

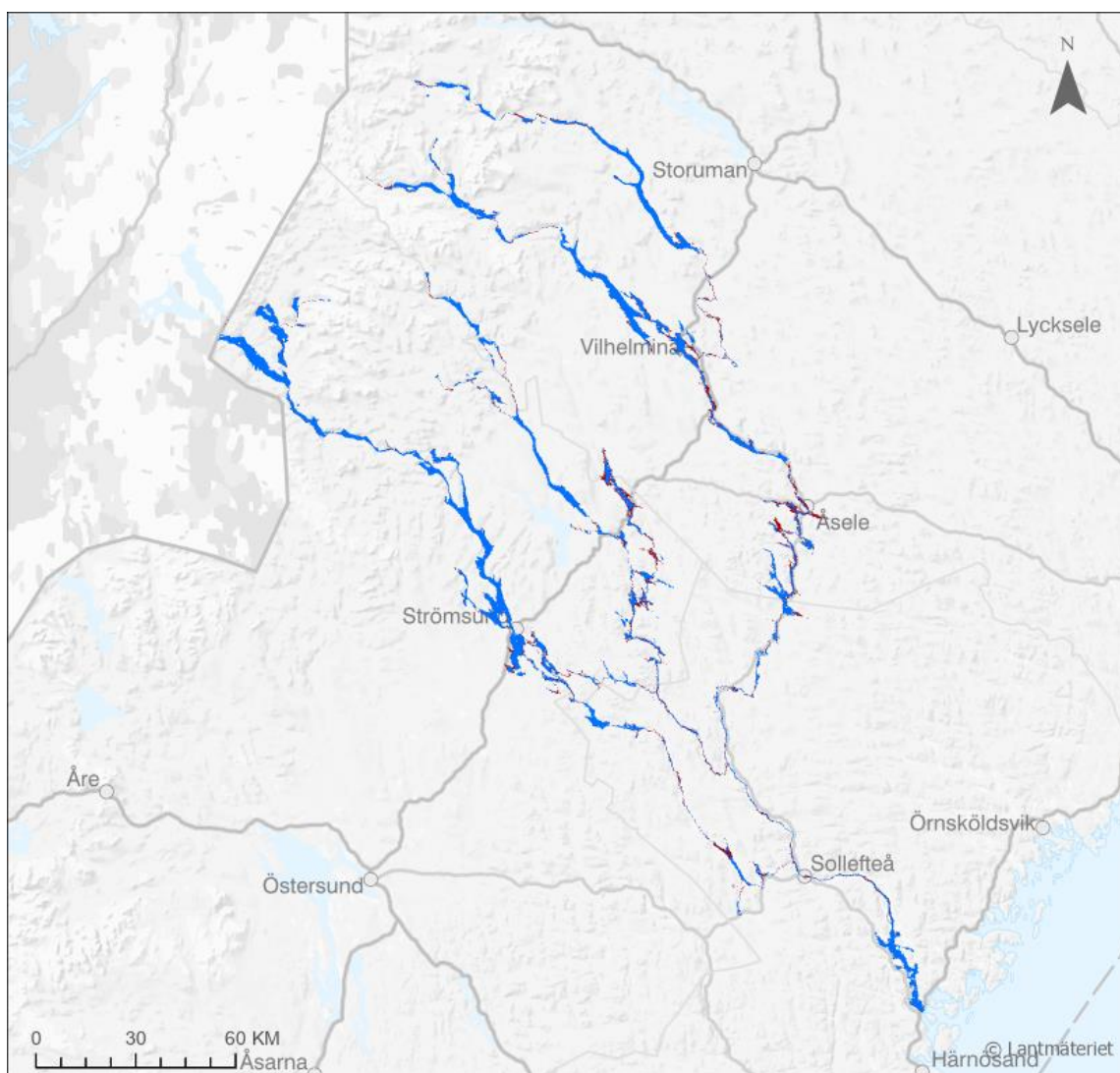


Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Översvämningskartering utmed Ångermanälven

Sträckan omfattar hela Ångermanälven

2022-06-15



Projekt: Översiktlig översvämningskartering 2020/2021

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 651 81 Karlstad, Tel 0771-240 240,

av WSP Sverige AB, Arenavägen 7, 121 88 Stockholm-Globen, Tel + 46 10 7225000.

Rapporten sammanställer resultat från projektet *Underlag för beredskapsplanering i Ångermanälven – Hydraulisk modell* som WSP utförde 2012-2015 på uppdrag av Ångermanälvens Vattenregleringsföretag (ÅVF) och som samfinansierats av ÅVF och Svenska kraftnät.

Att mångfaldiga det innehåll i denna rapport som tillhör Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, helt eller delvis, är tillåtet förutsatt att MSB anges som källa.

MSB diariernr 2022-08510

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1. Inledning	5
2. Allmänt om översvämningsskartering	6
2.1 Flöden och återkomsttid	6
2.2 Användning av översvämningsskartor	7
2.3 Immateriella rättigheter	7
2.4 Nyttjande av hydraulisk modell	7
3. Beräkningar - förutsättningar och genomförande	8
3.1 Flöden.....	8
3.2 Modellbeskrivning av vattendraget.....	9
3.3 Hydrauliska beräkningar.....	10
3.3.1 Antaganden.....	10
3.3.2 Kalibrering.....	10
3.4 Framtagning av översvämningsskikt	11
4. Transformerings av höjdsystem	12
5. Resultat	13
6. Litteraturförteckning	14
Bilaga 1: Beskrivning av digitalt material	15
Bilaga 2: Kompletta flödestabell.....	16
Bilaga 3 Bottendataunderlag	18
Bilaga 4: Metodbeskrivning för transformering av höjdsystem från RH70 till RH2000.....	19

Till denna rapport hör GIS-skikt där översvämningsszonerna finns i format för ArcGIS för GIS-användning. GIS-skikten laddas ner via översvämningssportalen <https://gisapp.msb.se/apps/oversvamningsportal/>

Sammanfattning

Svenska kraftnät och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap samarbetar för att sprida information kring de översiktliga översvämningskarteringar som tagits fram inom ramen för projekt för utveckling av samordnad beredskap för dammhaveri och höga flöden i kraftverksälvar. Beredskapsprojekt har genomförts för ett tjugotal stora och medelstora kraftverksälvar. Karteringarna har bekostats av vattenkraftföretag/vattenregleringsföretag med bidrag från Svenska kraftnät.

Denna rapport avser Ångermanälven och redovisar de delar i beredskapsprojektet som avser översvämning vid höga flöden. Resultat kopplade till analys av dammhaveriscenarier omfattas inte.

Ångermanälven ligger i Västernorrlands, Västerbottens och Jämtlands län och sträcker sig ca 460 km lång i väst-östlig riktning från fjällen ner till utloppet i havet vid Kramfors. Större biflöden till Ångermanälven är Fjällsjöälven och Faxälven. Älvsystemets totala längd är mer än 1000 km.

Kartläggningen kan användas för insatsplanering av räddningstjänstens arbete och som underlag vid kommunens riskhantering och samhällsplanering.

Slutprodukten är kartor med översvämningszoner vid normalflöde, 100-årsflöde och klass I-flöde (beräknat högsta flöde). Översvämningszonerna levereras som kartsikt i digital form för hantering i Geografiska Informations System (GIS). Vidare redovisas en fil med information om högsta vattennivå för respektive flöde i punkter längs vattendraget.

Alla nedladdningsbara skikt anges i koordinatsystemet SWEREF99 TM och i höjdsystemet RH2000. De digitala översvämningsytorna kan användas tillsammans med användarnas egna digitala bakgrundskartor för analyser och presentationer.

Den terrängmodell och hydrauliska datamodell som tagits fram under karteringsarbetet ägs gemensamt av Ångermanälvens Vattenregleringsföretag och Svenska kraftnät och förvaltas av WSP. För tillgång till modellerna hänvisas till WSP.

1. Inledning

Svenska kraftnät (Svk) och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) samarbetar för att sprida information kring de översiktliga översvänningskarteringar som tagits fram inom ramen för projekt för utveckling av samordnad beredskap för dammhaveri och höga flöden i kraftverksälvar. Beredskapsprojekt har genomförts för ett tjugotal stora och medelstora kraftverksälvar. Karteringarna har bekostats av vattenkraftföretag/vattenregleringsföretag med bidrag från Svenska kraftnät.

WSP har av MSB fått en beställning för att tillgängliggöra den översiktliga översvänningskarteringen längs Ångermanälven för sträckan från södra Lappland till utloppet i havet vid Kramfors. Större biflöden till Ångermanälven är Fjällsjöälven och Faxälven. Älvsystemets totala längd är mer än 1 000 km och innehåller över 50 dammar.

Rapporten innehåller en metodbeskrivning för översvänningskarteringen av Ångermanälven. Karteringen som från början är framtagen som underlag för beredskapsplanering omfattar både naturliga flöden och flöden uppkomna genom dammhaveri. För mer information om det projektet hänvisas till rapporten *Underlag för samordnad beredskapsplanering för höga flöden och dammbrott i Ångermanälven, daterad 2015-03-06* (se [Samordnad beredskapsplanering - dammhaveri | Svenska kraftnät \(svk.se\)](#)). I det material som tillhandahålls av MSB redovisas endast översvämningar till följd av naturliga flöden, dvs. översvämningar som förorsakats av dammhaveri redovisas ej.

Karteringsarbetet består av flera delmoment som omfattar framtagande av en digital höjdmmodell, hydrauliska modellberäkningar och GIS-hantering. De vattennivåer som erhålls ur de hydrauliska beräkningarna läggs ut på en digital höjdmmodell och översvämningens utbredning skapas. Vattenutbredning redovisas som ett separat skikt för varje flöde; normalflöde, 100-årsflöde och klass I-flöde (beräknat högsta flöde). Flödesuppgifterna har erhållits av Ångermanälvens vattenregleringsföretag (ÅVF). De hydrauliska beräkningarna och GIS-arbetet har utförts av WSP. WSP har samordnat projektet och svarat för dokumentationen.

2. Allmänt om översvämningsskartering

För att kunna beräkna vattennivåer och utbredningen av en översvämning för ett flöde med en viss återkomsttid används en hydraulisk datamodell. Modellen innehåller information om flöden, höjddata och strukturer i vattendraget såsom broar och dammar samt andra fysiska strukturer som påverkar vattnets rörelser. Modellen innehåller också uppgifter om vattendragets övriga egenskaper som lutning och bottenfriktion samt landskapets topografi, geometri och friktion. Kartläggning av översvämmat område sker med hjälp av GIS.

2.1 Flöden och återkomsttid

Som mått på översvämningsskatten används ofta begreppet återkomsttid, vilket betecknar den genomsnittliga tiden mellan två översvämningar av samma omfattning. Begreppet återkomsttid kan ibland ge en falsk känsla av säkerhet, eftersom det anger sannolikheten för ett enda år och inte den sammanlagda sannolikheten för en period av flera år.

Tabell 1 visar den sammanlagda sannolikheten för att ett flöde med en viss återkomsttid ska överskridas under en längre tidsperiod. Ett flöde med återkomsttiden 100 år har till exempel 39 % sannolikhet att inträffa under en 50-årsperiod och ett flöde med återkomsttiden 10 000 år har 1 % sannolikhet att inträffa under en 100-årsperiod.

Tabell 1

Sannolikhet för ett visst flöde uttryckt i % under en period av år.

Flöde	Period av år					
	10 år	50 år	100 år	200 år	500 år	1 000 år
20-årsflöde	40	92	99	100	100	100
50-årsflöde	18	64	87	98	100	100
100-årsflöde	10	39	63	87	99	100
200-årsflöde	5	22	39	63	92	99
1 000-årsflöde	1	5	10	18	39	63
10 000-årsflöde	0,1	0,5	1	2	5	9,5

Beräkning av 100-årsflöde och 200-årsflöde görs normalt genom statistisk analys av observerade vattenföringsserier. När det gäller beräknat högsta flöde blir en sådan uppskattning alltför osäker då det inte finns tillgång till tillräckligt långa observationsserier. Normalt finns det mindre än 100 års observationer att utgå ifrån.

Beräknat högsta flöde tas istället fram med en hydrologisk modell avsedd för beräkning av högvattenföringar. Modellen kallas HBV [1] och beräkningsmetodiken motsvarar den teknik som används inom vattenkraft- och gruvindustrin för bestämning av dimensionerande flöde för dammanläggningar i den högsta flödesdimensioneringsklassen [2].

Sannolikheten för att ett beräknat högsta flöde ska inträffa kan inte bestämmas, men frekvensanalyser indikerar att flöden som beräknas enligt riktlinjerna i genomsnitt har återkomsttider på över 10 000 år.

2.2 Användning av översvämningsskartor

Vid användning av översvämningsskartorna bör hänsyn tas till att det finns osäkerheter i de hydrauliska beräkningarna och att karteringen har utförts med ett gridnät som är 5x5 m. Det innebär att översvämningsskartorna användningsområde är begränsat till övergripande planering till exempel insatsplanering av räddningstjänstens arbete och som underlag vid kommunens riskhantering och samhällsplanering.

2.3 Immateriella rättigheter

Svenska kraftnät och Ångermanälvens vattenregleringsföretag har gemensam upphovsrätt till de av framtagna översvämningsskarteringarna som skyddas av upphovsrättslagen (1960:729). Innehållet i GIS-skikten får mångfaldigas, helt eller delvis, förutsatt att Svenska kraftnät och ÅVF anges som källa. Allt ansvar vid nyttjandet av GIS-skikten vilar på användaren. Svenska kraftnät och ÅVF fråntar sig allt ansvar för produktens funktion eller användbarhet för något visst ändamål.

Att mångfaldiga innehållet i denna rapport som tillhör Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, helt eller delvis, är tillåtet förutsatt att MSB anges som källa.

Rättigheter till underlagskartor i rapporten tillhör Lantmäteriet och får inte nyttjas utan Lantmäteriets tillstånd.

Rättigheterna till den flödesdata som har använts för att producera rapporten ägs av Ångermanälvens Vattenregleringsföretag.

2.4 Nyttjande av hydraulisk modell

Ett godkännande via medgivande behövs innan tillgång till data kan erhållas för den hydrauliska modellen. Det kan även tillkomma en kostnad för framtagande av data. För tillgång till modellen hänvisas till WSP.

3. Beräkningar - förutsättningar och genomförande

3.1 Flöden

Översvämningskartering har gjorts för tre nivåer som motsvarar ett normalflöde i älven, ett flöde med 100 års återkomsttid (100-årsflödet), respektive ett beräknat högsta flöde (klass I-flöden enligt riktlinjerna).

I de översiktliga översvämningskarteringar som tas fram på uppdrag av MSB har 100-årsflödet och 200-årsflödet normalt anpassats till ett förväntat klimat år 2098. Detta gäller dock inte det material som tagits fram för Ångermanälven. För Ångermanälven har 100-årsflöde och BHF utan klimatanpassning använts, dvs. för dagens klimat.

De flödesuppgifter som har använts i modellen har erhållits av Ångermanälvens vattenregleringsföretag. Normalflöden och 100-årsflöden har anpassats så att de alltid ökar nedströms. Uppgifter om flöden för respektive anläggning finns i bilaga 2.

Normalflöde

Medelvattenföringen för kraftstationerna i älven har använts som normalflöde. Flödet har antagits vara stationärt. Uppgifterna om medelvattenföring har hämtats från *Schematisk bild av Ångermanälven*, Ångermanälvens Vattenregleringsföretag daterad 2012-12-31.

100-årsflöde

100-årsflöden har antagits vara konstanta under så lång tid att stationära förhållanden hinner etableras, det vill säga att tappning från ett magasin blir lika stor som tillrinningen. 100-årsflödena har hämtats från en sammanställning med namnet *Vattenföringsstatistik VRF 20050612* gjord av SMHI.

Beräknat högsta flöde (klass I-flöde)

Beräknat högsta flöde (klass I-flöde) för respektive anläggning har erhållits från Ångermanälvens vattenregleringsföretag som flödessekvenser över en 14-dagarsperiod. De flöden som använts i karteringen har följande dateringar:

- Ångermanälven (huvudfåra) 2009-11-03
- Faxälven 2010-06-27
- Fjällsjöälven 2014-02-24

Inom projektet har dessa flödessekvenser använts för att beräkna vattennivåer och därefter skapat översvämningsskikt. I beräkningarna har ett stationärt grundflöde motsvarande 100-årsflödet antagits gälla i älven när klass I-sekvensen börjar uppströms respektive beräknad anläggning. I ett fåtal fall har grundflödet vid klass I-scenariot anpassats (minskats) för att inte beräknat klass I-flöde för nedströmsliggande anläggningar ska överstiga de värden för högsta beräknade flöde som erhållits från Ångermanälvens Vattenregleringsföretag.

3.2 Modellbeskrivning av vattendraget

I översvämningsskarteringen av Ångermanälven har en endimensionell hydraulisk modell använts. I endimensionella hydrauliska modeller beskrivs vattendraget med hjälp av tvärsektioner som läggs vinkelrätt tvärs över huvudfåran och eventuella förgreningar. Tvärsektionerna ska täcka in den översvämmade sektionen vid höga flöden och måste därför sträcka sig tillräckligt långt utanför den normala å- eller älvsektionen. Vattendragets råhet (friktion) beskrivs med en råhetsparameter (vanligen ett s.k. Mannings tal), vilken justeras när modellen kalibreras in mot kända flöden och vattennivåer.

Modellen över Ångermanälven omfattar 460 km inklusive sidofårorna Fjällsjöälven och Faxälven. Modellen har byggts upp av över 4 000 tvärsektioner med medelavstånd ca 500 m. Hög upplösning (dvs. täta sektioner) har använts vid broar eller andra förträngningar, samt vid ändringar i älvbottens lutning. I modellen finns ca 50 dammanläggningar och ca 150 broar inlagda. För beskrivning av broar har sammanställningsritningar från Trafikverkets managementsystem BaTMan (Bro och tunnelmanagement) använts. I de fall ritningar inte har funnits för en bro har tvärsnittet samt överkant brobana uppskattats från flygfoto och laserskannade höjddata. För beskrivning av dammar och deras avbördningsförmåga har uppgifter erhållits från respektive dammägare.

Den hydrauliska modellen är framtagen med hjälp av en terrängmodell som upprättats inom projektet. Terrängmodellen har byggts upp av två delar; en markmodell och en bottenmodell med strandlinjen som begränsningslinje. Markmodellen är uppbyggd av flygburen laserskanning. De laserskannade punkterna är tagna från en flyghöjd på 2 000 m med täckning som motsvarar 0,3 punkter/m².

Underlaget för bottenpogografen kommer från ekolodsdata, bottenprofiler från brorritningar och dammrutningar samt analoga kartor med redovisade djupkurvor, bottenivåkurvor eller punktdata. I de fall bottendata saknats har uppskattning av djupet gjorts, se bilaga 3.

Terrängmodellen har formatet ESRI GRID 5 m upplösning.

3.3 Hydrauliska beräkningar

För vattenståndsberäkningarna har WSP använt det hydrodynamiska modellverktyget MIKE11 som har utvecklats av DHI Water & Environment. MIKE11 är en endimensionell modell som bygger på Saint-Venants ekvationer. För en ingående beskrivning av modellen hänvisas till MIKE11 Reference Manual [3] och MIKE11 User Manual [4].

3.3.1 Antaganden

Följande antaganden har gjorts vid beräkningarna:

- Turbintappning medräknas inte som tappning vid flöden större än normalflödet.
- Bropelare och brofundament kan ge dämning, men dämning från brobanan medräknas inte, dvs. brobanan antas spolats bort när vattnet når underkanten. Detta är ett antagande som skiljer sig från MSB:s övriga översiktliga översvänningskarteringar där brobanan antas vara kvar och kan verka dämmande.
- Älvfåran antas ha konstant geometri genom beräkningarna och påverkas alltså inte av erosion eller tillfälliga fördämningar. Mindre dammar som överspolas vid höga flöden antas dock eroderas ner vilket även innebär att den volym som däms inne av dessa dammar frisläpps i beräkningarna. Detta antagande skiljer sig från MSB:s egna karteringar.
- Ingen hänsyn har tagits till eventuella vågor och vindsnedställning i magasinen.
- Mannings tal, M , har ansatts till 25. Lokala avvikelser finns för anpassning av modellen till kalibreringsdata.

Karakteristiska värden för havsvattenstånd är erhållna från SMHI, station Spikarna [5]. Havsvattennivån har satts till MW, medelvattenstånd (-0,21 m (RH70)) vid beräkning av normalflöde i älven och till HHW, högsta högvattenstånd (+1,08 m (RH70)) vid beräkning av höga flöden i älven (Q100 och beräknat högsta flöde (BHF)). Beräkningarna har utförts i höjdsystemet RH70, och omvandlats till RH2000 vilket resultatet från översvänningskarteringarna presenteras i. Observera att andra kombinationer av högflöden och havsvattenstånd har använts i MSB:s egna översiktliga översvänningskarteringar.

3.3.2 Kalibrering

Vid kalibrering försöker man återskapa ett tidigare känt flödestillfälle. För Ångermanälven har det dock inte funnits tillräckligt med simultana mätningar vid ett flödestillfälle. WSP gör bedömningen att dammanläggningarna

bestämmer vattennivån i stora delar av vattendraget. Det finns mycket god kännedom om dammarnas avbördningsförmåga vilket har gett bra precision för stora delar av vattendraget.

Kontroll av modellen har gjorts iterativt i beräkningarna genom jämförelse av den beräknade normalvattenytans utbredning och flygfoton. På ett fåtal platser har pegrar med mätdata (flöde och nivå) använts för kalibrering. Justering av tvärsektioner har även gjorts med hänsyn till kommentarer på vattenutbredningsskikten för QN och Q100 erhållna från kommuner och dammägare.

Injustering av modellen har gjorts genom justering av tvärsektioner samt i några fall genom justering av Mannings tal. Mannings tal, som beskriver vattendragets råhet har satts till 25. Några undantag finns.

För övriga hydrauliska parametrar (t.ex. accelerations- och retardationsförlustkoefficienter) har defaultvärden i MIKE 11 använts.

Översvämningskarteringen är utförd med ett övergripande perspektiv för vattendraget som helhet. För detaljplanering av bostäder och verksamheter samt detaljerade riskbedömningar bör modellen/karteringens kvalitet i det område som är aktuellt kontrolleras och eventuellt kompletteras med mer detaljerat underlag.

3.4 Framtagning av översvämningsskikt

Det geografiska informationssystemet ArcGIS har använts för interpolering av beräknade vattenstånd mellan tvärsektionerna och jämförts med höjdmodellen för att få fram översvämningsens geografiska utbredning. I de biflöden där inga tvärsektioner har använts för att beskriva fåran har beräknade vattennivåer från huvudfåran använts för att kartera biflödenas mynning i huvudfåran. För beskrivning av topografin har samma höjddata använts som vid konstruktionen av tvärsektioner för den hydrauliska modelleringen.

4. Transformeringsmetoden av höjdsystem

Transformeringsmetoden av vattennivåer från höjdsystem RH70 till RH2000 utfördes i GIS (ArcGIS Pro) för GIS-skikt i punktformat och innebar:

- En uppskattning av skillnaden i höjd mellan höjdsystemen RH70 och RH2000 i närheten av vattennivåpunkter.
- En addition av den uppskattade skillnaden till vattennivåer beräknat i RH70.

Transformeringsmetoden baserades på stompunktsdata framtaget av Lantmäteriet och utfördes enligt följande steg:

1. Höjdskillnaden mellan två höjdsystem räknades fram för alla stompunkter.
2. Kvalitetskontroll av stompunktsdata utfördes utifrån rumsliga variationer av höjdskillnader.
3. Närhetsanalys, dvs. definiering av den närmaste stompunkten, genomfördes för varje vattennivåpunkt med hjälp av verktyget "Create Thiessen polygons".
4. Höjdskillnaden från den närmaste stompunkten adderades till vattennivån beräknat i RH70.
5. Analys av eventuella brister i metoden genomfördes.

De vattennivåer som ingick i analysen var:

- Normalvattenflöde (QN).
- 100-årsflöde (Q100).
- Beräknat högsta flöde (QKlassI).

En mer detaljerad beskrivning av transformeringsmetoden hittas i Bilaga 4.

5. Resultat

Resultatet av de hydrauliska beräkningarna består av:

- Vattenutbredningsskikt som visar den maximala utbredningen vid respektive scenario.
- Vattennivåer för beräkningssektionerna redovisat i punktskikt, punkterna innehåller information om maximal vattennivå för aktuellt scenario; normalvattennivå, vattennivå för Q100 och vattennivå för BHF i RH2000.

6. Litteraturförteckning

- [1] Bergström, S. 1992. *The HBV Model – its structure and applications*. SMHI RH, No. 4.
- [2] Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. *Riktlinjer för bestämning av dimensionerade flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007*.
- [3] DHI (2012). *MIKE 11, A modelling system for rivers and channels: Reference Manual*. Hørsholm, Danmark: DHI
- [4] DHI (2012). *MIKE FLOOD, 1D-2D modelling: User Manual*. Hørsholm, Danmark: DHI.
- [5] SMHI, *Havsvattenstånd, Station Spikarna, daterad 2011-01-17*.

Bilaga 1: Beskrivning av digitalt material

Översvämningsskarteringarna finns tillgängliga som digitala geografiska data i koordinatsystem i plan SWEREF99 TM och höjdsystem RH2000. Data levereras som shapefiler (.shp).

För det karterade vattendraget levereras tre ytskikt, ett för varje flödesscenario och två punktskikt, ett för normalflöde och ett för 100 årsflöde.

Ytskikten består av resultatfiler.

ArcGIS-format:

Ytskikt	Filnamn
Översvämningssytan för normalflöde	QN
Översvämningssytan för 100-årsflöde	Q100
Översvämningssytan för beräknat högsta flöde.	QklassIMax

Punktskikt	Filnamn
Punktskikt för vattennivåer för normalflöde, 100-årsflöde och beräknat högsta flöde.	Angermanalven_QN_Q100_KlassI_RH2000

Bilaga 2: Komplette flödestabell.

Tabellen innehåller samtliga flöden som har använts i arbetet med karteringen. Tabellen presenterar flöden vid dammanläggningarna i älven som presenteras i ordningen de ligger i från uppströms till nedströms i respektive biflöde, Faxälven, Fjällsjöälven och Ångermanälven. För källa för de olika flödena hänvisas till kapitel 3.1 i rapporten.

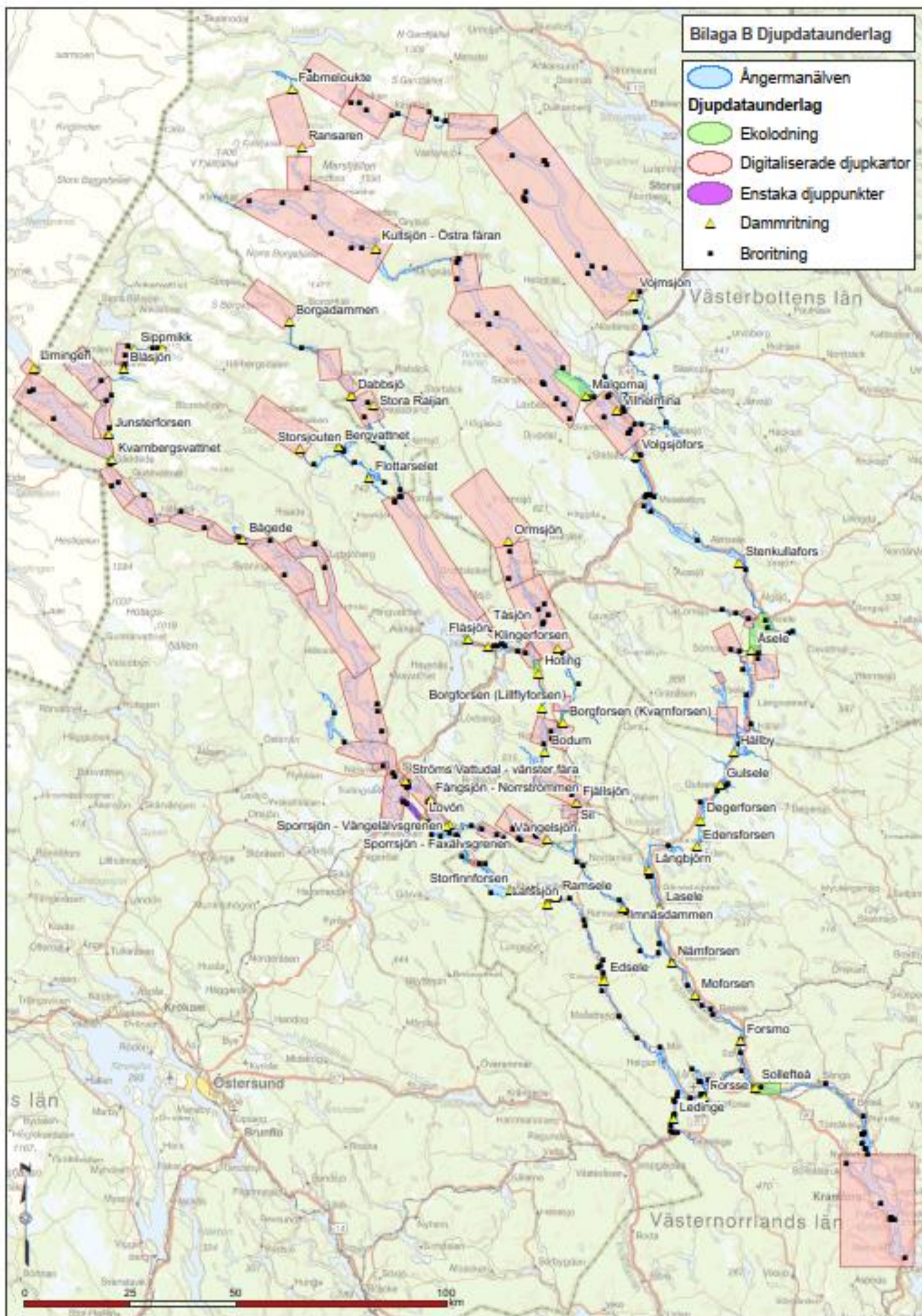
Dammanläggning	Normalflöde*	100-årsflöde	Klass I-flöde
Limingen	27	101	270
Semningssjön	0,8	16	32
Sippmikk	2,3	50	96
Blåsjön	33	185	495
Junsterforsen	44	220	630
Kvarnbergsvattnet	84	325	820
Bågede	112	470	1190
Ströms Vattudal – vänster fåra	3	213	1185 (totalt för anläggningen Ströms Vattudal)
Ströms Vattudal - mittfåran	3	307	-
Ströms Vattudal - Lövön	143	130	-
Fångsjön – Norrströmmen	7	284	1190 (totalt för anläggningen Fångsjön)
Fångsjön - Lövökvisslan	0	177	-
Fångsjön - Sågkvisslan	0	63	-
Sporrsjön - Vängelälvgreinen	5	116	1190 (totalt för anläggningen Sporrsjön)
Sporrsjön - Faxälvgreinen	3	317	-
Storfinnforsen	150	550	885
Lafssjön	3,5	75	160
Ramsele	154	585	910
Edsele	156	600	925
Ledinge	5,4	110	140 **
Hjälta	169	697	1045
Forsse	168	690	1030
Borgadammen	16,3	170	455
Dabbsjö	30	200	540
Stora Raijan	33	218	595
Storsjouten	16,2	198	375
Bergvattnet	0,4	6	11
Flottarselet	53	309	415
Ormsjön	29	297	720
Tåsjön	13,1	395	920
Flåsjön	13,1	105	150
Klinterforsen	13,1	106	155
Rörströmssjön	33	318	800
Hoting	80	480	1100
Borgforsen - Lillflyforsen	0	386	1100
Borgforsen - Kvarnforsen	117	347	865
Bodum	119	733	1420
Fjällsjön	124	755	1445
Sil	124	858	1440
Vängelsjön	8,4	219	355
Imnäsdammen	135	915	1645
Fabmeloukte	-	-	-
Ransaren	15,5	160	365
Kultsjön - Östra fåran	45	400	785
Vojmsjön	40	405	460
Malgomaj	73	690	1035
Vilhelmina	53	550	-
Volgsjöfors	40	1085	1725
Stenkullafors	137	1145	1755
Åsele	152	1280	1930
Hällby	164	1395	2020
Gulsele	167	1420	2045
Degerforsen	170	1440	2065
Edensforsen	172	1445	2080
Långbjörn	178	1480	2120
Lasele	189	1525	2185
Nämforsen	329	2226	3520
Moforsen	330	2230	3530
Forsmo	333	2234	3540
Sollefteå	505	2902	4275

* Värdena är för dagens klimat och ingen hänsyn har tagits till klimatscenarier

** Klass I-flöde för

Ledinge har hämtats från Fördjupad dammsäkerhetsutredning (FDU) för Ledinge från 2001 eftersom den uppgift som fanns i sammanställningen för dimensionerande flöden för Faxälven (ÅngDIM = 100 m³/s^e ansågs vara rimlig.

Bilaga 3 Bottendataunderlag



Bilaga 4: Metodbeskrivning för transformering av höjdsystem från RH70 till RH2000

Transformeringen av vattennivåer från höjdsystem RH70 till RH2000 utfördes i GIS (ArcGIS Pro) för GIS-skikt i punktformat och innebär:

- En uppskattning av skillnaden i höjd mellan höjdsystem RH70 och RH2000 i närheten av vattennivåpunkter.
- En addition av den uppskattade skillnaden till vattennivåer beräknat i RH70.

De vattennivåer som ingår i analysen är:

- Normalvattenflöde (QN).
- 100-årsflöde (Q100).
- Beräknat högsta flöde (QKlassI).

Underlag

Transformeringen baserades på *stompunktdata* (bild 1) som tagits fram och ständigt uppdateras av Lantmäteriets Geodesienheten. En stompunkt är en fast markerad punkt med noggrant definierade plan- och höjdkoordinater.

Stompunktdata utgör ett irreguljärt nätverk där de flesta punkterna ligger längs vägar.

För transformeringen används ett utdrag från stompunkt-databas i form av *.csv fil som innehåller stompunkt ID, plankoordinater i SWEREF99 och höjdkoordinater i RH70, RHB70 och RH2000.

RHB70 är beteckningen för höjder som har beräknats i systemet RH70, men med nya mätningar av god kvalitet från den tredje precisionsavvägningen. Men andra ord är det en förtätning av RH70 som resulterar i att det finns mer punkter med högre kvalitet i RHB70 i jämförelse med RH70. På grund av detta utgått transformeringen från höjder i RHB70.

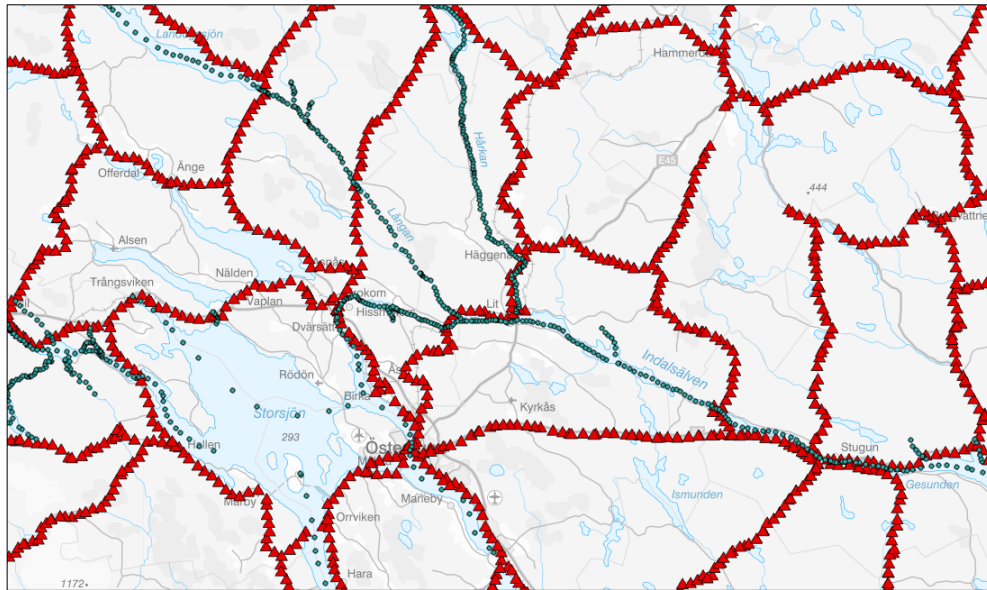


Bild 1 Stompunktnät (röda trianglar) längs Indalsälven. Punktskikt med vattennivåer visas i blå.

Metod

Transformeringen utfördes enligt följande steg:

1. Skillnaden i höjden mellan RHB70 och RH2000 räknades fram i attributtabeln för alla stompunkter inom en 30 km radie från vattennivålager.

$$\Delta H = H_{RH2000} - H_{RHB70}$$

Det visade sig att höjdskillnaden varierar från 0,11 till 0,31 m inom utredningsområdet.

2. Kvalitetskontroll av underlagsdata genomfördes för att ta bort eventuella artefaktvärden (dvs. värden med stor avvikelse från närliggande värden som förekommer på grund av mätfel). Analysen av den beräknade höjdskillnaden har visat att det brukar finnas en väldigt låg variation (högst flera cm) mellan de stompunkterna som ligger nära varandra (bild 2).

Det leder till två viktiga slutsatser.

- Om det förekommer en skärpt ändring av höjdskillnaden (mer än 1 dm) i en punkt fast andra punkter i omgivningen har ungefär samma värde, kan den här stompunkten räknas som en artefakt och tas bort från analysen.
- Om stompunktdata rensas från artefakter, ska höjdskillnaden från en stompunkt (den närmaste) användas för att göra transformeringen av en vattennivåpunkt. Med andra ord behövs inget genomsnittsvärde av flera angränsande stompunkter tas fram för att höjdskillnaderna mellan de punkterna kan försummas.

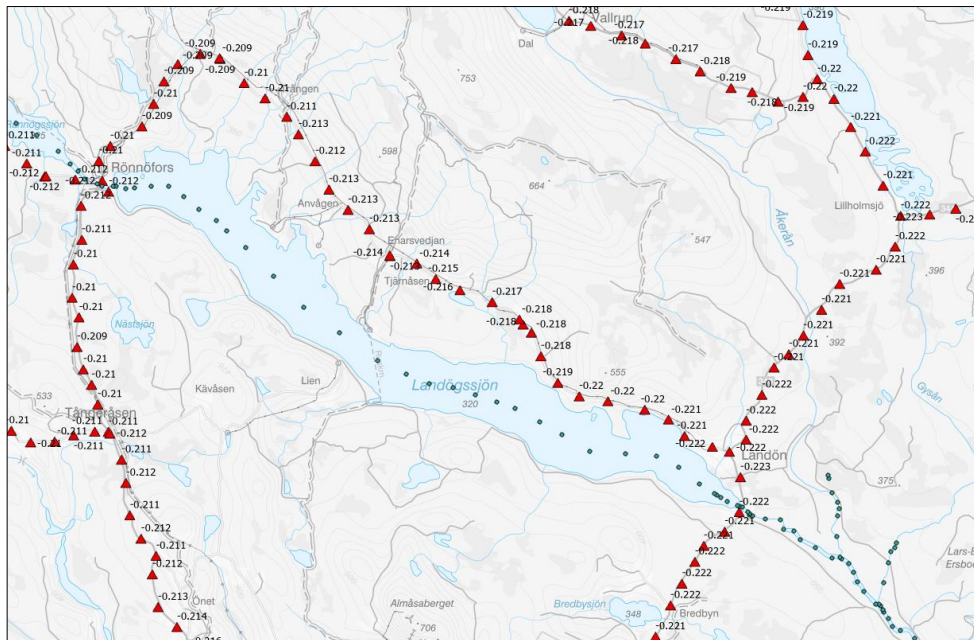


Bild 2 Beräknad höjdskillnad (m) mellan RH2000 och RHB70. Variation i värde inom den närmaste omgivningen av varje punkt ligger på cm nivå.

Den andra slutsatsen gör att det metodmässigt är mer fördelaktigt att först hitta de närmaste stompunkterna och sedan utföra kvalitetskontroll på dem för att minimera antal analyserade stompunkter.

3. Närhetsanalys, dvs definiering av den närmaste punkten, har genomförts i GIS med hjälp av verktyget "Create Thiessen polygons". Detta verktyg delar upp area som täcks av ett ingångspunktlager i proximala zoner där alla belägenheter inom en zon är närmare till den associerade ingångspunkten än till någon annan ingångspunkt. Thiessen polygoner har skapats utifrån stompunktlager och ärvt höjdskillnaden mellan RHB70 och RH2000 som ett attribut. En vattennivåpunkts belägenhet inom en Thiessen polygon betyder alltså att denna vattennivåpunkt ligger närmast till en stompunkt kopplad till den här Thiessen polygonen och ärver samma höjdskillnad i sin tur.
4. Ett urval av Thiessen polygoner som innehåller en vattennivåpunkt gjordes med hjälp av verktyget "Select by Location" (Vattennivåpunkterna borde korsa Thiessen polygoner). En kvalitetskontroll av höjdskillnader utfördes med hjälp av en färgskala. Metoden har tydligt belyst artefakter i stompunktsdata (Bild 3). Artefaktvärden har ersatts med genomsnittsvärde av de närmaste punkterna. Totalt har 11 artefakter justeras för samtliga älven.

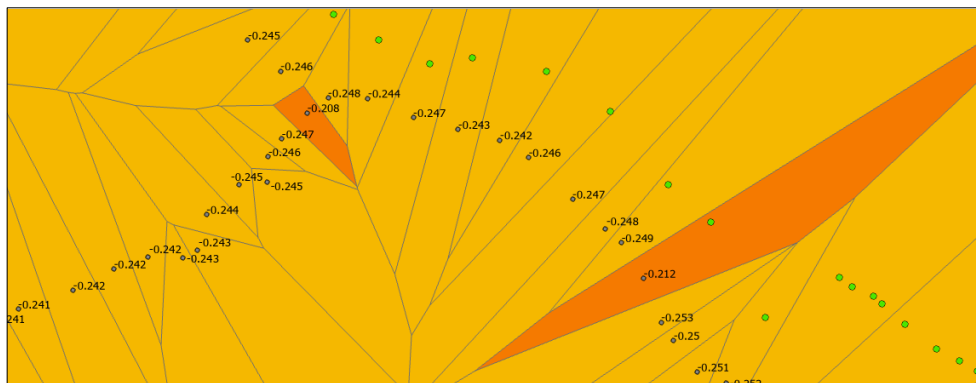


Bild 3 Thiessen polygoner framtagna utifrån stompunktdata (gråa punkter). Färgerna visar höjdskillnaden mellan RHB70 och RH2000. Vattennivåpunkterna visas i grön.

5. Höjdskillnaden har kopplats till vattennivåpunkter med hjälp av verktyget "Spatial Join". Verktyget kopplar attribut av objekt från två lager om det finns vissa topologiska relationer mellan dessa objekt. I detta fall borde vattennivåpunkt befinna sig inom en Thiessen polygon.
6. Till sist har höjdskillnaden lagts till vattennivåer av olika scenarier. Tre nya attributfält har tagits fram som innehåller höjder för vattennivåer i RH2000. Fast höjdskillnaden för stompunkterna finns i mm, redovisas vattennivåer i RH2000 i cm med tanke på lägre upplösning av de ursprungliga vattennivåerna i RH70.

Eventuella brister

Den genomförda transformeringen av höjdsystem baseras på den närmsta kända höjdskillnaden till varje vattennivåpunkt som innebär att kvaliteten av transformeringen varierar från punkt till punkt och beror bland annat på distans mellan vattennivåpunkt och den närmaste stompunkten. Denna distans varierar från 10 m till 22 km (upp i fjällen). Stompunktnätet, som är mycket irreguljärt och har stora håll speciellt i den norra delen av landet, är den första källan till osäkerheter i transformeringen. Men samtidigt är det den bästa möjliga "gissning" i brist på bättre underlagsdata.

Den genomförda transformeringen avser inte redigeringen av de vattennivåer som blev tidigare framtagna i RH70. Alla eventuella brister t.ex. kopplade till begränsningar i modellering som gäller vattennivåer i RH70, är också aktuella för vattennivåer i RH2000.

Små variationer i höjdskillnaden vid olika stompunkterna resulterar ibland att vattennivåer får högre värde i en punkt som ligger nedströms i jämförelse med en angränsade punkt uppströms. Sådana avvikelser överstiger inte 1-2 cm och påverkar därför inte den översiktliga vattenströmningen.

