen 2012 för samtliga mätstationer utan transform.



Figur I4. . Vattenföringen under växstsäsongen 2013 för samtliga mätstationer utan transform.

BILAGA J KORRELATIONSANALYS

BILAGA J innehåller samtliga resultat (Kendalls Tau och P-värden) för korrelationsanalysen som utfördes mot den kumulativa avrinningen (Tabell J1) och avrinningens tidsvariation (Tabell J2) för växtperioden och vårfloden under åren 2012 och 2013.

Tabell J1. Kendalls Tau korrelationsanalys för samtliga variabler mot den kumulativa avrinningen under växtperioden åren 2012 och 2013. Mörkgrön och ljusgrön markerar variabler som har korrelation med minst 95 % respektive 90 % konfidens.

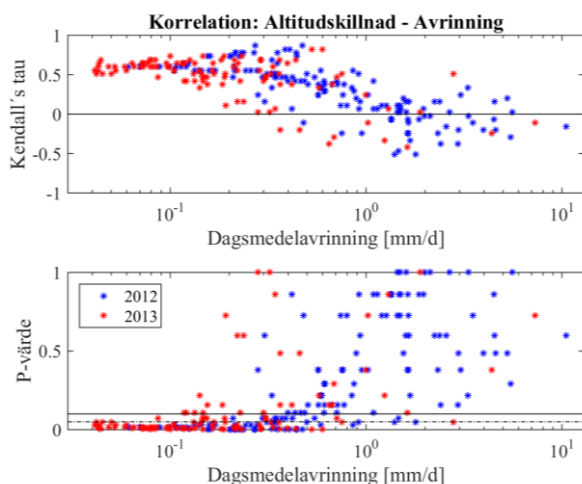
Kum. avrinning	Växtperiod				Vårflod			
	2012		2013		2012		2013	
Variabel	Tau	P-värde	Tau	P-värde	Tau	P-värde	Tau	P-värde
Area	0,51	0,05	0,60	0,02	0,33	0,26	0,00	1,00
Omkrets	0,69	0,00	0,69	0,00	0,39	0,18	-0,06	0,92
F ₁	0,24	0,38	0,07	0,86	0,22	0,48	0,00	1,00
F ₂	-0,24	0,38	-0,07	0,86	-0,22	0,48	0,00	1,00
U _f	-0,24	0,38	-0,07	0,86	-0,22	0,48	0,00	1,00
K _k	-0,11	0,73	0,07	0,86	0,06	0,92	0,06	0,92
C _r	0,20	0,48	0,56	0,03	0,17	0,61	-0,28	0,36
Altitudskillnad	-0,02	1,00	0,42	0,11	0,11	0,76	-0,22	0,48
Lutning	0,07	0,86	0,33	0,22	0,17	0,61	-0,06	0,92
T _{VI}	-0,29	0,29	-0,11	0,73	-0,33	0,26	-0,22	0,48
D _{D,0,5}	-0,24	0,38	-0,24	0,38	-0,17	0,61	0,06	0,92
D _{D,1,0}	-0,16	0,60	-0,24	0,38	-0,06	0,92	0,17	0,61
D _{D,2,5}	0,29	0,29	-0,07	0,86	0,39	0,18	0,50	0,08
D _{D,5,0}	0,60	0,02	0,60	0,02	0,44	0,12	0,11	0,76
D _{D,7,5}	0,56	0,03	0,47	0,07	0,56	0,04	0,00	1,00
Aspekt	-0,05	0,93	0,09	0,79	-0,29	0,35	-0,06	0,92
Plan kurvighet	-0,02	1,00	-0,29	0,29	0,00	1,00	0,00	1,00
Profil kurvighet	0,16	0,60	-0,11	0,73	0,11	0,76	0,11	0,76
Skogsålder	-0,11	0,73	-0,38	0,16	-0,28	0,36	0,28	0,36
Skogshöjd	-0,20	0,48	-0,38	0,16	-0,39	0,18	0,17	0,61
Skogsvolym	-0,33	0,22	-0,51	0,05	-0,50	0,08	0,06	0,92
Jorddjup	-0,05	0,93	-0,32	0,24	-0,20	0,54	0,15	0,68
Morän	-0,23	0,44	-0,48	0,08	-0,20	0,58	0,20	0,58
Berg	0,25	0,49	0,35	0,30	0,12	0,89	-0,24	0,67
Torv	0,13	0,70	0,38	0,18	0,13	0,74	-0,13	0,74
Betesmark	0,04	1,00	0,47	0,12	-0,13	0,78	-0,13	0,78
Lövskog	-0,67	0,02	-0,61	0,03	-0,39	0,28	0,13	0,78
Barrskog	-0,33	0,22	-0,24	0,38	-0,61	0,02	-0,17	0,61
Blandskog	0,38	0,16	0,11	0,73	0,44	0,12	0,44	0,12
Ungskog	0,13	0,65	0,13	0,65	0,25	0,41	0,14	0,68
Kalhygge	0,09	0,79	0,36	0,18	0,31	0,30	-0,25	0,41
Myr	0,54	0,05	0,16	0,61	0,69	0,02	0,25	0,47

Tabell J2. Kendalls Tau korrelationsanalys för samtliga variabler mot avrinningens tidsvariation under växtperioden åren 2012 och 2013. Mörkgrön och ljusgrön markerar variabler som har korrelation med minst 95 % respektive 90 % konfidens.

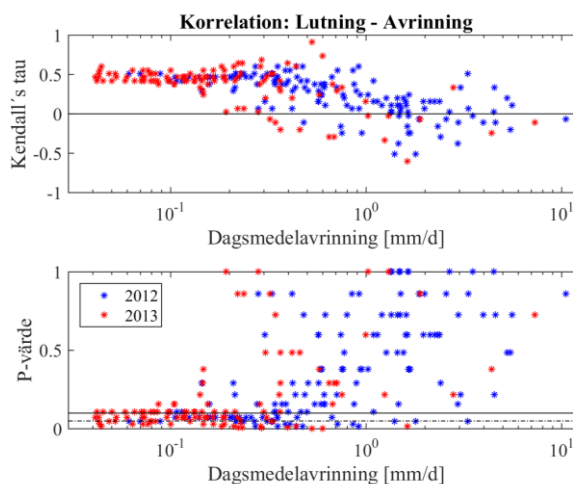
Tidsvariation	Växtperiod				Vårflod			
	2012		2013		2012		2013	
Variabel	Tau	P-värde	Tau	P-värde	Tau	P-värde	Tau	P-värde
Area	-0,11	0,73	-0,42	0,11	0,17	0,61	-0,22	0,48
Omkrets	-0,11	0,73	-0,33	0,22	0,11	0,76	-0,17	0,61
F ₁	0,07	0,86	0,20	0,48	0,28	0,36	0,22	0,48
F ₂	-0,07	0,86	-0,20	0,48	-0,28	0,36	-0,22	0,48
U _f	-0,07	0,86	-0,20	0,48	-0,28	0,36	-0,22	0,48
K _k	-0,38	0,16	-0,24	0,38	-0,11	0,76	-0,72	0,01
C _r	-0,60	0,02	-0,56	0,03	0,56	0,04	-0,17	0,61
Altitud skillnad	-0,73	0,00	-0,60	0,02	0,39	0,18	-0,33	0,26
Lutning	-0,56	0,03	-0,42	0,11	0,22	0,48	-0,39	0,18
T _{VI}	-0,02	1,00	-0,16	0,60	0,61	0,02	0,44	0,12
D _{D,0,5}	0,11	0,73	-0,02	1,00	0,44	0,12	0,50	0,08
D _{D,1,0}	0,11	0,73	-0,02	1,00	0,33	0,26	0,39	0,18
D _{D,2,5}	0,20	0,48	0,16	0,60	0,00	1,00	0,06	0,92
D _{D,5,0}	-0,29	0,29	-0,33	0,22	0,06	0,92	-0,11	0,76
D _{D,7,5}	-0,16	0,60	-0,20	0,48	0,17	0,61	0,00	1,00
Aspekt	-0,18	0,53	-0,46	0,09	0,29	0,35	0,06	0,92
Plan kurvighet	0,33	0,22	0,47	0,07	-0,50	0,08	0,00	1,00
Profil kurvighet	0,24	0,38	0,29	0,29	-0,50	0,08	-0,11	0,76
Skogsålder	0,69	0,00	0,38	0,16	-0,22	0,48	0,39	0,18
Skogshöjd	0,51	0,05	0,29	0,29	-0,33	0,26	0,17	0,61
Skogsvolym	0,56	0,03	0,42	0,11	-0,33	0,26	0,17	0,61
Jorddjup	0,60	0,02	0,51	0,06	-0,32	0,30	0,32	0,30
Morän	0,43	0,12	0,58	0,03	0,00	1,00	0,52	0,08
Berg	-0,35	0,30	-0,45	0,16	-0,12	0,89	-0,35	0,44
Torv	-0,33	0,25	-0,38	0,18	0,20	0,58	-0,33	0,31
Betesmark	-0,33	0,30	-0,47	0,12	0,13	0,78	-0,30	0,42
Lövskog	0,12	0,74	0,37	0,22	-0,56	0,08	-0,13	0,78
Barrskog	0,11	0,73	-0,20	0,48	0,11	0,76	0,28	0,36
Blandskog	0,20	0,48	0,24	0,38	-0,39	0,18	-0,22	0,48
Ungskog	-0,09	0,79	0,04	0,93	-0,37	0,21	-0,48	0,09
Kalhygge	-0,67	0,01	-0,36	0,18	0,20	0,54	-0,42	0,15
Myr	0,16	0,61	0,16	0,61	-0,11	0,81	0,04	1,00

BILAGA K KORRELATION UNDER VÄXTPERIODEN

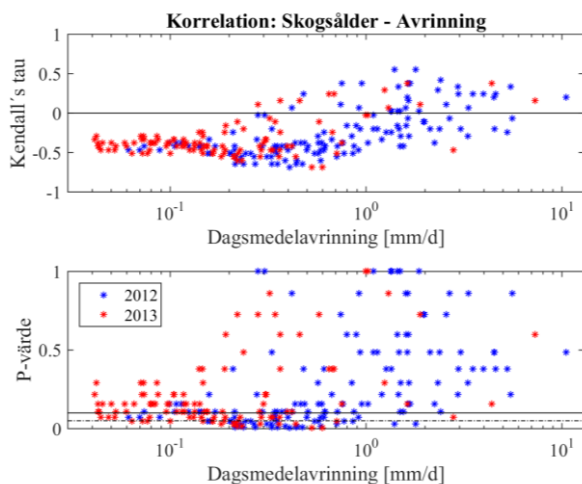
BILAGA K innehåller kompletterande grafer för hur variablerna altitud skillnad, lutning, skogsålder, skogshöjd, jorddjup, morän, betesmark, kalhygge, torv, blandskog, myr, K_k och T_{VI} (Figur K1-Figur K15) visade signifikanta korrelationer under växtperioden åren 2012 och 2013 vilka sammanfattas i resultat 3.4.2. Korrelationstestet är gjort för variablerna mot dygnsmedelavrinningen.



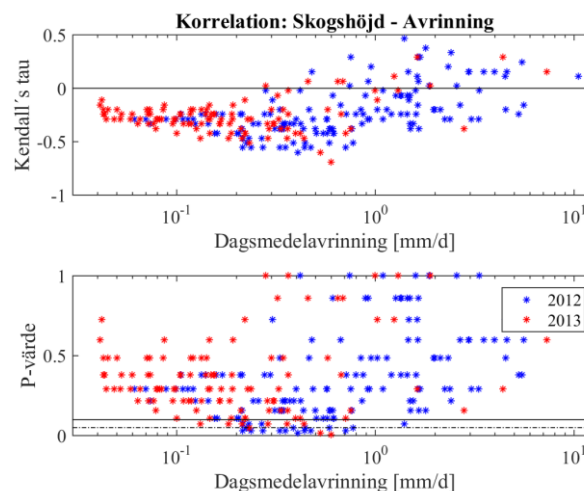
Figur K1. Förhållandet mellan korrelationens styrka och signifikans mot storleken på avrinningen för altitud skillnad under växtperioden 2012 och 2013.



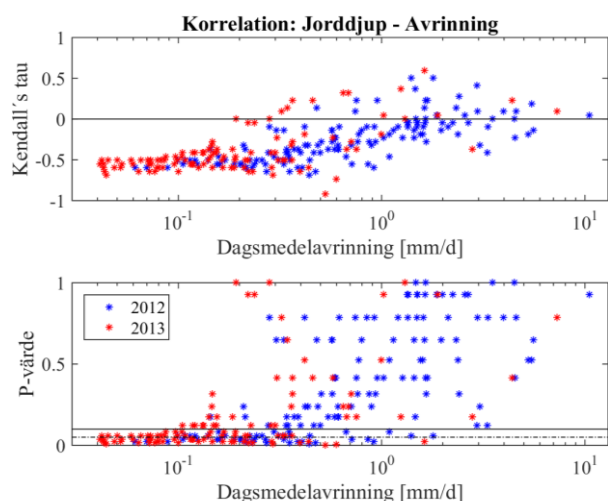
Figur K2. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för medellutningen under växtperioden 2012 och 2013.



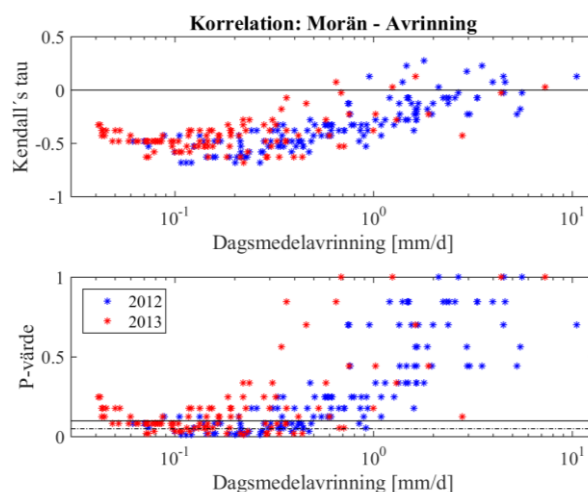
Figur K3. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för skogsålder under växtperioden 2012 och 2013.



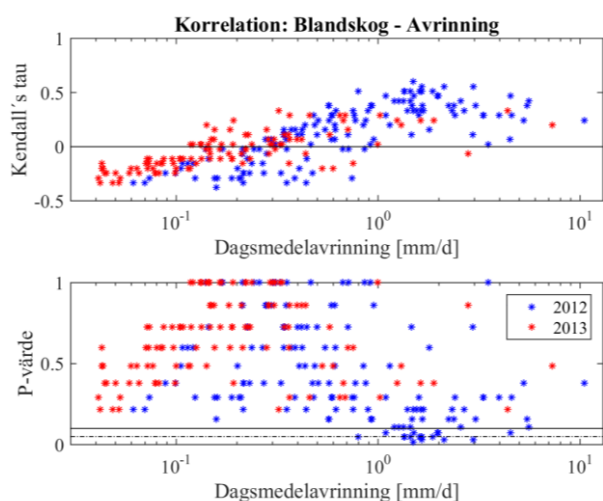
Figur K4. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för skogshöjden under växtperioden under växtperioden 2012 och 2013.



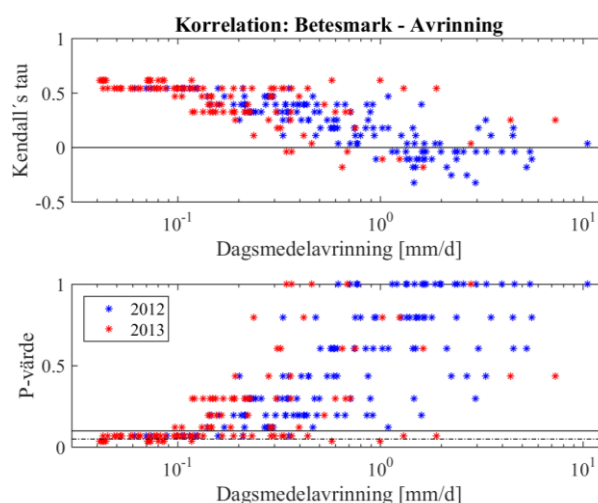
Figur K5. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för jorddjupet under växtperioden 2012 och 2013.



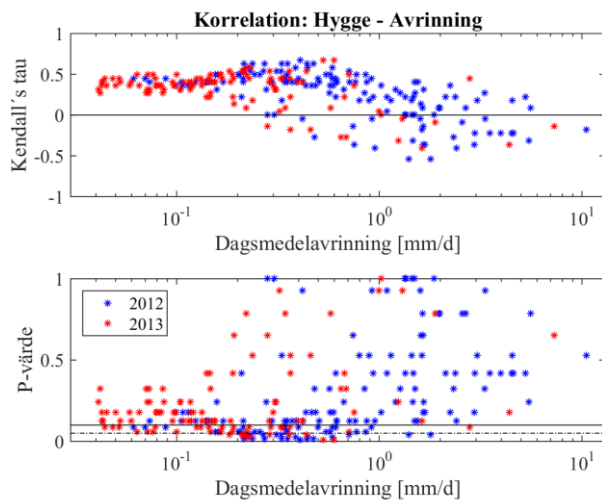
Figur K6. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för morän under växtperioden 2012 och 2013.



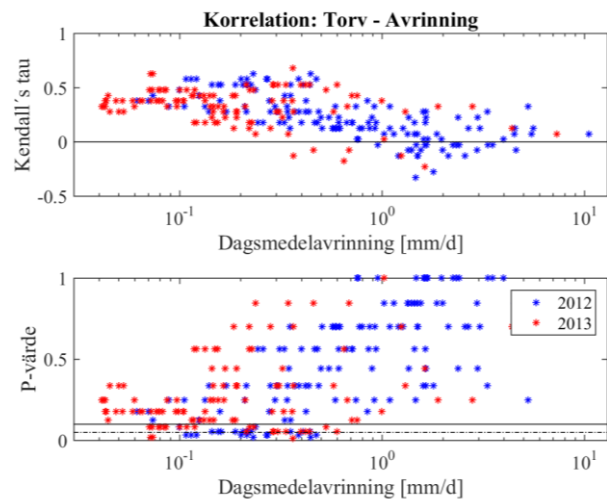
Figur K7. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för blandskog under växtperioden 2012 och 2013.



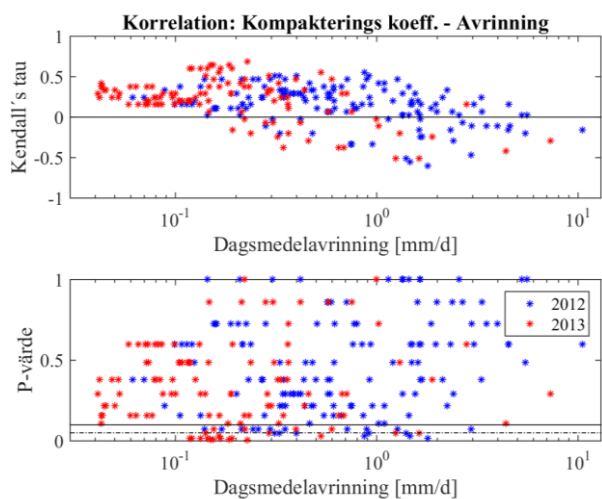
Figur K8. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för betesmark under växtperioden 2012 och 2013.



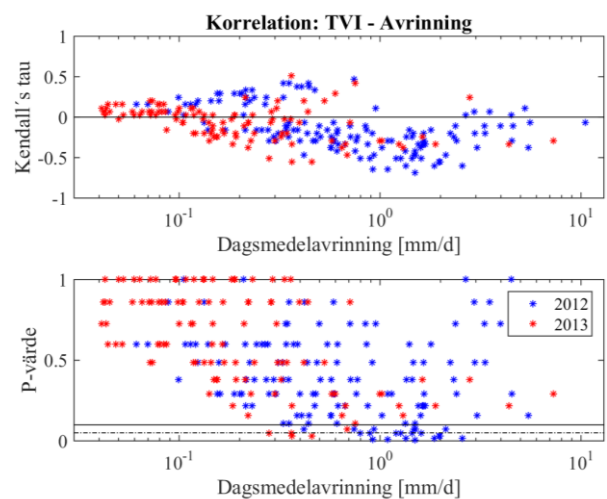
Figur K9. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för kalhygge under växtperioden 2012 och 2013.



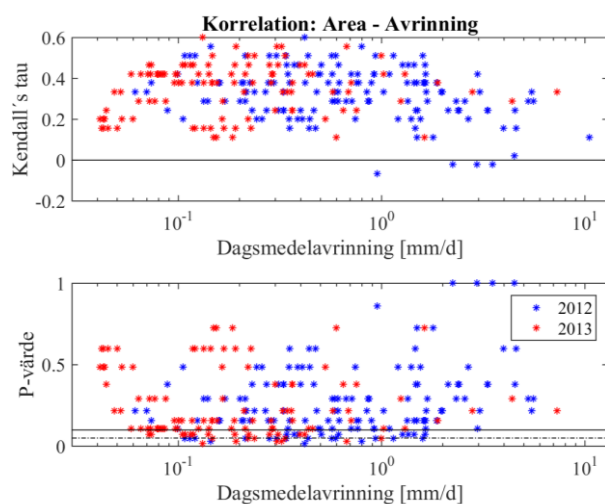
Figur K10. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för torv under växtperioden 2012 och 2013.



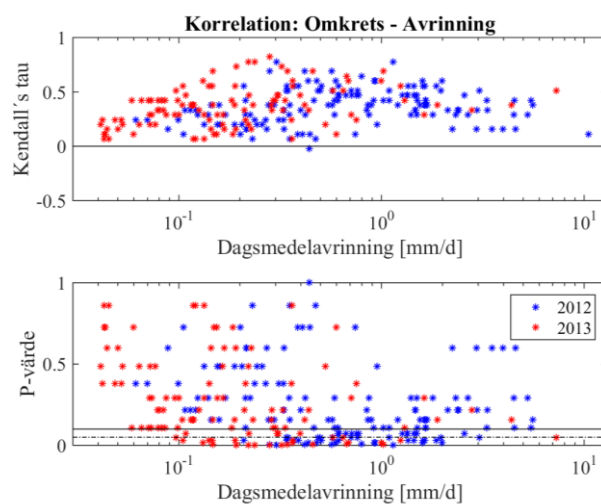
Figur K11. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för kompakteringskoefficienten under växtperioden 2012 och 2013.



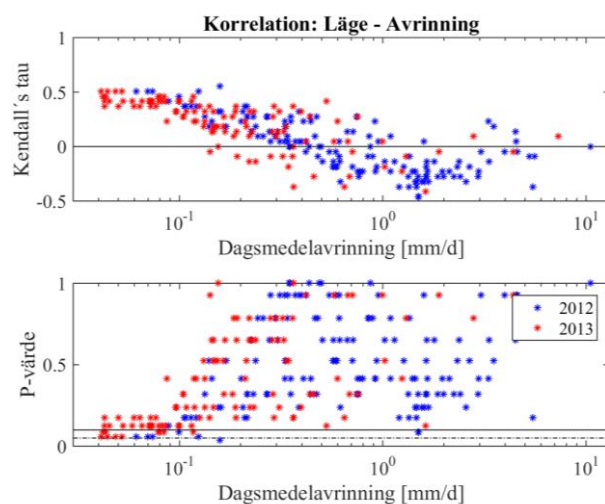
Figur K12. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för T_{VI} under växtperioden 2012 och 2013.



Figur K13. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för area under växtperioden 2012 och 2013.



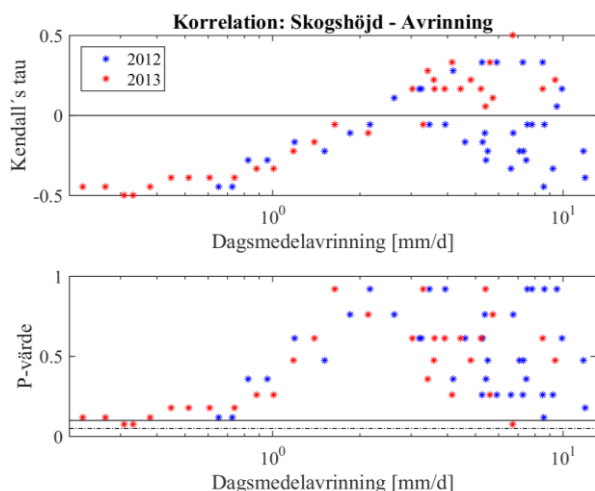
Figur K14. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för omkrets under växtperioden 2012 och 2013.



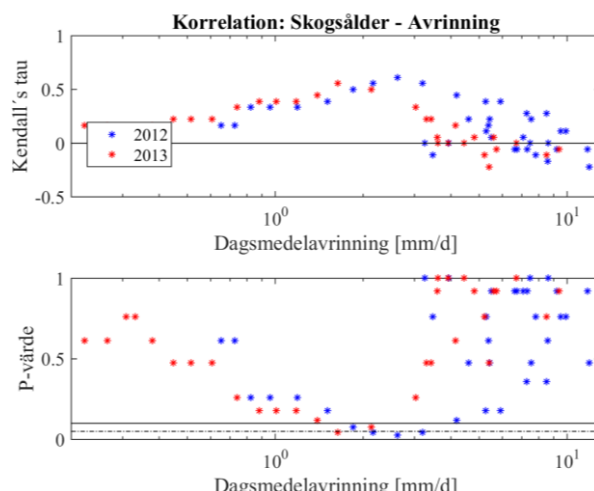
Figur K15. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot storleken på avrinningen för aspekt under växtperioden 2012 och 2013.

BILAGA L KORRELATION UNDER VÅRFLODEN

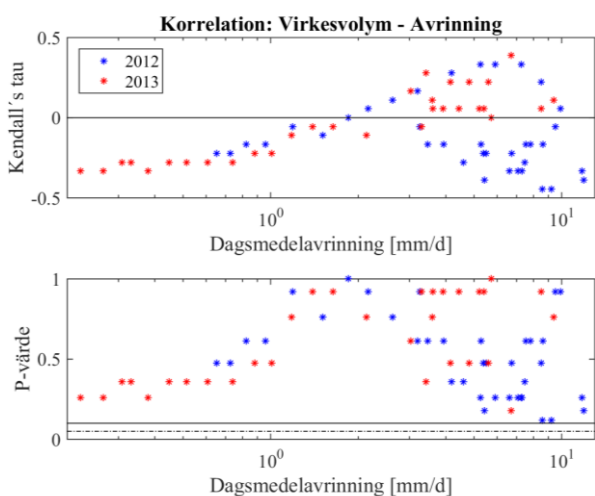
BILAGA L innehåller kompletterande grafer för hur variablerna skogshöjd, skogsålder, virkesvolym, kalhygge, ungskog, myrmark, altitudskillnad, lutning och dräneringsdensiteten med tröskelvärde 5 ha (Figur L1-Figur L9) uppvisade korrelation med dygnsmedelavrinningen under vårflo den åren 2012 och 2013. Dessa resultat sammanfattas i resultat 3.4.3.



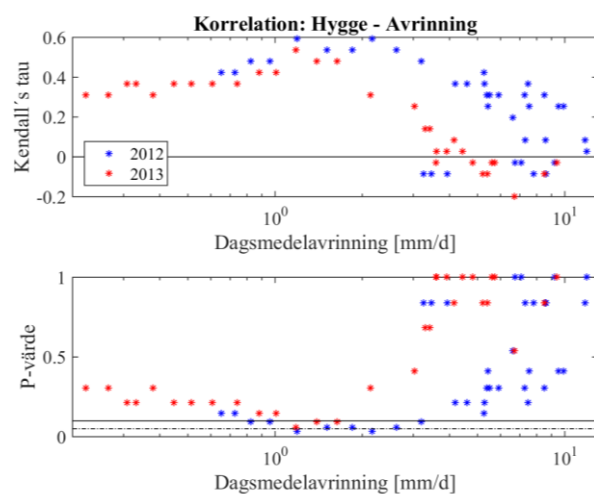
Figur L1. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för skogshöjden under vårflo den 2012 och 2013.



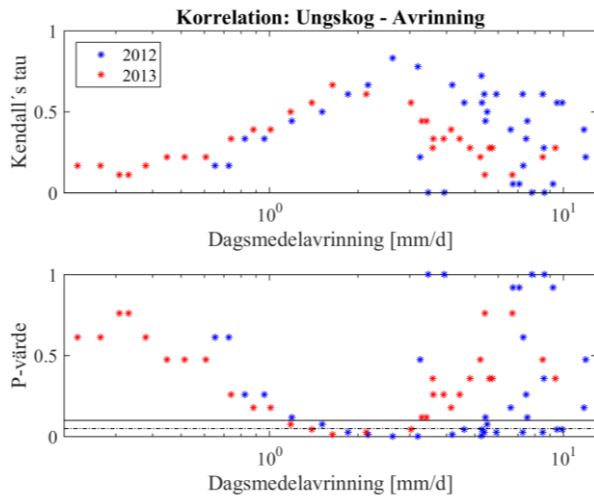
Figur L2. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för skogsålder under vårflo den 2012 och 2013.



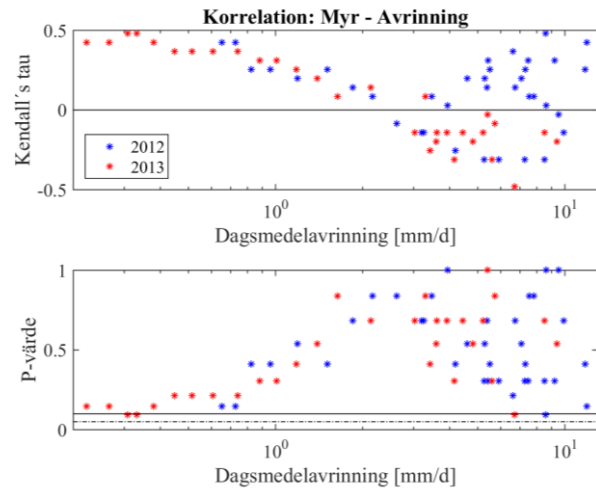
Figur L3. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för virkesvolymen under vårflo den 2012 och 2013.



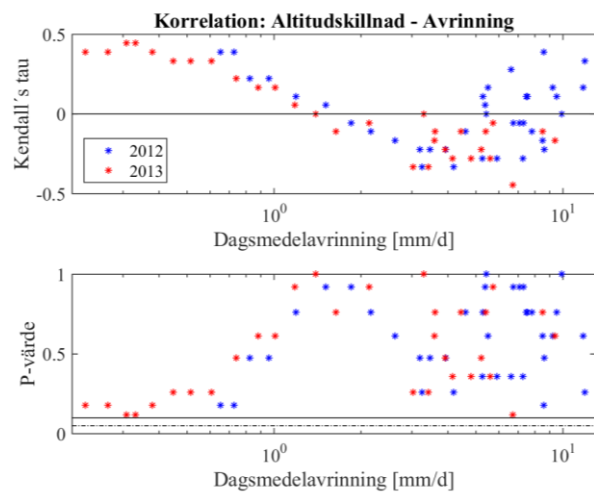
Figur L4. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för hygge under vårflo den 2012 och 2013.



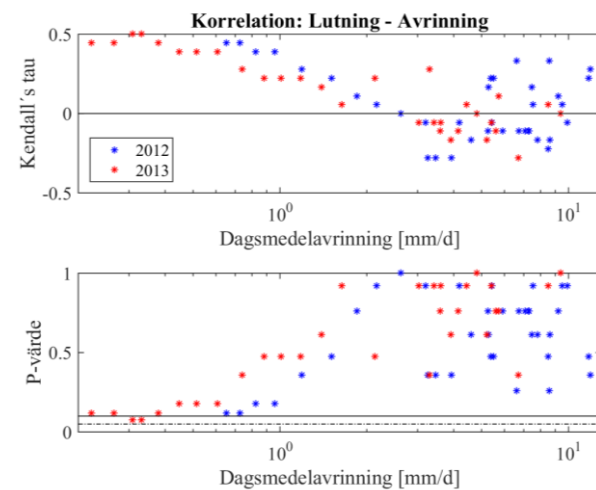
Figur L5. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för ungskog under vårfloden 2012 och 2013.



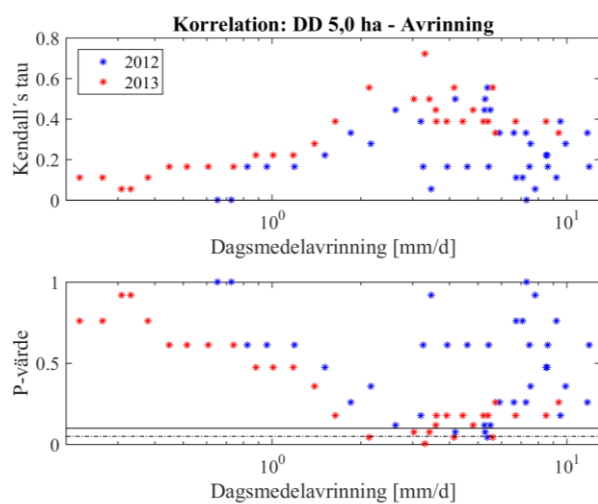
Figur L6. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för myr under vårfloden 2012 och 2013.



Figur L7. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för altitudskillnaden under vårfloden 2012 och 2013.



Figur L8. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för lutningen under vårfloden 2012 och 2013.



Figur L9. Förhållandet mellan Kendalls Tau samt dess signifikans mot dygnsmedelavrinningen för dräneringsdensiteten med tröskelvärde 5 ha under vårfloden 2012 och 2013.