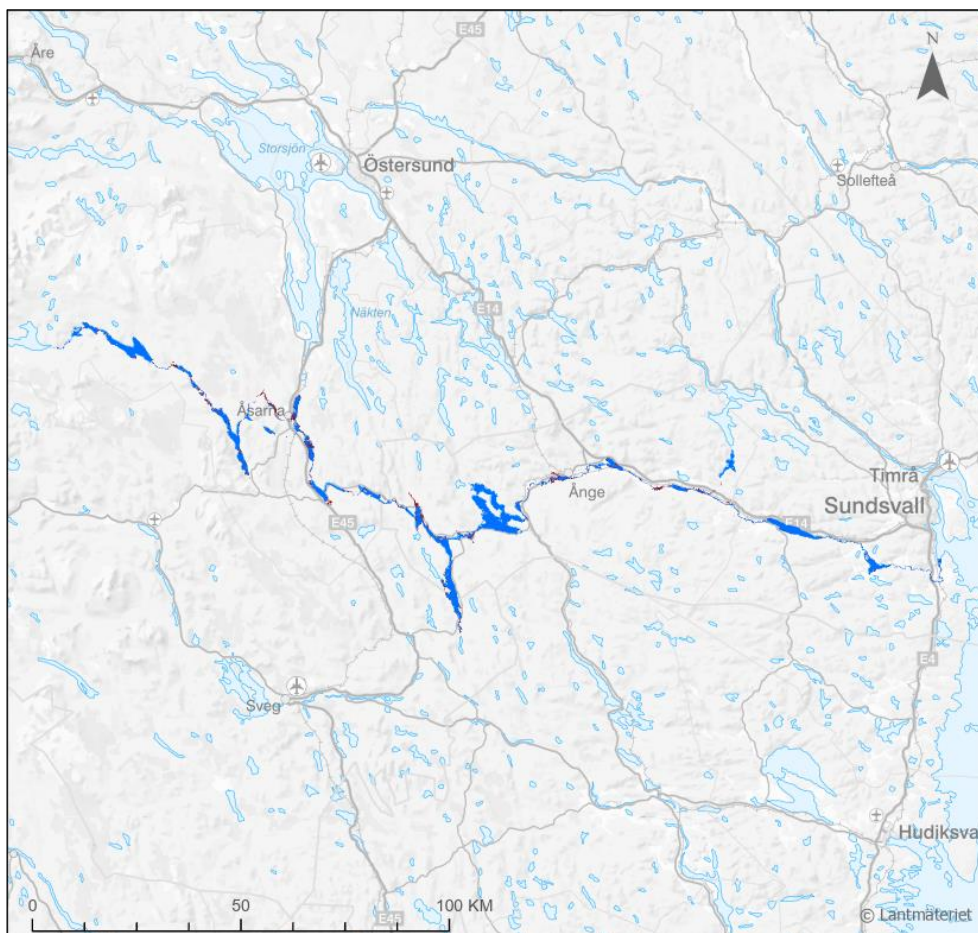


Översvämningsskartering utmed Ljungan

Sträckan omfattar hela Ljungan

2022-06-15



Projekt: Översiktlig översvämningskartering 2021/2022

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 Ljungan – Hydraulisk modell* som WSP utförde 2007-2008 på uppdrag av Ljungans Vattenregleringsföretag och som samfinansierats av Ljungans Vattenregleringsföretag och Svenska kraftnät.

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

MSB diariernr 2022-09028

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1. Inledning	5
2. Allmänt om översvämningskartering	6
2.1 Flöden och återkomsttid	6
2.2 Användning av översvämningskartor	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.....	9
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 flödestabeller	16
Bilaga 3: Metodbeskrivning för transformering av höjdsystem från RH70 till RH2000	17

Till denna rapport hör GIS-skikt där översvämningszonerna finns i format för ArcGIS för GIS-användning. GIS-skikten laddas ner via översvämningsportalen <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.

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

Ljungan sträcker sig drygt 300 km i väst-östlig riktning från Storsjön i Jämtlands län ner till utloppet i havet vid Sundsvall i Västernorrlands län. Större biflöde till Ljungan är Gimån.

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 Ljungans 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 översvämningsskarteringar 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. Skarteringarna har bekostats av vattenkraftföretag/vattenregleringsföretag med bidrag från Svenska kraftnät.

WSP har av MSB fått en beställning för att tillgängliggöra den översiktliga översvämningsskarteringen längs Ljungan för sträckan från Storsjön, i Jämtlands län, till utloppet i havet vid Sundsvall. Större biflöde till Ljungan är Gimån. Älvsystemets totala fallhöjd är ca 570 m, dess längd är drygt 300 km och systemet innehåller 20 dammanläggningar.

Rapporten innehåller en metodbeskrivning för översvämningsskarteringen av Ljungan. Skarteringen 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 Ljungan, daterad 2008-12-22* (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 orsakats av dammhaveri redovisas ej.

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

2. Allmänt om översvämningsskartering

För att 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 översvämningsskicket 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 översvämningskartor

Vid användning av översvämningskartorna 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 översvämningskartorna 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 Ljungas Vattenregleringsföretag har gemensam upphovsrätt till de av framtagna översvämningskarteringarna som skyddas av upphovsrättslagen (1960:729). Innehållet GIS-skikten får mångfaldigas, helt eller delvis, förutsatt att Svenska kraftnät och Ljungas Vattenregleringsföretag anges som källa. Allt ansvar vid nyttjandet av GIS-skikten vilar på användaren. Svenska kraftnät och Ljungas Vattenregleringsföretag 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 Ljungas 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 Ljungan. För Ljungan har 100-årsflöde och BHF utan klimatanpassning använts.

De flödesuppgifter som har använts i modellen har erhållits av Ångermanälvens vattenregleringsföretag. Normalflöden och 100-årsflöden har anpassats så att de alltid ökar nedströms. Klass I-flöden har erhållits från som flödessekvenser över en tidsperiod, typiskt ca 2 veckor. 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 Ljungan*, Lungans Vattenregleringsföretag daterad 2006-03.

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 *Ljungan, Sammanställning av dimensionerande flöden enligt FLKs anvisningar 2003-05-05* från Ljungans Vattenregleringsföretag.

Beräknat högsta flöde (klass I-flöde)

Beräknat högsta flöde (klass I-flöde) för respektive anläggning har erhållits från Ljungans vattenregleringsföretag som flödessekvenser över en 14-dagarsperiod. I beräkningarna har ett stationärt grundflöde motsvarande

medelvärdet av de uppmätta årsmaxima (MHq) antagits gälla i älven när Klass I-sekvensen börjar. Klass I-flödet har hämtats från en sammanställning med namnet *Ljungan, Sammanställning av dimensionerande flöden enligt FLKs anvisningar 2003-05-05* från Ljungans Vattenregleringsföretag

Inom projektet har dessa flödessekvenser använts för att beräkna vattennivåer och därefter skapat översvämningsskikt.

3.2 Modellbeskrivning av vattendraget

I översvämningsskarteringen av Ljungan 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 Ljungan omfattar ca 300 km inkl. biflödet Gimån. Modellen har byggts upp av ca 640 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 är samtliga dammanläggningar (20 stycken) och broar digitaliserade och inlagda. För beskrivning av broar har sammanställningsritningar från Vägverket och Banverket (idag Trafikverket) tillhandahållits. I de fall ritningar inte har funnits har överkant brobana uppskattats från laserskannade data. Spännvidden har uppskattats genom att jämföra flygfoton och laserskannade data. För beskrivning av dammar har uppgifter erhållits från dammägarna vilket inkluderar utdrag från kraftindustrins dammregister för de olika anläggningarna, samt viss flödes- och vattenståndsstatistik.

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 laserskannade höjddata. Ortofoton med upplösning 0,5 m har använts för att bestämma strandlinjen.

Underlaget för bottenmodellen kommer mestadels från analoga kartor (papperskopior) med bottennivåkurvor eller punktdata. För de delar av älven för vilka djupdata har saknats har djupet anpassats till anslutande delar med djupdata. Viss ytterligare tolkning har gjorts med stöd av ortofoton.

Terrängmodellen har formatet ESRI Grid med 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 karteringar.
- Ingen hänsyn har tagits till eventuella vågor och vindsnedställning i magasinen.

Karakteristiska värden för havsvattenstånd är erhållna från SMHI [5]. Havsvattennivån har satts till MW, medelvattenstånd (0 m (RH70)) vid beräkning av normalflöde i älven och till HHW₁₀₀, hundraårsvattenstånd (+1,26 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 är utgångspunkten att återskapa ett tidigare känt flödestillfälle. För Ljungan har det dock inte funnits tillräckligt med samtida 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.

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 i intervallet 15-35. Som utgångsvärde har 30 använts för hela älven. Justering för varje sektion längs älven har sedan gjorts genom jämförelse med flygfoton. I områden med mycket skog och där en stor del av flödet kan förväntas gå utanför älvfåran har ett lägre värde valts och i öppna områden har värdet ökat.

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

Översvämningsskarteringen 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 översvämningens geografiska utbredning. För beskrivning av topografin har samma höjddata använts som vid konstruktionen av tvärsektioner för den hydrauliska modelleringen.

4. Transformerings av höjdsystem

Transformerings 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.

Transformerings 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 3.

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 beräknat högsta flöde (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, 2007. *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar.* Nyutgåva 2007.
- [3] Danish Hydraulic Institute, 1995. *Mike 11 Reference Manual.*
- [4] Danish Hydraulic Institute, 1995. *Mike 11 Users Manual.*
- [5] SMHI, Havsattenstånd, Station Spikarna (med stöd av Draghällan), daterad 2011-01-17

Bilaga 1: Beskrivning av digitalt material

Översvämningskarteringarna 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
Översvämningsytan för normalflöde	QN
Översvämningsytan för 100-årsflöde	Q100
Översvämningsytan för beräknat högsta flöde.	QKlassI_FS

Punktskikt	Filnamn
Punktskikt för vattennivåer för normalflöde, 100-års flöde och beräknat högsta flöde.	Ljungan_QN_Q100_QklassI_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 Ljungan och i biflödet Gimån. För källa för de olika flödena hänvisas till kapitel 3.1 i rapporten.

Dammanläggning	Normalflöde*	100-årsflöde	Klass I-flöde
Storsjödammen	-	270	425
Flåsjön	60	265	500
Skålandammen	100	490	870
Äldådammen (parallell med Skålandammen)	100	490	870
Rätan	110	575	1000
Turinge	110	600	1040
Bursnäs	110	610	1060
Havern ¹	-	-	-
Holmsjön	-	705	1335
Albydammen	-	705	1270
Ringdalsdammen	-	710	1345
Parteboda	140	740	1440
Hermansboda	110	760	1435
Ljunga ¹	240	765	1445
Nederede	240	940	1700
Skallböle	265	1010	1785
Matfors	250	1010	1780
Viforsen	165	1060	1810
Leringen (Gimån)	70	225	360
Torpshammar (Gimån)	103	230	365

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

Bilaga 3: 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.

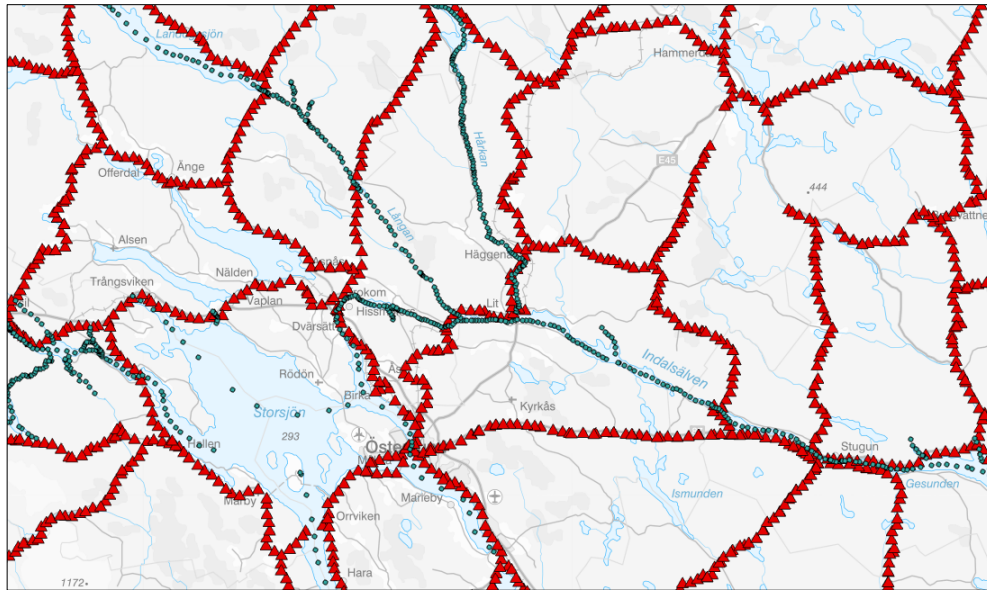


Bild 1 Stompunktnät (röda trianglar) längs Indalsälven. Punktskikt med vattennivåer visas i blått.

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 (som högst några cm) mellan de stompunkter 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.

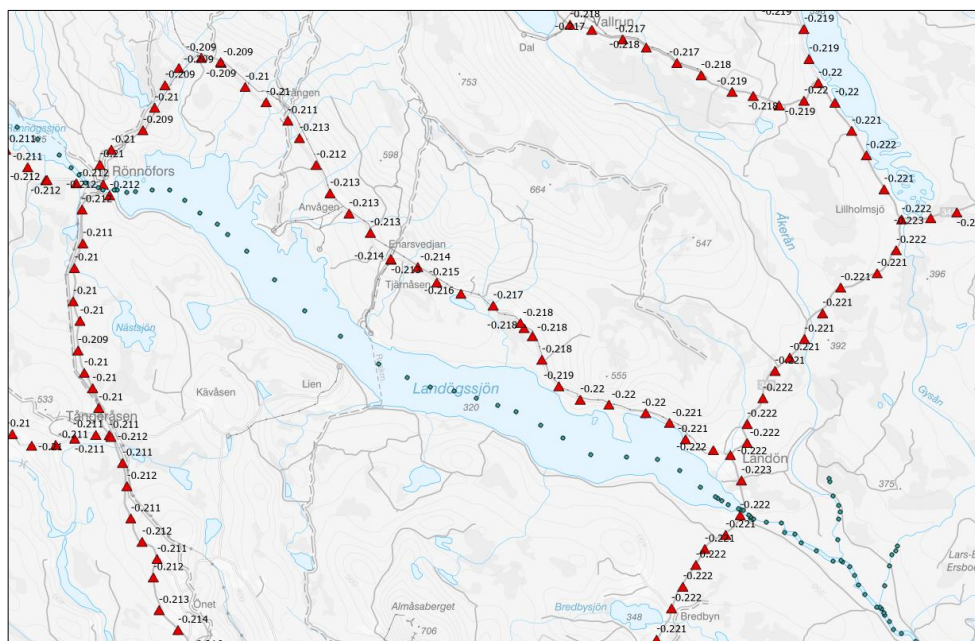


Bild 2 Beräknad höjdskillnad (m) mellan RH2000 och RHB70. Variation i värde inom den närmaste omgivningen av varje punkt ligger på cm nivå.

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 älven.

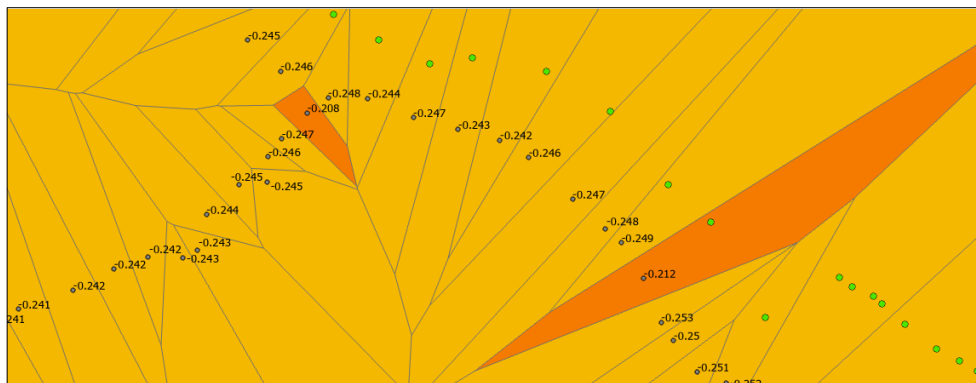


Bild 3 Thiessen polygoner framtagna utifrån stompunktdata (gråa punkter). Färgerna visar höjdskillnaden mellan RHB70 och RH2000. Vattennivåpunkterna visas i grön.

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 vattennivåerna 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.

