

Master Thesis
TVVR 17/5021

En flödesanalys för Kävlingeån

- HEC-RAS modellering med fokus på dämmens inverkan

Josefin Tollgren

Julia Walldén



Division of Water Resources Engineering
Department of Building and Environmental Technology
Lund University

En flödesanalys för Kävlingeån

- HEC-RAS modellering med fokus på dämnens inverkan

By:

Josefin Tollgren

Julia Walldén

Master Thesis

Division of Water Resources Engineering

Department of Building & Environmental Technology

Lund University

Box 118

221 00 Lund, Sweden

Water Resources Engineering
TVVR-17/5021
ISSN 1101-9824

Lund 2017
www.tvrl.lth.se

Master Thesis
Division of Water Resources Engineering
Department of Building & Environmental Technology
Lund University

Swedish title: En flödesanalys för Kävlingeån – HEC-RAS modellering med fokus på dämnens inverkan

English title: An analysis of the Kävlinge River flow situation – HEC-RAS modeling with focus on the effects of weirs

Authors: Josefin Tollgren & Julia Walldén

Supervisor: Magnus Larson

Assistant supervisors: Erik Bergman, Anders Eklöv & Jonas Johansson

Examiner: Rolf Larsson

Language: Swedish

Year: 2017

Keywords: *Faunapassager; Ekolodning; Strömförhållanden; Utrivning; Vattendirektivet*

Förord

Uppkomsten av detta examensarbete ligger i insikten att svenska vattendrag i mycket stor utsträckning lider av negativa miljöeffekter skapade i samband med vattenkraft och dämmen. Diskussioner kring detta har dock länge stått tillbaka då vattenkraft idag räknas som en klimatvänlig och samhällsviktig bas- samt reglerkraft. För en hållbar samhällsutveckling behövs förändring i form av tekniska lösningar - där både miljö och samhällsekonomi ges utrymme. Genom denna studie hoppas vi öka kunskap gällande de miljöproblem som uppstått i de svenska vattendragen, och därigenom bidra till förändring. Med förhoppningar om en mer hållbar framtid vill vi därmed även tacka alla de som hjälpt oss under arbetets gång.

Vi vill börja med att tacka Rolf Larsson, universitetslektor vid TVRL, för de kontakter han hjälpte oss med och det stöd han gav vår idé från första början. Stort tack även till handledare Magnus Larson, professor vid TVRL, för din guidning och dina råd under arbetets gång, utan vilka vi hade gjort mycket onödigt arbete, och för att vi aldrig behövde vänta länge på respons!

Tack till Jonas Johansson och Anna Olsson på Kävlingeån Vattenråd. Vilka hjälpte oss att utforma våra tankar, sponsrade insamling av dataunderlag samt möjliggjorde fältarbetet. Tack för det förtroende ni gav oss när vi knappt visste var ån vi skulle undersöka låg, och tack även för den handledning du gett oss under arbetets gång, Jonas.

Utan Fiskevårdsteknik i Sverige AB hade arbetet antagligen blivit väldigt annorlunda. Där Mats Hebrand hjälpte oss med utformning av studiens syfte, och introducerade oss till våra biträdande handledare Anders Eklöv och Erik Bergman. Tack Mats för din hjälp, och för möjligheten att plugga i en stillsam miljö med experter nära till hands.

Under arbetets gång vände vi oss till många för råd, och därigenom upptäckte vi att det är få personer som har lika god kunskap om Kävlingeån som Anders Eklöv, även kallad ”spindeln i nätet”. Tack för din expertis, dina kontakter och den energi du lade ner för att hjälpa oss.

Det är svårt att hitta en handledare villig att läsa igenom alla utkast och texter, oavsett vilket stadie de befinner sig i, och det är nog ännu svårare att hitta en handledare som kan ge så bra kritik som Erik Bergman. Tack för ditt tålamod!

Utöver dessa nyckelpersoner vill vi också tacka Alexander Betsholtz och Beatrice Nordlöf för bra tips och råd om HEC RAS. Vi vill även tacka Karin Larsson och Andreas Persson från GIS-centrum för vägledning kring databearbetning. Tack också till Björn Almström på TVRL, utan vilken den ena modellen hade blivit 3 mil kortare. Sist, men inte minst, vill vi även tacka Peter Jonsson på teknisk geologi. Utan dig hade vår databearbetning varit dubbelt så lång och våra inmätningar katastrofala!

Josefin Tollgren & Julia Walldén

29 September 2017

Abstract

Kävlinge River is one of the largest, and most heavily fish-populated, watercourses in Scania. Eight dams and three active hydroelectric plants are located here, which cause environmental problems; organisms are prevented migration, reproduction and feeding being the biggest issues. Trout and eel, which depend on river accessibility and spawning areas, inhabits the river. This study aims to create a hydraulic model over Kävlinge River, with the purpose of analyzing flow simulations for the effects of proposed dam removals. A shorter model was created from sonar-based data sources, as well as a longer model in which bathymetry was estimated from different data sources. Simulations showed that at least 83 % of the area between Högsmölla and Håstad mölla is dammed, and that the river have potential for recreating areas with higher water velocities; mainly by lowering the dam at Högsmölla. The shorter model showed possible creation of 400 – 6500 square meters increase in stretches combining the dams at Högsmölla, Silverforsen and Rinnebäck with fauna passages and partial dam removal. The corresponding result for the longer model was 1200 – 17000 square meters including the dams at Lilla Harrie, Bösmöllan and Kvarnvik. This result, however, has a greater uncertainty.

Sammanfattning

Det finns åtta dämmen och tre aktiva vattenkraftverk i Kävlingeån, som är ett av Skånes största samt fiskrikaste vattendrag. Då dämmena segmenterar ån skapar detta miljöproblem; organismer förhindras migration för bland annat fortplantning och födosök. Arter såsom öring och den akut hotade ålen lever i Kävlingeån och är beroende av framkomliga vandringsvägar samt lekplatser. Syftet med denna studie var att skapa en hydraulisk modell över Kävlingeån, för flödessimulering och analys av strömförhållanden då dämmena genomgår föreslagna förändringar samt utrivningar. Det skapades därför en kortare modell (mellan Krutmöllan och havet) som framförallt baserades på ekolodat dataunderlag, och en längre modell (mellan Vombsjön och havet) i vilken batymetri uppskattades från olika dataunderlag. Simuleringar i dessa modeller visade att 83 % av området mellan Högsmölla och Håstad mölla var uppdämt vid medellågvattenföring, och att det finns potential för skapande av strömsträcka i ån; framförallt genom utrivning vid Högsmölla. I modellen baserad på ekolodad data visades potential för skapandet av 400 – 6500 kvadratmeter strömområde då faunapassager respektive partiella utrivningar simulerades för dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck. Motsvarande potential i den längre modellen var 1200 – 17000 kvadratmeter då även dämmena vid Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnvik undersöktes. Detta resultat har dock större osäkerhet.

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	1
1.1 Vattendirektivet.....	2
1.2 Bakgrund till studien.....	3
1.3 Syfte.....	4
1.4 Metodik.....	4
1.5 Begränsningar	5
2. Kävlingeåns avrinningsområde.....	7
2.1 Kävlingeån	7
2.2 Historia.....	9
2.3 En förorenad å.....	10
2.4 Natur	12
2.5 Miljöpåverkan	12
2.6 Vombsjön.....	14
2.6.1 Ekologisk status i förhållande till vattendirektivet.....	16
2.6.2 Reglering.....	16
3. Vattenkraft	19
3.1 Småskalig vattenkraft.....	19
3.2 Miljökonsekvenser	20
3.2.1 Hydrologisk påverkan av småskalig vattenkraft	20
3.2.2 Barriäreffekt	21
3.2.3 Fisk.....	21
3.2.4 Djur och växtliv	22
3.2.5 Sedimenttransport	23
3.3 Risker vid utrivning	23
4. Dämmen i Kävlingeån	25
4.1 Fältarbete.....	25
4.2 Dämmena i ån	27
4.1 Högsmölla	28
4.2 Silverforsen, Kävlinge mölla	29
4.3 Rinnebäck kvarn	30
4.4 Krutmöllan, Hoby mölla	32

4.5 Lilla Harrie Valskvarn, Farina AB.....	33
4.6 Bösmöllan	36
4.7 Kvarnviks Valskvarn.....	37
4.8 Håstad Mölla.....	39
5. Dataunderlag	41
5.1 BaTMan, Trafikverket	41
5.2 Ekolodsdata.....	41
5.3 Flödesinformation	42
5.4 Höjddata från Lantmäteriet	42
5.5 Kalibrerings- och valideringspunkter.....	44
5.6 Geodetiskt referenssystem	45
6. Geografiskt Informationssystem.....	47
6.1 Datastrukturer i studien.....	47
6.2 Bearbetning av data.....	47
6.3 Metodik i ArcMap.....	49
6.3.1 Bearbetning av ekolodsdata	49
6.3.2 Mask.....	51
6.3.3 Interpolering.....	51
6.3.4 Extraktion av data	52
6.3.5 Bearbetning av rasterstrukturer	52
6.3.6 Valideringsprocess.....	53
6.3.7 Från rasterstruktur till TIN	53
6.4 HEC Geo-RAS.....	55
6.4.1 Metodik i HEC Geo-RAS	55
7. HEC-RAS	57
7.1 Den matematiska modellen.....	57
7.1.1 Kontinuitetsekvationen	57
7.1.2 Stationär strömning.....	58
7.1.3 Uppdelning av tvärsnitt	58
7.1.4 Broar	59
7.1.5 Ekvation för strömning över rektangulära överfall.....	60
7.2 Metodik i HEC-RAS.....	61
7.2.1 Tvärsnitt	62

7.2.2	Interpolering.....	62
7.2.3	Kombination av höjddata och åfåra	63
7.3	Modellerna	63
7.3.1	GM1; Det ekolodade området.....	64
7.3.2	GM2; Från Vombsjön till havet	64
7.4	Modellering av modellerna	65
7.4.1	Ekolodsdata.....	66
7.4.2	Tvärsektioner från broar.....	67
7.4.3	Uppskattning av batymetri	67
7.4.4	Dämmen	68
7.4.5	Broar	68
7.4.6	Sediment	69
8.	Simulering i HEC-RAS.....	71
8.1	Flödesparametrar.....	71
8.1.1	Flöde vid simulering	71
8.1.2	Havspåverkan.....	72
8.2	Kalibrering	73
8.2.1	Avbördningskoefficient	73
8.2.2	Mannings koefficient	74
8.3	Validering	77
8.4	Känslighetsanalys; Parametrar och dämmen	77
8.4.1	Flöde och dämmen	77
8.4.2	Mannings koefficient	78
8.4.3	Havspåverkan.....	79
9.	Scenarier i HEC-RAS	81
9.1	Föreslag till förändringar i dämmena.....	82
9.1.1	Faunapassage, utskov variant mindre; U1	83
9.1.2	Faunapassage, utskov variant större; U2.....	83
9.1.3	Partiell utrivning; PU	84
9.2	Jämförelse mellan GM1 och GM2.....	84
9.3	Individuella resultat för dämmena	88
9.3.1	Högsmölla.....	89
9.3.2	Silverforsen.....	93

9.3.3 Rinnebäck	97
9.3.4 Lilla Harrie Valskvarn	100
9.3.5 Bösmöllan	104
9.3.6 Kvarnviks Valskvarn.....	109
9.4 Kombinerade scenarier	112
9.4.1 GM1; Dämmena idag.....	113
9.4.2 GM1; Faunapassager vid dämmena	114
9.4.3 GM1; Partiell återställning av dämmena.....	115
9.4.4 GM2; Dämmena idag.....	116
9.4.5 GM2; MKB för de aktiva vattenkraftverken.....	118
9.4.6 GM2; Faunapassager vid de aktiva vattenkraftverken.....	119
9.4.7 GM2; Eliminering av vandringshinder	120
9.4.8 GM2; Partiell återställning av dämmena.....	121
10. Diskussion.....	123
11. Slutsatser	127
11.1 Våra tankar.....	129
12. Källförteckning	131

1. Introduktion

Under mitten av 1800-talet utvecklades vattenturbiner, vilka ökade energiutvinningsmöjligheterna från vattendrag. Svenska staten arbetade för att främja denna utveckling i början av 1900-talet, och började även bygga in vattenkraft i anslutning till elnätet. Vattenkraften är i dag viktigt för den svenska energiförsörjningen då den är förnyelsebar och även kan användas som reglerkraft vilket skapar balans mellan produktion och användning (Vattenkraft, 2012). Närmare hälften av den elproduktion som sker i Sverige kommer i nuläget från vattenkraften (SCB, 2017).

När vattenkraften byggdes ut togs liten hänsyn till miljön och i praktiken uppstod en situation där fiskars och andra vattenlevande organismers naturliga levnadsutrymme byggdes bort. De älvar och åar där fiskarter tidigare vandrat upp för att leka gjordes otillgängliga i och med vandringshindren i form av dammar. Mer än 90 % av alla dessa dammar saknar fiskvägar (SOU 2009:42) och av de fiskvägar som finns är de flesta ineffektiva, med för brant stigning och för litet vattenflöde, enbart anpassade för vandring av mycket starka fiskarter (SOU 2013:69).

I dag räknas det med att det finns 3800 kraftverk och dämmen av olika typer i Sverige som inte har tillstånd varav ca 1700 är regleringsdammar utan kraftproduktion. Av de kraftverk och dammar som har tillstånd har knappt 3 % prövats enligt miljöbalken eller annan modern lagstiftning (Jewert, 2014). Tittas det närmare på situationen framgår det dock att majoriteten av all elproduktion, 93,5 %, härrör från de 205 största kraftverken (>10 MW). De 185 näst största står för 3,9 % och kvar finns ca 1700 kraftverk som svarar för ca 2,6 % av elproduktionen (Jonsson, 2015). De tillstånd som gavs i början på förra århundradet gavs antingen enligt 1918 års vattenlag, kungliga privilegiebrev, eller enligt urminnes hävd med en giltighet tills produktionen väljs att läggas ner (Blomström, 2015). Det har alltså sällan funnits möjlighet att ompröva tillstånden enligt modernare miljölagstiftning eftersom de givits på evig tid. År 2000 antogs ett nytt vattendirektiv i EU gällande kvalitén på vattnet i alla medlemsstater, vilken ställer krav på åtgärder.

I Skåne finns det ca 60 vattenkraftverk med tillhörande dämmen (Länsstyrelsen Skåne, 2017:a) som påverkar vattenmiljön. Tre av dessa kraftverk samt totalt 9 dämmen som påverkar strömförhållanden återfinns i

Kävlingeån. Kävlingsån är utpekad som ett nationellt särskilt värdefullt vattendrag med avseende på förekomsten av fisk såsom öring, lax och ål (Länsstyrelsen Skåne, 2017:b).

1.1 Vattendirektivet

Vattendirektivet är ett EU-ramdirektiv som syftar till att skydda, förbättra och bevara alla typer av vatten i unionen så som grundvatten, ytvatten och marinavatten (Publikationsbyrån, 2015). Alla medlemsländer har implementerat direktivets regleringar i sina lagstiftningar och i Sverige ligger de under Miljöbalken (Havs- och vattenmyndigheten, 2016). Meningen med vattendirektivet är att förhindra ytterligare försämring av vattenkvalité, till exempel på grund av övergödning, utsläpp och fysisk påverkan, samt att förbättra den ekologiska statusen i vattendrag till "god status" senast 2015 i samtliga vattendrag, sjöar och grundvattenförekomster i hela Europa. Anledningar bakom direktivets författande är ökad befolkningens mängd vilket ger ett större tryck på de gemensamma resurserna samt förväntade miljöförändringar (Publikationsbyrån, 2015).

Klassningen "God ekologisk status" sker genom att ett flertal parametrar bedöms vilka kan anses definiera vattendragets tillstånd där biologiska, vattenkemiska och hydrologiska/morfologiska värden alla bidrar till en helhet. Målet är att vattnet ska nå ett så pass naturligt läge som möjligt. "God ekologisk potential" är en statusklassning som kan ges till vatten som bedöms vara "kraftigt modifierade vatten", KMV, där bedömningen gjorts att nyttan och påverkan från/för människan är så stor att vissa krav kan sänkas. Dock är skillnaderna små, och även för vattendrag som bedöms som KMV krävs åtgärder.

Ursprungligen var målet att de miljöproblem som uppdagades under första cykeln skulle vara åtgärdade 2015 och nu pågår den tredje cykeln som kommer avslutas 2021. Om de svenska vattendragen inte når upp till god ekologisk status till dess kan tidsfristen förlängas till 2027 eller så snart kraven uppnås, dock riskerar Sverige stora viten om målen inte uppfylls i tid (Jonsson, 2015). Havs- och vattenmyndigheten samt Energimyndigheten släppte 2014 en gemensam nationell strategi för vattenkraft och vattenmiljö, för förenkling av förbättrande åtgärder i samband med vattenkraft, utan kraftiga effekter på elproduktionen (Havs- och vattenmyndigheten, 2017).

För närvarande uppnår majoriteten av våra vattendrag och sjöar inte god ekologisk status. Gällande sjöar så når 49 % denna nivå, men av vattendrag är det enbart 32 % som klassas så högt (Jonsson, 2015). Det som förhindrar att svenska sjöar och vattendrag uppnår klassningen "god ekologisk status" eller "god ekologisk potential" är bland annat konnektiviteten i svenska vattendrag, vilken generellt är mycket dålig. Denna typ av fysiska påverkan har sin grund i framförallt vattenkraften samt de dammar av olika slag som finns i de flesta både stora och små vattendrag i hela landet (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

1.2 Bakgrund till studien

För att Sverige ska uppnå de krav som ställts genom vattendirektivet krävs det genomgående förbättrande åtgärder i landets vattendrag. Den hydrologiska cykeln i landet har sedan industrialiseringen påverkas avsevärt; städer har byggts ut, vattennivåer har sänkts genom dräneringar och utdikningar, dämmen har byggts vilka reglerar flöden i åfåror och vattenkemin har förändrats, för att ge några exempel. Därför är det idag svårt att förutsäga hur vattenflödet i åar hade påverkats om de dämmen som försämrar konnektiviteten tas bort. De ändringar som skett sedan vattnet hade ett naturligt flöde går inte att återställa, och i de flesta fall finns det inte heller något intresse för fullständig återställning då dagens samhälle är beroende av dessa förändringar. Samtidigt märkts effekterna av vattenkraftverk och den uppdamningen som tillkommer allt mer på ekologin i vattendrag.

Det kan tyckas att lösningen kring dålig konnektivitet är lätt att finna; tillståndspröva kraftverk enligt gällande lagstiftning och miljöanpassa/avveckla småskalig vattenkraft samt dämmen. Dock är detta en kostsam och tidskrävande process då det rör sig om närmare 3700 kraftverk och dämmen. Samtidigt är även reoveringar i vattendrag riskabla då det kan medföra risker för den akvatiska ekologin, och påverka kulturella samt estetiska värden negativt. Det är inte heller säkert att förändringar i vattendrag medför de förbättringar som önskas. Därför har vi i den här studien valt att fokusera på Kävlingeån vars strömning påverkas av småskalig vattenkraft samt dess tillkommande fördämningar, men där problematiken kring flödet är mer komplex då vattnet även spelar en viktig roll som vattentäkt samt kulturmiljö.

1.3 Syfte

Syftet med detta arbete är att genomföra en flödesanalys i Kävlingeån för undersökning av dämmens hydrologiska inverkan. För att åstadkomma detta kommer det att skapas modeller över Kävlingeån, vilka eftersträvar samma strömning och beteende som i verkligheten. Modellerna kommer konstrueras efter terrängförhållande, ekolodad batymetri, insamlad information samt inmätta GPS koordinater. I modellen ska sedan de 8 dämmen som finns i ån konstrueras och modifieras med ändamålet att simulera olika scenarion för att undersöka deras effekter på strömningsförhållandena i ån.

För utredning av dämmenas hydrologiska inverkan avses med detta arbete att besvara nedanstående frågeställningar:

- Hur ser strömningen ut i Kävlingeån under nuvarande hydrauliska förhållanden?
- Hur kommer strömningen i Kävlingeån att påverkas om en del dämmen förändras eller tas bort?
- Vilka dämmen ger teoretiskt mest strömområde vid partiell utrivning och hur stora kan dessa områden bli?
- Vilken minskning i uppehållstid under transport i vattendraget medför förändrandet av dämmena?

Det nuvarande hydrauliska förhållandet är viktigt för jämförelse mot de scenarion vilka kommer att undersökas. Om dämmena förändras eller tas bort kan detta ge effekt på strömningen i ån. För naturvårdsintressen är strömförhållandena viktiga då det avgör vilken typ av habitat ån utgör för de djur som lever där. Förändring av dämmen kan påverka hastigheter i vattendrag vilket i sin tur påverkar uppehållstid och därigenom näringsretentionen. Därför bedömdes det även intressant med undersökning av uppehållstid för denna studie.

1.4 Metodik

Arbetets har delats in i 5 olika moment; (1) litteraturstudie, (2) datainsamling och bearbetning, (3) modellering, (4) simulering och (5) analys.

Genom litteraturstudie och studiebesök inhämtades den information som var nödvändig för genomförande av arbetet. Litteraturstudien presenteras i kapitel

2 till 4, vilka innefattar Kävlingeåns avrinningsområde, vattenkraft och de dämmen som finns i ån.

Datainsamlingen presenteras närmare i kapitel 5, där källor samt typ av data går igenom. Den bearbetning som genomförts beskrivs sedan närmare i kapitel 6 och 7, vilka behandlar metodik i GIS respektive HEC-RAS. I kapitel 7 förklaras även den matematiska modell vilken ligger till grund för modelleringen.

De 2 modeller som byggts och de simuleringsscenario som genomförts beskrivs sedan i kapitel 8. Avsnittet går igenom avvägningar vid modellering, olika representationer av dämmen samt motivering bakom de olika flödessimuleringarna som genomförts i denna studie.

Avgörande simuleringsresultat presenteras och analyseras i kapitel 9, där analyserna återkopplats till informationsinsamlingen och de olika intressen som uttryckts för Kävlingeån under arbetets gång. I kapitel 10 och 11 sammanfattas sedan arbetet då syfte, slutsatser samt våra tankar kring fortsatt forskning diskuteras.

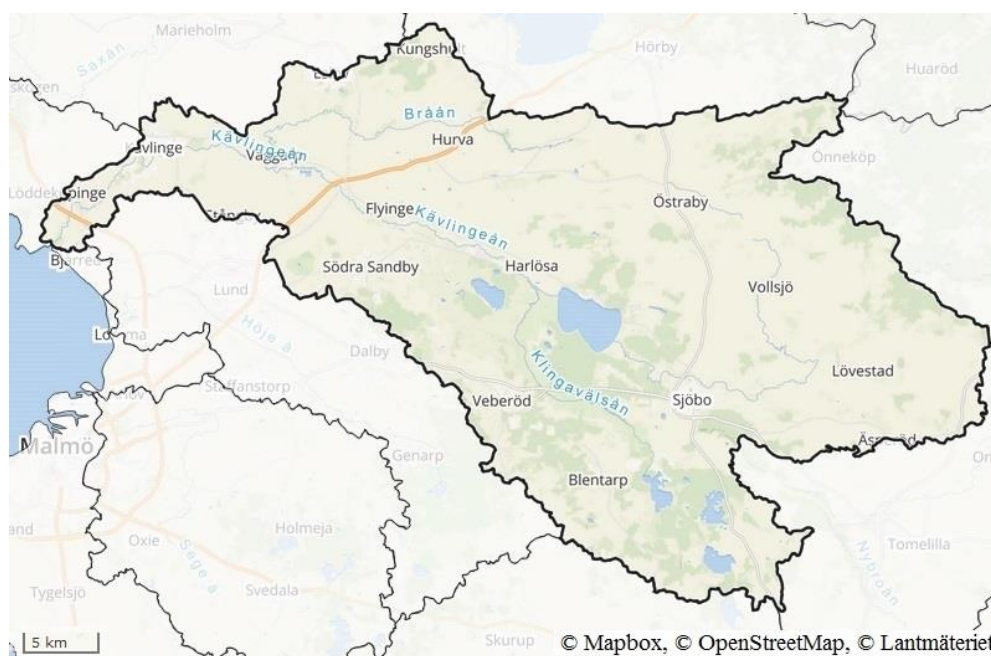
1.5 Begränsningar

Denna studie går ut på att skapa två hydrauliska modeller över Kävlingeån där den ena är ca 19 km lång och baseras främst på ekolodat dataunderlag och den andra är ca 50 km lång och baseras främst på tvärsektioner från vägbroar. Uppbyggandet av modellerna innebär datainsamling och bearbetning av underlag, men även antaganden kring utformning då det inte finns data kring hela ån. I samband med användande av data genomfördes validering där så var möjligt, och då antaganden togs testades flertalet alternativ. Dock bidrar begränsad information kring Kävlingeåns åfåra och flöde till osäkerheter i resultaten.

Andra begränsande faktorer i denna studie är modellering av dämmena i Kävlingeån. Samtliga dämmen är sneda, och deras längd uppnår som längst drygt 200 meter. Detta innebar svårigheter vid modellering i HEC-RAS, då programmet är designat för flödesmodellering i en riktning, med dämmen vinkelräta mot strömriktningen. Därför gjordes val kring representation av dämmen i enlighet med vattennivåer.

2. Kävlingeåns avrinningsområde

Detta kapitel presenterar Kävlingeån (vars avrinningsområde syns i figur 1) närmare genom en historisk återblick, beskrivning av det miljöarbete som drivits kring ån samt en inblick i hur åmiljön påverkas av Vombsjön och dess reglering. Detta kapitel ligger till grund för modellering, simuleringsscenarier samt senare analys, men är även skrivet för att ge ett sammanhang och en orientering i det studerade området.



Figur 1 Kävlingeåns avrinningsområde. Kartan är hämtad från nätverket VattenAtlas.se och rättigheterna för kartan tillfaller Mapbox, OpenStreetMap samt Lantmäteriet.

2.1 Kävlingeån

Kävlingeån, vilken kan studeras mer i detalj i bilaga A, rinner upp i mellersta Skåne och har ett totalt avrinningsområde på ca 1200 km². Landskapet längs huvudfåran består framförallt av jordbruksmark, dock finns det även skogs- och betesmarker i de syd- och nordöstra delarna av avrinningsområdet (Holmström, 2013). Ån rinner sedan västerut där den når Vombsjön, en 12 km² stor sjö vars vattenyta ligger ungefär 20 meter över havet (VISS, 2017:a).

Efter Vombsjön färdas Kävlingeån vidare och slås ihop med de större biflödena från Klingavälsån och Bråån, vilken syns i figur 2 (Länsstyrelsen Skåne, 2012). Medelflödet i ån är 11,5 m³/s, men flödet varierar vanligtvis mellan ca 4 - 20 m³/s under sommar respektive vintermånaderna (Föreläggande, 2016:a). Då Kävlingeån växer sig större och närmar sig havet går den först genom ett platt åkerlandskap, där ån blivit rätad och sänkt i början av 1900-talet (Länsstyrelsen Skåne, 2017:c). När Kävlingeån runnit förbi Håstad ökar dock lutningen markant och de sista 25 km innan havet faller den ca 16 m, vilket skapat förutsättningar för kvarndammar och vattenkraftverk (Eklöv, 2017). Kävlingeån byter sedan namn till Lödde å innan utflödet i Lommabukten (Länsstyrelsen Skåne, 2017:c).



Figur 2 Bråån strax innan utlopp i Kävlingeån.

Kävlingeån är ett av de största vattendragen i Skåne med ett avrinningsområde som täcker mer än 10 % av landskapet (Skåne, 2016). I ån återfinns en rik fiskfauna om ca 30 olika fiskarter (Eklöv, 2017), vilket är en av anledningarna bakom att Kävlingeån är nationellt utpekad som ett särskilt värdefullt vattendrag (Länsstyrelsen Skåne, 2017:b). Ån har även ett stort kulturellt värde, vilket delvis beror på de vattendrivna kvarnarna som tidigare fanns belägna längs ån, daterade sedan 1500-talet (Föreläggande, 2016:a). Verksamheten kring kvarnarna och de möjligheterna som tillkom med ån lade

grunden för industrisamhällen, vilket har format området såsom det ser ut idag (Länsstyrelsen Skåne, 2017:c).

2.2 Historia

Under vikingatiden (800-1050 e.kr) hade Kävlingeån ännu inte fått sitt namn, och den kallades då för Lodda älv. Mycket har förändrats i avrinningsområdet under de senaste 1000 åren, och på den tiden hade älven ett ymnigt flöde. Kävlingeåns storlek och utsträckning gjorde den till en av de viktigaste transportsträckorna mellan hav och land (Länsstyrelsen Skåne, 2017:c).

De första bosättningarna i området skedde vid kusten, men tack vare transportmöjligheterna längs ån kunde människorna sprida sig längre in i landet. Trakterna kring Kävlingeån hade en kalkhaltig jordmån och flertalet våtmarker vilket skapade viktiga förutsättningar för åkerbruket (Länsstyrelsen Skåne, 2017:c). Förutom möjligheter till jordbruk bidrog även Kävlingeån med fiske, vilket har haft en stor inverkan på utvecklingen i området (Weijman-Hane, 1969).

Vattenkvarnen kom till Sverige under 1000-talet (Harrison, 2015), och Kävlingeåns branta leder innan utflödet sågs då som en utmärkt plats att anlägga möllor vid. Av de möllor som återfinns i området idag kan vissa av dem spåras så långt tillbaka som tidigt 1500-tal, men det är dock svårt att veta exakt när de första möllorna anlades vid Kävlingeån (Ödman, 2016). Det är troligt att dämmena i ån inrättades och upprustades samtidigt som kvarnarna, men även här är informationen otydlig (Kungörelse, 2015:a). Efter den första kvarnen byggdes det dock snart fler i strömsträckorna nära Kävlingeåns mynning och under 1600-talet fanns där minst sex stora hjulkvarnar (Ödman, 2016).

Vattenkvarnens utbredning, i form av stampar och kvarnar, samt tillgång till stora vattenkvantiteter i området bidrog till nya möjligheter. Industrier effektiviserades och en del av den energi som tidigare kommit från människor kunde nu läggas över på vattnet. Siluetterna vid Kävlingeån präglades efter detta av fabriksbyggnader och höga skorstenar (Rabow et al, 2012). Under denna tid sysselsattes även ett 50-tal fiskare i åns nedre del, där det fanns rikligt med abborre, gädda, ål och kräftor (Weijman-Hane, 1969).

Under 1800-talet uppskattades det att ytvattnet i Kävlingeåns avrinningsområde utgjorde en areal på ca 356 km². 29 % av avrinningsområdet beräknades med andra ord vara täckt av vatten, och det landskap som då fanns var i stort sätt opåverkat av människor (SMHI, 1995).

Etableringen av industrisamhällena bidrog till ett ökat behov av åkermark för matproduktion (Rabow et al, 2012). Under 1930-talet bildades därför en sammanslutning av jordbruksintressenter från trakterna kring Kävlingeån, med målet att dränera marken. Via denna sammanslutning rensades och rätades större delen av Kävlingeån ut och vattenståndet sänktes i hela området (Weijman-Hane, 1969). På andra håll i avrinningsområdet genomfördes liknande åtgärder vilket ledde till att endast 41 km² av ytvattenarealen återstod år 1950. Det skedde alltså en reduktion på omkring 90 % av det ytvatten som tidigare funnits i Kävlingeåns avrinningsområde (SMHI, 1995). Detta ledde till stora förändringar i vattnet vilket bidrog till minskad fiskmängd (Weijman-Hane, 1969).

För vattenkraften i området innebar industrialiseringen att de flesta näringar byggdes om; kvarnbyggnader renoverades till större industrianläggningar (Länsstyrelsen Skåne, 2017:c). Vattenkraften i området har sedan dess utvecklats vidare och under 1900-talet installerades Francisturbiner i några av möllorna. I samband med denna utveckling finns även dokumentation kring ombyggnation, upprustning och utbyggnad av dämmena för ökat effektuttag (Kungörelse, 2015:a).

Vid avveckling av möllornas verksamheter lämnades dock stendämmen hela, eller delvis utrivna kvar. Detta har lett till att det finns flertalet dämmen i Kävlingeån vilka idag inte fyller någon annan funktion än fördämning (Eklöv, 2017). Det finns även andra rester av de reformer landskapet genomgått. Ett exempel är naturreservatet Stora Harrie mosse, ett så kallat ”extremrikkärr”. Naturreservatet är en rest av en större mosse som tidigare fanns i närheten av Rinnebäcksmölla, men området dikades ur och idag ligger där en golfbana och jordbruksmark (Rabow et al, 2012).

2.3 En förorenad å

De problem med anknytning till föroreningar som finns i Kävlingeån uppmärksammades först år 1947. Året var ett typiskt lågvattenår, vilket ledde till omfattande fiskdöd både i ån, men också kring utloppet. Till följd av detta

påbörjades kontinuerliga undersökningar i Kävlingeån för att utreda vilka föroreningar som fanns där. Även utsläpp från industrier och tätorter dokumenterades (Weijman-Hane, 1969).

När utredningen slutställdes 1951 stod det klart att ån var mycket förorenad. Ån fyllde två olika funktioner; recipient samt vattentäkt. Kävlingeån var nyttjad som recipient av samtliga industrier och tätorter i avrinningsområdet, och utöver den påverkan tillkom det dessutom pressaft från siloanläggningar samt urin från djurhållning. I samband med utredningen kom även ett förslag kring gemensamt ansvar för samtliga förorenare att genomföra åtgärder för minskade utsläpp (Weijman-Hane, 1969).

Strax efter, 1958, bildades Kävlingeåns vattenvårdsförbund, som en gemensam förvaltning med målet att bidra till att förbättra ekologin i ån. Vattenvårdsförbundet har sedan dess genomfört kontinuerliga provtagningar i Kävlingeån, och verkat för en bättre överblick kring de föroreningsproblem som finns där (Weijman-Hane, 1969). Målet med verksamheten, framförallt provtagningarna i ån, är att ge underlag för vattenvårdande åtgärder längs Kävlingeån (KVVF, 2017).

De största påfrestningarna för ekologin i ån var föroreningar från metaller, samt syreförbrukande organiska ämnen. Då ån kom att fortsätta användas som recipient för kommunens avloppsvatten, dagvatten och jordbruket i området (Persson, 2015) uppfördes istället reningsverk för att säkra vattenkvalitén (Rabow et al, 2012), vilka samtliga industrier i avrinningsområdet anslöts till (Persson, 2015).

På grund av de stora miljöproblemen gick de 9 kommunerna som ingår i Kävlingeåns avrinningsområde; Eslöv, Höör, Hörby, Kävlinge, Lomma, Lund, Sjöbo, Tomelilla och Ystad kommun samman under 1990-talet för skapandet av Kävlingeå-projektet. Fokus skulle inte vara minskade utsläpp såsom tidigare, utan restaurerande, bevarande och iordningsställande åtgärder (Kävlingeå-projektet, 2017).

Från Kävlingeå-projektet, för att lättare uppnå de krav som ställs genom vattendirektivet, kom 2008 förslaget om att starta Kävlingeåns Vattenråd (Ekologgruppen, 2009). Målet är detsamma som för Kävlingeå-projektet; minska näringssalter, restaurera våtmarker, öka den biologiska mångfalden

samt minska effekterna av de vandringshinder som finns i ån (Länsstyrelsen Skåne, 2012) vilka beskrivs ingående i kapitel 4.

2.4 Natur

I området kring Kävlingeån finns viktiga landskapskaraktärer såsom kustområden, ådalar, slättbygd, backlandskap samt skogspräglade områden (Kävlinge kommun, 2010). Detta beror på att Kävlingeåns avrinningsområde utformades under glacial påverkan i omgångar, vilket har bidragit till en rik variation i de berg- samt jordarter som förekommer inom området (Weijman-Hane, 1969). Berggrunden består till största delen av sedimentbergarter; kalksten, lersten samt sandsten, vilka återfinns under ca 30 - 75 m tjocka jordartslager bestående av morän, men inom mindre områden återfinns även torvjord. Detta påverkar vattenkemin i Kävlingeån, då ler- och kalkrika jordarter ger ett naturligt skydd mot försurning (Kävlinge kommun, 2010).

Dalgången vid Lödde åns mynning är klassat som ett Natura 2000 område, då landskapet kring ån är låglänt vilket tillåter översvämningar vid högvatten. Detta skapar fler möjligheter för fåglar; häckande, rastande såväl som övervintrande, vilket bidragit till en stor variation i fågelfaunan. Även ån i sig är viktig då den har områden vilka är av stor vikt för havsöringens lek samt uppväxt. I anknytning till ån finns det även bestånd av strandpadda samt målarmussla - två rödlistade arter (Länsstyrelsen Skåne, 2017:b).

I Kävlingeån har flera utredningar om fiskläget gjorts och vid provfiske med elfiske 2015 konstaterade att grönling och öring var vanligast förekommande. Öring indikerar att vattenkvaliteten är relativt god eftersom det är en art som är känslig för dålig vattenkvalité. Förekomsten av de olika arterna såg olika ut men i Kävlingeån fångades vid detta tillfälle sammanlagt 10 arter: grönling, mört, elritsa, gädda, öring, sandkrypare, storspigg, signalkräfta, abborre och ål. Av dessa är öring och ål arter som vandrar till och från havet, men öring kan även bilda stationära populationer. Tidigare studier i Kävlingeån har registrerat sammanlagt 28 olika arter i ån (Eklöv, 2015).

2.5 Miljöpåverkan

Utredningar från Länsstyrelsen uppger att Kävlingeån inte uppnår miljökrav i enlighet med vattendirektivet. Den kemiska statusen i ån bedöms ”ej uppnå

god”, medan den ekologiska statusen i ån benämns som ”otillfredsställande” (VISS, 2017:b). Detta beror bland annat på näringsläckage av kväve samt fosfor vilka härstammar från den omgivande åkermarken, förekomster av miljögifter samt den fysiska påverkan som ån genomgått (Johansson, 2015).

Kävlingeåns flöde regleras numera efter Vombsjön då sjön används som vattentäkt, men trots det uppstår periodvist kraftiga översvämningar. Det finns våtmarker och dammar i området, vilka dämpar effekterna vid höga flöden, men dessa bidrar även till ökad avdunstning vid låga flöden. Regleringen vid Vombsjöns utflöde innebär mindre fluktuationer i åns vattenföring, men vattenuttag för bevattning under sommartid tillsammans med de fysiska förändringar som ån har genomgått, leder mer frekvent till uttorkning av bäckar samt biflöden vid lågvatten (Länsstyrelsen Skåne, 2012). Detta tillsammans med de dämmen (se figur 3) som uppförts i ån i samband med den vattenkraft som bedrivs i området, ligger till grund för bedömning kring dålig konnektivitet (Johansson, 2015).



Figur 3 Vattenspegel i Kävlingeån i samband med fördämning vid Rinnebäck.

Trots stor antropogen påverkan bedöms Kävlingeån inneha höga naturvärden i hela avrinningsområdet (Länsstyrelsen Skåne, 2012). Delar av ån är utpekade som nationellt särskilt värdefullt och här återfinns en stor variation i faunan innehållandes sällsynta arter (Länsstyrelsen Skåne, 2017:b). Kävlingeån har unika förutsättningar för god ekologi och biologisk mångfald, men dessa förutsättningar har länge missköts, vilket börjar avspeglas i ån.

2.6 Vombsjön

Vombsjön, se figur 4, är den största sjön i Kävlingeåns avrinningsområde, och dess utlopp mynnar i Kävlingeån. Sjön ligger ca 20 km öster om Lund, och får vatten från bland annat Björkaån, Borstbäcken, Övedsbäcken samt flertalet mindre vattenflöden (Ekologgruppen, 2012). Dess areal är 12 km², och vattenytan befinner sig ca 20 meter över havet (Länsstyrelsen Skåne, 2012).



Figur 4 Vombsjön sett från västra stranden.

Området kring sjön har ett högt naturvärde, vilket har lett till att det i anslutning till Vombsjön finns flertalet naturskydd. Vid den västra stranden ligger Klingavälsåns dalgång, ett naturreservat, som även klassas som ett Natura 2000 område då där finns en stor variation i fågelfaunan. Längs den västra delen av sjön finns även viktiga våtmarker vilka faller under Ramsarkonventionen. Hela Vombsjön bedöms även sedan 2002 även som skyddat fiskvatten under Fiskvattendirektivet (Ekologgruppen, 2012).

I ett domslut 1937 tilläts en större sänkning inom området för dränering, vilket påverkade Vombsjön avsevärt då vattenytan sänktes 1 meter. Andra ändringar som tillkom var magasinering av vårfloden, för jämnare avtappning under sommaren. Under slutet av 1940-talet började sjön även användas som vattentäkt, och 1969 beslutades en maxavtappning på 1500 l/s genom domslut. Det som fastställdes 1969, Dom A 46/1969 AD 69/1957, är fortfarande aktuellt (Ekologgruppen, 2012).

I samband med de förändringar Vombsjön genomgick anlades en dämmande reglering vid sjöns utflöde, för att styra vattennivån i Vombsjön samt Kävlingeån. Då sjön började användas som råvattenförsörjning byggdes även ett reningsverk i anslutning till den, Vombverket. I samband med det sista domslutet höjdes även dämningens gräns i sjön, till 20,90 meter över havet (Ekologgruppen, 2012). Det har inte skett några större förändringar med avseende på reglering i Vombsjön sedan 1969, och vattenståndet regleras idag med ca 2,5 m till en högsta höjd av 20 meter över havet (VISS, 2017:a).

Årligen avtappas runt 25 miljoner m³ vatten från Vombsjön, vilket motsvarar ca 1000 l/s (Sydvatten, 2017). Detta vatten används främst för dricksvatten i Malmö, Lund, Staffanstorps och Svedala, orter som ligger utanför Kävlingeåns avrinningsområde. Totalt räknas det med att 7 % av flödet i Kävlingeån utgår med anledning av avtappningen (Ekologgruppen, 2016).

De stora förändringar Vombsjön genomgått har drastiskt påverkat miljön både i, men även runt sjön. Fiskbeståndet minskar, vattenvegetationen är begränsad och där sker årligen blågröna algbloomningar (Ekologgruppen, 2012). Detta påverkar även sjöns lämplighet som vattentäkt i ökad utsträckning, då vattenkvalitén är otillfredsställande. Enligt SOU 2016:32 finns det med grund i detta planer på förändringar kring det nuvarande systemet, vilka innebär att råvatten fraktas från Bolmen, en större sjö i Småland, till Vombfältet för ytvattenrening på samma sätt som vattnet från Vombsjön behandlas idag. Vombsjön skulle då utgöra en reservvattentäkt, blandas ut med vattnet från Bolmen inför rening eller användas i mindre utsträckning, vilket även skulle kunna minska föroreningsriskerna för området kring sjön.

2.6.1 Ekologisk status i förhållande till vattendirektivet

Vombsjön klassas som hypertrof, det vill säga en mycket näringsrik sjö (Ekologgruppen, 2012). Enligt länsstyrelsens undersökningar, med avseende på vattendirektivet, klassas den ekologiska statusen i ån som otillfredsställande. Fysisk påverkan av sjön samt en omgivning som domineras av jordbruksmark är de främsta orsakerna till denna bedömning (Länsstyrelsen Skåne, 2012).

De förändringar som Vombsjön genomgått har haft stora effekter på åns ekologi. Sedan 1940-talet sker det årligen kraftiga algbloomningar där sommartid, och den biologiska mångfalden i sjön har minskat. Det har länge varit känt att det förändrade vattenståndet påverkat musslor och vegetation i Vombsjön, men effekten ökar och under 2009 uppmärksammades stor musseldöd i sjön, troligtvis på grund av algtoxiner (Ekologgruppen, 2012).

Trots detta anses Vombsjön vara en av Sveriges fiskrikaste sjöar, och den räknas även som en av de mest fiskproduktiva sjöarna i Europa (Vought, 2011). I sjön förekommer 19 olika fiskarter och där finns rikligt med abborre, björkna, braxen, gärs, gädda, gös, löja, mört samt ål (Ekologgruppen, 2012).

2.6.2 Reglering

Den reglering som finns vid Vombsjöns utlopp, figur 5, har stora influenser över vattenståndet i Kävlingeån, då den tillför det mesta av flödet i ån. I domslut Dom A 46/1969 AD 69/1957 gällande vattenavtappning från Vombsjön 1969, beslutades även kring en lägsta vattenföring i Högsmölla om 2 m³/s. Då det innan Högsmölla tillkommer vatten från Bråån och Klingavälsån, finns det dock ingen direkt bestämmelse kring utflöde från regleringen vid Vombsjön. Domslutets bestämmelser kring flödet i Kävlingeån har sin grund i dess föroreningar.



Figur 5 Regleringen till Kävlingeån sett från Vombsjön. Vid reglering förflyttas de tre luckorna i vertikal riktning.

Regleringen sköts aktivt av Sydsvatten och har en fallhöjd på 2 meter (Ekologgruppen, 2012). Enligt bedömningar är det ett definitivt vandringshinder för alla fiskarter, både gällande uppströms och nedströms vandring (Eklöv, 2017). Detta innebär att regleringen inte enbart har influenser på flödet, utan även har stora effekter på fiskbeståndet, i både Vombsjön och Kävlingeån. Det flöde som kommer från Vombsjön avspeglar även de föroreningar som finns där.

3. Vattenkraft

I detta kapitel beskrivs den småskaliga vattenkraft som bedrivs i Sverige, fokus i kapitlet är miljöeffekter av vattenkraft.

3.1 Småskalig vattenkraft

Småskalig vattenkraft definieras i Sverige som de kraftverken med en effekt mindre än 1,5 MW (Jonsson, 2015). De små kraftverken är framförallt lokaliserade i sydvästra Sverige och relativt de storskaliga kraftverken i norr så dominerar den småskaliga vattenkraften i söder (Widmark, 2002). Detta beror dels på storlekarna av vattendrag, men även på befolkningsmängd, historiskt sett. Ungefär 12 % av de kvarnar för småskalig vattenkraft som finns i Skåne har höga kulturhistoriska värden då de har haft kontinuerlig verksamhet sedan medeltiden (Lindblom & Holmgren, 2016).

Ett vattendrag kan sägas ha en lutning, det är den tillsammans med gravitationen som gör att vattnet rinner från högre till lägre områden. Tillsammans med flödet driver lutningen de fysiska processerna i vattendraget. När dammen anläggs ändras hydrologin i vattendraget. Det beror på att en damm anläggs där det finns störst potential att utvinna energi, vilket det gör i forsar och andra områden med hög fallhöjd. Genom att dämna upp dessa områden skapas högre fallhöjd, det vill säga större lägesenergi. Vattendragets karaktär ändras då vattenhastigheter sänks, vilket har helt andra ekologiska och hydrologiska förtecken (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

Bland den småskaliga vattenkraften återfinns inte bara de dammar som är av typen reglerade magasin utan också de som kallas strömkraftverk. Ett strömkraftverk har inte en total reglering av flödet med hjälp av dammluckor, utan låter vattnet passera genom turbinerna som en del av åns naturliga flöde. Vid lågvatten blir då energiproduktionen lägre (IEA, 2012). Själva dammen är dock en barriär vilken koncentrerar flödet till turbinerna och skapar en spegeldamm. Dessa typer av kraftverk anses allmänt ha mindre miljöpåverkan än de storskaliga dammarna.

3.2 Miljökonsekvenser

Ett vattenkraftverk kan utgöra ett stort ingrepp på naturen och effekterna uppstår inte bara lokalt, utan påverkar hela vattensystemet (Havs- och vattenmyndigheten, 2013). Effekterna kan slå både uppströms och nedströms och påverka såväl hydromorfologi som växt och djurliv i flera led. Det här avsnittet baseras främst på den litteratursammanställning av forskning kring olika miljökonsekvenser från vattenkraftverk som Havs- och vattenmyndigheten gav ut år 2013 (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

3.2.1 Hydrologisk påverkan av småskalig vattenkraft

Klassificering av strömförhållanden i vattendrag sker efter fyra olika kategorier, vilka faller inom 0,2 till 0,7 m/s. Bedömningen kring strömningen grundas dock även på utseende då det oftast är svårt att säkerställa den faktiska hastigheten på ytvattnet (Länsstyrelsen Jönköping, 2002).

Lugnflytande	< 0,2 m/s
Svagströmmande	0,2 – 0,45 m/s
Strömmande	0,45 – 0,7 m/s
Forsande	> 0,7 m/s

I södra Sverige där den småskaliga vattenkraften dominerar har det skett stora förändringar i strömförhållandena, då strömningsvariationerna minskar i de reglerade vattendragen jämfört med de oreglerade. Regleringar bidrar även till mindre flödesvariationer samt långsammare vattenhastighet, vilket har bidragit till minskade strömsträckor och forsar (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

I de mindre åarna i södra Sverige är effekterna av dammarna oftast mindre omfattande, nivåskillnaderna efter regleringen är relativt sett små jämfört med de storskaliga dammarna i norra Sverige. Men eftersom dessa mindre vattendrag ofta rinner genom flackare områden kan det ändå finnas en så kallad avtrappning av vattendraget. Detta på grund av den svaga lutningen som gör att även låga fördämningar kan dämna upp vattnet flera kilometer till nästa dämme. Här förekommer ofta också muddring och kanalisering nedanför dammen för att öka fallhöjden (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

Det är vanligt att sjöar regleras och ett stort antal av dessa mindre sjöar ligger i södra Sverige. Vid regleringen förändras flödesmönster med onormalt låga nivåer kring senvinter och vår. I södra Sverige kommer dock ofta nederbörden under vintern som regn och det innebär att vattennivåerna under vintern har mer variation naturligt. Som regel höjs sjönivån för att magasinera mer vatten, och vid reglering är i södra Sverige regleringsamplituden sällan mer än 3 meter. Magasinen används oftast under året men ibland kan vatten sparas över flera år för att spara vatten från våtår till torrår (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

3.2.2 Barriäreffekt

Barriäreffekter beskrivs som de effekter som uppstår av att det byggs dammar och andra typer av vandringshinder i vattendraget. I naturen är vattendraget en länk som förflyttar både organiskt och icke organiskt material och sediment nedströms. Samtidigt tillåter det uppströms vandring av olika organismer. De konstruerade dammarna orsakar fragmentering av vattendraget och på så vis blir de barriärer som påverkar de naturliga biotiska och abiotiska processerna (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

3.2.3 Fisk

Fisk påverkas starkt vid förekomst av dammar. De påverkar dess möjlighet att vandra uppströms och nedströms, deras lekområden läggs för djupt under vatten vilket gör att de inte längre fungerar som lekområden, och lokala populationer fragmenteras eller försvinner helt. De migrerande fiskarterna, som vandrar upp i vattendragen från havet för att leka, är till exempel havsöring och lax, flodnejonöga och ål vilka drabbas av barriäreffekten (Havs- och vattenmyndigheten, 2013). Ålen är klassad som ”akut hotad” på grund av en kraftig populationsminskning och den klassningen ligger bara ett steg över ”nationellt utdöd” (ArtDatabanken, 2015).

För att komma åt problemet för uppströmsvandrande fisk så har det på många håll byggts fiskvägar. Det finns olika typer av fiskvägar som generellt delas in i tekniska och naturliknande, och gemensamt för de flesta så kallade tekniska fisktrappor är att det har en relativt svag positiv effekt på fiskvandringen. På grund av dåligt anpassade konstruktioner och för lågt flöde är det mycket svårt för fisk att ta sig upp i, eller ens hitta till, passagen. Detta är dock ett på senare

tid uppmärksammat problem, varvid den nuvarande praxis istället är naturliknande fiskvägar, även kallat faunapassage, som har ett större flöde och lägre lutning. Denna typ av faunapassage är dock inte möjlig att ha på alla kraftverkslokaler på grund av topografin i området (Calles et al, 2012).

För nedvandrande fisk så är ett av de stora problemen med dämmen att fisken blir fördröjd i sin vandring och att de kan tvingas passera genom turbiner. Det förhållandevis låga flödet genom en liten passage gör dock att fisken inte hittar till de möjliga nerfarterna och kan fördröjas i sin färd mot havet. Det har bland annat visats genom en studie av laxsmolt att 65 % av den nedvandrande fisken inte tog sig förbi dämnet (Nygqvist, 2016). Ålen drabbas framförallt eftersom den genom sin speciella biologi inte har råd med fördröjningar. Inför resan till Sargassohavet återbildas matsmältningsorganen till förmån för reproduktionsorganen och ålen kan alltså inte äta efter att den påbörjat sin vandring (Ross, 2007). Ytterligare problem är turbindödligheten för nedvandrande fisk. När fisk migrerar tillbaka till havet, eller till andra delar av systemet, måste de ofta passera via turbinerna. Vattnet sugas in med höga hastigheter och tryckförändringar och turbulens och kollisioner med delar i turbinen gör det mycket svårt för fisken att navigera säkert genom turbinerna (Havs- och vattenmyndigheten, 2013). Själva rotorbladen på turbinerna skadar fisken och särskilt ålen kan ha svårt att ta sig igenom turbinerna på grund av sin långa kropp, ju större en fisk är desto större är risken att den skadas i turbinerna (Jonsson, 2015) För att motverka detta kan fiskvägar för nedströmsvandring och fingaller framför intaget installeras.

3.2.4 Djur och växtliv

Som läget ser ut idag förhindrar dammarna inte bara migration av fisk utan också spridning av fröer och växtdelar samt djur som till exempel flodpärlmusslan. Förutom den uttalade barriäreffekten som förhindrar migration i vattnet så påverkas även arter som genom evolutionen anpassats för att leva i strömmande vatten så som strömstaren, uttern och många insektsarter när dessa områden försvinner. Insekterna bidrar dessutom till tillväxten i andra fågelpopulationer genom ökad tillgång till föda (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

De bottenlevande djuren i vattendraget, så kallade evertebrater såsom insekter och blötdjur av olika slag, påverkas mycket av förändrad vattenföring. I ett

oreglerat vattendrag är till exempel de mest produktiva områdena, de områden där flest arter lever och frodas, de som ligger vid utloppen av sjöar och lugnflytande avsnitt. Här finns god tillgång till mat i relativt grunda vatten. I de reglerade vattendragen minskar mängden näring som följer med vattnet ut (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

3.2.5 Sedimenttransport



Figur 6 Lerig avlagring i Kävlingeån.

Svenska vattendrag har överlag inga stora problem med sedimenttransport och erosion (Brandt, 1990). Sedimenttransporten i vattendrag påverkas av förändringar i hydrologin. Vanligtvis sker suspenderad transport av finkorniga partiklar och botten-transport av större partiklar. Strömkraftverk hindrar framförallt bottentransporten. Partiklarna lösgörs till vattendraget via erosion och avsätts nedströms i lugna vatten, men transporteras generellt från de övre delarna av avrinningsområdet till de nedre, ut till havet. När dammen byggs blir det oftast ett definitivt hinder för bottentransport vilket visas i figur 6.

Dammen ger ökad sedimentation uppströms, och ökad erosion nedströms. Erosionen ökar delvis på grund av högre vattenhastigheter och

delvis på grund av att sedimentet fastnat uppströms dammen. De suspenderade partiklarna fastnar inte lika lätt utan kan flyta igenom kraftverken om det handlar om korta uppehållstider i vattenmagasinet. (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

3.3 Risker vid utrivning

Förutom de positiva effekterna av att förbättra situationen för de organismer som lever i vattendragen så kan det även förekomma negativa effekter vid utrivningar.

Utrivning av dammar har genomförts sedan många år tillbaka, i USA har det rivits ut mer än 1000 dammar av olika storlekar (Grant & Lewis, 2015). Tyvärr

finns det få uppföljande studier som under lång tid undersökt effekterna av utrivning, det saknas forskning både internationellt (Hart et al, 2002) och i Sverige (Lejon et al, 2009), men forskning inom området ökar (Grant & Lewis, 2015).

Det som framförallt diskuteras är problem med sedimenttransport, bland annat så har det observerats att nedströms musselpopulationer reducerats utav den ökade sedimenttransporten samt att uppströms populationer drabbats av torrläggning när vattennivån sjunker. Det är därför viktigt att ta hänsyn till vilken typ och mängd sediment som lösgörs vid en utrivning för att minimera skador på ekosystem nedströms. Andra risker är den minskade genomträngningen av ytvatten till grundvatten när vattenmagasin försvinner och vattenhastigheter genom avrinningsområdet ökar. Vid en sänkning av grundvattnet kan också ytvattenförekomster som våtmarker utsättas för torka (Hart et al, 2002).

Vattendragets förmåga till näringsretention kan påverkas av att dämmen tas bort. Retentionen av kväve är i första hand beroende av stor kontaktyta med bottenstrukturer för kemisk/biologisk nedbrytning. Retentionen av fosfor är beroende framförallt av sedimentering. Hur en utrivning i praktiken påverkar vattendraget beror till stor del på de geomorfologiska förutsättningarna, där en djup smal kanal med höga flödeshastigheter ger ökad transport av näringsämnen i vattendraget. I anslutning till en utrivning kan en ökad näringstransport förväntas men resultatet på lång sikt beror på hur vattendragets morfologi utvecklas. Om det utvecklas mot en grund bred kanal med mycket växtlighet så kan det ge positiv effekt på näringsretentionen (Stanley & Doyle, 2002).

4. Dämmen i Kävlingeån

Fokus i detta kapitel är närmare introduktion samt teknisk beskrivning till de dämmen som finns i ån och som ämnas inkluderas i modelleringen. I figur 7 syns de 8 dämmen som finns kvar i Kävlingeån idag.

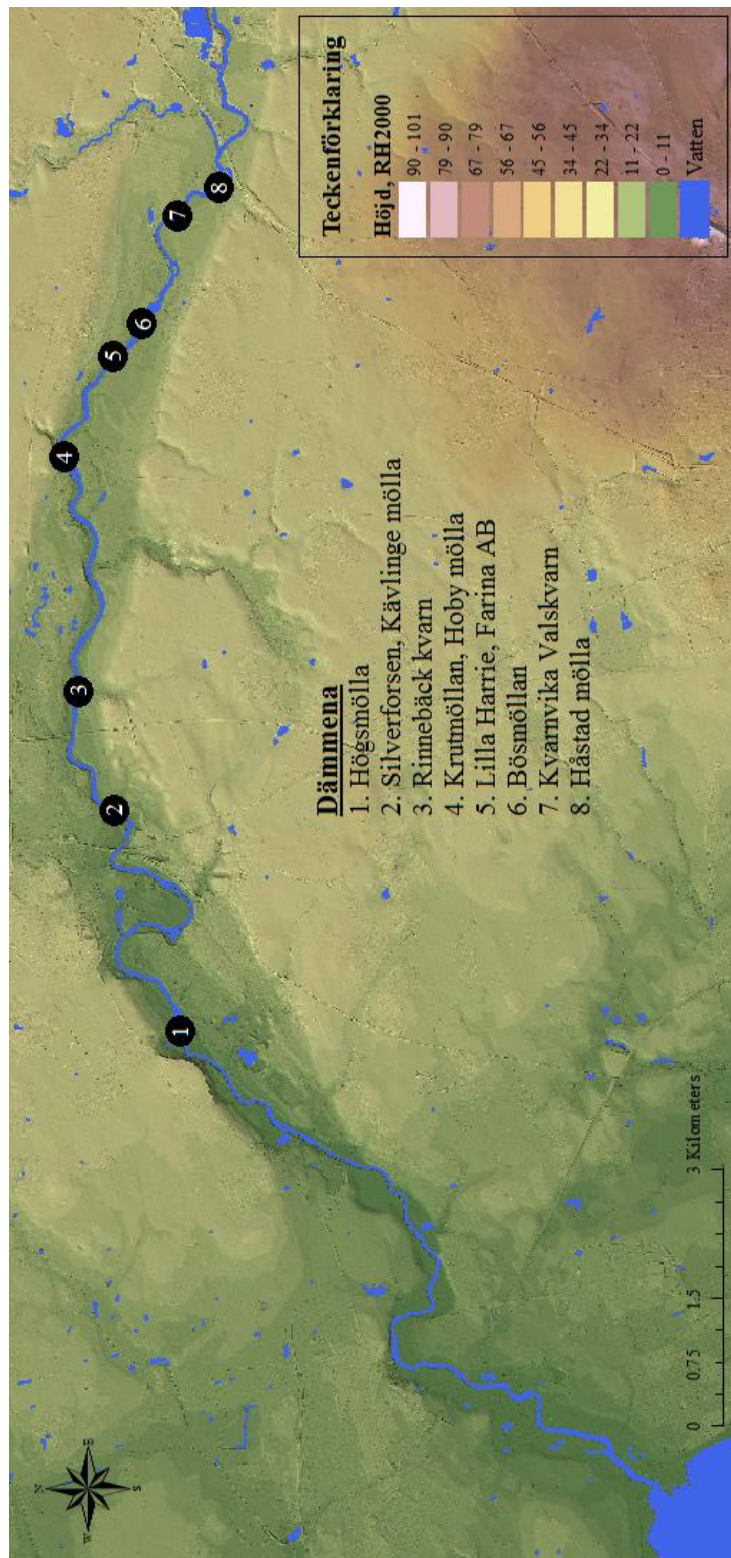
4.1 Fältarbete

Datainsamling vid dämmena i Kävlingeån genomfördes i enlighet med tabell 1. Utöver dessa lokaler besöktes även platser längs med Kävlingeån och Bråån för ytterligare inmätning av tvärsektioner och vattenyta. Ett studiebesök genomfördes också på Vombverket för presentation gällande verksamheten av produktionschefen Svante Lönnqvist.

Tabell 1 - Fältstudiens genomförande och omfattning.

Lokal	Informationsinsamling
Bösmöllan	Inmätning av dämme, vattennivåer och bottennivåer.
Farina AB (Lilla Harrie)	Inmätning av dämme, vattennivåer och bottennivåer.
Håstad mölla	Inmätning av dämme, vattennivåer och bottennivåer.
Högsmölla	Inmätning av dämme, vattennivåer till ekolodsdata samt bottennivåer.
Krutmöllan	Inmätning av dämme, vattennivåer och bottennivåer.
Rinnebäck kvarn	Inmätning av dämme, vattennivåer till ekolodsdata samt bottennivåer.
Silverforsen	Inmätning av dämme, vattennivåer till ekolodsdata samt bottennivåer.

Ägare till Kvarnviks Valskvarn ville inte medverka i detta arbete utan hänvisade istället till Lantmäteriet för information gällande område samt dämme.



Figur 7 Karta över nedre delen av Kävlingeån samt Löddeå. Samtliga dämnena belägna i ån är utmarkerade.

4.2 Dämmena i ån

I det kommande delavsnittet beskrivs de dämmen som finns i ån genom en introduktion och teknisk beskrivning vilken samlats in genom fältarbetet och litteraturstudien. Den tekniska beskrivningen av dämmena består främst av tabeller i vilka utformning och funktionalitet sammanfattas; nedan följer förklaring till de termer som används i tabellerna.

Tabellförteckning

Fallhöjd – Den genomsnittliga höjdskillnaden i vattenytan innan relativt efter dämmet.

Längd, bredd – Längd beskriver dämmet i den riktning som det korsar ån, medan bredd beskriver dämmet i flödesriktning.

Krönhöjd – Den höjd vilken toppen av dämmet uppnår. Då dämmena varierar i höjd används därför ett intervall vid denna beskrivning.

Byggmaterial – Det material i vilket dämmet är uppbyggt.

Fiskväg – Uppföljning kring redan existerande faunapassager vid dämmet.

Utformning – Beskrivning av den existerande faunapassagen.

Uppströms fiskvandring – Bedömning av svagsimmande fiskars möjlighet att passera dämmet i en uppströms riktning.

Nedströms fiskvandring – Bedömning av svagsimmande fiskars möjlighet att passera dämmet i en nedströms riktning.

Då fisk främst vandrar i vattendrags huvudström avgör faunapassagers placering dess funktionalitet. En faunapassage vars inflöde ligger vid huvudströmmen men vars utflöde befinner sig avskilt från huvudströmmen kan därmed utgöra en bra fiskväg för nedströms vandring utan att förbättra möjligheterna för uppströms vandring, samt vice versa. Olika fiskarter kräver även olika förhållanden för möjlig passage av dämme (Eklöv, 2017).

4.1 Högsmölla

Högsmölla är det dämme som ligger närmast havet, och det utgör därmed ett avgörande vandringshinder; kan inte fisk passera detta dämme stoppas all passage i ån (Eklöv, 2017). För närvarande sker flödesmätning i samband med dämnet av SMHI, vilket utgör underlag för den reglering som sker vid Vombsjön i enlighet med Dom A 46/1969 AD 69/1957. Övergripande specifikation för dämnet ses i tabell 2, och i figur 8 syns dämnet vid högt vattenstånd.



Figur 8 Dämme i betong vid Högsmölla.

Tabell 2 – Specifikationer gällande dämme vid Silverforsen (Eklöv, 2017) (Höjdkartor från Lantmäteriet) (Fältstudie).

Dämme	
Fallhöjd	1,5 m
Längd, bredd	150 m, 10 m
Krönhöjd	2,40 till 2,62 möh
Byggmaterial	Betong
Faunapassage	
Fiskväg	Ja
Utformning	Överfallstrappa i dämnet
Uppströms fiskvandring	Definitivt hinder
Nedströms fiskvandring	Inget hinder

4.2 Silverforsen, Kävlinge mölla



Figur 9 Baksidan av Silverforsen, dämnet vid det som tidigare var Kävlinge mölla.

Vid det som tidigare var Kävlinge mölla återfinns idag endast en fördämning, Silverforsen, vilket syns i figur 9. Runt dämnet har Folkets Park vuxit fram som ett rekreationsområde, och i nära anslutning till parken finns idag bostadsområden. Specifikationer gällande Silverforsen för modellering återfinns i tabell 3.

Tabell 3 – Specifikationer gällande dämme vid Silverforsen (Eklöv, 2017) (Höjdkartor från Lantmäteriet) (Fältstudie).

Dämme	
Fallhöjd	2 m
Längd, bredd	200 m, 10 m
Krönhöjd	5,73 till 6,28 möh
Byggmaterial	Trä, natursten
Faunapassage	
Fiskvägar	3 stycken
Utformning	Utskov i dämmets översta del, denilränna och överfallstrappa i dämmets nedersta del.
Uppströms fiskvandring	Inget hinder
Nedströms fiskvandring	Inget hinder



Figur 10 Bild över den klacktrappa som finns i Silverforsen.

Silverforsen räknas i dagsläget inte som ett vandringshinder för fisk; i figur 10 syns en av de 3 faunapassager som finns i samband med dämnet. Fallhöjden har dock en fallhöjd om 2 meter, vilket är stort för området, och ett läge vilket bidrar till att det kan vara intressant med vidare utrivning.

4.3 Rinnebäck kvarn



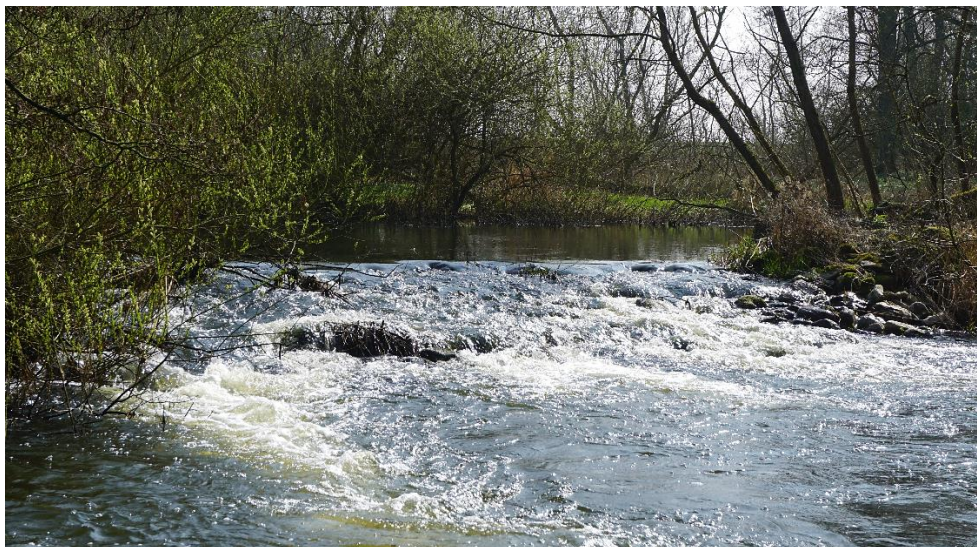
Figur 11 En del av det kurvade dämme vilket återstår efter Rinnebäck kvarn.

Dämnet i figur 11, vid det som tidigare var Rinnebäck kvarn, utgör idag ett rekreationsområde med fiskemöjligheter. I samband med en fiskevårdsplan för Kävlingsån etablerades en fiskväg i form av ett utskov i dämnet, men trots detta beräknas dämnet idag utgöra ett partiellt vandringshinder för fisk (Eklöv, 2000). Specifikationer för modellering av dämnet återfinns i tabell 4.

Tabell 4 – Specifikationer gällande dämme vid Rinnebäck kvarn (Eklöv, 2017) (Höjdkartor från Lantmäteriet) (Fältstudie).

Dämme	
Fallhöjd	1,5 m
Längd, bredd	130 m, 8 m
Krönhöjd	7,25 till 7,29 möh
Byggmaterial	Natursten
Faunapassage	
Fiskväg	Ja
Utformning	Utskov i dämnet
Uppströms fiskvandring	Definitivt hinder
Nedströms fiskvandring	Inget hinder

4.4 Krutmöllan, Hoby mölla



Figur 12 Äldre dämme vid Krutmöllan.

Kvarndriften vid Krutmöllan, även kallad Hoby mölla, upphörde år 1964 varvid kvarnverksamhet avvecklades. År 1982 fick ägare till Krutmöllan tillstånd för utrivning av dämnet vilket bidrog till en ökad fallhöjd vid Lilla Harrie. I domslutet för utrivningen av dämnet specificeras även att de äldre befintliga vattenintag som finns vid kvarnen inte får torrläggas, för bibehållande av kvarnanläggningens höga kulturhistoriska värde (dom från 4 juni 1982, DVA 24/1982). I samband med utrivningen uppdagades ett äldre dämme uppströms (figur 12), troligtvis från en tidigare mölla belägen på platsen. I modellen över Kävlingeån är det detta äldre dämme som modelleras, enligt specifikationer i tabell 5.

Tabell 5 – Specifikationer gällande dämme vid Krutmöllan (Eklöv, 2017) (Höjdkartor från Lantmäteriet) (Fältstudie).

Dämme	
Fallhöjd	0,5 m
Längd, bredd	90 m, 8 m
Krönhöjd	8,1 möh
Byggmaterial	Natursten
Faunapassage	
Fiskväg	Ja
Utformning	Omlöp i åfåra sedan innan dämnet sänktes.
Uppströms fiskvandring	Inget hinder
Nedströms fiskvandring	Inget hinder

Då Krutmöllan har en låg fallhöjd och inte utgör något vandringshinder för fisk finns det inte några planer för utrivning av detta dämme. Möjliga förändringar av dämnet förväntas inte heller kunna bidra till några större förändringar i det omgivande flödet. Dämnet i Krutmöllan kommer därför inte undersökas närmare i denna studie, utan endast modelleras såsom det ser ut i dagsläget.

4.5 Lilla Harrie Valskvarn, Farina AB

Den första kvarnen i Lilla Harrie anlades på 1500-talet, och det är troligt att även fördämningen där härstammar från denna tid (Kungörelse, 2015:a). Detta gör Lilla Harrie till en av de äldsta kvarnarna i Norden som fortfarande är i drift, om än efter stora renoveringar. Kvarnen har haft stor påverkan på omgivande bygd och bedöms ha stora kulturvärden. Den användes från början som stenkvarn, men ombyggdes till valsquvarn i början av 1900-talet (Rabow et al, 2012).

De första turbinerna för elproduktion installerades mot slutet av 1930-talet, och ytterligare en turbin sattes sedan i bruk under 1945 (Kungörelse, 2015:a). Under 1950-talet utbyggdes den övre delen av dammvallen ut, i material bestående av betong och natursten (Föreläggande, 2016:a). Under 1980-talet

drabbades dock anläggningen av brand, varvid omfattande renoveringar genomfördes (Rabow et al, 2012).

De två turbinerna som används där idag, av typ Francis, installerades i samband med renoveringen efter denna brand (år 1981/82), och även dammvallen rustades då upp. (Kungörelse, 2015:a). Valskvarnen i Lilla Harrie byggdes då om till en välutvecklad industrianläggning (Länsstyrelsen Skåne, 2017:c), för företaget Farina och producerar idag en fjärdedel av allt bagerimjöl i Sverige (Rabow et al, 2012). I branden försvann stora delar av den kvarnmiljö som fanns vid Lilla Harrie och numera återstår endast kvarnmästarboden av de byggnader som en gång fanns där (Rabow et al, 2012).



Figur 13 Dämme i betong och natursten i anslutning till vattenkraftverket Farina AB. Vid tidpunkten då bilden togs hade ån ett flöde om ca $9 \text{ m}^3/\text{s}$.

I figur 13 syns dämnet vid Lilla Harrie, sett från anläggningen. Dämnet har en höjd över åbotten om ca 2,44 meter vid intag. Vattenståndet vid Lilla Harrie mäts inte kontinuerligt, men enligt uppgift från kvarnägare uppskattas vattenytan variera med en höjd på ca 0,4 meter (Föreläggande, 2016:a). Vid

hög vattenföring avbördas även vatten över dämnet. Det vatten som avleds till turbinerna rinner efter elproduktionen ut i koniska mindre kanaler vilka mynnar i Kävlingeån ca 90 meter nedströms kvarnen (Kungörelse, 2015:a). I tabell 6 finns specifikationer gällande dämme, faunapassage samt vattenkraftverksamhet vid Lilla Harrie.

Tabell 6 – Specifikationer gällande dämme vid Lilla Harrie (Eklöv, 2017) (Föreläggande, 2016:a) (Kungörelse, 2015:a) (Höjdkartor från Lantmäteriet).

Dämme	
Fallhöjd	2,2 m
Längd, bredd	150 m, 8 m
Krönhöjd	11,0 till 11,3 möh
Byggmaterial	Betong och natursten
Faunapassage	
Fiskvägar	En
Utformning	Utskov i dammvallen ca 0,8 m vid botten
Uppströms fiskvandring	Definitivt hinder
Nedströms fiskvandring	Partiellt hinder
Vattenkraft	
Turbiner	2 stycken
Generatoreffekt	75 respektive 55 kW
Minsta vattenmängd för elproduktion	3 m ³ /s
Slukförmåga för maximal elproduktion	7,5 m ³ /s

I nuläget finns det en överenskommelse mellan Farina och Bösmöllan kring sänkning av dämnet om ca 0,4 m, över en bredd på 40 meter. Detta beräknas motsvara en utbyggnad som dämnet genomgick år 1955, och har sin grund i att utbyggnaden inte tillkommit i laga ordning enligt påstående från ägare till Bösmöllan. Denna utrivning skulle då bidra till en sänkning av fallhöjden till 1,8 meter. Det föreligger även planer på utbyggnad av en ny faunapassage i

lagligförklaringsansökan varvid specifikation för denna återfinns där (Föreläggande, 2016:a).

4.6 Bösmöllan

Vattenkraftverksamheten vid Bösmöllan består av en mindre och en större kvarnbyggnad, vilka har stått orörda sedan 1833 respektive 1856. I samband med konkurs 1954 lades kvarnverksamheten ner, för att åter tas i drift 1989. Verksamheten har sedan dess växt och den el som produceras där idag försörjer tillhörande gård, medan överskott går till försäljning (Kungörelse, 2015:b).



Figur 14 Dämme i natursten vid ett flöde om ca $11 \text{ m}^3/\text{s}$ i anslutning till Bösmöllan.

Dämmet vid Bösmöllan, vilket syns i figur 14, har en höjd över åbotten om ca 2 meter vid intag. Vattenytan fluktuerar normalt med uppemot 0,4 meter mellan låg- och högvatten, varvid hög vattenföring även orsakar överfall vid dämmet (Föreläggande, 2016:b). Fallhöjden vid Bösmöllan är i dagsläget ca 1,2 meter, men det finns en överenskommelse mellan ägarna vid Bösmöllan och Farina AB som innebär en sänkning av dämmet vid Farina om 0,4 meter. Detta beräknas då öka fallhöjden vid Bösmöllan från 1,2 meter till 1,6 meter.

I ansökan om lagligförklaring av verksamheten vid Bösmöllan finns även specifikationer gällande en ny faunapassage som kommer att byggas om ansökan godkänns (Kungörelse, 2015:b). Specifikationer kring dämnet och verksamheten för underlag till modellering samt analys finns i tabell 7.

Tabell 7 – Specifikationer gällande dämme vid Bösmöllan (Eklöv, 2017) (Föreläggande, 2016:b) (Kungörelse, 2015:a) (Höjdkartor från Lantmäteriet).

Dämme	
Fallhöjd	1,2 m
Längd, bredd	100 m, 8 m
Krönhöjd	12,19 till 12,23 möh
Byggmaterial	Natursten
Faunapassage	
Fiskväg	Ja
Utformning	Klacktrappa i sten
Uppströms fiskvandring	Definitivt hinder
Nedströms fiskvandring	Partiellt hinder
Vattenkraft	
Turbiner	3 stycken
Generatoreffekt	13, 14 samt 20 kW
Minsta vattenmängd för elproduktion	1 m ³ /s
Vattenmängd för maximal elproduktion	5,8 m ³ /s

4.7 Kvarnviks Valskvarn

Den första kvarnen samt dämnet vid Kvarnvik tros härstamma från slutet av 1500-talet, då under namnet Mellanmöllan. Under 1800-talet renoverades kvarnanläggningen i samband med industrialisering, och den första turbinen installerades år 1891. Turbinbyte skedde sedan 1935 samt 1959 då de nuvarande turbinerna installerades. Den el som produceras vid Kvarnviks Valskvarn används idag till småskalig kvarnverksamhet samt försörjning av tre omliggande gårdar, vilka inte är anslutna till annat elnät. I anknytning till verksamheten finns även en möllegård (Kungörelse, 2015:c).

Då dämnet vid Kvarnviks Valskvarn inte besöktes vid fältstudien härstammar de specifikationer kring dämnet, vilka ses i tabell 8, endast från skriftliga källor och kartor. Dämnet sträcker sig 1,8 meter över åbotten, och vattenståndet fluktuerar maximalt med 0,7 meter efter hög- samt lågvatten. Vattenkraftverket vid Kvarnviks Valskvarn är ett strömkraftverk, men flödet varierar även i viss mån med verksamheten genom luckor i samband med elproduktion. Om lagligförklaringen godkänds för Kvarnviks Valskvarn finns även planer på etablering av faunapassage (Kungörelse, 2015:c).

Tabell 8 – Specifikationer gällande dämme vid Kvarnviks Valskvarn (Eklöv, 2017) (Föreläggande, 2016:c) (Kungörelse, 2015:c) (Höjdkartor från Lantmäteriet).

Dämme	
Fallhöjd	2,7 m
Längd, bredd	220 m, 13 m
Krönhöjd	15,31 till 15,47 möh
Byggmaterial	Natursten
Faunapassage	
Fiskväg	Nej
Utformning	-
Uppströms fiskvandring	Definitivt hinder
Nedströms fiskvandring	Partiellt hinder
Vattenkraft	
Turbiner	2 stycken
Generatoreffekt	40 respektive 90 kW
Minsta vattenmängd för elproduktion	1 m ³ /s
Vattenmängd för maximal elproduktion	6 m ³ /s

4.8 Håstad Mölla

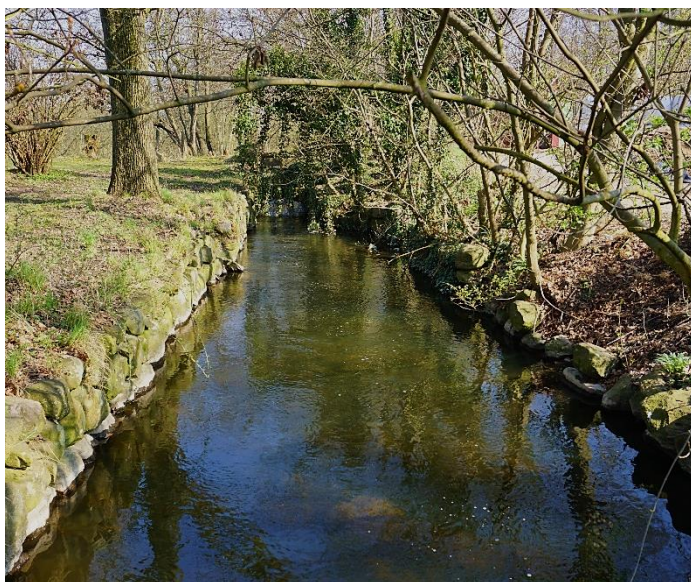


Figur 15 Nedersta delen av dämnet vid Håstad mölla, vilket är utformat med natursten. Bilden är taget vid ett flöde om ca $9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dämnet vid Håstad mölla (se figur 15) är det första efter Vombsjön, och med dess låga fallhöjd samt tidigare insatser utgör dämnet inte något vandringshinder för fisk. I samband med fördämningen finns även en smoltfälla (för utvandrande laxyngel) vilken utgör en viktig kunskapskälla kring fiskbeståndet i ån. Specifikationer kring dämnet, vilka används som grund för modellering, finns i tabell 9.

Tabell 9 – Specifikationer gällande dämme vid Håstad mölla (Eklöv, 2017) (Höjdkartor från Lantmäteriet) (Fältstudie).

Dämme	
Fallhöjd	0,7 m
Längd, bredd	200 m, 6 m
Krönhöjd	15,73 till 15,93 möh
Byggmaterial	Natursten
Faunapassage	
Fiskväg	Ja
Utformning	Tidigare kvarnränna
Uppströms fiskvandring	Inget hinder
Nedströms fiskvandring	Inget hinder



Figur 16 Faunapassage vid Håstad mölla i form av tidigare kvarnränna.

Då den tidigare kvarnrännan vid Håstad mölla, se figur 16, fungerar väl för både uppströms och nedströms vandring finns det idag inga planer på utrivning av dämmet. Dämmet fungerar även som en uppdämning vilken påverkar vattennivåer långt upp mot Vombsjön, varvid förändringar i dämmet skulle medföra oönskade konsekvenser såsom sänk-

ning av grundvatten. Flödeseffekterna av dämmet vid Håstad mölla kommer därmed inte att undersökas närmare i denna studie.

5. Dataunderlag

För genomförande av modellering krävs omfattande dataunderlag gällande Kävlingeån och dess flöde. I det kommande kapitlet presenteras använt dataunderlag, var det kommer från samt kompletterande information för förståelse av dess användning.

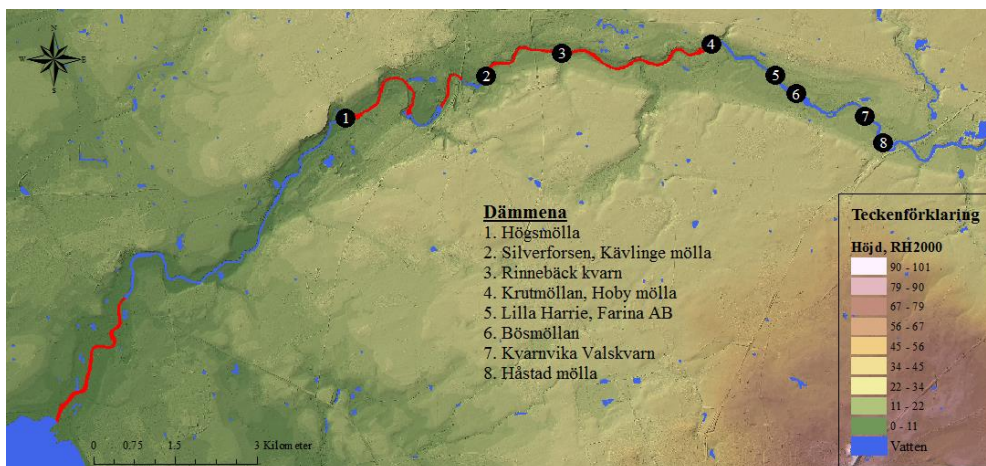
5.1 BaTMan, Trafikverket

Trafikverkets databas över 'Sveriges samlade väg och järnvägsbroar' (BaTMan) användes för införskaffandet av specifikationer gällande tvärsektioner för de vägbroar vilka finns i Kävlingeån; totalt handlar det om totalt 11 vägbroar och 5 järnvägsbroar. Utöver dessa finns det även mindre bil, gång och cykelbroar vilka anses privata och där tekniska detaljer inte finns tillgängliga. Några av de mindre broarna var placerade i samband med dämmen, och mättes då in med GPS utrustningen (eller uppskattades) för bättre noggrannhet i modellerna.

5.2 Ekolodsdata

I arbetet används ekolodsdata, illustrerad i figur 17, vilken insamlats i Kävlingeån och Löddeå. Sträckan mellan Krutmöllan och Rinnebäck ekolodades den 29 november 2016 på uppdrag av Fiskevårdsteknik AB. Den 6 april och 15 maj ekolodades majoriteten av sträckan mellan Rinnebäck och Högsmölla på beställning av Kävlingeåns Vattenråd för denna studie. Båda dessa ekolodningar genomfördes av arvoderade sportfiskare med god kännedom om ån. Vid ekolodningen användes en Lowrance HDS-9 Gen 3. Då en del av sträckan mellan Rinnebäck och Högsmölla hade för grund vattennivå för båten som användes vid ekolodningen saknas data för delar av denna sträcka. Ekolodet fungerar genom att sända ut en ljudpuls vilken reflekteras på botten och med hjälp av den tid det tar innan ljudet återvänder kan ett avstånd räknas ut. Data insamlades vid dessa ekolodningar som tvådimensionell (i x-led och y-led), varvid hänsyn tagits till ekolodets position på båten vid inmätning och vattenytans höjd vid tillfällena (med hjälp av valideringspunkter) för korrekt positionering i RH2000 (se avsnitt 6.2). Ekolodsdata tillhandahölls som punktmoln och konturlinjer.

Vidare användes också ekolodning som inmätts i Löddeå i samband med Havsresan 2010, genomförd av Marin Miljöanalys AB och sträcker sig från åns mynning upp till en motorvägsbro i samband med E20/E6:an.



Figur 17 Karta över Kävlingeån/Löddeå efter anslutning av Bråån. Områden vilka ingår i det ekolodade dataunderlaget är markerade i rött.

5.3 Flödesinformation

Den flödesinformation som används vid simuleringar är hämtad från SMHI:s vattenwebb samt SMHI:s oceanografiska observationer. Från vattenwebben används beräknad och stationskorrigerad data från mätstationer vid Klingavälsån, Bråån, regleringen vid Vombsjön samt Högsmölla. Från SMHI:s oceanografiska observationer hämtades data gällande havsnivåer i Barsebäck, vilka antas vara desamma vid Lödde ås mynning.

5.4 Höjddata från Lantmäteriet

Lantmäteriet samlar in höjddata med hjälp av laserskanning från flygplan. Skanningen bildar ett punktmoln från laser-ekot där punkterna klassificeras i enlighet med kartor till bland annat vägar, broar och åkrar. Av den skannade ytan har 98 % en högre punkttäthet än 0,5 punkter/m² (0,25 punkter/m² på kalfjället) vilket är vad som önskas. Skanning sker i första hand under den tidpunkten på året utan växtlighet och snötäcke, exempelvis senhöst eller tidig vår. Detta är viktigt eftersom lasern kan studsas på vegetationen och ge en felaktig marknivå. Metadata för höjddata redovisar variationen av

punkttätheten i området. Vid analys bör tidpunkt och punkttäthet i området beaktas för att avgöra kvalitén på höjddata (Lantmäteriet, 2016).

Från vattenytan reflekteras ett eko enbart om lasern träffat i rät vinkel mot ytan. I annat fall absorberas laserstrålen och vattenytan framträder som ett hål i punktmolnet, med oregelbunden punkttäthet beroende på träffvinkeln (Lantmäteriet, 2016).

Klassificeringen av vatten kräver alltså mer noggrannhet för att definiera strandkanter och vattenytans nivå vid tidpunkten för skanningen. Laserpunkter från vattenytan används uteslutande för att höjdsätta vattennivån eftersom inga flygbilder tas i samband med laserskanningen. Dessa skapar vattenpolygoner som har en slät och väldefinierad yta där hela polygonen har samma höjd (Lantmäteriet, 2016).

Punkternas exakthet i höjddled är ofta inom 0,05 m på plana hårda ytor, ju större lutning på marken desto större fel i höjddled uppstår. När laserpunkterna interpoleras till Grid format ökar dock osäkerheten och felet bedöms normalt vara bättre än 0,1 m i höjddled, felet ökar dock ju mer kuperad terrängen är (Lantmäteriet, 2016).

Lantmäteriet använder sig som standard av koordinat referenssystemen SWEREF99 TM som gäller för x och y-led, och RH 2000 som gäller i höjddled, z-led.

5.5 Kalibrerings- och valideringspunkter



Figur 18 Inmätning av åbotten i samband med brosektion vid Krutmöllan.

Då det ekolodade data-underlaget inte inkluderade någon positionering i höjddled behövdes det mätas in separat inför bearbetningen. Under fältstudien mättes höjdpunkter in vid vattenytan, på botten (se figur 18) samt längs strandkanten för detta syfte. Punkterna samlades in med hjälp av en Topcon GR3 med nätverks-RTK från Swepos; en GPS tillhörandes institution för Teknisk Geologi på LTH, vilken har en mätosäkerhet på 15 mm i höjddled (Fredriksson och Olsson, 2015). Mätpinnen där GPS:en fästes var 1815 mm lång inklusive fäst-anordning, vilket räknades bort från de inmätta punkterna. Inmätningarna gjordes i

koordinatsystemet SWEREF99 TM och RH2000.

Valideringspunkterna används för att utvärdera om ekolodsdata passats in i Lantmäteriets raster på rätt djup, samt att för att validera djup och position i modellerna.

Även dämmena mättes i största möjliga mån in genom punkter längs med kanter, topp och lutning. Detta gjordes delvis för lokalisering av faunapassager/sektioner med hög permeabilitet i förhållande till dämme, men även för en bättre uppfattning om dämmenas storlek samt utformning. Längd på dämmen var ofta otillgängligt för inmätning på grund av utformning, obstruktioner såsom flödet i ån samt stor överväxt av träd och sly. Då positionering i höjddled med GPS utgår från förhållande med satelliter var det

även problematiskt med inmätningar i närheten av obstruktioner såsom stora träd då de skymde signalen (Harrie, 2013).

5.6 Geodetiskt referenssystem

Det nationella geodetiska referenssystemet i Sverige är SWEREF99 TM för koordinater i x- samt y-led och RH2000 för koordinater i z-led (Lantmäteriet, 2017). Med detta som bakgrund har dessa koordinatsystem även valts för denna studie, varvid data som insamlats i andra koordinatsystem har transformerats inför användande.

6. Geografiskt Informationssystem

Geografiskt informationssystem (GIS) är ett datorbaserat hjälpmedel som används för att samla in, lagra, analysera och presentera geografisk data. Användandet av GIS vid informationsbehandling öppnar upp för enklare analyser av stora mängder data och ämnesöverskridande forskning, men det ger även bättre möjligheter för informationsutbyte. GIS teknologi används inom flertalet forskningsområden såsom klimatförändringar, ekonomi och markanvändning, vilket även gör det till en passande teknik för höjdanalys i denna studie (Harrie, 2013). Den specifika GIS programvara som används i denna studie är ArcMap, utvecklats av ESRI, 'Environmental System Research Institute'.

De data som inmättes vid ekolodning bearbetades i GIS inför byggandet av modellerna och flödessimuleringar. I detta kapitel följer en introduktion till GIS samt genomgång av den metodik vilken användes för databearbetning i ArcMap och dess insticksprogram HEC Geo-RAS.

6.1 Datastrukturer i studien

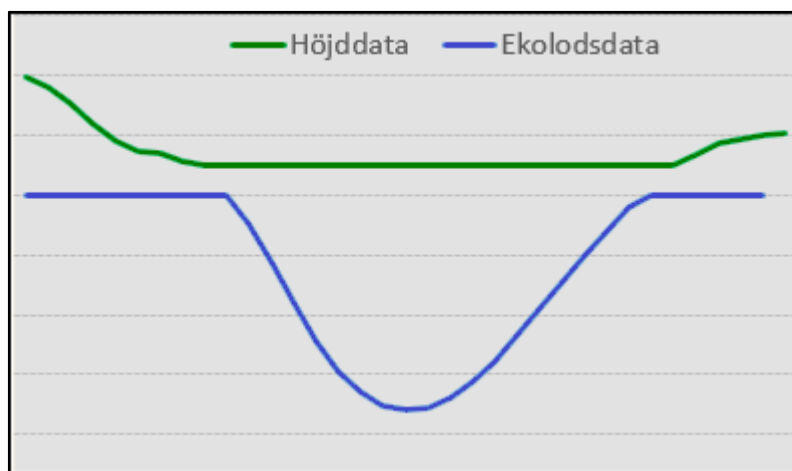
Data kan lagras med olika strukturer, i vilka omvärlden representeras som kontinuerliga ytor eller objekt. Val av struktur beror främst på den information som finns tillgänglig samt senare användning (Harrie, 2013). I denna studie kommer data av följande typ att användas: Punkt, Linje, Polygon, Raster samt TIN (*Triangular Irregular Network*). Data som samlats in med GPS är i punktform, vilket den bibehålls i under arbetets gång. Inmätt data från ekolodning har också punktformat, men görs om till linjer och polygoner inför användande, för att sedan bearbetas till passande rasterstruktur. Höjdkartor från Lantmäteriet är i raster och bibehålls i detta format under större delen av arbetsprocessen. Framåt slutet används de dock som grund för att skapa TIN-strukturer, vilket beskrivs närmare under rubriken *Från rasterstruktur till TIN* nedan.

6.2 Bearbetning av data

I de höjdkartor som finns tillgängliga från Lantmäteriet ligger vattenyta som ett medelvärde av alla uppmätta höjder vid ån det datum då inmätningar skedde, vilket gör det lätt att identifiera dess höjd. Bland de valideringspunkter

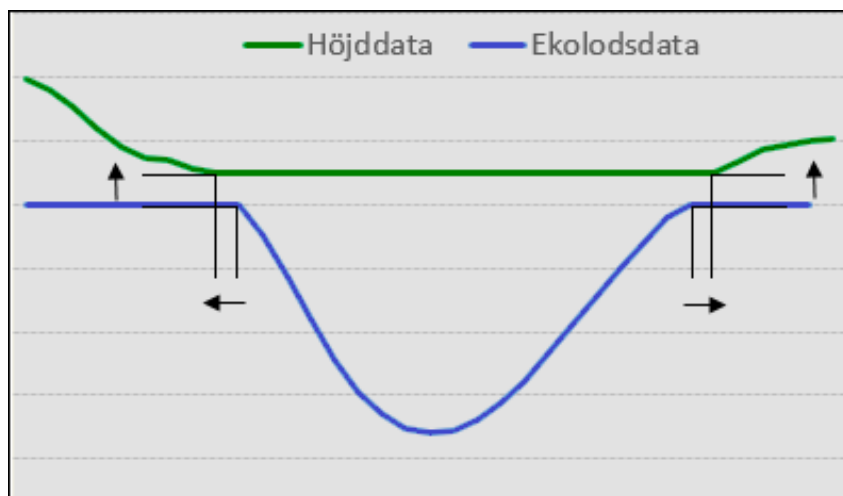
som mättes i Kävlingeån i samband med ekolodning togs några vid vattenytan. Dessa kunde sedan sammanställas för att beräkna ett medelvärde vilket markerade den lokala höjd som vattnet hade i ån. Genom att koppla ihop GPS punkter med ekolodsdata kunde botten placeras korrekt i höjded.

De olika höjderna för vattenyta jämfördes sedan varvid det framkom att vattennivån i Lantmäteriets höjdkartor generellt sett hade ett högre läge om någon decimeter än vattenytan vid ekolodning, vilket ses i figur 19. Höjd och bredd i figuren är manipulerade, för att tydligare visa det avstånd som uppstår vid skissering och därmed göra resultatet tydligare. För att undvika förvrängning i höjded och att botten på åfåran hamnar för högt, vilket kunnat bidra till fel gällande höjd i senare modellering, krävdes mer bearbetning vilken beskrivs i figur 20.



Figur 19 Tvärsektioner från ekolodsdata och höjddata plottade i samma graf, med olika höjd i RH2000. Höjden på vattenytan skilde sig åt med mellan 9 - 34 cm i de båda dataunderlagen.

Då vattenytan från ekolodningen låg lägre än vattenytan i lantmäteriets kartor valdes det att höja den – med den skillnad som fastställdes vid jämförelsen mellan höjdkarta och valideringspunkter. Likaså breddades åfåran för att täcka den yta som ån hade enligt Lantmäteriets höjdkartor. Vid höjning och breddning av ekolodsdata skapades dock ett tomrum i botten närmast vattenytan (i strandkanten), vilket täcktes genom interpolering.



Figur 20 Tvärsektioner från Rinnebäck kvarn. Pilarna antyder hur botten från ekolodning behövde bearbetas inför sammanslagning med topologi från höjdkartor.

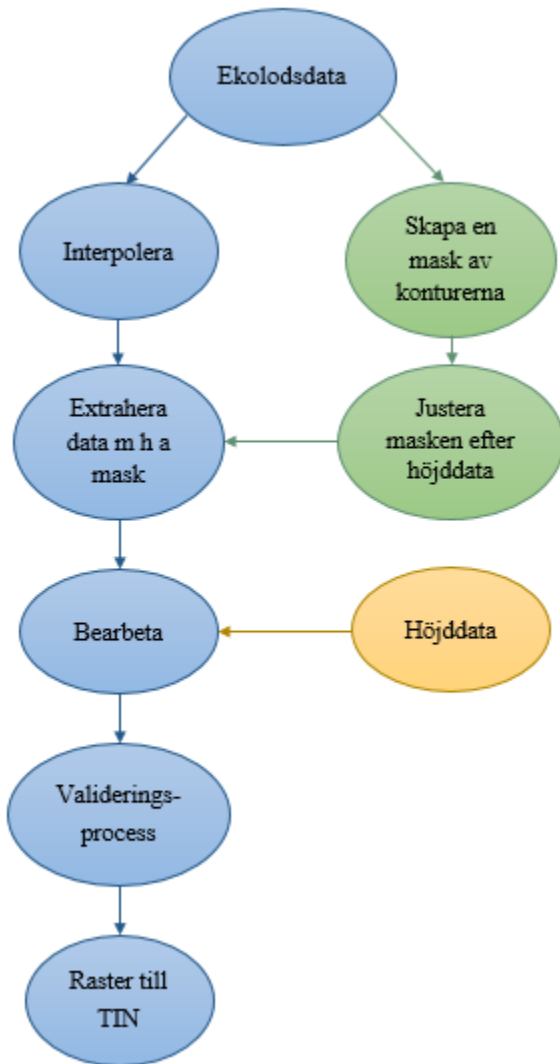
6.3 Metodik i ArcMap

I figur 21 presenteras den metodik som användes för bearbetning av data vilket behövdes för modellering i HEC-RAS. De kommande avsnitten kommer att gå igenom de steg som genomfördes i bearbetningen och som finns beskrivna i figur 21 samt de motiveringar som finns bakom dem mer noggrant.

6.3.1 Bearbetning av ekolodsdata

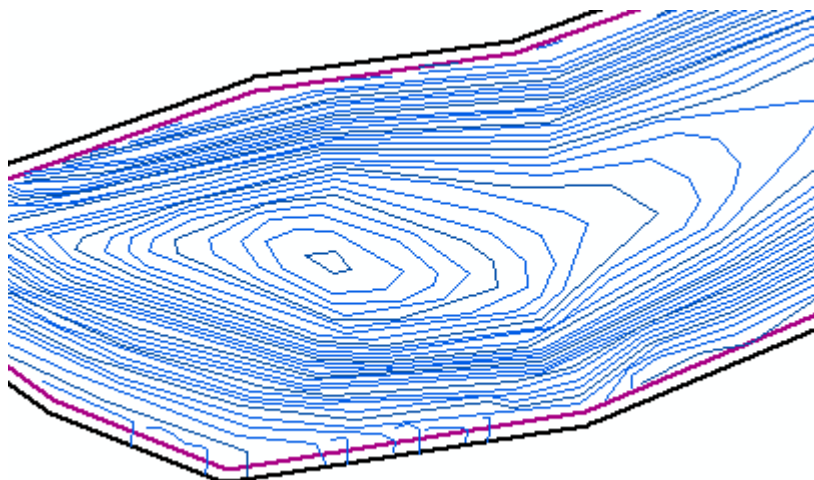
Ekolodsdata mottogs som konturlinjer och punkter vilka bearbetades på samma sätt. Först samlades all data kring djup i en fil, där botten anpassades så att djupet hamnade på rätt nivå (enligt tidigare nämnda jämförelse).

En polygon som täckte hela det ekolodade området skapades och användes som grund för ny strandlinje som motsvarade vattenytans utbredning i lantmäteriets höjddata (figur 22), såsom förklarar i avsnitt 6.2. Kring kanterna i polygonen skapades en buffert, vilken jämfördes med motsvarande vattenyta i höjdkartorna, tills en passande bredd hittades. Det bedömdes att en för snäv åfåra resulterar i kantig topologi efter bearbetning medan en för bred åfåra förvränger större yta.



Den resulterande polygonen användes sedan som strandlinje när ekolodsdata skulle kombineras med lantmäteriets höjddata, vilket kan ses i figur 22. Detta genomfördes för att senare interpolering och sammanslagning skulle ta med de skillnader i vattenstånd samt utbredning som förekom mellan det ekolodade data-underlaget och höjdkartorna från Lantmäteriet.

Figur 21 Flödesschema för bearbetning av data i ArcMap



Figur 22 Konturlinjer från ekolodning vid Kävlingeån. De blåa linjerna representerar djupet i ån, de lila linjerna åfåran tillhörande ekolodsdata och de svarta linjerna är den nya bredare åfåran.

6.3.2 Mask

I ArcMap kan data extraheras med hjälp av polygoner. Dessa polygoner läggs då som maskar över andra lager, och den information som täcks av maskerna extraheras. Benämningen mask syftar därför till intentionerna bakom en skapad polygon. En mask skapades av de strandkanter som tagits fram för höjdkartorna, inför senare användning.

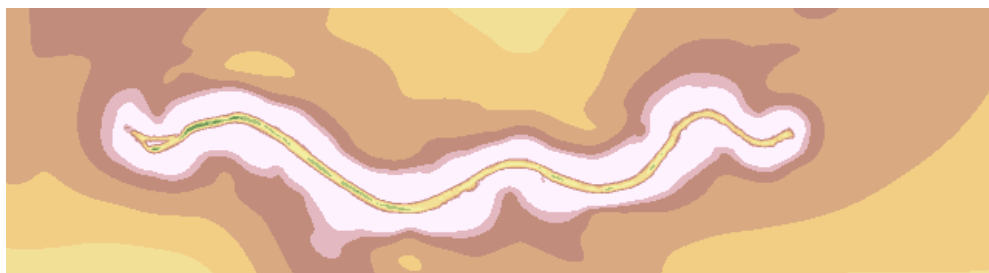
6.3.3 Interpolering

Det finns flertalet olika interpoleringsmetoder vilka skapar yta av punkter, linjer och polygoner. Resultat från olika interpoleringar skiljer sig i regel mycket åt, vilket medför att val av interpoleringsmetod är av stor betydelse för vilket resultat som fås. För större lokal precision brukar *Avståndsviktad medelvärdesinterpolering* användas, vilket skapar yta med stor anpassning till omgivande data och där de punkter som befinner sig närmare en viss punkt har större influens över dennes värde. För bättre överblick i stora områden används ofta metoder såsom *Kriging* eller *Spline*, vilka fokuserar mer på övergripande trender från ingående data och i regel ger ett planare resultat (Harrie, 2013). Vid interpolering i denna studie användes kommandot "Topo to raster", vilken använder en interpoleringsmetod specifikt utvecklad för att skapa hydrologiska höjdmodeller. Den kombinerar lokala interpolerings-

metoder med överblickande interpoleringsmetoder för att få stor precision, samtidigt som den tar hänsyn till större avrinningstendenser (ESRI, 2017). I denna studie interpolerades data med hjälp av topo to raster, både från konturlinjer och punkter.

6.3.4 Extraktion av data

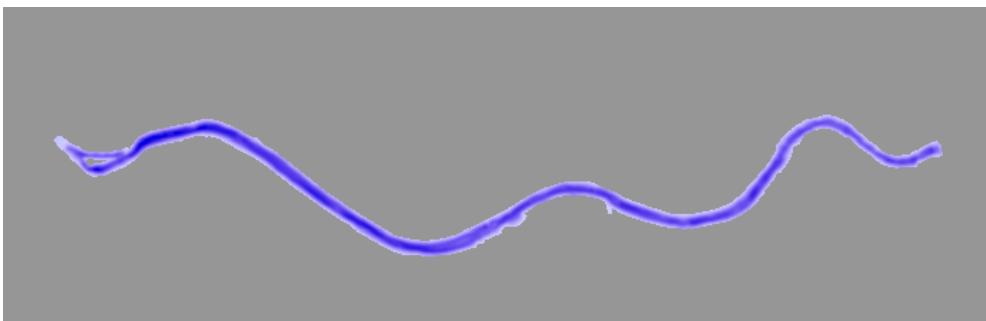
Vid interpolering skapades en yta täckandes hela området i höjdkartan som innehöll data från ekolodning. I samband med interpoleringen extrapolerades områden utanför åfåran, såsom ses i figur 23. Kanterna av den yta som inte täcktes av åns konturlinjer fick alltså värden som inte hade någon data-korrelation. Om den interpolerade ytan hade kombinerats direkt med höjdkartan hade detta lett till topologisk förvrängning. För att undvika fel vid sammanslagning av kartorna extraherades därför önskad åfåra med hjälp av tidigare skapad mask.



Figur 23 Resultat av interpolering mellan vattendragets kant i höjddata och uppmätt kant i fält från konturlinjerna mellan Krutmöllan (till höger) och Rinnebäck kvarn (till vänster). Det ljusrosa området motsvarar en höjd som är noll eller positivt, området inom visar åfåran och området utanför visar de extrapolerade kanterna.

6.3.5 Bearbetning av rasterstrukturer

Extraherande av åfåra skapade en ny åfåra som anpassats efter vattenståndet i Lantmäteriets höjdkartor. Övrig omgivning fick då inga värden utan lagrades som "nodata", vilket syns i figur 24. När olika ytor kombineras får resultaten endast värden i de punkter (i x- samt y-led) som återfinns i båda lager. För att resultatet av sammanslagningen skulle innehålla både batymetri och topografi genomfördes därför en omdefiniering av området utanför åfårans kanter. Sedan kombinerades önskade lager till nya raster-strukturer.



Figur 24 Datalagret innehållandes åfåran (anpassad till vattenstånd i höjdkartor) mellan Krutmöllan (till höger) och Rinnebäck kvarn (till vänster) efter omdefiniering av "nodata", vilket syns i grått.

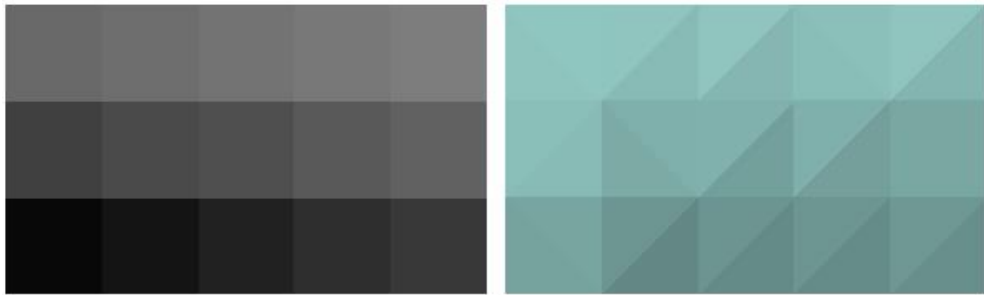
6.3.6 Valideringsprocess

För valideringsprocessen extraherades data ur raster-strukturen innan samt efter bearbetning av ekolodsdata. I bilaga B återfinns statistik och resultat från denna jämförelse, vilka stöttar vald bearbetningsmetod.

Det togs även ut tvärsnitt från de olika lager som använts under processens gång för kontroll av topologi, vilket visade på rimliga resultat. Dock, som nämns ovan, överlappade vattenytan från ekolodningen inte helt med den från Lantmäteriets höjdkarta varvid viss grad av förvrängning förekom efter bearbetning.

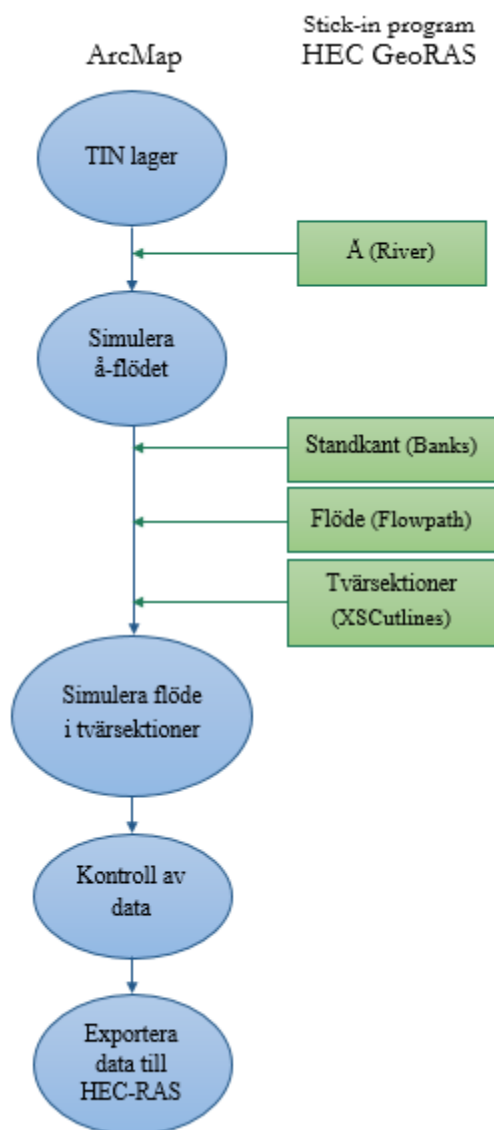
6.3.7 Från rasterstruktur till TIN

TIN, *Triangular Irregular Network*, fungerar som en kombination mellan vektorstrukturer och rasterstrukturer. Data lagras på samma sätt som i ett raster, se figur 25, men istället för kvadratiska celler som sammankopplar punkter används trianglar. Trianglarna skapas med hjälp av förhållande till omgivande data, vilket medför att information såsom lutning tillkommer i en TIN-struktur (ESRI, 2016). I denna studie konverterades den anpassade rasterstrukturen till TIN för vidare arbete i HEC GeoRAS, då programmet endast är kompatibelt med denna lagringsstruktur.



Figur 25 Illustration av celler i Raster-struktur (till vänster) och TIN-struktur (till höger).

6.4 HEC Geo-RAS



Figur 26 Flödesschema för bearbetning av data i HEC GeoRAS.

För att kunna behandla utdata från ArcMap i HEC-RAS användes insticksprogrammet HEC-GeoRAS. Programmet verkar i ArcMap, men är utvecklat av *US Army Corps of Engineers* och finns att hämta gratis från deras hemsida (<http://www.hec.usace.army.mil/>).

6.4.1 Metodik i HEC Geo-RAS

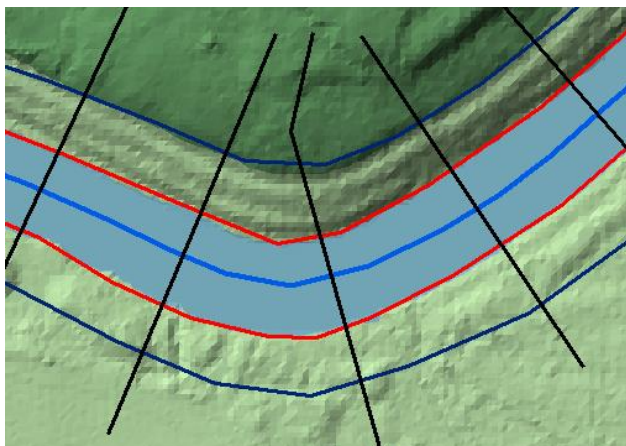
TIN-strukturen från ArcMap bearbetades med hjälp av insticksprogrammet HEC GeoRAS för utritning av åfåra, strandkant, flödesväg samt tvärsnitt till HEC-RAS. Den metodik som användes för denna process finns skisserad i figur 26. I de kommande avsnitten beskrivs respektive steg i flödesschemat mer noggrant.

6.4.1.1 Skapa och simulera åns flöde

I insticksprogrammet HEC GeoRAS kan olika RAS, 'River Analysis System', strukturer skapas för utritning av geometri från TIN-strukturer. För önskat resultat är det viktigt att vara noggrann med koordinatsystem, vilket påverkar enhet vid projicering samt riktning på skissering då programmet simulerar flödet i utritad ordning.

Den struktur som skapades först var ån, vilken tilldelas namn samt sträcka. Sedan simulerades flödesvägen för uppmätning av avstånd längs ån inför skapande av tvärsektioner.

6.4.1.2 Strandkanter, flöde och tvärsektioner



Figur 27 Geometristrukturer skisserade i HEC GeoRAS. Åns struktur syns i ljusblått, strandbankar i rött, flöde i mörkblått och tvärsektioner i svart.

Strukturer för strandkant, flöde, samt tvärsektion skapades och skisserades enligt flödesriktning i TIN-strukturen, vilket syns i figur 27. Strandkanten skall, såsom i figuren illustreras i närheten av åfårans kant. Flödet baserades på åns struktur, men skisserades utanför strandkanten på respektive sida av ån, för att sedan tilldelas höger eller vänster strömsida med avseende på flödesriktning. Efter det

skapades tvärsektioner, från vänster till höger gentemot flödet. Tvärsektioner kan antingen skisseras för hand vilket ger bättre anpassning efter aktuell situation, såsom i figur 27, eller med hjälp av HEC Geo-RAS varvid avstånd mellan tvärsektionerna samt deras längd bestäms.

Sedan simuleras flödet i tvärsektionerna, för att skapa profiler inför arbete i HEC-RAS. Då önskade strukturer skisserats med HEC GeoRAS och data för respektive struktur kontrollerats, exporteras de från ArcMap till HEC-RAS.

7. HEC-RAS

Programvaran **HEC-RAS**, 'The Hydrologic Engineering Center'-'River Analysis System', är utvecklat för hydrauliska flödesanalyser i naturliga vatten och ansågs därför vara ett lämpligt program för modellering i denna studie. HEC-RAS är skapat av US Army Corps of Engineers och finns fritt tillgänglig på deras hemsida för att uppmuntra till enklare analyser och bättre hantering av vatten (US Army Corps of Engineers, 2016:a).

I det kommande kapitlet beskrivs den matematiska grund nödvändig för simulering i HEC-RAS genom presentation av ekvationer kopplade till flöden och strukturer. Sedan presenteras den metodik som användes i programmet och specifika avvägningar gjorda i konstruktionen. Slutligen presenteras även de båda modellerna som skapats i denna studie.

7.1 Den matematiska modellen

Modellering och simulering i HEC-RAS grundar sig i hydromekanik, vilken beskriver hur vatten strömmar och vad som påverkar denna strömning. I det kommande avsnittet kommer de ekvationer som är mest relevanta för denna studie att presenteras.

7.1.1 Kontinuitetsekvationen

Kontinuitetsekvationen är en av de grundläggande ekvationerna i hydromekanik, vilken säger att om flödet är konstant (ekvation 1a) så måste hastighetsförändringar vara omvänt proportionella mot förändringar i area och vice versa (ekvation 1b) (Hamill, 2011).

Detta innebär att när

$$Q_1 = Q_2 \quad (1a)$$

Så gäller

$$Q_1 = A_1 * v_1 = A_2 * v_2 = Q_2 \quad (1b)$$

Där

Q	– Flödet i kanalen	[m ³ /s]
A	– Arean på tvärsektionen	[m ²]
v	– Medelhastigheten över tvärsektionen	[m/s]

7.1.2 Stationär strömning

HEC RAS kan modellera i olika flödesstadier; stationär strömning, icke stationär strömning samt en blandning av dessa. Eftersom simuleringarna inte hade som syfte att kalkylera skillnader i förändring över tid, som till exempel hur en flodvåg förflyttar sig genom systemet, användes stationär strömning i alla scenarier. HEC RAS använder sig av ekvation 2 för att iterativt beräkna nivån av vattenytan i varje tvärsnitt vid stationär strömning.

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (2)$$

Där

Z	– Inverterad nivå på kanalens botten	[m]
Y	– Vattendjupet i tvärsnitt	[m]
v	– Medelhastigheten i kanalen	[m/s]
a	– Korrektionskoefficient för rörelseenergin	
g	– Gravitationskonstant	[m/s ²]
h_e	– Fallförlust	[m]

Fallförlust, h_e mellan tvärsnitt beräknas beroende av flera parametrar vilka tar hänsyn till bland annat skillnader och förändringar i friktion och kanalens form så som kontraktion eller expansion av kanalen (US Army Corps of Engineers, 2016:b).

7.1.3 Uppdelning av tvärsnitt

I ekvation (2) ovan så används medelhastigheten för kanalen, men vid den iterativa uträkningen i varje enskild tvärsnitt görs en uppdelning av tvärsnittet till mindre delområden. Dessa mindre delområden ansätts ha en jämnt fördelad hastighetsprofil, sedan beräknas den totala överföringsgraden från tvärsnittet med hjälp av ekvation (3) och (4) (US Army Corps of Engineers, 2016:b). Detta är nödvändigt eftersom tvärsnittets djup varierar varvid Mannings koefficient har olika stor påverkan på resultatet.

$$Q = KS_f^{1/2} \quad (3)$$

$$K = \frac{1,486^*}{n} AR^{2/3} \quad (4)$$

Där

K	– Överföringsgrad från delområde	[m ³ /s]
n	– Mannings koefficient (1/M)	[s/m ^{1/3}]
A	– Area för delområde	[m ²]
R	– Hydraulisk radie för delområdet	[m]
S_f	– Lutning på energilinj	[m/m]

* värde angivet enligt amerikansk enhetsstandard

7.1.4 Broar

Broar påverkar flödet genom att vattnet tvingas passera genom en ofta smalare kanal. Det kan påverka vattennivån och till exempel tvinga fram en kritisk sektion i och med förändringar i hastighet. Vid strukturer som påverkar flödet övergår modellen från energiekvationen (ekvation 1) som används vid svagt olikformig strömning till ekvation (5) gällande rörelsemängd för starkt olikformig strömning. Detta byte sker på grund av de förändringar i vattenhastigheter som ofta sker i samband med strukturer, vilka kan bidra till såväl kritiskt flöde som att vattennivån byter från superkritiskt till subkritiskt flöde.

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (5)$$

Där

P	– Tryck vid tvärsnitt 1 respektive tvärsnitt 2	[N/m ²]
W_x	– Kraften från vattnets tyngd i x-led	[N]
F_f	– Kraft associerad med externa friktionsförluster i tvärsnitt 2 och 1	[N]
Q	– Flöde	[m ³ /s]
ρ	– Vattnets densitet	[kg/m ³]
ΔV_x	– Förändring i vattnets hastighet i x-led från tvärsnitt 1 till 2	

För att HEC RAS på bästa sätt ska kunna utföra beräkningarna är placeringen av tvärsektioner i anslutning till strukturen viktig. Två tvärsektioner uppströms och två nedströms, där de två närmaste sektionerna är placerade inom det område som kontrakterar/expanderar, samt de två yttre placeras i ett område som är bortom expansion/kontraktion av flödet. På detta vis påverkas inte beräkningarna för flödet genom strukturen av vattendraget nedströms (US Army Corps of Engineers, 2016:b). Detsamma gäller för beräkningarna av överfall som beskrivs i nästa stycke.

7.1.5 Ekvation för strömning över rektangulära överfall

Dämnena i den aktuella delen av ån är alla utan dammluckor, så kallade överfallsdämnena, målet med modellen är att på bästa sätt efterlikna de verkliga dämnena, framförallt i funktion. Det finns flera olika sätt att modellera dämnena i HEC RAS. Efter prov av de olika metoderna bestämdes att ”inline structure” var den mest lämpade typen, den beskriver en struktur som placeras mellan två tvärsektioner, där tvärsektionen uppströms blir bestämmande för hur vattnet passerar dämmet. I HEC RAS modelleras de enligt standardevkvationen, (US Army Corps of Engineers, 2016:b) ekvation (6):

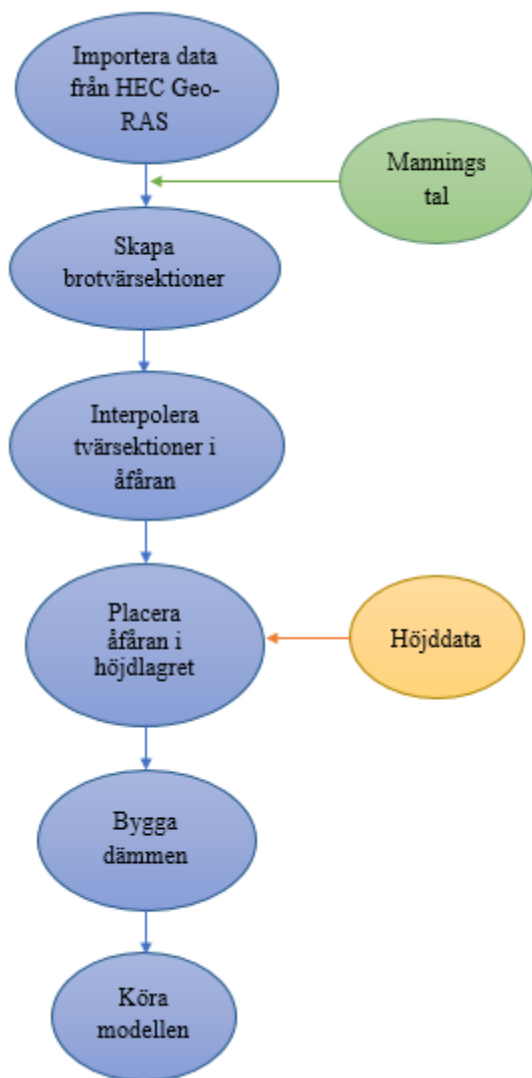
$$Q = CLH^{3/2} \quad (6)$$

Där

Q	– Flödet över dämmet	[m ³ /s]
C	– Avbördningskoefficient	[m ^{1/2} /s]
L	– Längden på toppen av dämmet	[m]
H	– Höjd av uppströms vattennivå över dämmets krön	[m]

Avbördningskoefficienten, C , bestäms sedan baserat på dämnets form. I Kävlingeån kan alla dämnena betraktas som rektangulära överfall och därför användes litteraturvärden mellan 1,4 och 1,6 vilka valdes med hjälp av tabell 5.1 i *Handbook of Hydraulics* (1996). Valen baserades på de observationer som gjorts angående vattennivåer vid dämnena samt dämnernas toppbredd.

7.2 Metodik i HEC-RAS

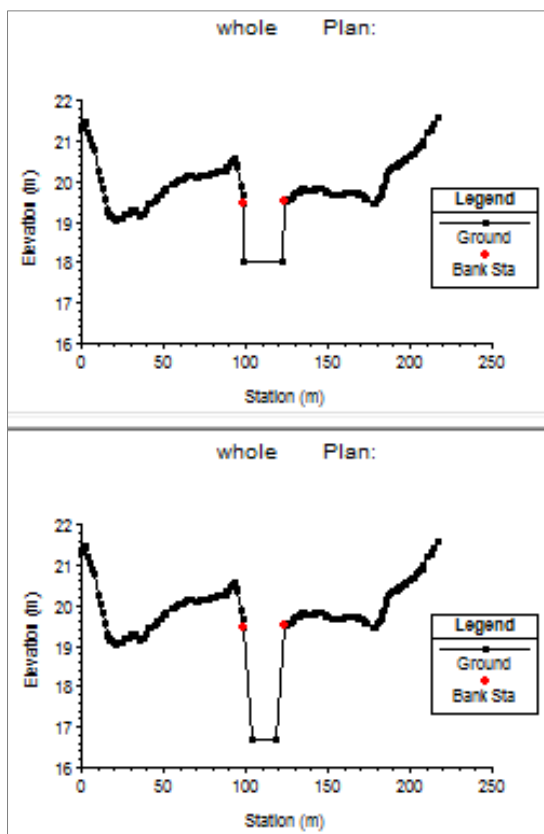


I figur 28 presenteras den metodik som användes i HEC RAS. Totalt skapades två olika modeller, en kortare med ekolodad botten och en längre med interpolerad botten, för att kunna jämföra och styrka resultaten samt modellera olika föreslagna scenarier. Den övergripande metodiken är dock densamma för båda modellerna.

Figur 28 Flödesschema för bearbetning av data i HEC RAS.

7.2.1 Tvärsektioner

I HEC Geo-RAS skapades tvärsektioner vid kritiska punkter, samt regelbundna tvärsektioner i de delar av ån där ekolodsdata var tillgänglig. Där ekolodsdata saknades användes broritningar från trafikverket, uppgifter från miljökonsekvensbeskrivningar samt uppskattningar kring batymetri enligt avvägningar vilka beskrivs i kapitel 7.3.2 och 7.3.3. Samtliga tvärsektioner anpassades sedan till RH2000 och lades in i åfåran. figuren 29 nedan visar ett exempel på hur en brotvärsektion har lagts in med djup från trafikverkets ritningar.



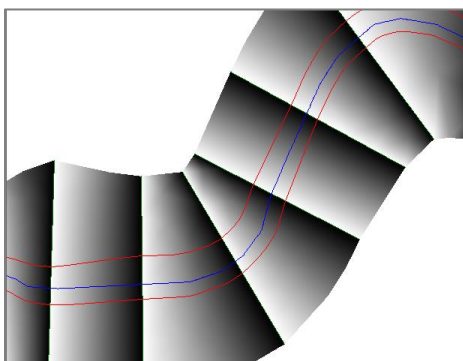
Figur 29 Tvärsektion innan och efter korrektion för djup enligt broritning.

7.2.2 Interpolering

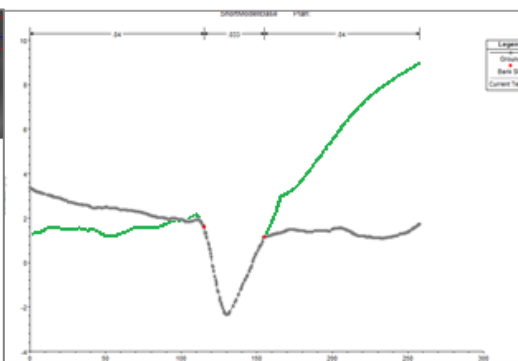
Tvärsektionerna användes sedan till att, med hjälp av kommandot *”Interpolate xs within a reach”* interpolera fram tvärsektioner längs med åfåran där information kring bottenförhållanden saknas. I de områden där det finns utförligare information om bottenförhållanden, så som ekolodade tvärsektioner, har interpoleringen skett mellan dessa. För interpolering längs med längre sträckor i ån användes den linjär interpolering, som interpolerar tvärsektioner i rät vinkel mot flödesriktningen. På detta vis skapas en åfåra längs med hela ån. Eftersom interpoleringen görs över hela tvärsektionen så ändras dock också terrängen ovanför ån i detta steg.

7.2.3 Kombination av höjddata och åfåra

För att återskapa terrängen användes ”RAS Mapper” modulen i HEC RAS, där bland annat DEM-lager (*digital elevation modell*) kan laddas in. Här skapas en interpolerad terrängyta baserad på tvärsektionerna i ån (figur 30), vilken är en visualisering av hur HEC RAS tolkar ytan mellan tvärsektionerna. Denna yta görs om till rasterformat och kombineras sedan med höjddata från lantmäteriet. Det är viktigt att säkerställa att den interpolerade ytan skapas med samma rasterstorlek som DEM-lagret och att samma projektion används för bägge lager. Vid sammanfogningen prioriteras sedan de olika lagren i olika områden. I de punkter som ligger innanför bankstationerna, det vill säga själva kanalen, prioriteras lagret med den utgrävda åfåran. Utanför bankstationerna prioriteras istället lagret från lantmäteriet. På detta sätt fås sedan ett korrekt terränglager där tvärsektionerna har utgrävd åfåra. I figur 31 till höger syns ett exempel på hur den interpolerade terrängen (grå linje), skiljer sig från den korrekta terrängen (grön linje). Detta åtgärdades dock inför simulering. Därefter konstruerades dämmen och brostrukturer såsom beskrivs i kapitel 7.3.4 och 7.3.5.



Figur 30 – Interpolerad yta mellan tvärsektioner i ”RAS Mapper”.



Figur 31 – Interpolerad tvärsektion med åfåra och två terrängar. Den grå linjen är interpolerad, och den gröna linjen är originalrasterterrängen.

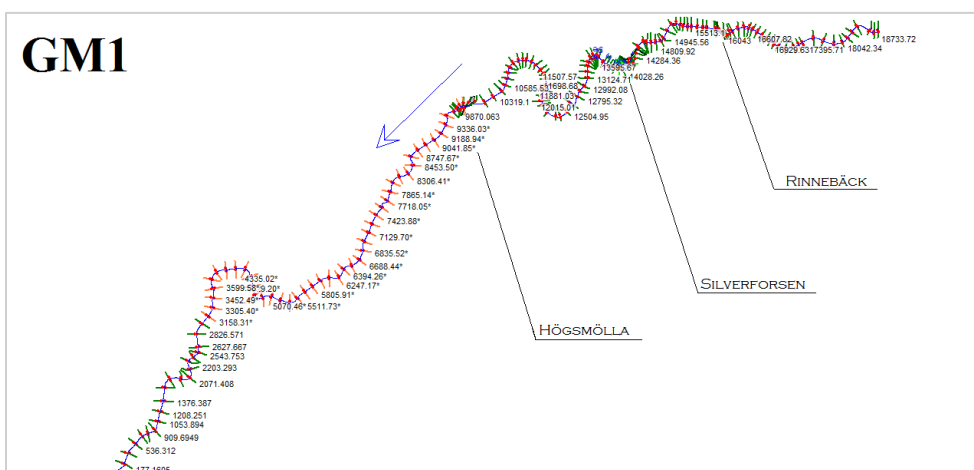
7.3 Modellerna

Då det dataunderlag som samlats in kring batymetri i Kävlingeån har olika precision ansågs det lämpligt skapa två modeller; en med högre upplösning vilken huvudsakligen baseras på ekolodad data, och en med lägre upplösning

vilken även baseras på vägbroar, inmätningar och uppskattningar. I det kommande delavsnittet kommer de två modellerna presenteras närmare.

7.3.1 GM1; Det ekolodade området

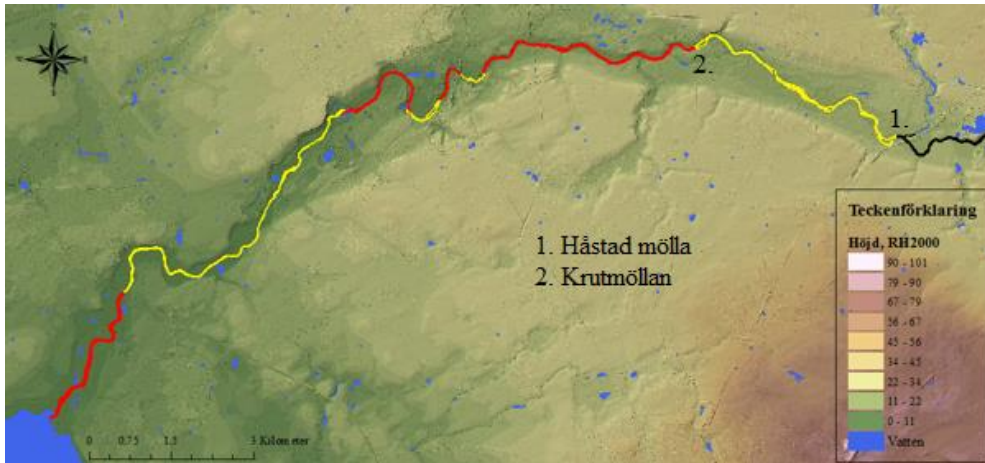
Denna modell utgår från en punkt strax nedströms Krutmöllan (vägbro 12-88-1) och strävar efter att på ett detaljerat sätt beskriva hur flödet i ån betar sig genom att botten baseras på främst ekolodad data. I modellen, vilken syns i figur 32, återfinns de tre nedersta dämmena i systemet: Rinnebäck, Silverforsen och Högsmölla. På grund av ofullständigt dataunderlag är sträckan nedströms Högsmölla fram till motorvägsbron E6 bestående av interpolerade tvärsektioner.



Figur 32 Översikt över den kortare, mer detaljerade grundmodellen, GM1, vilken sträcker sig från Krutmöllan till havet.

7.3.2 GM2; Från Vombsjön till havet

Detta är en längre modell vilken sträcker sig från Vombsjön ut till havet, se figur 33. Modellen har genomgående en förenklad botten i åfåran genom interpolerade tvärsektioner. Dataunderlag till denna modell kommer från brosektioner, miljökonsekvensbeskrivningar, kvalificerade uppskattningar och ekolodsdata. I denna modell återfinns alla åtta dämmen i Kävlingeån samt biflöden från Bråån och Klingavälsån. Målet med denna modell är grövre uppskattningar kring hur dämmena påverkar flödet i ån.



Figur 34 Dataunderlag till modellering. Det svarta området representerar åfåra baserat på tvärsnitt från broar, det röda området är baserat på ekolodsdata och det gula området är uppskattat efter övrigt dataunderlag. Det svarta området sträcker sig från Vombsjön ca 2,7 mil nedströms till Håstad mölla. Den kortare modellen börjar vid det ekolodade området, strax efter Krutmöllan.

7.4.1 Ekolodsdata

HEC-RAS kan inte genomföra simuleringar vid alltför täta tvärsnitt, då det innebär för mycket information och för många beräkningar. För GM1 placerades därför alla tvärsnitt ut manuellt i HEC geo-RAS, med ungefär 150 meters mellanrum. Tvärsnitten positionerades så att viktig information togs med, och så att det varierande djupet i ån representerades. Den modellerade åbotten utgör dock en förenkling jämfört med dataunderlaget från ekolodningen, vilket innebär ett visst informationsbortfall.

För GM2 placerades bestämmande tvärsnitt med ca 1 km avstånd inom de ekolodade områdena. Batymetrin från ekolodningen analyserades, och tvärsnitten positionerades för hand för representation av medeldjupet i närområdet. Åfåran mellan dessa tvärsnitt interpolerades, med tvärsnitt på 200 meters avstånd. Anledningen bakom denna metodik var en kombination av stora avstånd mellan brotvärsnitt i andra delar av ån, och ett val av enhetlighet i modellen.

7.4.2 Tvärsektioner från broar

Genom trafikverket hittades totalt 16 ritningar för broar i Kävlingeån. Av dessa ansågs några inte vara lämpliga för modellering då skisserna saknade viktig information såsom bottenhöjd, vattenhöjd och/eller bredd. Några av broarna ansågs överflödiga då deras läge var för tätt ihop och ytterligare några av dem täcktes in av ekolodning. I slutändan användes 6 broritningar för skapande av åfåra mellan Vombsjön och Håstad mölla i modell GM2. Dessa broar är; Vombron, Kvinnevad, Norra Revinge kyrka, Getingebron, E22 Gårdstånga nya samt sv Örtofta station.

7.4.3 Uppskattning av batymetri

För de sektioner mellan dämmen där det inte fanns någon ekolodad data (se gul illustration i figur 34) hämtades information från miljökonsekvensbeskrivningar, inmätta tvärsektioner, höjdkartor från Lantmäteriet, brosektioner samt analyser av vattendjup över de ekolodade områdena. Bottennivåer placerades individuellt baserat på flera olika resonemang och ett delvis iterativt arbete.

Vid analys av de ekolodade områdena upptäcktes en tydlig trend för bottedjup och förändring mellan två dämmen. De sträckor vilka saknade dataunderlag (som inte blev ekolodade) antogs därför följa en liknande trend, och dessa områden anpassades då efter den.

Vattenmasken från lantmäteriet visar en grov förenkling av vattenytans lutning, men den ger ändå en uppfattning om var det sker snabba förändringar i lutning på ån och var det är flackt. Utifrån detta kunde partier med kraftigare lutning identifieras varvid botten kunde anpassas efter detta så att förändringen vid vattenytan efterliknades. Genom denna metod kunde bland annat ett utrivet dämme (Vadmöllan) identifieras och placeras ut, då vattenmasken runt detta område uppvisade en brantare lutning.

Utöver detta har hydrologisk kunskap tagits i beaktande, såsom att botten är grundare uppströms dämmet på grund av sedimentering, och djupare i smala sektioner tagits med i beräkningarna.

7.4.4 Dämmen

Dämmena i modellen byggdes efter de tekniska specifikationer vilka finns i avsnitt 4, och vikt lades då vid avbildning av de dämmen som bedömdes intressanta att studera. Vid övriga dämmen där det i dagsläget inte finns några planer på förändring, såsom vid Håstad mölla och Krutmöllan, lades istället vikten på dämmenas flödeseffekter varvid representation i modellen förenklades.

Permeabiliteten i dämmena skiljer sig åt beroende på om de består av natursten, betong eller en kombination av dessa. HEC-RAS har ingen funktion för permeabilitet i dämmen utan modellerar dem som solida.

Genom miljökonsekvensbeskrivningar och utsagor från damm-ägare framgick det att variationen i vattenhöjd över året var ca 0,4 meter för respektive dämme, förutom vid Kvarnviks valskvarn där vattenhöjden sägs variera med 0,7 m. För validering av denna skillnad simulerades modellerna med låga samt höga flöden baserat på statistisk från mätstationen vid Högmölla. Dämmena ändrades sedan så att skillnader mellan högsta och lägst vattennivå varken överskred eller underskred dessa värden markant.

7.4.5 Broar

För att bygga modellen på bästa sätt gjordes en bedömning för varje bro om huruvida den hade avgörande påverkan på flödet och därmed var av intresse att inkludera i modellen. Därefter utslöts de broar vilka det saknades uppgifter om.



Figur 35 Vy över bron nedströms Rinne-
bäck, S.

För att se flödespåverkan från de broar som ligger i anslutning till dämmen så lades brostrukturerna från 6 broar in i modellerna. De strukturer som inkluderats är gångbron nedströms Högsmölla och Rinnebäck (figur 35 till höger), de två broarna nedströms



Figur 36 Vy över bron nedströms Bösmöllans dämme, NÖ.

Krutmöllan samt bron nedströms Bösmöllan (figur 36, till höger) och bropelaren nedströms Håstad mölla.

Ofta vid modellering av broar framhävs vikten att inkludera bron och inte bara pelarna eftersom de vid översvämningar kan ha dämmande effekt. Därför kan det i HEC RAS ibland vara lämpligt att modellera bron som en kulvert. Denna studie har dock inget syfte i att simulera översvämningar. Det högsta flöde som används kommer vara ett MHQ och vid detta flöde når vattnet ej upp till broplanet på någon av dessa broar.

7.4.6 Sediment

Under studiens gång har det diskuterats hur stor påverkan eventuella sedimentlager kan ha på kvalitén av ekolodsdata och de bottendjup som modellen baseras på. Vid de inmätningar som gjorts med GPS har därför även tjockleken på sedimentlagret mätts upp. Medeltjockleken på det sediment som mättes var 0,42 m. Det förefaller också så att mycket av det sediment som ansamlas under året spolas ut vid översvämningar under våren. Således bedömdes det att ansamlingen av sediment inte avsevärt påverkar flödet i Kävlungeån, varför detta bortsågs från vid modelleringen.

8. Simulering i HEC-RAS

I detta avsnitt presenteras först de avvägningar kring flödesparametrar vilka genomfördes i studien. Därefter kommer det mer ingående om kalibrering och validering av modellerna, vartefter en känslighetsanalys kring samtliga flödesparametrar och Mannings koefficient genomförs.

8.1 Flödesparametrar

Då flöde är ett centralt begrepp vid hydraulisk modellering ansågs dessa parametrar bära stor vikt inför de slutliga resultaten. I denna studie ansågs flödet i Kävlingeån samt det randvillkor som havet utgör vara av intresse, varvid dessa flödesparametrar kommer gås igenom mer noggrant i detta delavsnitt.

8.1.1 Flöde vid simulering

Val av flöde är relevant då det kraftigt påverkar vilket resultat som fås samt vilka slutsatser som kan dras. Eftersom syftet är att utreda hur åns hydraulik förändras vid normala förhållanden till följd av de åtgärder som är föreslagna, och då de miljöproblemen som uppstår av dämmen framförallt är rådande vid låg- och medelvattenföring så valdes sådana flöden. Vid höga flöden och översvämningar utgör majoriteten av dämmena inget vandringshinder i ån och deras påverkan på flödet minskar, så därför modelleras inga flöden högre än medelhögvattenföring. Flödesdata och statistik är inhämtat från SMHI för alla tillgängliga mätstationer i området.

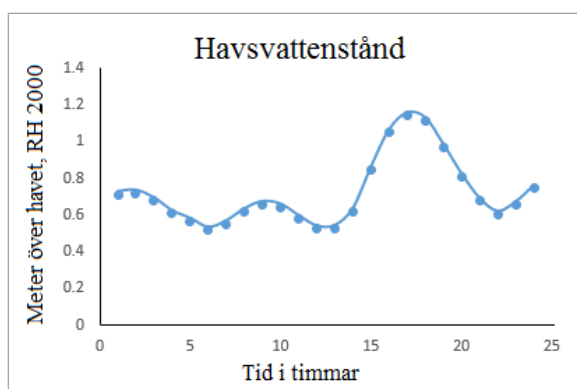
De flöden som valts i modellen är alltså baserade på syftet som ska uppnås. *MLQ- medellågvattenföring*, *MQ - medelvattenföring* och *MHQ – medelhögvattenföring* för ån vid Högsmölla valdes ut baserat på statistik mellan 1981–2010 från SMHI.

Därefter söktes datum upp, i SMHI:s vattenwebb för Kävlingeån, då ån hade ett flöde som liknade MLQ, MQ och MHQ vid Högsmölla, tabell 10 nedan. Detta för att kunna använda rimliga flöden längs med ån och i åns biflöden.

Tabell 10 - MLQ, MQ och MHQ medeltal för åren 1981-2010, samt datum med liknande flöde för att simulera tillflöden till ån (SMHI).

Total stationskorrigerad vattenföring [m ³ /s]	MLQ [m ³ /s]	MQ [m ³ /s]	MHQ [m ³ /s]
<i>Reglering vid Vombsjön</i>	0,39	3,42	18,8
<i>Klingavälsån</i>	0,37	1,80	7,92
<i>Bråån</i>	0,18	2,06	17,9
<i>Högsmölla</i>	2,24	11,5	57,8
<i>Högsmölla, 2015-08-04, okorrigerad</i>	2,30	-	-
<i>Högsmölla, 2014-12-25, okorrigerad</i>	-	11,6	-
<i>Högsmölla, 2015-02-16, okorrigerad</i>	-	-	57,4

8.1.2 Havspåverkan



Figur 37 Havsvattenstånd under en dag vid Barsebäck.

Den närmaste mätstation för havsvattenstånd vid Lödde ås mynning befinner sig i Barsebäck, där en havspegel mäter vattennivån varje timme. Vid närmare kontroll av mätvärden från denna station kunde det konstateras att havsnivån varierar kraftigt över tid. I figur 37 syns ett diagram vilket visar den inmätta medelhavsnivån vid Barsebäck över ett dygn.

Vid högvatten dämmer havet upp till Högsmölla, vilket gör havsnivån till ett randvillkor vid modellering. Därför genomfördes en statistisk undersökning över vattenståndet vid Barsebäck för uppskattning av höga och låga medelvärden för olika årstider. Resultat av denna analys finns i tabell 11. Då havsvattenstånd varierar oberoende av flöde undersöktes havseffekterna vid alla flödesscenarier.

Tabell 11 - Uträknade medelhavsvattenstånd för de 9 000 inmätta värdena vid Barsebäck under perioden 2015-2016.

Medelhavsvattenstånd			
Sommar [MLQ]		Höst/vinter/vår [MHQ/MQ]	
Lågt [möh]	Högt [möh]	Lågt [möh]	Högt [möh]
-0,125	0,375	-0,35	0,625

8.2 Kalibrering

Det fanns svårigheter vid kalibrering av modellerna i denna studie då det tidigt uppdagades att stora delar av ån var uppdamd. Modellerna kalibrerades dock mot avbördningskoefficient och Mannings koefficient, vilket beskrivs mer ingående i de kommande avsnitten.

8.2.1 Avbördningskoefficient

Dämnena i Kävlingeån anses ha stort inflytande över vattendragets höjd och hastighet, varvid vikt lades på kalibrering av dessa strukturer. Avbördningskoefficienter tilldelades respektive dämme i enlighet med tabell 5.1 i *Handbook of Hydraulics* (1996) och varierades därefter för undersökning av deras inflytande. Under denna undersökning framkom det att valet av avbördningskoefficient hade stort inflytande över dämnens funktion.

Då fördämningarna i Kävlingeån har svårkonstruerade former, sneda och böjda, och för det mesta är permeabla (vilket inte gick att ställa in i HEC-RAS) var det dock svårt att avgöra effekterna av avbördningskoefficienterna. Dessa ansattes därför till ursprungliga tabellvärden vilka varierade mellan 1,4 och 1,6. Dämnena anpassades istället så att vattenytan i anslutning till dämnet stämde överens med de inmätta kalibreringspunkterna vid samma flöde, och så att det flöde som skedde över fördämningarna fördelades enligt rådande förhållanden. Samtliga jämförelser resulterade i slutändan med skillnader inom 6 cm gentemot dessa värden, vilka återfinns i tabell C1 i bilaga C.

8.2.2 Mannings koefficient

Mannings koefficient (n) ansattes först utifrån litteraturvärden (Chow, 1959). Sedan kalibrerades modellerna och Mannings koefficient anpassades då utefter de observationer som gjorts vid de olika dämmena för undersökning av dess effekt. Efter övervägande valdes därefter de värden som syns i tabell 12. Det är dock viktigt att notera att modellerna innehåller fler värden än de som presenteras i denna tabell. Vid bedömningen vägdes parametrar som byggnadsmaterial av dämme och dämmkrön in, samt andel växtlighet så som vass, sly och stora träd som växte på själva dämnet, exempel ges i figur 38 till 42 nedan. Slutligen jämfördes även vattenhöjder mot inmätta kalibreringspunkter på platser där dämmena ansågs ha mindre inflytande över vattendraget.

Inför scenarierna ansågs det intressant att simulera ett intervall för Mannings koefficient. Därför delades värdena in i högre samt lägre värden vilka antogs representera ån under sommar och vinter. Sommar representeras med högre värden på grund av den vegetation som observerats längs ån, medan vintersceneriet representerades med lägre värden.

Tabell 12 - Beskriver de värden vilka användes som utgångspunkt för Mannings koefficient i GM1, GM2 vid olika scenarier.

	Vinter	Sommar
Utdikad kanal med lite växlighet [$s/m^{1/3}$]	0,030	0,035
Naturlig kanal med växlighet [$s/m^{1/3}$]	0,033	0,037
Vid dämme [$s/m^{1/3}$]	0,100	0,150
Strax nedströms dämme [$s/m^{1/3}$]	0,090	0,150
I anslutning till dämme, mycket vegetation och bråte [$s/m^{1/3}$]	0,040	0,080
I anslutning till dämme, lite vegetation och bråte [$s/m^{1/3}$]	0,035	0,050



Figur 38 Vy över kanalen nedströms Håstad mölla, V. 2017-04-10.

Figur 38 visar ett exempel på varför huvudfåran längs med ån sattes från 0,030 – 0,035 s/m^{1/3} beroende på årstid. Enligt Chow representerar dessa tal en naturlig kanal med något oregelbundna sidor och jämn botten av lera och eller dy.



Figur 39 Vy från gångbron vid Högsmölla, V. 2017-04-08.

Figur 39 visar en kanal med värden på Mannings koefficient som satts till mellan 0,035 – 0,050 s/m^{1/3}. Detta beskriver ett grövre bottensubstrat, oregelbunden kanal samt viss växtlighet så som vass och träd.



Figur 40 Vy upp mot krutmöllans utrivna dämme, Ö. 2017-04-10.

Ett exempel på hur ån tenderar att se ut omkring ett dämme, figur 40. Beroende på det specifika utseendet sattes talet till mellan 0,060 och 0,080 s/m^{1/3} vilket motsvarar en kanal som har oregelbundna sidor och botten med relativt hög grad av växlighet så som vass, sly och träd i kanalen.



Figur 41 Vy över Håstad möllas dämme, N.Ö.
2017-04-12.

Många av dämmena hade ett utseende likt detta i figur 41, med stora stenar och mycket växtlighet, vass, vattenväxter och träd, stockar och drivved som blockerade flödet. Vid dämmena sattes därför Mannings koefficient som lägst till $0,10 \text{ s/m}^{1/3}$ vid MQ.



Figur 42 - Växtlighet på dämme
vid Silverforsen. 2017-04-10

På sommaren när flödet är lågt täcks de flesta dämmena av växtlighet vilket påverkar friktionen. Mannings koefficient höjs därför kring dämmena till $0,15 \text{ s/m}^{1/3}$ när MLQ flöden simuleras. Bilden till vänster, figur 42, är tagen precis i början av växtsäsongen, under sommaren täcks dämmet av växterna.

8.3 Validering

De kalibrerade modellerna validerades sedan mot inmätta höjdnivåer för både vattenyta och botten. Resultat från denna validering visade på god korrelation mellan inmätning och modellerna, med avvikelser inom 0,2 m, se bilaga B.

Det bör tillägas att samtliga valideringspunkter togs inom områden för vilka det fanns dataunderlag. Kring dämmena och vissa mer komplicerade partier, till exempel vid tidigare Vadmöllan, är det sannolikt större avvikelser mellan modellerna och verkligheten.

8.4 Känslighetsanalys; Parametrar och dämmen

Känslighetsanalysen utfördes genom en metodisk analys av relevanta parametrar för studien. I analysen kombinerades de presenterade värdena för havsvattenstånd, flöde och Mannings koefficient i GM1 och GM2, både i scenarier med dämmen och utan. Total utrivning av dämmena är inte en aktuell förändring i dagsläget, men för känslighetsanalysen ger det en överblick i modellprestation samt möjliggör jämförelser. Det bör dock påpekas att den utrivning som genomfördes var förenklad, vilken innebär att det finns osäkerheter i dess resultat.

8.4.1 Flöde och dämmen

Strömningen i Kävlingeån påverkas markant av dämmena; enligt känslighetsanalysen är närmare 83 % av området mellan Håstad mölla och Högsmölla uppdämt (ca 12 av 14,5 km) vid lågt flöde. Detta innebär stora skillnader i de scenarier vilka innefattar dämmen, gentemot dem utan, inte minst påverkas åns vattennivåer, ytarea och vattenhastighet.

När flödet i Kävlingeån är lågt syns effekterna av fördämningen tydligare; vattennivåerna i ån stiger och därmed ökar även vattenytans area då ån breddas. Med ökat flöde minskar skillnaderna i resultat mellan scenarierna med, samt utan dämmen. Detta är logiskt då dämmena endast är designade att dämna till en viss höjd, och när den höjden överstigs rinner vattnet över hela dämnet, vilket ofta är några hundra meter långt. Även om skillnaden mellan vattennivåerna och ytarean minskar med ökat flöde så återstår dock fortfarande en skillnad om några decimeter, respektive tusen kvadratmeter, i

de scenarierna med, gentemot de utan dämmen, även vid det högsta flödet (MHQ).

Ett problem med denna jämförelse är dock låga vattenhöjder i scenarierna utan dämmen. I vintertid med lågt flöde beräknas vattenhöjden stundom endast uppnå 10 – 20 cm i de brantaste områdena (mellan Kvarnviks valskvarn och Lilla Harrie). Detta hade inneburit stora negativa effekter för ekosystemet i ån, och är därmed inte ett önskat scenario, även om det är en bra referens för jämförelse av dämmenas effekter.

Fördämningarna påverkade även flödes hastigheterna i ån. Maxhastigheterna vid de kritiska punkterna sänktes genomsnittligen 0,3 m/s. Vid lågt flöde (MLQ) motsvarar detta ca 24 % medan vid högre flöde (MHQ) motsvarar det ungefär 15 %. Även den genomsnittliga flödes hastigheten i ån sänktes i enlighet med tabell 13, vilket även det visar att dämmena har större effekter vid lägre flöden.

Tabell 13 – Vattendragets medelhastighet i scenarier utan, samt med dämmen vid hög Mannings koefficient, och den procentuella skillnaden i flödes hastigheter mellan dessa scenarier.

	Med dämmen [m/s]	Utan dämmen [m/s]	Ökning av flödes hastighet [%]
MLQ	0,0267	0,0387	45
MQ	0,105	0,128	22
MHQ	0,258	0,272	5

8.4.2 Mannings koefficient

Under känslighetsanalysen av Mannings koefficient observerades det att koefficienten är bestämmande för vattennivån enbart i de sektioner där vattnet inte är uppdamt av strukturer som dämmen eller andra gränsvärden, därför utfördes känslighetsanalysen också i en variant av modellerna utan dämmen.

När Mannings koefficient ökades kunde det ses att positionen för eventuella kritiska punkter försköts i systemet. Där energiförluster inträffade tidigare i ett system med låga Mannings koefficient för att istället uppträda vid en annan, senare punkt i scenariet med hög Mannings koefficient.

Bortsett från de fall där flödet blev kritiskt, så kunde det ses att ett ökat Mannings koefficient leder till en högre vattennivå. De olika flödessituationer som modellerades i GM1 och GM2 var MLQ, MQ och MHQ. Modellerna som jämfördes hade värden på Mannings koefficient vilka utformats för att representera påverkan från vegetation vid vinter (låg påverkan, $\sim 0,03 \text{ s/m}^{1/3}$), vår/höst (medel påverkan $\sim 0,045 \text{ s/m}^{1/3}$) och sommar (stor påverkan, $\sim 0,06 \text{ s/m}^{1/3}$).

Totalt kunde ses att mellan vinter- och sommarscenarier gav de två olika modellerna en liknande variation. Medellågt flöde, MLQ, gav en ökad vattennivå på 0,04 m för GM2 och GM1. Vid MQ så gavs istället en ökning på 0,09 m, GM2, respektive 0,12 m, GM1, och vid MHQ blir ökningen 0,18 m, GM2, respektive 0,20 m GM1 från vinter till sommar.

Det kan ses att påverkan från Mannings koefficient verkar vara högre i GM1, vilket har att göra med större variation av bottenprofilen i GM1 (ekolodad botten) jämfört med GM2 (interpolerad botten).

Slutsatsen är att vid fritt strömmande vatten i kanalen så kan det antas att Mannings koefficient påverkar vattennivån med mellan 0 – 20 cm beroende på dämnen, flödet och storleken på Mannings koefficient i dessa två modeller av Kävlingeån. Därför är det viktigt att ta hänsyn till detta vid genomförande av scenarier.

8.4.3 Havspåverkan

Hur långt havsvattnet tränger upp i Kävlingeån begränsas i nuläget av dämnet vid Högsmölla. De scenarier som genomfördes visar att vid lägre vattenflöde påverkas vattennivåerna direkt nedanför Högsmölla i större utsträckning av havsvattenståndet; men att oavsett flöde och havsvattenstånd så blir det inte någon effekt ovanför dämnet såsom det ser ut idag.

De scenarier vilka analyserade en situation utan dämnen i Kävlingeån visade effekter av havsvatten ca 7 – 11 km upp i ån för höga respektive låga flöden. Då dämnet vid Högsmölla ligger ca 10 km från mynningen betyder detta att de naturliga effekterna av havsvattnet begränsas av detta dämme.

I en utökad känslighetsanalys undersöktes även effekterna av det högsta uppmätta havsvattenståndet från Barsebäcks mätstation mellan åren 1982–2016; 1,62 meter över havet. Även för detta flöde agerade dämnet som en

barriär, och då dämnet inte finns med i modellen ger havsvattenståndet effekter drygt 12 km upp i ån (halvvägs mellan Högsmölla och Silverforsen) vid lågt flöde.

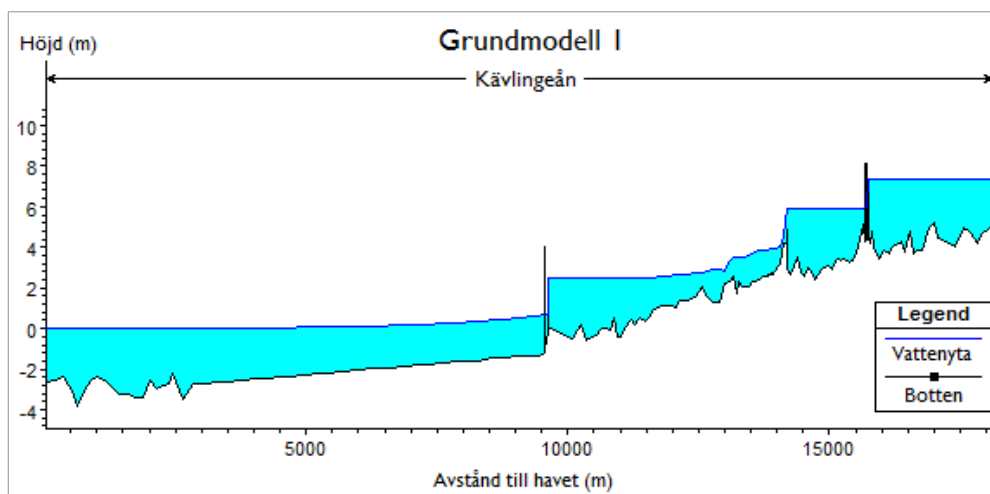
Analysen gällande havsvattenståndets inverkan på flödes hastighet och vattennivå i Kävlingeån visar på begränsade effekter. Då ån har en relativt brant sluttning ($8.3 \cdot 10^{-4}$) mellan Högsmölla och Silverforsen är det inte heller troligt att havseffekterna i framtiden kommer sträcka sig längre upp i ån. Då även extrema havsvattenstånd ej ger effekter ovanför dämnet vid Högsmölla bedöms även havsvattenpåverkan som liten inför andra modellerings scenarier. Det bör dock tilläggas att ett högre havsvattenstånd ger mindre fallhöjd vid dämnet vilket underlättar fiskpassage.

9. Scenarier i HEC-RAS

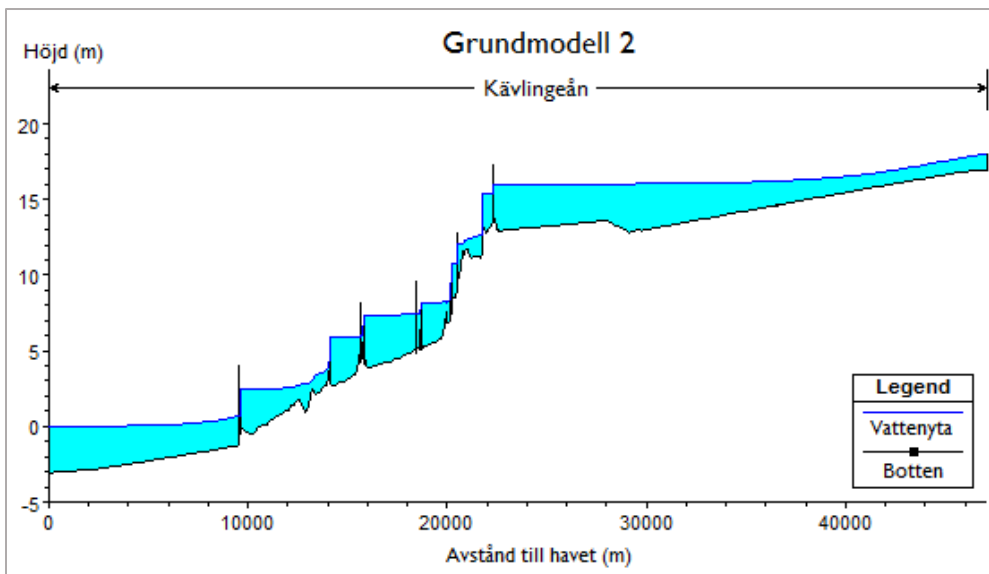
I detta kapitel presenteras de avvägningar och resultat som fås från simuleringarna i studien i form av vattennivåer och strömförhållanden vid vattenyta. Först presenteras de förändringar i dämmena vilka genomförs i studien, sedan jämförs modellprestation för de båda grundmodellerna och den känslighetsanalys som genomfördes. Slutligen presenteras effekter från simuleringar och de förändringar som kan förväntas vid olika dämmen samt scenarier. Samtliga resultat presenteras enligt de strömningsförhållanden som beskrevs i kapitel 3.2.1, alltså sker bedömning kring simuleringar efter de vattenhastigheter vid vattenyta vilka syns nedan.

Lugnflytande	< 0,2 m/s
Svagströmmande	0,2 – 0,45 m/s
Strömmande	0,45 – 0,7 m/s
Forsande	> 0,7 m/s

Nedan presenteras en översikt över de båda modellerna. Figurerna 43 och 44 visar de scenarier som motsvarar hur ån ser ut i nuläget, med dämmen och broar i ån. Flödet som visas är medelflöde; MQ 11,5 m³/s.



Figur 43 Modell GM1, nuläge, från nedströms Krutmöllan till havet. Vattennivån är modellerad för MQ (11,6 m³/s). I modellen finns de tre dämmena utplacerade; Högsmölla vid ca 10 000 m avstånd, Silverforsen vid ca 14 000 m avstånd och Rinnebäck vid ca 16 000 m avstånd från havet. Det som sticker upp vid Högsmölla och Rinnebäck är de broar vilka finns i anslutning till dämmena.

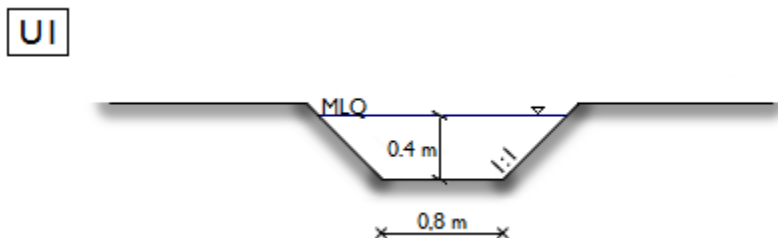


Figur 44 Modell GM2, nuläge, från Vombsjön till havet. Vattennivån är modellerad för MQ (11,6 m³/s). I modellen finns de 8 dämmena i Kävlingeån utplacerade i relation till havet; Högsmölla vid ca 10 000 m, Silverforsen vid ca 14 000 m, Rinnebäck vid ca 16 000 m, Krutmöllan vid ca 19 000 m, Lilla Harrie vid ca 20 000 m, Bösmöllan vid ca 20 500 m, Kvarnvik vid ca 22 000 m och Håstad mölla vid ca 22 300 m avstånd. Vid dämmena Högsmölla, Rinnebäck, Krutmöllan, Bösmöllan och Håstad mölla sticker de broar vilka finns i anslutning till dämmena upp.

9.1 Föreslag till förändringar i dämmena

I denna studie undersöks främst tre olika alternativ för förändring av dämmen, vilka presenteras nedan. Alternativen härstammar från föreslagna förändringar av dämmena vilka framkommit genom rapporten 'Miljöanpassning av vandringshinder' utförd av Fiskevårdsteknik i Sverige AB på uppdrag av Kävlingeåns Vattenråd. Samt miljökonsekvensbeskrivningar gällande Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn utförda av Sweco Environment. De undersökta alternativen, vilka presenteras nedan, anpassades lokalt för varje dämme med hänsyn till minsta vattendjup i fiskvägen vid MLQ.

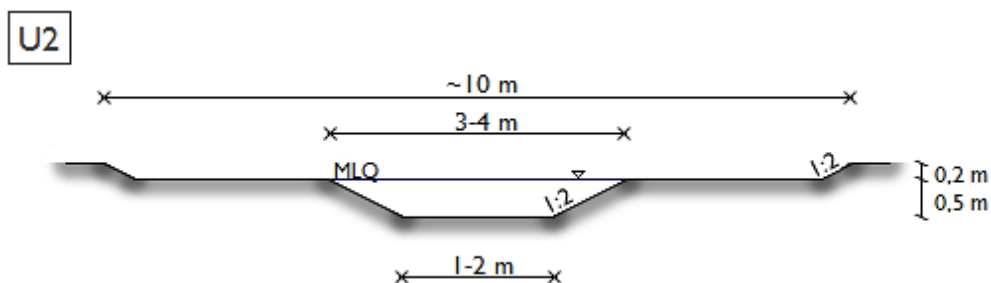
9.1.1 Faunapassage, utskov variant mindre; U1



Figur 45 Utskov, U1, utformat efter förslag från miljökonsekvensbeskrivningar.

Utskovet i figur 45 (U1) baseras på det utsteg som föreslagits i Sweco:s utredning till faunapassager vid Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn, vilket tagits fram till deras MKB under pågående tillståndsansökan. Förslaget är en betongtröskel där bottenbredd är 0,8 m och där sidorna har en vinkel om 1:1. Om djupet ges inget exakt värde, men ett ungefärligt värde på 0,4 m vattendjup vid MLQ föreslås. Dimensionerna är anpassade för att fungera som bäst mellan 0,5 – 2,3 m³/s (Föreläggande, 2016:b).

9.1.2 Faunapassage, utskov variant större; U2

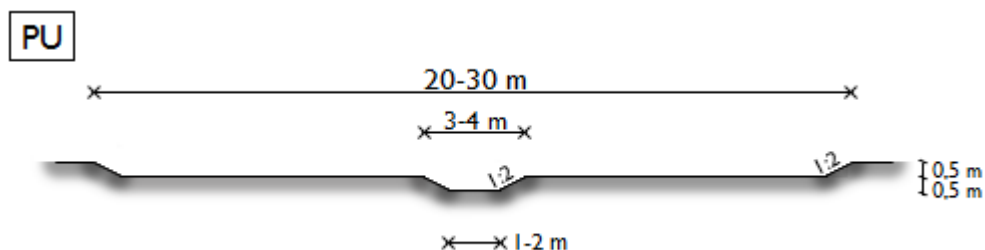


Figur 46 Utskov, U2, utformat efter förslag från Fiskevårdsteknik i Sverige AB.

I figur 46 illustreras ett utskov baserat på de förslag till utsteg för faunapassager som presenteras i rapporten 'Miljöanpassning för vandringshinder' (Fiskevårdsteknik i Sverige AB, 2017), i vilken det på

uppdrag av Kävlingeåns Vattenråd utretts miljöanpassningar vid dämmena Rinnebäck, Silverforsen och Högsmölla. Förslagen innefattar bland annat ett bredare utskov om 1 - 2 meter i bottenbredd vilket är 0,5 meter djupt och har sidovinklar 1:2. Detta större utskov är placerat i en mindre tröskel om 0,2 meter för säkerställande av vattenföring i utskovet.

9.1.3 Partiell utrivning; PU



Figur 47 Partiell utrivning, PU, utformat efter förslag från Fiskevårdsteknik i Sverige AB.

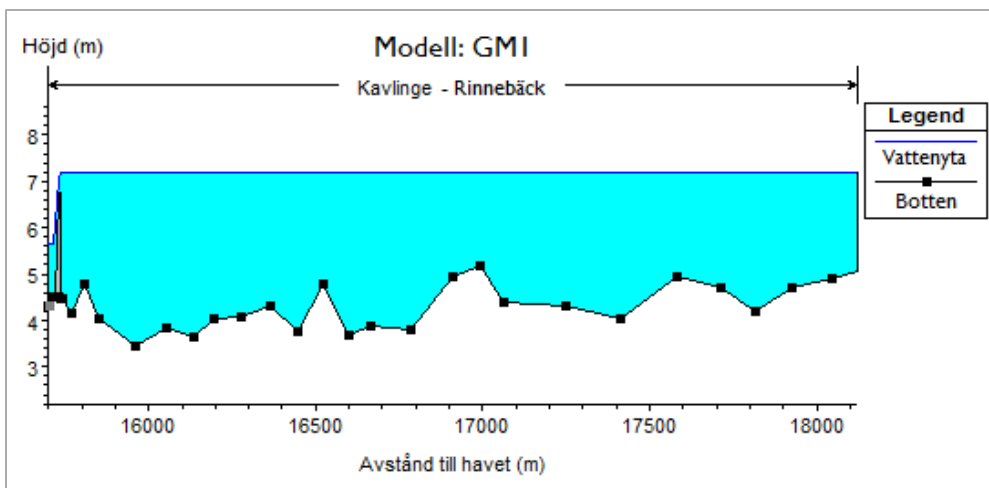
Detta förslag, vilket illustrerats i figur 47, baseras på den partiella utrivning av dämmen som presenteras i *Miljöanpassning för vandringshinder* (Fiskevårdsteknik i Sverige AB, 2017), i vilken det på uppdrag av Kävlingeåns Vattenråd utretts lämpliga samt möjliga miljöanpassningar vid dämmena Rinnebäck, Silverforsen och Högsmölla. Förslaget är en nedsänkning av dämmet med 0,5 m över en bredd av 20 – 30 m. För säkerställande av fungerande faunapassage även vid ett lågt flöde föreslås även för denna partiella utrivning ett utskov såsom i förslag U2.

För vidare undersökning kring möjliga strömsträckor genomfördes även en djupare partiell utrivning (D-PU) där ca 30 meter av dämmena revs ut 1 m, vartefter utskovet om 0,5 meter tillkom.

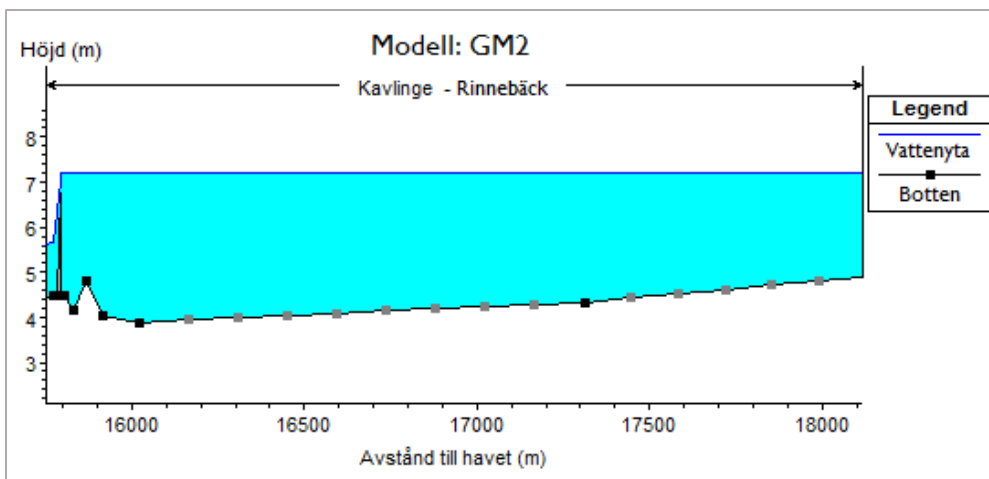
9.2 Jämförelse mellan GM1 och GM2

Den stora skillnaden mellan de två modellerna, förutom deras längd, är dataunderlaget. Där GM1 är baserad på ekolodad data ur vilken tvärsektioner skapats, har GM2 istället baserats på tvärsektioner från olika dataset där mellanliggande tvärsektioner interpolerats fram (se kapitel 8.1). Denna

skillnad illustreras i figurerna 48 och 49, vilka visar ett exempel på bottenhöjd för de båda modellerna, hämtat från strax ovanför dämnet vid Rinnebäck.

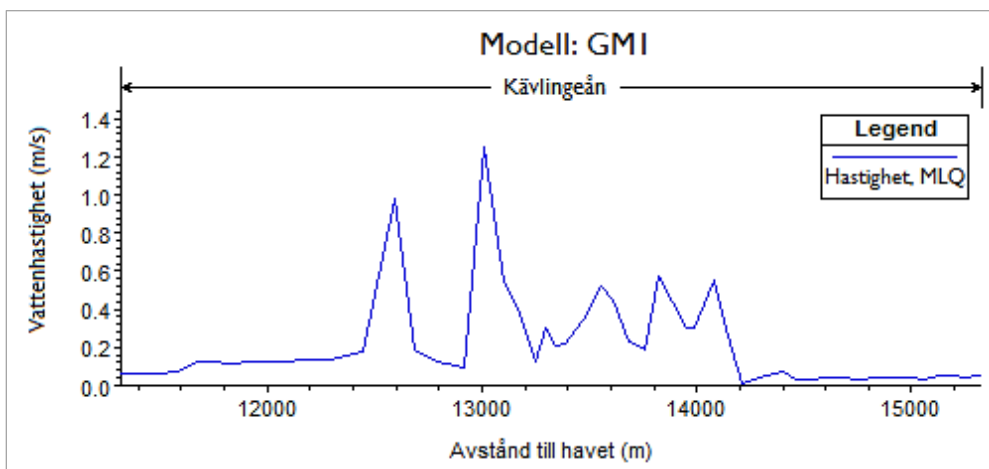


Figur 48 Modell 1: Maximalt djup i tvärsektionerna (svarta punkter) strax innan dämnet vid Rinnebäck, simulerat för lågt flöde (illustrerat i blått).

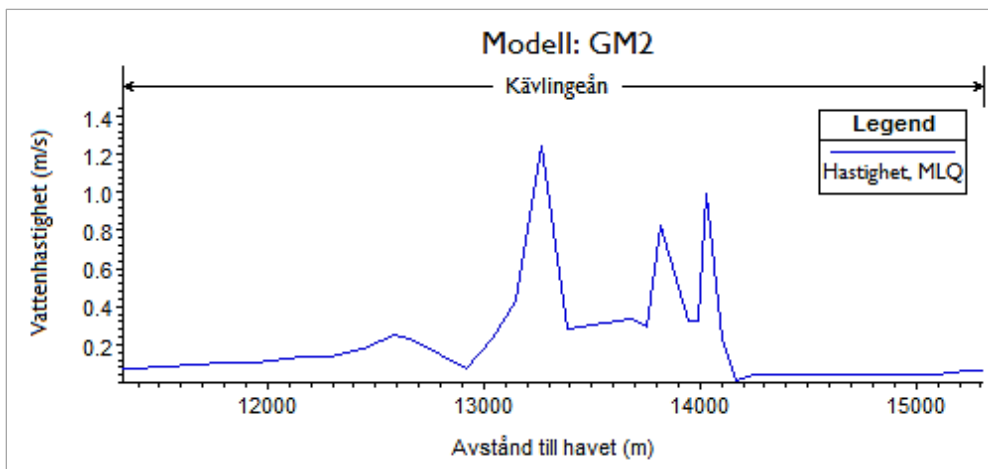


Figur 49 Modell 2: Maximalt djup i tvärsektionerna (svarta/grå punkter) strax innan dämnet vid Rinnebäck, simulerat för lågt flöde (illustrerat i blått).

Då majoriteten av vattnet i Kävlingeån är uppdämt orsakar inte denna bottenskillnad några märkbara förändringar i vattennivå, varvid båda modellerna kan antas ge bra resultat med avseende på detta, vilket stärks av att modellerna ger samma resultat för vattennivåer i samtliga scenarion. Ån antas dock ha ett kontinuerligt flöde, vilket innebär att flöden i modellen beror på areal täckt av vatten, samt hastighet, varvid de olikheter som finns i modellernas tvärsnitt orsakar skillnader i vattenhastighet såsom illustrerat i figur 50 och 51.



Figur 50 Modell 1: Vattenhastigheten längs ån. Dämnet vid Silverforsen finns beläget ca 13 000 m från havet och är därmed det enda dämnen i bilden. Vid ca 14000 m från havet finns dock en naturlig fördämning vartefter ån sluttar brantare fram tills dämnet.



Figur 51 Modell 2: Vattenhastigheten längs ån. Dämet vid Silverforsen finns beläget ca 13 000 m från havet och är därmed det enda dämmen i bilden. Vid ca 14000 m från havet finns dock en naturlig fördämning vartefter ån sluttar brantare fram tills dämmet.

I GM1 ger variationen i bottendjup effekter på vattenhastigheten, medan den konstant långsamma förändring av botten som finns i GM2 bidrar till att hastigheterna blir jämnare; vid området innan den naturliga fördämningen (ca 14 000 meters upp i ån) förändras vattenhastigheten i GM1 medan i GM2 är de nästan konstanta. Denna skillnad mellan de olika modellerna bidrar till större skillnader vid högre hastigheter. I figur 50 och 51 illustreras vattenhastigheterna i de olika modellerna vid MLQ, varvid effekterna av hur modellerna har skapats syns tydligare. I GM1 orsakar skillnaderna i vattenhastighet kontinuerliga ”inbromsningar” i strömningen vilket sänker vattenhastigheterna jämfört med GM2. Då tvärsektionerna har mindre avstånd mellan varandra i GM1 är det även större sannolikhet att kontraktioner kommer med i modellen varvid högre hastigheter beräknas, vilka eventuellt missas i GM2.

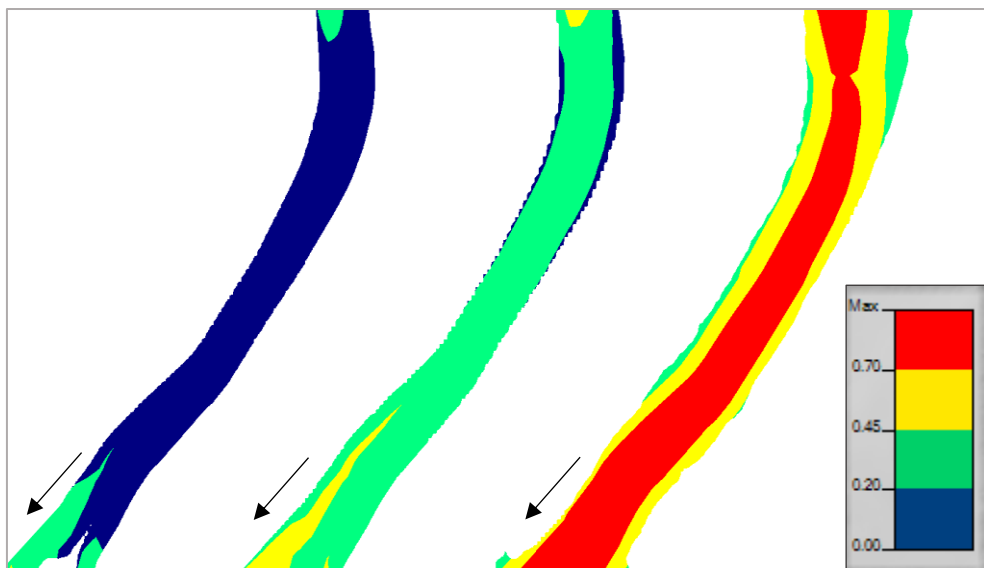
I denna studie visas de största skillnaderna i modellerna vid MLQ, och övergripande syntes en generell skillnad i vattenhastighet om 5 % (se bilaga D). Det bedömdes därför att de resultat kring vattenhastigheter vilka fås från GM1 är därför mer pålitliga än de från GM2 då dess tvärsektioner i större utsträckning representerar åns verkliga form.

9.3 Individuella resultat för dämmena

I det kommande avsnittet presenteras och analyseras de resultat som simulerats för respektive dämme. Resultaten, vilka kan ses utförligt i bilaga D, visas genom strömförhållande i procent (%) av yt-arealen från det dämnet som undersöks till närmast uppströms dämme. Dessa förhållanden beräknades för respektive flöde, se figur 52, till respektive föreslaget scenario för lättare överblick kring de effekter som kan förväntas vid förändring av dämmena i Kävlingeån. Hastighetsgradienten längs tvärsektionen beror på att HEC RAS delar in tvärsektionerna i delområden vid beräkningarna, modellen är dock endimensionell i flödesriktningen (se kapitel 7.1.3).

Vid analys av resultat användes programmet ImageJ, vilket är ett bildanalysprogram utvecklat av 'National Institutes of Health'. Programmet utvecklades som ett hjälpverktyg för forskning och finns att ladda ner gratis från deras hemsida (<https://imagej.nih.gov/>).

I resultaten ingår enbart de potentiella strömsträckor vilka kan skapas i ån i dess nuvarande skick. Andra områden vilka kan skapas genom restaurering av åfåra eller i faunapassager kan ses som ytterligare områden och innefattas inte i de arealer som presenteras här. Vid MHQ kan också ses att åns form och tvärsektionernas utformning ger upphov till stora områden forsande vatten, vilket speglar en bred och djup åfåra vilken kan behöva återställas för att motverka erosion och alltför höga hastigheter vintertid. I '*Miljöanpassning av vandringshinder*' föreslås också restaurering av delar av åfåran i anslutning till dämmena. I de scenarier som genomförts har denna restaurering inte undersökts på grund av begränsningar i modellerna, vilka diskuterats i kapitel 9.2.



Figur 52: Bilden visar ett exempel på hur resultaten ser ut vid olika flöden. Det är samma åsträcka vid MLQ (till vänster), MQ (mitten), och MHQ (till höger). Blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s.

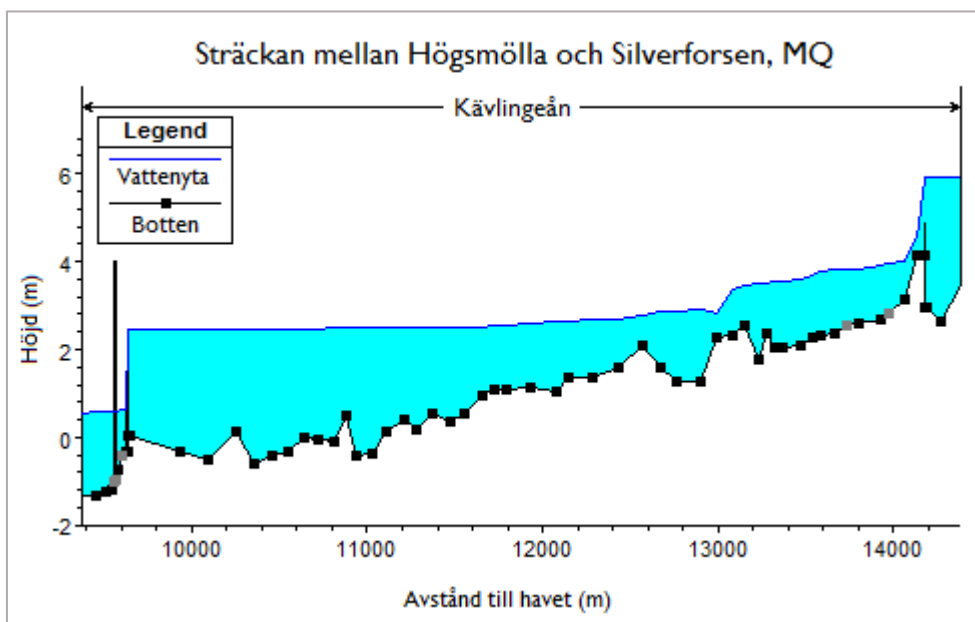
9.3.1 Högsmölla

Dämnet vid Högsmölla är det dämme som är närmast beläget havet, den fisk som inte kan passera detta dämme kommer därför inte upp i Kävlingeån. I dagsläget räknas dämnet vid Högsmölla som ett definitivt hinder för uppströms vandring (se kapitel 4), varvid det föreslagits förändringar i form av ett större utskov eller partiell utrivning av dämnet i rapporten *'Miljöanpassning av vandringshinder'*. Då effekterna av dessa förändringar var relativt små vid simuleringarna ansågs det även intressant att undersöka en djupare partiell utrivning av dämnet. I bilaga D, tabell D1 till D4, finns resultat angående fördelning av vattenhastighet över den yt-areal vilken sträcker sig från dämnet vid Högsmölla upp till dämnet vid Silverforsen.

Samtliga förändringar av dämnet vid Högsmölla placerades i scenariona längs den norra stranden enligt rådande förslag, där det i dagsläget rinner en mindre bäck som en del av huvudflödet.

Dämmet idag

Vid ekolodning av ån visades att sträckan mellan Högsmölla och Silverforsen har en relativt jämn botten, men några mindre avvikelser, vilket kan ses i figur 53 där den bottenprofil som användes i GM1 illustreras. Sträckan har även en relativt brant lutning, jämfört med andra delar av Kävlingeån, och den fördämning som bildas av Högsmölla dämmer därför endas 3 - 3,5 av de 4,5 km som finns belägna mellan de båda dämmena. Detta samt slingrandet av ån medför att 12 - 16 % av området redan idag har partier med strömmande vatten vid MQ såsom illustreras i figur 54, samt att de förändringar som sker vid Högsmölla inte påverkar ån hela vägen upp till dämmet vid Silverforsen. I dagsläget har dämmet vid Högsmölla en fallhöjd om 1,5 m.



Figur 53 Profil över vattendjup vid MQ och botten såsom modellen representerar dagsläget vid Högsmölla, GM1. Till vänster syns gångbron och dämmet vid Högsmölla, till höger syns dämmet vid Silverforsen. Höjden på dämmena varierar över hela dämmets längd, den nivå som syns här är lägsta punkten på dämmet.



Figur 54 Strömshastigheter uppströms dämnet vid Högsmölla i dagsläget, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

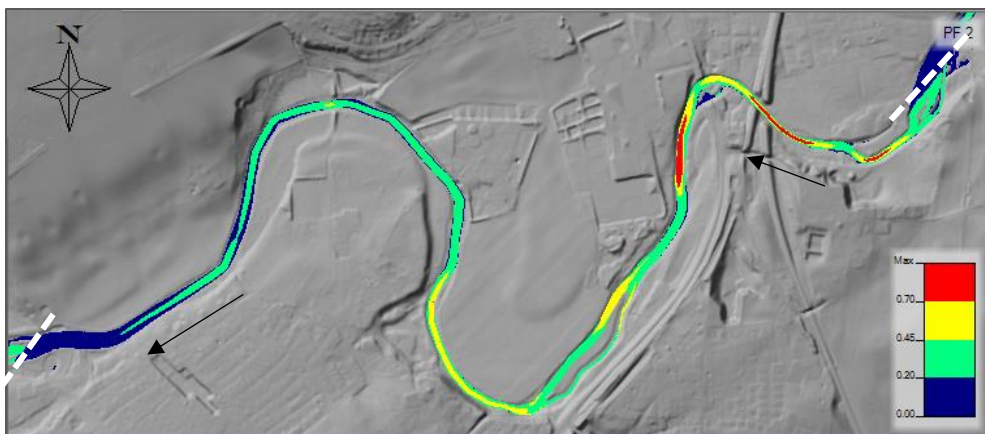
Större utskov, U2

Effekterna av det större utskovet vid Högsmölla är små i de båda modellerna. I samtliga scenarier sänks vattenytan med mindre än 0,1 m, och resultaten visar på att det endast sker minimala effekter i form av ökade vattenhastigheter. Detta utskov bedöms alltså inte påverka åns strömning, och resultaten är i stort sätt desamma som för dämnet idag, se figur 54.

Partiell utrivning, PU

Den partiella utrivningen av dämnet vid Högsmölla bidrog till en vattenytesänkning om 0,2 - 0,3 m i alla simulerade scenarier. Detta påverkade strömförhållandena vid vattenytan, och i GM1 vid MLQ syntes en sänkning av andel lugnflytande vatten på ca 5 % till förmån för svagströmmande vatten. Vid MQ (se figur 55) sjönk andelen lugnflytande vatten med ca 4 - 5 %, vilket vid detta flöde istället gynnade strömmande områden.

Effekterna av scenariot i GM2 var i stort sätt desamma som i GM1, med enda skillnad i storleksordningen i vilken effekterna visades. GM2 visade på nästan dubbelt så stora effekter av den partiella utrivningen jämfört med GM1. Vid MHQ visade ingen av modellerna någon effekt av utrivningen.



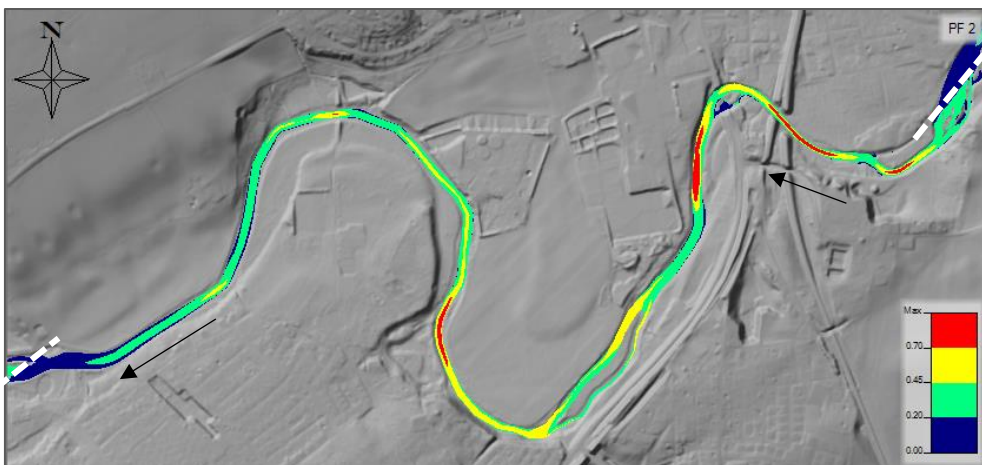
Figur 55 Effekt av partiell utrivning (PU) vid Högsmölla, sommartid, MQ. Blått representerar hastigheter under 0,2 m/s, grön 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd representerar hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Djupare partiell utrivning, DPU

Den djupare partiella utrivningen orsakade en sänkning av vattenytan på 0,3 till 0,8 m vid MHQ respektive MLQ. I GM1 visades detta genom en minskning av andel lugnflytande vatten med 20 % vid MLQ och ca 15 % vid MQ. Precis som vid den partiella utrivningen blev det vid lågt flöde en större andel svagströmmande vatten, medan det vid medelflöde istället blev mer strömmande vatten. Överlag blev det även en ökning i andel forsande vatten med ca 2 - 5 %, se figur 56.

I GM2 visades samma resultat, fast med en sänkning av andel lugnflytande vatten på ca 20 % vid både MLQ och MHQ. Inte heller den djupare partiella utrivningen visade på några markanta förändringar gällande strömförhållandet vid MHQ.

I samband med den djupare partiella utrivningen undersöktes effekter av medelhavsvattenstånd på dämmet, och det bedömdes att endast vid extremt högt medelhavsvattenstånd (>1,2 möh) kunde vattenståndet nedströms dämmet förväntas påverka det uppströms dämmet. Då de inmätningar som skett vid Barsebäck kontrollerades kunde det fastslås att medelhavsvattenståndet endast varit över 1,2 möh ca 50 timmar sedan mätningarna påbörjades där, år 1982.



Figur 56 Effekt av djupare partiell utrivning (D-PU) vid Högsmölla, sommartid, MQ. Blått representerar hastigheter under 0,2 m/s, grön 0,2 – 0,45, gul 0,45 och röd representerar hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Analys

Genom förändringar i dämnet vid Högsmölla finns stora möjligheter för skapandet av strömsträckor. Vid större förändringar kan dock delar åfåran behöva återskapas även högre upp i ån, då en större andel av vattnet kan förväntas bli forsande. Vid större förändringar i dämnet kan även fallhöjden sänkas betydligt.

Det finns vissa osäkerheter längs denna sträcka eftersom delar av sträckan var för grunda för båten som ekolodade. Detta gör att bottenprofilen vid ”ön” och sträckan precis nedströms Silverforsens dämme visar resultat som inte har lika hög säkerhet som omkringliggande områden. Bedömningen är dock att säkerheten i resultaten för sträckan överlag är stor.

9.3.2 Silverforsen

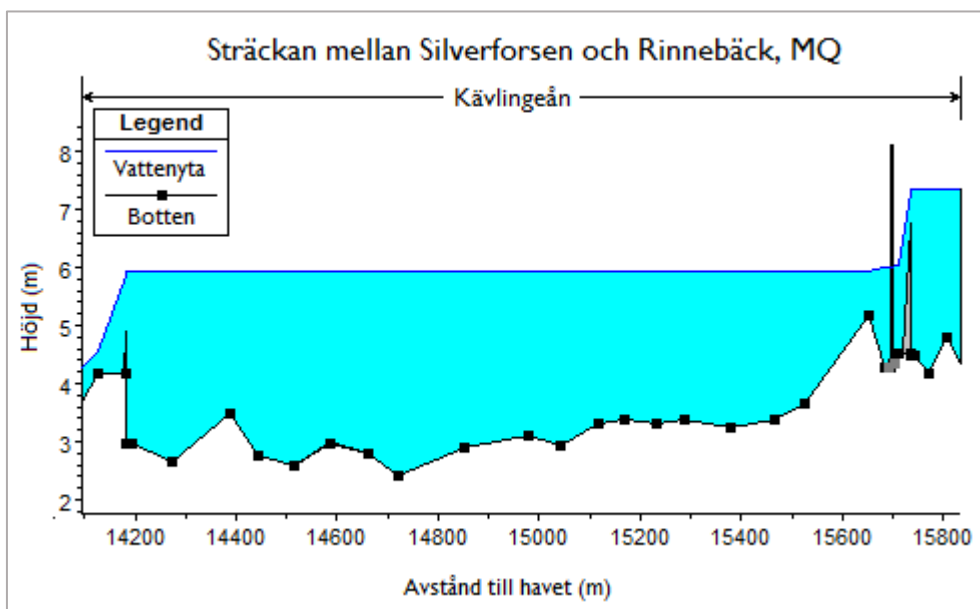
Dämnet vid Silverforsen har i dagläget ett utskov vid övre delen av dämnet och en överfallstrappa vid den nedre delen, varvid det inte anses utgöra något vandringshinder för fisk (se kapitel 4). De förslag på förändring som finns i samband med detta dämme är därför framförallt för skapande av strömsträckor och återskapande av åns naturliga åfåra. Med avseende på detta genomfördes en partiell utrivning och en djupare partiell utrivning i scenarierna gällande

dämnet vid Silverforsen. Beräknade resultat gällande strömförhållanden vid vattenytan kan ses i tabell D5 till D8 i bilaga D.

I scenarierna för Silverforsen modellerades undersökta förändringarna i den övre delen av dämnet, vid det nuvarande utskovet.

Dämnet idag

Strömningen innan Silverforsen är huvudsakligen lugnflytande, med undantag för sträckan närmast Rinnebäck. I figur 57, vilken visar bottenprofil för Kävingeån från Silverforsens dämme och uppströms mot dämnet vid Rinnebäck, syns det att större delen av den 1,6 km långa sträckan har ett jämnt djup om ca 3 m vid MQ och en liten lutning. Den del av sträckan som framförallt avviker från detta ligger precis i anslutning till dämnet vid Rinnebäck, där det i samband med en bro sker kontraktion av ån vilket även orsakar högre hastigheter. Vid MQ har sträckan utöver denna kontraktion ca 70 % lugnflytande och 25 % svagströmmande ytvatten, i enlighet med figur 58. Dämmets fallhöjd är i dagsläget 2 m.



Figur 57 Profil över vattendjup vid MQ och botten så som modellen representerar dagsläget vid Silverforsen, GM1. Till vänster syns dämnet vid Silverforsen, till höger syns gångbron och dämnet vid Rinnebäck. Höjden på dämmena varierar över hela dämmets längd, den nivå som syns här är lägsta punkten på dämnet.



Figur 58 Strömshastigheter uppströms dämnet vid Silverforsen i dagsläget, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Partiell utrivning, PU

Vid partiell utrivning av dämnet vid Silverforsen kunde en sänkning av vattenytan om max 0,2 m iakttas vid samtliga scenarier. Detta gav då effekter längs hela det fördämda området. Det blev en generell sänkning av vattenytan om 0,2 m upp till kontraktionen efter Rinnebäck varefter vattenytasänkningen minskade. Under vidare undersökning framkom det att fallhöjden vid dämnet i Rinnebäck kan förväntas öka med närmare 0,1 meter då en partiell utrivning genomförs vid Silverforsen.

Effekter på strömningsförhållanden från denna förändring bedömdes som relativt små i GM1; såsom kan ses i figur 59 upptog andelen svagströmmande vatten 10 % mer av området på bekostnad av det lugnflytande vattnet vid MQ. Vid MLQ och MHQ sågs inga markanta förändringar i strömningen. I GM2 syntes samma effekter, om än med en svag ökning (2 - 3 %) i andel forsande vatten vid MQ och MHQ.



Figur 59 Strömshastigheter uppströms dämnet vid Silverforsen efter partiell utrivning, PU, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Djupare Partiell Utrivning, DPU

Den djupare partiella utrivningen vid Silverforsen gav effekter såsom sänkning av ytvattennivån med 0,2 - 0,7 m vid MHQ respektive MLQ. På grund av den tidigare nämnda kontraktionen strax efter dämnet i Rinnebäck blev effekterna av denna ytvattensänkning något lägre där. Resultaten visar på att fallhöjden vid dämnet i Rinnebäck endast skulle öka med upp till 0,3 m om denna förändring genomfördes.

Resultaten från de båda modellerna blev i stort sätt samma för den djupare partiella utrivningen vid Silverforsen. Vid MLQ syntes inga effekter alls på vattenhastigheten. Vid MQ ökade vattenhastigheterna och i GM1 konstaterades det att närmare 30 % mer av området blev svagströmmande (illustrerat i figur 60); medan motsvarande siffra i GM2 var ca 25 %. I båda fallen ökade även hastigheterna generellt vilket bidrog till ca 1 - 3 % med strömmande och forsande vatten. Vid MHQ syntes inte heller några större skillnader, förutom andelen forsande vatten som steg från ca 40 % till ca 50 % då det skedde en generell ökning av vattenhastigheterna.



Figur 60 Strömshastigheter uppströms dämnet vid Silverforsen efter djupare partiell utrivning, D-PU, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Analys

Resultatet från den partiella och djupare partiella utrivningen visade på något högre vattenhastigheter, men oavsett förändring steg andel strömsträcka med maximalt 1 - 2 % från ca 3 % till ca 5 %. Det bedöms därför osannolikt att uppnå strömmande vattenpartier i detta område utan ytterligare sänkning av dämnet eller tillförande av nytt bottensubstrat i samband med dämnet vid Rinnebäck.

Då sträckan mellan Silverforsen och Rinnebäck är djup och lugnflytande är det även viktigt att ha i åtanke de effekter som en sänkning av dämnet vid Silverforsen kan ha på dämnet vid Rinnebäck.

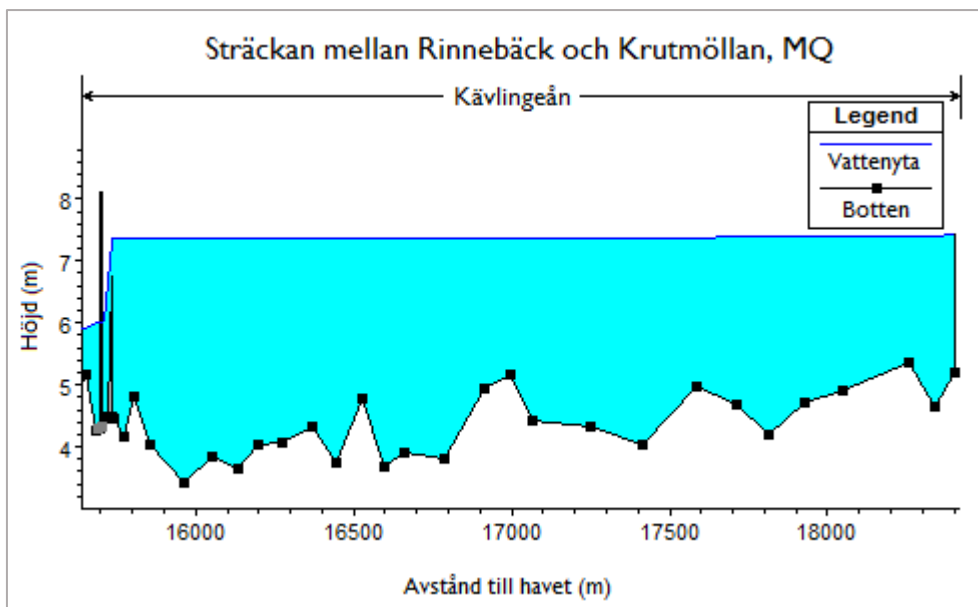
9.3.3 Rinnebäck

Dämnet vid Rinnebäck har idag ett utskov för fiskvandring vilket möjliggör nedströmspassage, men dämnet bedöms vara ett definitivt hinder för uppströms vandring, se kapitel 4. Vid lågvattenföring rinner vattnet i huvudsak genom detta utskov, som ligger nära den södra stranden. Simuleringarna som genomförts vid detta dämme motsvarar de förslag på åtgärder som presenterats i 'Miljöanpassning av vandringshinder', vilket motsvarar det större utskovet för faunapassage, U2, och förslaget om partiell utrivning, PU, se kapitel 9.1.

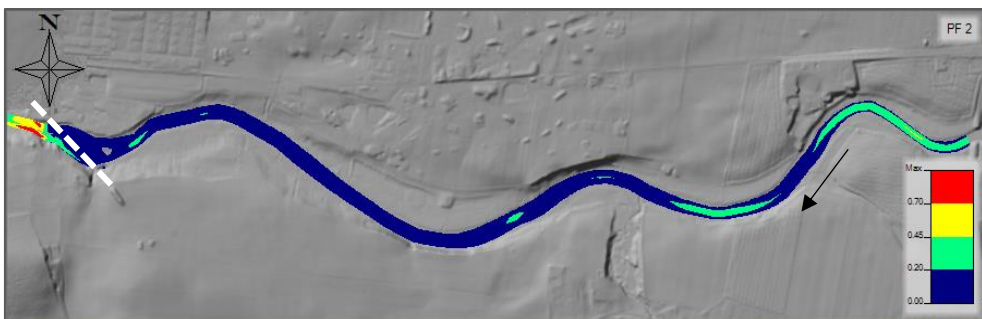
Eftersom resultaten från partiell utrivning gav relativt stor påverkan på vattennivån, och det finns domstolsbeslut angående lägsta vattennivåer uppströms vid Krutmöllan där botten i de gamla kvarnrännorna uppmättes till 6,72 möh i medeltal, simulerades ingen djupare partiell utrivning, D-PU, vid detta dämme. Resultat visas i tabell D9, D10, D11 och D12.

Dämmet idag

Sträckan från Rinnebäck upp till nästa dämme, vid Krutmöllan, är knappt 3 km lång med ett medeldjup på ca 3 m vid MQ. Sträckan är mjukt slingrande med en botten som varierar mellan grundare partier och djuphålor, se figur 61. Dämmet har idag dämmande effekt hela vägen upp till det gamla dämnet vid Krutmöllan. Strömhastigheterna är relativt jämna och låga, med lugnflytande vatten på närmare 90 % av ytan vid MQ. De områden som har högre hastigheter ligger strax nedströms Krutmöllan och efter den vägbro som korsar ån, se figur 62.



Figur 61 Profil över vattendjup vid MQ och botten så som modellen representerar dagsläget vid Rinnebäck, GM1. Till vänster syns gångbron och dämnet vid Rinnebäck, modellen sträcker sig till vägbron nedströms Krutmöllan. Höjden på dämna varierar över hela dämmets längd, den nivå som syns här är lägsta punkten på dämnet.



Figur 62 Strömförhållanden uppströms Rinnebäck i dagsläget vid MQ då majoriteten av området är svagt strömmande. GM1. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Större utskov, U2

Utskovet placerades i nära anslutning till den södra stranden, i närheten av positionen för den föreslagna faunapassagen.

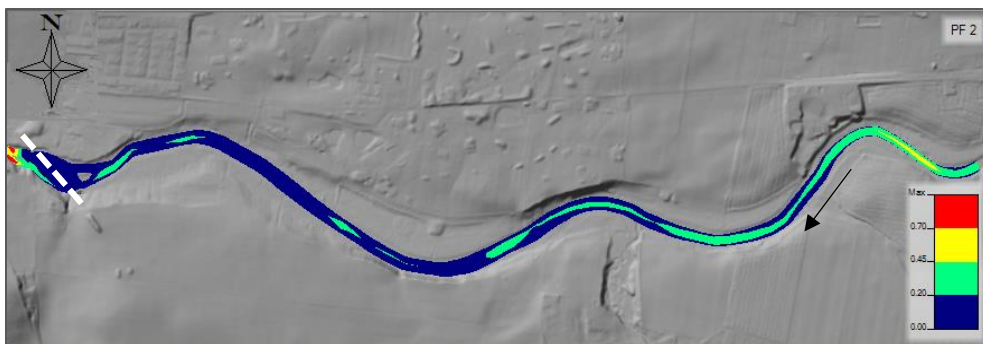
Resultaten från införandet av utskovet U2 för faunapassage visar en sänkning av vattenytan på drygt 0,1 m vid MLQ. Vid större flöden blir förändringen en sänkning med 2 och 3 cm för MHQ respektive MQ. Förändringar i strömhastigheter är i storleksordningen 1 % eller mindre och effekterna på dessa bedöms därför som försumbara. Vid MHQ kan det dock i GM2 ses en ökning av hastigheterna med knappt 3 % sommartid, vilket dels kan bero på att GM2 sträcker sig hela vägen upp till Krutmöllans gamla dämme, dels att GM2 överskattar hastigheter.

Partiell utrivning, PU

Utskovet placerades över positionen för det i dagsläget existerande utskovet vid den södra stranden, i enlighet med existerande förslag för åtgärder.

Resultaten från den partiella utrivningen ger en vattenytesänkning på omkring 0,1 m vid MHQ och 0,4 m vid MLQ. Medeldjup längs sträckan vid MQ blir då ca 2,8 m och vid MLQ ca 2,5 m. Den lägsta vattennivå som uppnås är då enligt simuleringarna 16,79 möh, vattennivån vid krutmöllan förväntas då vara densamma eller upp till ett par centimeter högre. De förändringar i hastighet av någon magnitud som beräknas återfinns vid MQ, och är en drygt 11 % ökning av andelen svagströmmande vatten, som tidigare varit lugnflytande, se figur 63. Skillnaderna i strömhastigheter vid MLQ och MHQ är dock små för

detta scenario. Därför är bedömningen att denna förändring överlag ger små effekter på hastigheterna i denna del av ån.



Figur 63 Strömhastigheter uppströms Rinnebäck vid partiell utrivning, PU, vid MQ, majoriteten av strömningen är lugnflytande, något ökade hastigheter i den övre delen av sträckan. GM1. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Analys

Sträckan uppströms dämnet vid Rinnebäck har en relativt jämn och svag lutning sett över hela sträckan, kanalen är djup vilket bidrar till att hastigheterna håller sig låga även vid större avsänkningar, till exempel så ökar andelen strömmande vatten vid MQ från 0,2 % till 1,4 % vid partiell utrivning, vilket fortfarande är en liten andel av den totala arean, men i praktiken kan det motsvara en för fisken betydelsefull ytareal strömmande vatten, dessutom fördubblas också andelen svagt strömmande vatten i samma scenario jämfört med i dagsläget. Vid en avsänkning av Rinnebäck sker också en avsänkning vid Krutmöllans gamla dämme, varvid fallhöjden där kommer öka. I dagsläget bedöms inte detta dämme vara något vandringshinder, men en ökad fallhöjd kan behöva tas i beaktande.

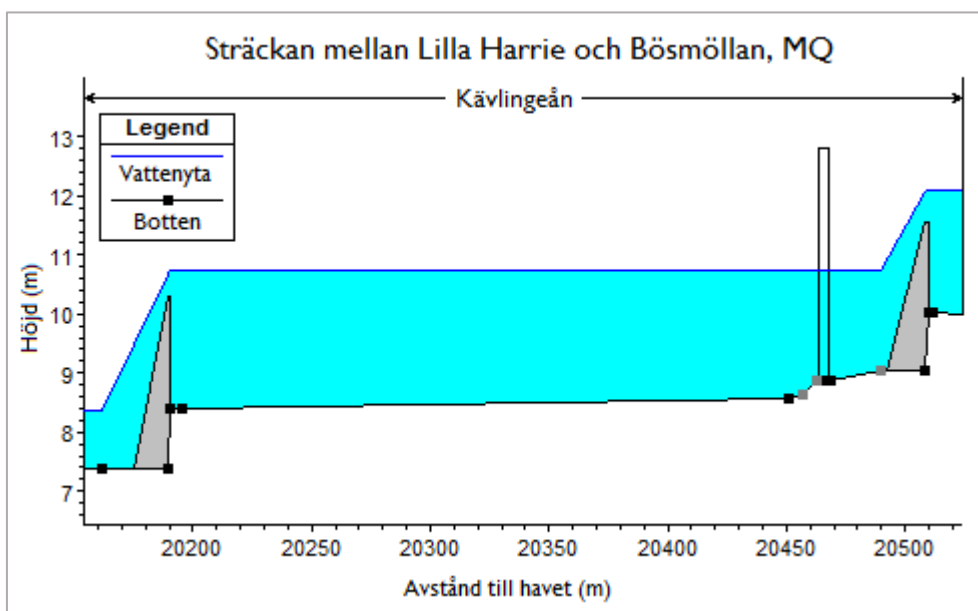
9.3.4 Lilla Harrie Valskvarn

Lilla Harrie Valskvarn är det första dämnet i åns sträckning från havet som har aktiv vattenkraft. Dämnet utgör ett definitivt hinder för uppströmsvandrande fisk och ett partiellt hinder för nedströmsvandrande fisk, se kapitel 4. Simuleringarna som genomförts vid detta dämme motsvarar dels det förslag på utskov för faunapassager som finns i den MKB som gjorts för dämnet; där förslag på faunapassage och överfall till naturlig åfåra behandlats

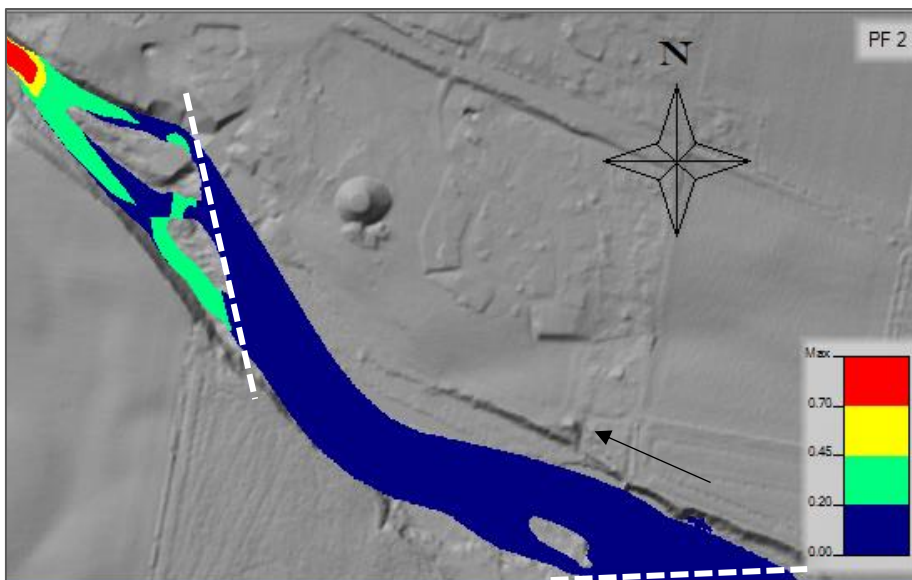
separat från förslag om ytterligare sänkning på 0,4 m. Dessutom simulerades ett utskov liknande det som föreslagits som faunapassage för de dämmen som ligger närmare havet för att ge en bättre överblick över dämmets påverkan på området. I bilaga D, tabell D13 och D14, finns resultat angående strömförhållanden över den ytareal vilken sträcker sig från dämmet vid Lilla Harrie Valskvarn upp till dämmet vid Bösmöllan.

Dämmet idag

Avståndet från dämmet vid Lilla Harrie till Bösmöllan är kring 450 m och Lilla Harrie dämmer hela sträckan upp till Bösmöllan. Såsom ses i figur 64 är ån längs denna passage relativt bred och har ett medeldjup vid lågvattenföring på strax över 2 m. Området uppströms Lilla Harrie är i dagsläget lugnflytande vid MLQ och MQ, vilket illustreras i figur 65. Inte heller vid MHQ kommer vattnet upp i höga hastigheter, utan området domineras av svagt strömmande och lugnflytande vatten, se bilaga D tabell D13 och D14.



Figur 64 Profil över vattendjup vid MQ och botten så som modellen representerar dagsläget vid Lilla Harrie, GM2. Till vänster syns dämmet vid Lilla Harrie, till Höger syns gångbron och dämmet vid Bösmöllan. Höjden på dämmena varierar över hela dämmets längd, den nivå som syns här är lägsta punkten på dämmet.



Figur 65 Strömhastigheter uppströms dämnet vid Lilla Harrie i dagsläget, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Mindre utskov, U1

Vid Lilla Harrie innefattar detta scenario också den förändring av den befintliga tröskeln som leder till naturfåran, så som förslaget ser ut enligt MKB, dock baserat på MLQ i dagsläget.

Resultaten från simuleringen visar att dessa åtgärder ger en vattenytensänkning på 2 cm vid MLQ och en sänkning på 1 cm vid större flöden. Utskovet ger minimal påverkan på vattenytan jämfört med dagsläget. Likaledes blir skillnaderna i strömhastigheter så små att de är försumbara med förändringar som är mindre än, eller precis kring 1 % i ökning, för alla flöden, sommar som vinter.

Större utskov, U2

Utskovet placerades längst uppströms på dämnet, där det i dagsläget finns ett överfall till naturfåran.

Det större utskovet gav som väntat större effekt på vattennivåerna, vid MHQ och MQ blev sänkningen 3 respektive 5 cm. Vid MLQ kunde det ses en större

påverkan då vattennivån sänktes med 20 cm jämfört med MLQ i dagsläget. Gällande strömhastigheter så är påverkan mindre och hastigheterna förändras inte märkbart för MLQ och MQ i detta scenario. Vid MHQ sker en knappt 3 procentig ökning av strömmande vatten men överlag bedöms denna åtgärd ha försumbar påverkan på strömhastigheter för sträckan.

Ytterligare sänkning, S

Detta scenario baserar sig på den överenskommelse som finns mellan Bösmöllan och Lilla Harrie om att sänka dämnet med 0,4 m över 40 m av dämnet. Sänkningen placerades vid naturfåran.

Avsänkningen resulterar i att vattenytan sänks mellan 0,12 till 0,34 m för MHQ respektive MLQ, vid MQ sänks vattenytan med 0,22 m jämfört med dagsläget. Andelen strömmande vatten påverkas endast vid MHQ och där kan man se en ökning på ca 9 % av strömmande vatten. Hastigheterna vid MQ och MLQ påverkas inte alls utan är även i detta scenario 100 % lugnflytande, det vill säga hastigheter under 0,2 m/s.

Analys

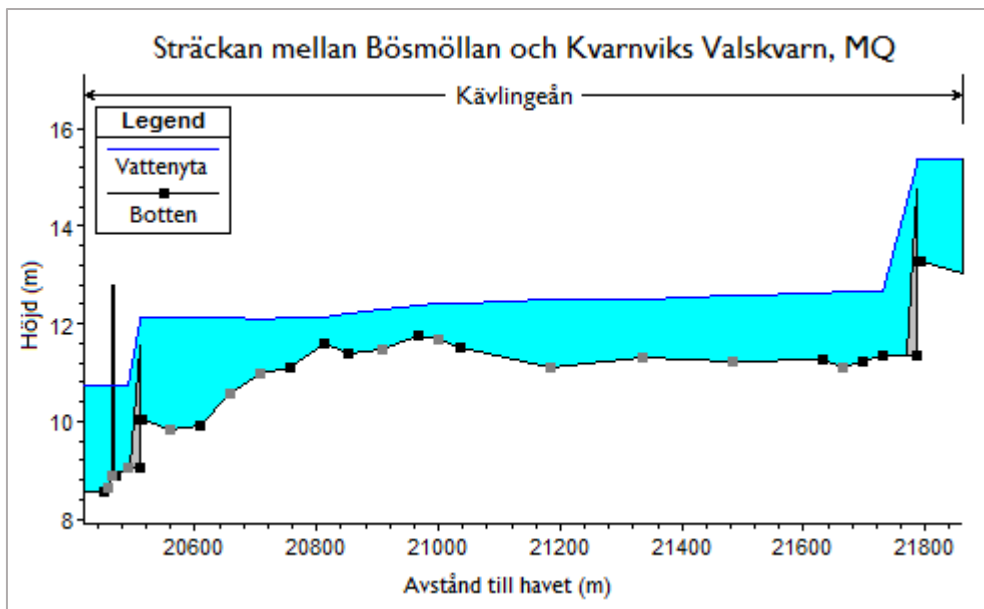
Sträckan upp till Bösmöllan är kort, och eftersom ån överlag har en svag lutning gör detta att det skulle krävas en rejäl avsänkning för att få fritt strömmande vatten mellan dämmena. Bottenprofilen har dock påverkan på hur strömningsförhållanden varierar, och det är möjligt att en mer noggrann kartering av botten ger ett annat resultat. Om det är så att det finns stora variationer av djupet längs denna sträcka, där grundare partier kan komma fram vid en avsänkning, så kan det ge upphov till högre och mer varierade i hastigheter. Viss jämförelse kan göras med sträckan uppströms Silverforsens dämme, vilken också är relativt kort och där stora sänkningar av dämnet krävs för att öka strömhastigheterna. Vid Silverforsen modellerades både GM1 och GM2, och vid jämförelsen däremellan kan ses att GM2 överskattar hastigheter. Därför kan det misstänkas att det även är så vid detta dämme, vilket kan betyda att hastigheterna i realiteten är ännu lägre, då den ekolodade botten i GM1 ger en mer korrekt representation av den verkliga åbotten.

9.3.5 Bösmöllan

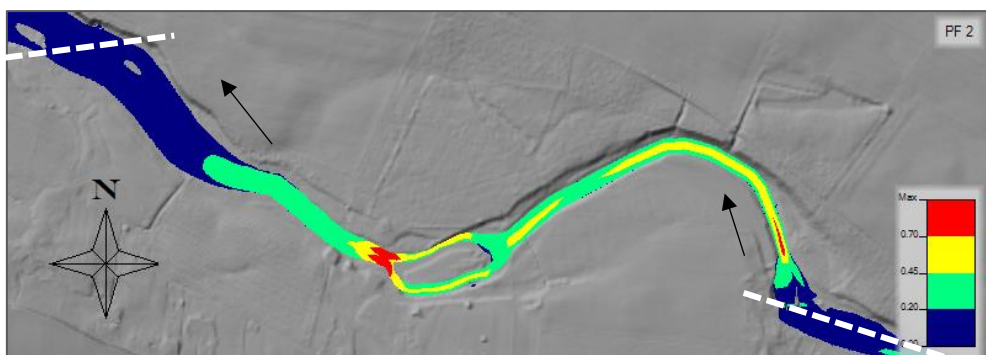
Bösmöllan är ett av de mer uppströms liggande dämmena i åns riktning från havet, det andra dämnet i åns sträckning från havet med aktiv vattenkraft. Vatten tappas via utloppskanaler från de tre Francisturbiner som finns i drift. I dagsläget finns en fiskväg längst ut vid den södra änden av dämnet, vilket bedöms vara ett definitivt hinder för uppströms vandrande fisk och ett partiellt hinder för nedströmsvandrande fisk som måste passera turbinerna för att komma förbi dämnet (se kapitel 4). Vid Bösmöllan simulerades fyra olika scenarion; faunapassage enligt MKB, faunapassage enligt 'Miljöanpassning av vandringshinder', partiell utrivning och djupare partiell utrivning, detta då det under arbetets gång visade sig att sträckan uppströms Bösmöllan är en av få sträckor som i dagsläget har områden där vattnet faller med högre hastigheter och där effekten av det utrivna dämnet vid Vadmöllan påverkar bottenprofilen. Resultat visas i tabell D15 och D16

Dämnet idag

Sträckan uppströms Bösmöllan är förhållandevis lång, 1,3 km med ett medeldjup på 1,5 m vid MQ, dock varierar djupet över sträckan då bottenprofilen påverkas av resterna från det utrivna dämnet vid Vadmöllan, se figur 66. Sträckningen har i dagsläget områden som vid MQ bedöms vara strömmande, strax över 20 % av vattenytan längs sträckningen uppnår hastigheter över 0,45 m/s vid MQ. Vid kontraktionen efter Vadmöllan och i kanalen efter Kvarnviks valskvarn kommer vattenhastigheterna i modellen upp i försande hastigheter överstigande 0,7 m/s, se figur 67.



Figur 66 Profil över vattendjup vid MQ och botten så som modellen representerar dagsläget vid Bösmöllan, GM2. Till vänster syns dämnet vid Bösmöllan, till Höger syns dämnet vid Kvarnviks Valskvarn. Höjden på dämmena varierar över hela dämmets längd, den nivå som syns här är lägsta punkten på dämnet.



Figur 67 Strömshastigheter uppströms dämnet vid Bösmöllan i dagsläget, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Mindre utskov U1

Tröskeln för utskovet till faunapassagen placerades i enlighet med det som förslagits i MKB.

Införandet av utskovet för den mindre faunapassagen orsakar en vattenyttesänkning på 1 - 3 cm vid MHQ respektive MLQ. Strömhastigheter i området ökar med mindre än, eller omkring, 1 % för alla flöden sommar som vinter.

Större utskov U2

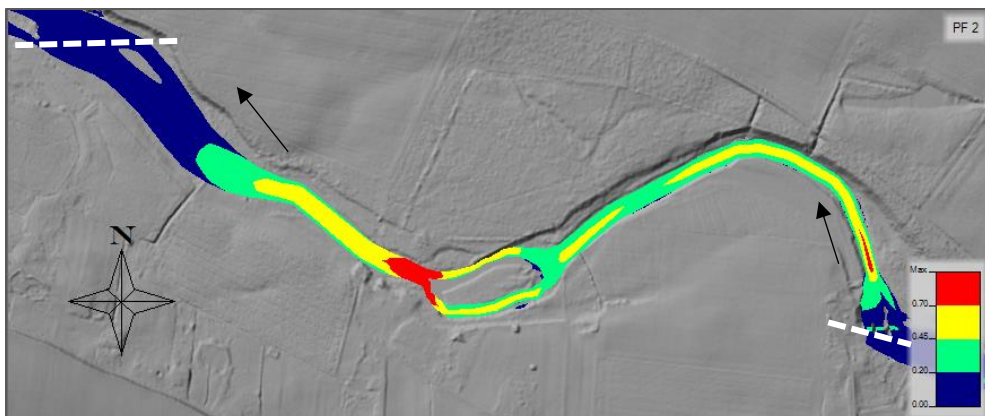
Utskovet placerades vid den norra stranden där vattnet först kommer i kontakt med dämnet.

Resultaten visar på en sänkning av vattenytan med 0,12 m vid MLQ, 0,10 m vid MQ och 0,05 m vid MHQ. Överlag är förändringarna i strömhastigheter små, det sker dock en viss förskjutning av hastigheterna vid MQ där andelen strömmande vatten ökar med 3,6 % sommartid.

Partiell utrivning PU

Den partiella utrivningen placerades vid dämmets norra strand där vattnet först kommer i kontakt med dämnet.

Resultaten visar en sänkning av ytan på 0,27 m vid MLQ, 0,33 m vid MQ och 0,19 m vid MHQ. Den mest markanta förändringen i strömhastigheter kan ses vid MQ sommartid då andelen strömmande vatten ökar med nästan 9 % längs sträckan, också andelen forsande vatten ökar med 1,6 % i detta scenario. Vid MLQ går 4 % av det lugnflytande vattnet över till att vara svagt strömmande och i övrigt sker en ökning omkring 1 % i hastigheter till förmån för de högre hastigheterna, se figur 68.



Figur 68 Strömhastigheter uppströms dämnet vid Bösmöllan vid partiell utrivning, PU, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Djupare partiell utrivning D-PU

Vid simuleringen av en djupare partiell utrivning blir vattenytensänkningen ca 0,65 m vid MLQ och MQ, och 0,35 m vid MHQ.

Vid MLQ sker en förskjutning från lugnflytande hastigheter med kring 17 % till förmån för högre hastigheter, där de svagströmmande, strömmande och forsande hastigheterna ökar med mellan 4,5 – 6,5 %. Vid MQ sker en stor ökning av framförallt forsande hastigheter med omkring 13 % i ökning, se figur 69. Vid MHQ är ökningen mindre, där ökar strömmande och forsande vatten med 3 - 5 %.



Figur 69 Strömshastigheter uppströms dämnet vid Bösmöllan vid djupare partiell utrivning, D-PU, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under $0,2 \text{ m/s}$, grön är $0,2 - 0,45$, gul är $0,45$ och röd är hastigheter över $0,7 \text{ m/s}$. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Analys

Modellen ger resultat som visar att området påverkas mycket av bottenförändringarna i och med resterna av den gamla Vadmöllan. Sträckan är som brantast precis runt Bösmöllan, där det går att åstadkomma strömsträckor innan själva dämnet. Simuleringarna ger framförallt effekt på hastigheterna nedströms Vadmöllan då strömningen når en kritisk punkt i samband med resterna av detta dämme. Detta gör att stora förändringar vid Bösmöllan endast påverkar kortare sträckor, och att små förändringar med liten sänkning knappt ger effekt alls.

Vid genomgång av resultaten konstateras dock att det finns anledning att misstänka att sträckan designats med för grund botten, vilket i så fall ger för höga hastigheter överlag. I majoriteten av ån är djupen större än vid denna sträcka, men då ingen insamlad data finns om djup i området har botten placerats utifrån andra kända parametrar efter bästa förmåga. Överlag finns de stora osäkerheter i underlaget gällande Kvarnviks Valskvarn eftersom där förekommer större variationer i damm-amplitud och ingen inmätning vid fältstudien gjordes där. Området nedströms Kvarnvik som leder till Bösmöllan påverkas också av dessa osäkerheter. Resultaten som pekar på strömmande hastigheter omkring Vadmöllan anses dock vara rimliga, och området bedöms som ett av de mer intressanta att titta närmare på vid restaureringar av ån.

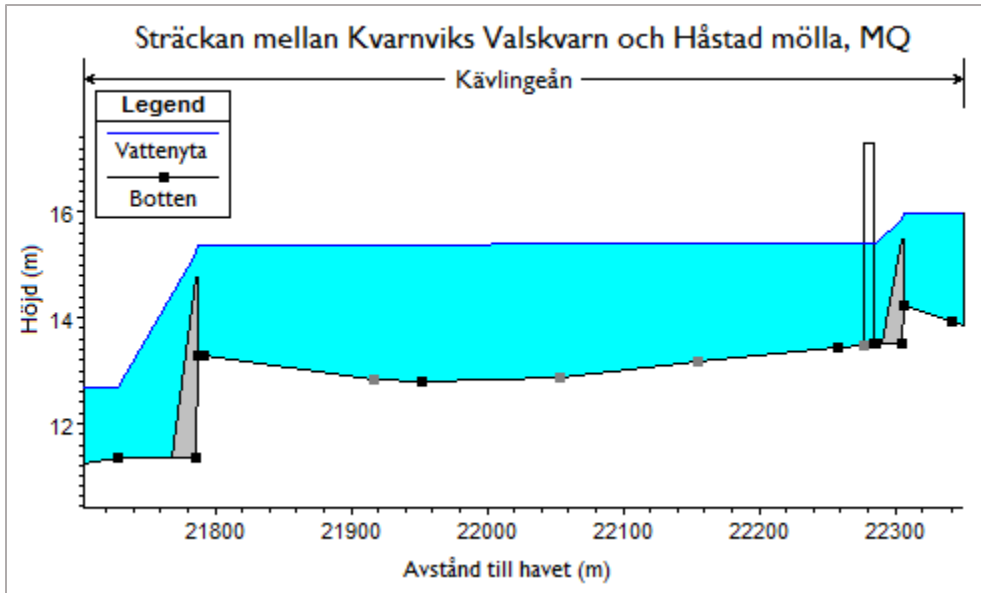
Eftersom simuleringarna är gjorda i GM2 finns också anledning att anta att hastigheterna generellt är överskattade och resultaten bör därför tolkas konservativt, men ger en fingervisning om vilken typ av förändring som kan väntas.

9.3.6 Kvarnviks Valskvarn

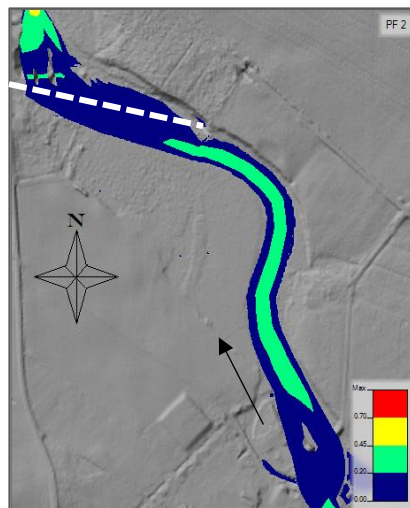
Kvarnviks Valskvarn är det högst uppströms belägna dämnet med aktiv vattenkraft och det näst sista dämnet i denna del av ån. Vatten tappas via två Francisturbiner där luckor till viss del styr vattenståndet. Dämnet bedöms vara ett definitivt hinder för uppströms vandrande fisk och ett partiellt hinder för nedströms vandrande fisk (se kapitel 4). Vid Kvarnviks Valskvarn simulerades tre olika scenarion; faunapassage enligt MKB, faunapassage enligt *'Miljöanpassning av vandringshinder'* och partiell utrivning. Resultat visas i tabell D17 och D18.

Dämnet idag

Sträckan från dämnet vid Kvarnviks Valskvarn till dämnet vid Håstad mölla är ca 0,6 km och medeldjupet är ca 2 m vid MQ, se figur 70. Den dämmande effekten sträcker sig hela vägen upp till dämnet vid Håstad Mölla och domineras i dagsläget av lugnflytande hastigheter där resterande 30 % i strömförhållandet är svagt strömmande vatten vid MQ, se figur 71. Vid MLQ är området lugnflytande, men vid MHQ är närmare 30 % av vattenytan i området strömmande och ytterligare 30 % forsande.



Figur 70 Profil över vattendjup vid MQ och botten så som modellen representerar dagsläget vid Kvarnviks Valskvarn, GM2. Till vänster syns dämnet vid Kvarnviks Valskvarn, till höger syns bropelare och dämnet vid Håstad Mölla. Höjden på dämna varierar över hela dämmets längd, den nivå som syns här är lägsta punkten på dämnet.



Figur 71 Strömhastigheter uppströms dämnet vid Kvarnviks Valskvarn i dagsläget, sommartid, MQ, där blå är hastigheter under 0,2 m/s, grön är 0,2 – 0,45, gul är från 0,45 och röd är hastigheter över 0,7 m/s. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Mindre utskov, U1

Tröskeln för utskovet till faunapassagen placerades i enlighet med det som förslagits i MKB.

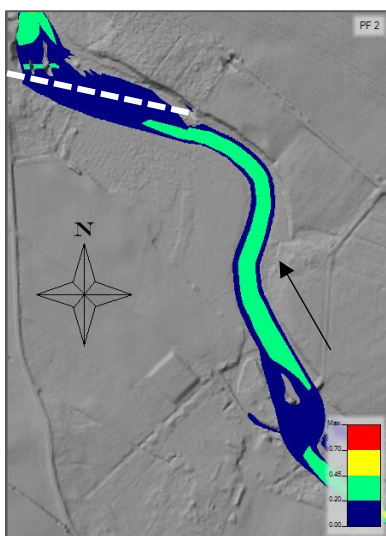
Resultaten från simuleringar av detta scenario ger en sänkning av vattenytan på 3 cm vid MLQ och MQ och en sänkning på 1 cm vid MHQ. Förändringar i strömhastigheter är alla mindre än 1,5 % och bedöms därför vara försumbara för alla flöden, sommar som vinter.

Större utskov, U2

Utskovet placerades mitt på dämnet på grund av begränsningar i modellen.

Resultaten visar en sänkning av vattenytan på 7 cm vid MLQ, 9 cm vid MQ och 2 cm vid MHQ. De förändringar som påvisas i strömhastigheter är en ökning på drygt 4 % av svagt strömmande vatten vid MQ. Vid MHQ sker en marginell ökning av strömmande samt forsande vatten, dock är det i dagsläget redan stor andel av dessa hastigheter vid MHQ varvid förändringen kan anses vara försumbar.

Partiell utrivning, PU



Den partiella utrivningen placerades mitt på dämnet på grund av begränsningar i modellen.

Detta scenario resulterade i en sänkning av vattenytan med 0,13 m vid MLQ, 0,24 m vid MQ och 0,07 m vid MHQ. Vid MQ sker en ökning av andelen svagströmmande vatten med drygt 12 %, se figur 72, och vid MHQ ökar andelen forsande vatten med 4 - 6 %. Även i detta scenario är området lugnflytande vid MLQ.

Figur 72 Strömhastigheter uppströms dämnet vid Kvarnviks Valskvarn vid partiell utrivning, sommartid, MQ. De vita streckade linjerna visar dämmens position.

Analys

Resultaten visar på att sträckan mellan Kvarnviks Valskvarn och Håstad Mölla inte genomgår några stora förändringar i hastigheter även med större avsänkningar av vattenytan. Men i likhet med de andra dämmena i det uppströmsliggande systemet så saknas data om bottenprofil vilket skapar stora osäkerheter. De antaganden som gjorts är mycket förenklade och sannolikt varierar botten mer. Positionen för utskoven vid simuleringen fick placeras mitt på dämnet, vilket beror på att bottenprofilen vid den norra stranden blev för grund i förhållande till utskoven vilket bromsade strömningen. Överlag är också själva modellen av dämnet den mest osäkra, och resultaten bör ses som mycket övergripande trender.

9.4 Kombinerade scenarier

I detta delavsnitt presenteras övergripande resultat och analys angående de kombinerade scenarier vilka simulerades för Kävlingeån. Scenarierna valdes efter tänkbara framtidsförändringar, med målet att möjliggöra jämförelse mellan de effekter som mindre respektive större förändringar i dämmena kan förväntas bidra till. Som utgångspunkt för denna jämförelse simulerades situationen i ån såsom den är i dagsläget i de båda modellerna, och övriga scenariers resultat vägdes utifrån dessa värden. I bilaga E finns beräkningarna för samtliga scenarier, vilka sammanfattas i kortare tabeller i detta delavsnitt.

De resultat vilka simuleras i GM1 bedömdes vara mer realistiska än de som kom från GM2. Därför valdes GM1 som utgångspunkt för samtliga simuleringsscenarier gällande endast dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck. För de scenarier vilka involverade andra, eller fler, dammen än dessa skedde simuleringarna istället i GM2 för ett enhetligt resultat.

Då MLQ och MHQ är extremflöden vilka endast inträffar ett fåtal gånger per år bedömdes resultat från dessa simuleringar mindre intressanta att basera tolkningen av scenariernas effekter på. De kommande jämförelserna fokuserar därför istället på MQ, medan MLQ och MHQ används för att påvisa övergripande trender i resultaten.

För samtliga scenarier modellerades MLQ, MQ och MHQ enligt Mannings koefficient för sommar och vinter i ån. Då de effekter som blir av förändringar vid ett dämme endast påverkar till nästa uppströms fördämning, jämfördes

endast dessa sträckor av ån. Detta innebär att de delar av ån vilka finns mellan Vombsjön och Håstad mölla, Lilla Harrie och Krutmöllan samt mellan Högsmölla och havet inte räknades med vid något av scenarierna. Det kan därför finnas strömsträckor i ån vilka inte redovisas i resultaten. Övriga termer som finns i tabellen förklaras i tabellförteckningen nedan.

Tabellförteckning

Lugn* - *Lugnflytande vatten* – Den ytarean, eller förändring i yta, som blir av det aktuella scenariot i områden med vattenhastigheter mellan 0 - 0,2 m/s.

Svag* - *Svagt strömmande vatten* – Den ytarean, eller förändring i yta, som blir av det aktuella scenariot i områden med vattenhastigheter mellan 0,2 - 0,45 m/s.

Ström* - *Strömmande vatten* – Den ytarean, eller förändring i yta, som blir av det aktuella scenariot i områden med vattenhastigheter mellan 0,45 – 0,7 m/s.

Fors* - *Forsande vatten* – Den ytarean, eller förändring i yta, som blir av det aktuella scenariot i områden med vattenhastigheter mellan 0,7 m/s.

Area – *Total area* – Den totala ytarean, eller förändring i yta, som påverkas av det aktuella scenariot.

Tid – *Uppehållstid* – Den tid, eller förändring i tid, som det tar för vattnet att färdas från Krutmöllan till havet i GM1, och från Vombsjön till havet i GM2, i det aktuella scenariot.

9.4.1 GM1; Dämmena idag

Scenariet 'Dämmen idag' simulerades i GM1 som utgångspunkt för jämförelse med övriga scenarier gällande dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinneback. Resultat gällande strömförhållanden i det område som påverkas av dessa dämmen finns i tabell E1 och E2 i bilaga E, och i tabell 14 finns en sammanfattning av dessa resultat.

Såsom visas i tabell 14 är Kävlingeån huvudsakligen ett lugnflytande vattendrag längs sträckan mellan Krutmöllan och havet vid MLQ och MQ. Under årets gång kan andelen strömmande ytvatten förväntas uppta mellan 0,4 - 38 % vid lågt respektive högt flöde och uppehållstiden för vattnet varierar då mellan ca 7 - 111 timmar. Vid MQ, vilket är det mest representativa flödet för

ån, räknas knappt 9 % av ytområdet som strömmande varvid vattnet har drygt ett dygns uppehållstid. Vid MHQ är vattnet längs denna sträcka huvudsakligen forsande.

Tabell 14 - Visar strömhastigheten fördelad på den totala arean av sträckan från Högsmölla – Rinnebäck, samt uppehållstiden för vattnet från Krutmöllan till havet i dagsläget.

GM1	LUGN*	SVAG*	STRÖM*	FORS*	AREA	Tid
	[10 ³ m ²]	[10 ³ m ²]	[10 ³ m ²]	[10 ³ m ²]	[10 ³ m ²]	[h]
<i>Vinter</i>						
MLQ	265,6	16,2	4,6	3,1	289,5	110,6
MQ	176,3	106,1	27,5	8,8	318,7	24
MHQ	27,3	93,6	102,9	138,8	362,5	6,9
<i>Sommar</i>						
MLQ	269,2	17,1	3,8	1,3	291,4	110,9
MQ	182,8	110,5	22,6	7	322,9	24,4
MHQ	27,9	103,8	109,7	121,8	363,1	7,3

9.4.2 GM1; Faunapassager vid dämmena

Detta scenario har som utgångspunkt att dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck genomgått förändringar i form av nya faunapassager för bättre fiskframkomlighet. Vid Högsmölla och Rinnebäck innebär detta större utskov (U2) medan Silverforsen genomgått en partiell utrivning (PU). Resultat angående detta scenario finns i större omfattning i tabell E3 och E4 i bilaga E, med en sammanfattning i tabell 15.

Generellt syns en ökning i hastigheterna då andelen lugnflytande vattenyta minskar medan andelen svagströmmande, strömmande och forsande vattenyta ökar (eller minskar minimalt). När det tittas närmare på siffrorna syns även en minskning bland de strömmande områdena för hälften av flödena. Detta bedöms bero på den kontraktion som sker strax efter Rinnebäck, vars strömsträcka kortas på grund av vattensprång vid större sänkning av Silverforsen.

Effekterna av det större utskovet i GM1 kan dock bedömas som små; vattenytan minskar med max 6 940 m², uppehållstiden med 3,1 timmar och vid MQ ökar det strömmande området med max 650 m². Jämfört med

situationen i dagsläget innebär detta skillnader om 2 - 3 %. Ökningen med 520 m² strömmande område vid MLQ under sommaren innebär en ökning av strömmande områden med nästan 14 %, men då siffran i sig är låg finns det viss osäkerheter kring denna effekt.

Tabell 15 - Visar förändringen i mängd vattenyta med en viss hastighet i detta scenario jämfört med dämmena idag och uppehållstid för hela sträckan.

GM1	LUGN*	SVAG*	STRÖM*	FORS*	TOTALT	Δ Tid [h]
	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	
<i>Vinter</i>						
MLQ	-7,6	0,1	-0,1	0,7	-6,9	-3,1
MQ	-10	4,7	0,1	1,6	-3,5	-0,4
MHQ	-5,3	0,8	-0,4	4,7	-0,3	0
<i>Sommar</i>						
MLQ	-7,9	0	0,5	0,4	-6,9	-3,1
MQ	-13,4	7,7	0,7	1,6	-3,5	-0,4
MHQ	-3,1	-0,9	-0,1	3,9	-0,3	0

9.4.3 GM1; Partiell återställning av dämmena

Vid den partiella återställningen av dämmena i ån antas det att samtliga dämmen vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck genomgått en partiell utrivning. Det sammanfattade resultatet gällande dessa simuleringar finns i tabell 16, vilket baseras på det resultat som finns i bilaga E, tabell E5 och E6.

Då dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck partiellt rivs ut fås effekter såsom minskad uppehållstid med ca 2 - 7,5 % och en minskad ytarea om 0,4 - 6,4 %. Detta påverkar strömförhållandena i ån, och övergripande syns en tydlig trend i resultatet. Det lugnflytande vattnet minskar och vid MLQ ökar framförallt andelen svagströmmande vatten. Vid MQ blir det mer svagströmmande och strömmande områden och vid MHQ minskar ytarean för alla vattenhastigheter förutom den forsande. Effekterna av de ökade hastigheterna är större på vintern, då det finns mindre vegetation i ån som påverkar vattenhastigheten.

Vid MQ blir effekterna framförallt att den strömmande vattenytan ökar med 5800 - 7 150 m², vilket motsvarar ytterligare ca 26 % jämfört med de

ursprungliga strömområdena (mellan Krutmöllan och havet). Mestadels av denna areal uppstår i sträckan mellan Högsmölla och Silverforsen, varvid detta område bedöms ha högst potential för skapande av strömsträckor. Vid MHQ sker en ökning av vattenyta med forsande partier, men då detta är ett mycket högt flöde blir den slutliga effekten en ökning från ca 33,5 till 36 %, vilket inte anses vara en markant förändring.

Tabell 16 - Visar förändringen i mängd vattenyta med en viss hastighet i detta scenario jämfört med dämmena idag och uppehållstid för hela sträckan.

GM1	LUGN*	SVAG*	STRÖM*	FORS*	TOTALT	Δ Tid [h]
	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	
<i>Vinter</i>						
MLQ	-25,8	6,6	0,7	0	-18,5	-8,3
MQ	-34,9	12,3	7,2	2,8	-12,6	-1,4
MHQ	-7,5	-2,6	-2,3	11	-1,5	-0,1
<i>Sommar</i>						
MLQ	-25,3	6,1	0,4	0,5	-18,3	-8,3
MQ	-37,4	17,6	5,8	1,4	-12,5	-1,4
MHQ	-4,5	-3,1	-2,6	9,1	-1,2	-0,1

9.4.4 GM2; Dämmena idag

I GM2 simulerades två olika alternativ för scenariet 'Dämmena idag', men resultatet beräknades gemensamt vilket syns i tabell E7 och E8 (bilaga E). Den ena simuleringen involverade endast dämmena vid de tre aktiva vattenkraftverken; Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn, som utgångspunkt för jämförelse med de scenarier som analyserade möjliga faunapassager i samband med vattenkraftverken. Resultat angående detta alternativ finns i tabell 17. Det andra alternativet innefattade samtliga undersökta dämmen; Högsmölla, Silverforsen, Rinnebäck, Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn, för jämförelse med de scenarier som undersökte övergripande effekter i hela ån. Resultatet gällande detta alternativ finns i tabell 18.

Då uppehållstiden i GM2 beräknades som den tid det tog för vattnet att färdas från Vombsjön till havet, utan förändringar i dämmena, visar båda alternativen

på en uppehållstid om 27 - 292 timmar med en medeltid på närmare 70 timmar, eller drygt 3 dygn.

I båda alternativen räknas Kävlingeån huvudsakligen som en lugnflytande å vid MLQ och MQ. En skillnad kan dock ses, såsom att i alternativet gällande dämmena vid de tre aktiva vattenkraftverken räknas vattnet huvudsakligen som svagströmmande vid MHQ, medan det vid samma flöde finns mer forsande än svagströmmande vatten i det alternativ vilket innefattar hela området. Överlag varierar andelen strömmande vatten med ca 0,6 - 29 % för området kring de tre aktiva vattenkraftverken och ca 0,8 - 36 % för hela det undersökta området, vilket visar på mer uppdämt vatten kring de aktiva vattenkraftverken.

Tabell 17 - Visar strömhastigheten fördelad på den totala arean av sträckan från Lilla Harrie – Håstad Mölla, samt uppehållstiden för vattnet från Vombsjön till havet.

GM2¹	LUGN* [10 ³ m ²]	SVAG* [10 ³ m ²]	STRÖM* [10 ³ m ²]	FORS* [10 ³ m ²]	AREA [10 ³ m ²]	Tid [h]
<i>Vinter</i>						
MLQ	105	6,9	0,8	0,2	112,9	289,3
MQ	81,8	25	11,3	1,7	119,9	66,2
MHQ	21,0	46,2	27,3	39	133,5	24,1
<i>Sommar</i>						
MLQ	108,1	4,6	0,7	0,3	113,7	291,7
MQ	83,2	28,9	8	1,1	121,2	68,8
MHQ	22,5	50,7	29,3	35,5	138	27,3

¹ Gäller endast sträckan som påverkas av dämmena vid de aktiva vattenkraftverken.

Tabell 18 - Visar strömshastigheten fördelad på den totala arean av sträckan från Högsmölla – Rinnebäck och Lilla Harrie – Håstad Mölla, samt uppehållstiden för vattnet från Vombsjön till havet.

GM2²	LUGN*	SVAG*	STRÖM*	FORS*	AREA	Tid
	[10 ³ m ²]	[10 ³ m ²]	[10 ³ m ²]	[10 ³ m ²]	[10 ³ m ²]	[h]
<i>Vinter</i>						
MLQ	394,2	25,4	3,7	2,3	425,6	289,3
MQ	282,4	133,9	34	12,4	462,7	66,2
MHQ	54	147,7	133	191,3	526	24,1
<i>Sommar</i>						
MLQ	400,3	22,4	3,4	2,2	428,4	291,7
MQ	284,9	150,2	24,3	8,6	468	68,8
MHQ	64,1	163,2	137,5	168,2	532,9	27,3

² Gäller sträckan för de sex undersökta dämmena.

9.4.5 GM2; MKB för de aktiva vattenkraftverken

De tre aktiva vattenkraftverken Farina, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn har alla ansökt om lagligförklaring av sina verksamheter och dämmena som finns i anslutning till dem. Då samtliga dämmen utgör vandringshinder för fisk finns det i miljökonsekvensbeskrivningarna från dessa ansökningar förslag på faunapassager, vilka företagen planerar att införa om deras ansökningar godkänns. I detta scenario antas därmed att samtliga ansökningar godkänns och att de faunapassager som företagen föreslår (U1) genomförs. Resultat angående detta scenario finns i tabell E9 och E10 i bilaga E, och i tabell 19 finns en sammanfattning av dess förändringar. Inga tillkommande ytor från faunapassager ingår i resultatet.

Resultatet angående detta scenario visade på minimala strömningseffekter. Upphållstiden förväntas inte påverkas alls och samtliga förändringar som beräknas vara mindre än 1 000 m². Då större delen av denna sträcka i dagsläget är uppdämd innebär 240 m² forsande ytvatten en ökning med 160 % jämfört med de ursprungliga 150 m² som fanns i området, men då de resulterande förändringarna är små bedöms det finnas stora osäkerheter kring dem, varvid slutsatser kring faktiskt påverkan av strömningförhållanden med grund i de mindre utskoven inte kan dras.

Tabell 19 - Visar förändringen i mängd vattenyta med en viss hastighet i detta scenario jämfört med dämmena idag och uppehållstid för hela sträckan.

GM2	LUGN*	SVAG*	STRÖM*	FORS*	TOTALT	Δ Tid [h]
	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	
<i>Vinter</i>						
MLQ	-0,4	-0,1	0	0,2	-0,3	0
MQ	-0,5	-0,1	0,3	0,1	-0,3	0
MHQ	-0,1	-0,7	0,3	0,4	0	0
<i>Sommar</i>						
MLQ	-0,3	0	-0,1	0,1	-0,3	0
MQ	-0,9	0,2	0,4	0,1	-0,3	0
MHQ	-0,8	0,4	0,3	-0,1	-0,1	0

9.4.6 GM2; Faunapassager vid de aktiva vattenkraftverken

Då de faunapassager som föreslogs för dämmena vid de aktiva vattenkraftverken i deras miljökonsekvensbeskrivningar hade en annorlunda form och var utformade för ett mindre flöde än de faunapassager vilka föreslogs för dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinneback i rapporten 'Miljöanpassning av vandringshinder', ansågs det även av intresse att simulera ett scenario där dämmena vid de aktiva vattenkraftverken införde större faunapassager (U2). Detta simulerades och beräknades i enlighet med tabell E11 och E12 i bilaga E. De slutgiltiga resultaten ses nedan i tabell 20.

Såsom visas i tabell 20 kan de större faunapassagerna vid Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn endast förväntas få marginellt större effekter jämfört med de mindre faunapassager i föregående scenario. Den totala retentionstiden från Vombsjön till havet beräknades minska med 1,4 timmar eller 0,5 %, medan ytarean minskade med 0,2 - 1,2 % ($\leq 1\ 340\ \text{m}^2$). Överlag syntes strömningsförändringar i form av minskade områden med lugnflytande samt svagströmande områden till förmån för strömande och forsande områden, de exakta förändringarna förblir dock något osäkra då simuleringarna skedde i GM2 och då skillnaderna var så pass små. Vid närmare granskning av simuleringens resultat (tabell E11 och E12) kunde det dock iaktas att de största strömningseffekterna i området kom vid förändring av dämnet vid Bösmöllan.

Tabell 20 - Visar förändringen i mängd vattenyta med en viss hastighet i detta scenario jämfört med dämmena idag och uppehållstid för hela sträckan.

GM2	LUGN*	SVAG*	STRÖM*	FORS*	TOTALT	Δ Tid [h]
	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	
<i>Vinter</i>						
MLQ	-1,4	-0,1	0	0,2	-1,3	-1,4
MQ	-1,8	-1	1,4	0,4	-1	-0,1
MHQ	-1,4	-1,8	1,4	1,5	-0,3	0
<i>Sommar</i>						
MLQ	-1,5	-0,1	0	0,2	-1,4	-1,4
MQ	-3,1	-0,2	2,0	0,4	-0,9	-0,1
MHQ	-2,6	0,1	1,5	0,6	-0,3	0

9.4.7 GM2; Eliminering av vandringshinder

I detta scenario utgicks det från eliminering av samtliga vandringshinder i samband med dämmena i Kävlingeån. Utgångspunkten var att dämmena renoverats, men endast infört det alternativ vilket resulterade i minsta förändringar i strömningsregimen jämfört med dagsläget. Detta innebär mindre utskov, U1, för dämmena vid Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn, större utskov, U2, för dämmena vid Högsmölla och Rinnebäck samt en partiell utrivning, PU, för dämnet vid Silverforsen. Sammanfattningen av denna simulering, vilken baseras på beräkningarna i tabell E13 och E14 (bilaga E), finns i tabell 21.

Detta scenario förväntas minska uppehållstiden med maximalt 3,2 timmar (ca 1 %) för hela ån, sänka arean av vattenytan med upp till 8 500 m² (ca 2 %) och skapa strömmande partier om 400 - 2 000 m² (1,8 - 5,9 %) för dessa specifika sträckor. Generellt sett stämmer resultaten från scenariot bra överens med de från 'GM1; faunapassager vid dämmena' samt 'GM2; MKB för de aktiva vattenkraftverken', och visar i enlighet med dessa scenarion på en mindre strömningspåverkan vilken övergripande ökar vattenhastigheten.

Tabell 21 - Visar förändringen i mängd vattenyta med en viss hastighet i detta scenario jämfört med dämmena idag och uppehållstid för hela sträckan.

GM2	LUGN*	SVAG*	STRÖM*	FORS*	TOTALT	Δ Tid [h]
	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	Δ Ytarea [10 ³ m ²]	
Vinter						
MLQ	-9,1	0,2	-0,5	0,9	-8,5	-3,2
MQ	-14,7	6,7	2	1,7	-4,3	-0,4
MHQ	-1,3	-1,7	-0,7	3,2	-0,6	0
Sommar						
MLQ	-9,5	0,7	-0,1	0,7	-8,2	-3,4
MQ	-12,4	6	0,4	1,8	-4,2	-0,4
MHQ	-10,5	2,4	2,8	4,7	-0,6	0

9.4.8 GM2; Partiell återställning av dämmena

I scenariot gällande 'GM2; Partiell återställning av dämmena' simulerades de förändringar som föreslagits för respektive dämme, vilket bedömdes ge störst strömningseffekter. Målet med denna simulering var att utreda ett scenario som omfattar hela ån och ger så stora effekter som möjligt. Därför antogs partiell utrivning, PU, för dämmena vid Högsmölla, Silverforsen, Rinneback, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn, medan det vid Lilla Harrie istället skedde en sänkning av dämnet i enlighet med förslag i miljökonsekvensbeskrivningen, S. Resultat från simuleringar för detta scenario finns i tabell E15 och E16, med en sammanfattning i tabell 22.

Som väntat syns tydliga strömningseffekter vid detta scenario. Vid dessa förutsättningar beräknas uppehållstiden för hela ån minska med 0,4 – 4,2 %, ytarean i det närliggande området sänks med 0,6 – 5,6 % och ytarean med strömmande vatten beräknas öka med 16 400 – 18 500 vid MQ, vilket motsvarar 55 – 67 % av de strömsträckor som finns i området idag.

Vid samtliga flöden ökar vattenhastigheterna i enlighet med vattenmängd; vid MLQ ökar den lugnflytande vattenytan, vid MQ den lugnflytande och strömmande vattenytan och vid MHQ den forsande vattenytan. De större förändringar i strömsträckorna kommer från områdena omkring Högsmölla och Bösmöllan, vilket visas i tabellerna E15 och E16, där de enda dämmena

med strömmande vatten vid MQ är just dessa dämmen och Silverforsen (men området vid detta dämme är mindre jämfört med vid de andra två).

Tabell 22 - Visar förändringen i mängd vattenyta med en viss hastighet i detta scenario jämfört med dämmena idag och uppehållstid för hela sträckan från Vombsjön.

GM2	LUGN* ΔYtarea [10 ³ m ²]	SVAG* ΔYtarea [10 ³ m ²]	STRÖM* ΔYtarea [10 ³ m ²]	FORS* ΔYtarea [10 ³ m ²]	TOTALT ΔYtarea [10 ³ m ²]	ΔTid [h]
<i>Vinter</i>						
MLQ	-33,7	8,3	1,2	0,5	-23,7	-12,1
MQ	-49,1	11,6	18,5	3,3	-15,6	-1,9
MHQ	-9,2	-9,1	0,2	14,9	-3,2	-0,1
<i>Sommar</i>						
MLQ	-31,7	7,8	0,1	0,7	-23	-12,4
MQ	-45,3	10,8	16,4	2,9	-15,2	-1,8
MHQ	-15,2	-6,4	3,4	15	-3,2	-0,1

10. Diskussion

Resultaten från denna studie visar att Kävlingeåns strömförhållanden är kraftigt påverkade av de dämmen som finns längs ån. Ur ett nationellt perspektiv är dämmena låga och kraftverken mycket små, men eftersom landskapet är flackt så däms större delen av ån upp. Detta har skapat en situation där strömningen i ån skiljer sig från det naturliga tillståndet; vilket i allmänhet består av omväxlande lugna, djupa dammar och grunda strömmande sträckor. Istället domineras ån av lugnflytande vatten som däms från det ena dämnet till nästa och där all fallhöjd sker över dämmets krön, eller genom turbiner i kraftverken.

Kävlingeåns naturliga strömning har sedan många år upphört då ån är uppdammd, utdikad och uträtad. Dessa förändringar påbörjades för hundratals år sedan, och trappades långsamt upp fram tills mitten av 1900 talet. Att även låga dämmen kan orsaka avtrappade vattenhastigheter och flera kilometers uppdamning visas tydligt i denna studies resultat. Den typen av förändringar som Kävlingeån genomgått ger ofta negativa effekter på växt och djurliv i och kring vattendrag. Barriäreffekten beskriver hur olika delar av systemet kan vara separerade och förhindra migration av vattenlevande arter för bland annat fortplantning och födosök. Därför är det intressant med beslut kring Kävlingeåns framtid.

Det finns i dagsläget inget förslag om fullständig utrivning av dämmena i ån. Förr i tiden såg landskapet runt Kävlingeån mycket annorlunda ut med våtmarker och slingrande små biflöden, vilka agerade dämpande vid höga vattenhastigheter. I dagsläget är ån känsligare för förändringar då naturliga fördröjningar av vattnet i avrinningsområdet knappt existerar längre, varvid åtgärder för att förbättra ytvattensituationen också kan behövas vid större förändringar i dämmena. De alternativ som simulerats i denna studie visar på att det finns potential för återställande av strömningsregimen i ån; det går att skapa strömmande partier. Simuleringen pekar också ut vilka områden som har större potential och på det viset kan åtgärder riktas dit där de ger störst resultat med minsta insats.

De strömförhållanden vilka resultatet grundats på är framförallt baserade på kapaciteten hos olika fiskarter att ta sig fram och vilken typ av strömhastigheter som till exempel öring och lax vill ha som lekhabitat. Det är

utifrån detta inte bara relevant att skapa faunapassager där fisk och andra djur kan ta sig förbi dämmen, utan också att öka strömhastigheter i de områden där det är möjligt. Detta eftersom strömmande vatten är en av de biotoper som i störst omfattning försvunnit på grund av mänsklig aktivitet. I de förslag från Kävlingeåns vattenråd (kapitel 9.1) gällande återställning för de nedre dämmena ingår också förslag på hur sträckor för strömhabitat kan ökas, dels genom små bäckfårar som skapas i faunapassager och dels genom återställning och uppbyggnad av åns botten. I studien undersöktes inte effekterna av denna förändring, men det ses att en uppbyggnad av botten kan vara nödvändig för att minska vattenhastigheter och lutning i anslutning till dämmen samtidigt som strömsträckor skapas för att motverka för höga hastigheter.

Det finns oro bland de boende kring ån att stora förändringar av dämmena ska orsaka skador på naturen genom sänkt vattenstånd på sommaren och att närmiljön kring ån byter skepnad från de spegeldammar som kan uppfattas som en del av åns naturliga tillstånd. Baserat på simuleringsresultaten i denna studie finns dock underlag för att även de mer drastiska åtgärderna såsom partiell utrivning inte kommer ge stora förändringar, utan att de flesta vattenspeglar och lugnflytande områden kommer kvarstå om än något mindre till ytan. Effekter av de större ingreppen beror främst på hur de iscensätts. Ån skulle vid partiell utrivning få tillbaka vissa strömsträckor mellan de lugnare områdena, vilket skulle kunna gynna växt- och djurliv i och kring ån.

Det finns mycket information om hur fiskrik Kävlingeån och Vombsjön tidigare varit, med kommersiellt fiske efter bland annat kräftor, abborre och ål i åns nedre delar. Även idag finns migrerande arter såsom öring och ål i ån. Ålar, som tillhör en akut hotad art, vandrar upp i Kävlingeån som små och lever sitt liv där fram till de är könsmogna varpå de vandrar ut i havet för fortplantning. Vid nervandring till havet genom Kävlingeån är ålen särskilt utsatt. Dess biologi gör den känslig för de fördröjningar som sker i samband med dämmena och dess långa kropp gör den utsatt för eventuella skador i samband med turbinpassage. Ålens situation i ån är ett tydligt exempel på varför åtgärder på flera håll krävs av myndigheter och organisationer.

Resultaten från de simulerade scenarierna visar inte på några markant minskade uppehållstider. Högt flöde i scenariot '*GM2; Partiell återställning av dämmena*' är den simulering med störst effekter i ån; i vilken

uppehållstiden minskade från 290 timmar till 278 timmar. De största förändringarna som simulerades orsakade alltså att tiden det tar för vattnet att ta sig från Vombsjön till havet minskade med 4 %. Dessa större förändringar bör således inte heller påverka vattendragets förmåga till näringsupptag i någon större utsträckning. Likaledes är förändringarna i uppehållstid relativt små vid lägre flöden, varvid varken de biotiska eller abiotiska processerna för näringsretention påverkas nämnvärt vid partiell utrivning av dämmena.

Det finns också en oro att ån ska växa igen fullständigt under sommartid vid låga vattenhastigheter och -nivåer. Baserat på de resultat om vattendjup som fås vid till exempel Rinnebäck visas att även vid en partiell utrivning kommer vattendjupet i huvudfåran vara så pass stort längs en majoritet av sträckan att vattendraget sannolikt förblir öppet. Då de utrivningsalternativ som undersöktes i denna studie generellt visar på små effekter kan även vegetationsutbredningen förväntas bli begränsad. Denna bedömning är dock individuell för respektive dämme.

När det gäller modellprestation så hade det varit önskvärt med ekolodat dataunderlag för hela sträckan, då resultaten från dessa sträckor blev mer pålitliga och många osäkerheter eliminerades. De likheter som kunde ses mellan den korta och den långa modellen uppträdde framförallt längs dessa sträckor, då de även utgjorde grund för bestämmande tvärsektioner i den längre modellen. På grund av detta så är de skillnader som fastställdes statistiskt mellan modellerna bara jämförbara i den nedre delen av ån, varvid modellprestationen i den långa modellen uppströms Krutmöllan är betydligt mer osäker.

11. Slutsatser

- *Hur ser strömningen ut i Kävlingeån under nuvarande hydrauliska förhållanden?*

Kävlingeån är i dagsläget uppdämd större delen av sträckan mellan Vombsjön och Håstad mölla, då dämmena orsakar vattenhöjden uppströms. Från Håstad mölla nedströms till Högsmölla visade känslighetsanalysen att 83 % av sträckan, vid lågt flöde, var påverkad av de dämmen som finns längs sträckan. Efter Högsmölla finns inga fler fördämningar, varvid det är bottenlutning och havsvattenstånd som avgör vattnets höjd. Detta har lett till att ån domineras av lugnflytande vatten, förutom vid höga flöden då vattnet forsar fram.

- *Hur kommer strömningen i Kävlingeån att påverkas om en del dämmen förändras eller tas bort?*

Resultat från denna studie visar på att de förslag som i dagsläget finns angående olika typer av förändringar i dämmena har låg till medelstor påverkan på vattennivåer och strömförhållandena uppströms jämfört med dagsläget. Effekterna av de olika utrivningarna gav resultat inom ett intervall av 1 – 3 cm för det mindre faunapassagerna, 3 - 12 cm för de större faunapassagerna, 11 - 27 cm för partiell utrivning och 29 – 72 cm för djupare partiell utrivning som medelvärde för alla respektive resultat. Generellt syntes dock en ökning av vattenhastigheterna i samband med utrivningarna i dämmena och ju mer vattenytan sänktes desto större strömhastigheter kunde iakttas. Vid den djupare partiella utrivning som simulerades för Högsmölla, Silverforsen och Bösmöllan sänktes vattenytan som mest med 0,8 m närmast dämmena vid lågt flöde.

I känslighetsanalysen visades det att total borttagning av dämmena ökade hastigheterna med genomsnittligen 5 % vid högt flöde och 45 % vid lågt flöde. Denna analys var dock simpel då den antog att det substrat vilka dämmena består av totalt togs bort, och de vattenhastigheter som beräknades i denna analys är därför sannolikt överskattade. Resultaten visade dock att ån fortfarande hade ett strömförhållande som var av övervägande lugnflytande eller svagströmmande karaktär vid låga respektive medelstora flöden.

- *Vilka dämmen ger teoretiskt mest strömområde vid partiell utrivning och hur stora kan dessa områden bli?*

Vid analys av de scenarier som genomfördes för respektive dämme upptäcktes att strömsträckor endast uppkom i områdena uppströms fyra av de sex undersökta dämmena (vid låg- och medelflöden) i Kävlingeån. I området mellan Krutmöllan och Rinnebäck skapades strömmande partier vilka täckte upp emot 1,5 % av området då det nedre dämnet genomgick en djupare partiell utrivning. Även sträckan mellan Rinnebäck och Silverforsen uppvisade ett strömområde vilket upptog nästan 4 % av området, men då denna strömning uppstod vid en kontraktion som orsakade vattensprång ökade inte områdets omfattning med utrivning vid Silverforsen.

De markanta strömsträckor vilka skapades vid simulering uppstod i samband med utrivning av dämmena i anslutning till Högsmölla och Bösmöllan. Vid djupare partiell utrivning av dämnet vid Högsmölla sågs att andelen strömmande vattenyta i området uppströms mot Silverforsen ökade från ca 12 - 30 %, och för Bösmöllan ökade andelen strömmande vatten från ca 17 - 27 % i samma scenario. Resultat gällande Bösmöllan simulerades dock i den längre modellen varvid de har en större osäkerhet.

- *Vilken minskning i uppehållstid under transport i vattendraget medför förändrandet av dämmena?*

Resultat från scenariot '*GM2; Partiell återställning av dämmena*' visade på möjlighet att skapa genomsnittligen 17 450 nya kvadratmeter ytareal strömmande vatten vid medelvattenföring. Det är dock viktigt att ta detta resultat med en nypa salt, då simuleringar i den längre modellen överlag uppvisade skillnader gentemot de simuleringar vilka genomfördes i den kortare modellen. För scenarier angående dämnet vid Rinnebäck uppvisades till exempel inga strömsträckor alls i den långa modellen, medan den kortare uppvisade några mindre partier med strömmande vatten.

I '*GM1; Partiell återställning av dämmena*' vilken berör de tre nedre dämmena kan det ses att det genomsnittligen kan skapas 6 475 nya kvadratmeter ytareal strömmande vatten vid medelvattenföring i denna del av ån. Dessa resultat anses mer pålitliga överlag beroende på att botten till majoritet av sträckan är ekolodad.

I kapitel 9.4 angående de Kombinerade scenarierna redovisades de skillnader i uppehållstider vilka kan förväntas vid iscensättande av respektive scenario. I den kortare modellen, vilken sträcker sig från Krutmöllan till havet, uppvisades minskningar med upp till 8,3 timmar för låga flöden och 0,1 timmar för höga flöden. Ursprungstiderna vid dessa flöden beräknades till ungefär 111 timmar för låga och 7 timmar för höga flöden. I den långa modellen uppgick de ursprungliga uppehållstiderna för flöde mellan Vombsjön och havet från ca 24 till 290 timmar för höga till låga flöden. Vid den simulerade återställningen i ån minskade dessa värden endast med 0,1 till 12,4 timmar. Överlag visades alltså små effekter i form av minskade uppehållstider i Kävlingeån i de simulerade scenarierna.

11.1 Våra tankar

I Sverige saknas idag studier som följer ett vattendrag före, under och efter en återställande åtgärd av typen damnutrivning. Detta gör att det är svårt att med säkerhet förutsäga vilka förändringar som kan förväntas. Därför vill vi uppmana till noggrann dokumentering av förändringar och resultat på ett vetenskapligt vis under många år framöver i det fallet att partiell utrivning genomförs i Kävlingeån, och att om möjligt engagera forskning kring effekterna på ån.

Utifrån de resultat som tagits fram och vad som efterfrågas så anser vi att det finns anledning att ekoloda, eller på annat sätt kartera, botten mellan Bösmöllan och Kvarnvik. Denna sträcka är en av de som uppvisar större potential för skapande av strömområde och bedömningen kvarstår att modellen är så pass korrekt att det kan anses sannolikt att andra områden är av mindre intresse.

Sträckan mellan Krutmöllan och Lilla Harrie är också av intresse då där verkar finnas en del fallhöjd, men då det inte förekom några förlag om förändringar vid Krutmöllan undersöktes denna sträcka inte närmare.

Utifrån den studie som vi utfört kan vi konstatera att en utgångspunkt från ekolodsdata vid modellering ger stor noggrannhet och precision i förhållande till andra tillvägagångssätt och vi hade därför gärna sett fler utredningar baserade på ekolodsdata.

12. Källförteckning

- ArtDatabanken (2015) *Rödlistade arter i Sverige 2015*. ArtDatabanken SLU, Uppsala. Hämtad: juni 2017 från [\[https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/2.-var-verksamhet/publikationer/22.-rodlistan-2015/rodlistan_2015.pdf\]](https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/2.-var-verksamhet/publikationer/22.-rodlistan-2015/rodlistan_2015.pdf)
- Blomström J. (2015) *Om rättsverkan av äldre rättigheter och tillstånd för vattenkraft*. Juridiska institutionen. Stockholm universitet. Vårtermin -16. Hämtad: mars 2017 från [\[http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:825883/FULLTEXT01.pdf\]](http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:825883/FULLTEXT01.pdf)
- Brandt M. (1990) *Transport and Deposition of Suspended and Dissolved Material – Examples from Swedish Rivers*. Geografiska annaler. Series A, Physical Geography, Vol. 72, No. ¾ (1990), pp. 273-283. Wiley.
- Brater E, King H, Lindell J & Wei C. (1996) *Handbook of Hydraulics*. Published by McGraw-Hill Education, 7th edition. ISBN 10: 0070072477.
- Calles O. Gustafsson S. Österling M. (2012) *Naturlika fiskvägar idag och imorgon*. Karlstads Universitet, Fakulteten för samhälls- och livsvetenskaper, Universitetstryckeriet Karlstad. Hämtad: juni 2017 från [\[https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:516568/FULLTEXT01.pdf\]](https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:516568/FULLTEXT01.pdf)
- Chow V.T. (1959) *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book Company, United States of America. Hämtad: maj 2017 från [\[http://web.ipb.ac.id/~erizal/hidrolika/Chow%20-%20OPEN%20CHANNEL%20HYDRAULICS.pdf\]](http://web.ipb.ac.id/~erizal/hidrolika/Chow%20-%20OPEN%20CHANNEL%20HYDRAULICS.pdf)
- Eklöv A. (2000) *Fiskevårdsplan Kävlingeån*. Kävlingeåns – Löddeåns fvo. Eklövs Fiske och Fiskevård, Maj 2000. Hämtad april 2017 från: [\[http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/fiskevardsplaner-och-inventeringar/fiskevardsplaner/KavlingeånFvplan2000.pdf\]](http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/fiskevardsplaner-och-inventeringar/fiskevardsplaner/KavlingeånFvplan2000.pdf)
- Eklöv A. (2015) *Undersökning av fiskfauna och vandringshinder Höje å – Kävlingeån 2015*. Lunds kommun. Hämtad: mars 2017 från [\[http://www.hojea.se/rapporter/Inventering_Fisk_Lunds_kmn_2015.pdf\]](http://www.hojea.se/rapporter/Inventering_Fisk_Lunds_kmn_2015.pdf)

- Eklöv A. (2017) *Förstudie-miljöanpassning/återställning av Kävlingeån*. Kävlingeåns Vattenråd, Fiskevårdsteknik AB. Hämtad: vt 2017 från [<http://www.kavlingeån.se/files/Kaevlingeån2.pdf>]
- Ekologgruppen (2009) *Förslag till bildande av Kävlingeåns Vattenråd*. På uppdrag av Programberedningen för Kävlingeå-projektet. Skapad: 2008-06-16. Senast reviderad: 2009-10-21. Hämtad mars 2017 från [http://kavlingeån.se/rapporter/K-aan-Vattenraad_22okt09.pdf]
- Ekologgruppen (2012) *Vombsjön*. Redovisning från Sjödatabasen. För Länsstyrelsen i Skåne Län. Ekologgruppen i Landskrona AB. Publicerat: 2012-10-09. Hämtad: mars 2017 från [<http://malmo.se/download/18.6fb145de1521ab79c0a286b6/1491300280952/Vombsj%C3%B6n.pdf>]
- Ekologgruppen (2016) *Höga och låga vattenflöden i vattendrag i Kävlingeåns avrinningsområde*. Ekologgruppen i Landskrona AB. Hämtad mars 2017 från [http://kavlingeån.se/rapporter/Floedesrapport_ver_september20160928.pdf]
- ESRI (2016) *Surface formats*. I desktop.arcgis.com. Hämtad: 3 april 2017, från [<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/3d-analyst/surface-formats.htm>]
- ESRI (2017) *How Topo to Raster works*. I pro.arcgis.com. Hämtad: 1 april 2017, från [<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-topo-to-raster-works.htm>]
- Fiskevårdsteknik i Sverige AB (2017) *Miljöanpassning av Vandringshinder*. Kävlingeåns Vattenråd, Kävlingeån. Hämtad 22 augusti 2017 från [http://kavlingeån.se/files/Kaevlingeån_Kallelse_Protokoll-2017/Kaevlingeåns-vattenvårdsprogram/2017/Bilaga-1_Slutrapport-miljoanpassning.pdf]
- Fredriksson A & Olsson M (2015) *Jämförelse av höjdmätning med olika GNSS mottagare i SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst*. Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem. Lantmäterirapport 2015:1. Hämtad 29 september 2017 från [https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/diariet-och-arkivredovisning/rapporter/2015/2015_1.pdf]

Föreläggande (2016:a) *Ansökan om tillstånd om lagligförklaring av befintlig vattenkraftsanläggning samt ansökan om vattenkraftvarksamhet vid anläggning på fastighet Lilla Harrie 4:2, Kävlinge kommun.* Mål nr: M2150-15 4:2. Växjö Tingsrätt, Mark och miljödomstolen.

Föreläggande (2016:b) *Ansökan om lagligförklaring av dammanläggning, tillstånd från elkraftproduktion m.m på fastigheten Bösamöllan 1:1, Lunds kommun.* Mål nr: M2155-15 4:2. Växjö Tingsrätt, Mark och miljödomstolen.

Föreläggande (2016:c) *Ansökan om lagligförklaring av dammanläggning, tillstånd till elproduktion m.m på fastigheten Mellanmöllan 1:1, Lunds kommun.* Mål nr: M2152-15 4:2. Växjö Tingsrätt, Mark och miljödomstolen.

Grant G.E. & Lewis S.L (2015) *The Remains of the Dam: What Have We Learned from 15 Years of US Dam Removals?* – Antologi: Hämtad juni 2017 [http://wpg.forestry.oregonstate.edu/sites/wpg/files/bibliopdfs/15_Grant%26Lewis_IAEG_Dams.pdf]

Hamill, Les (2011) *Understanding Hydraulics*. Third edition. PALGRAVE MACMILLAN

Harrie L. (2013) *Geografisk informationsbehandling*. 6th ed. Lund: Studentlitteratur AB.

Harrison D. (2015) *När introducerades vattenkvarnen?* Från svd.se. Hämtad: 13 mars 2017, från [<https://www.svd.se/nar-introducerades-vattenkvarnen/om/harrisons-historia>]

Hart, D. Johnson, T. Bushaw-Newton, K. Horwitz, R. Bednarek, A. Charles, D. Kreeger, D. Velinsky, D. (2002) *Dam Removal: Challenges and Opportunities for Ecological Research and River Restoration*. BioScience, 2002. Hämtad juni 2017 från [<https://academic.oup.com/bioscience/article/52/8/669/254910/Dam-Removal-Challenges-and-Opportunities-for>]

Havs- och vattenmyndigheten (2013) *Vattenkraftens påverkan på akvatiska ekosystem – en litteratursammanställning*. Havs- och vattenmyndigheten (2013:10). Hämtad: 13 mars 2017 från

[<https://www.havochvatten.se/download/18.5f66a4e81416b5e51f7bf0/1380888859932/rapport-hav-2013-10-vattenkraftens-paverkan.pdf>]

Havs- och vattenmyndigheten (2016) *Ramdirektivet för vatten - utgångspunkt för svensk vattenförvaltning*. I havochvatten.se. Hämtad: 13 mars 2017, från [<https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljomal--direktiv/vattendirektivet.html>]

Havs- och vattenmyndigheten (2017) *Nationell strategi för vattenkraft och vattenmiljö*. I havochvatten.se. Hämtad: 19 juni 2017, från [<https://www.havochvatten.se/hav/fiske--fritid/miljopaverkan/fysisk-paverkan/nationell-strategi-for-vattenkraft-och-vattenmiljo.html>]

Holmström K. (2013) *Kävlingeåprojektet - Slutrapport etapp I-IV*. Ekologgruppen i Landskrona AB. Hämtad mars 2017 från [http://www.kavlinge.se/rapporter/Kproj_slutrapport_etapp_IV_maj_2013.pdf]

IEA (2012) *Technology roadmap Hydropower*. International Energy Agency, Frankrike. Hämtad: juni 2017 från [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_Hydropower_Roadmap.pdf]

Jewert J. (2014) *Den nya striden om vattenkraften*. Forskning & Framsteg. Publicerad: 2014-06-08. Hämtad: 8 mars 2017 från [<http://fof.se/tidning/2014/6/artikel/den-nya-striden-om-vattenkraften>]

Johansson J. (2015:a) *Sjö- och vattendragsplan*. Remissversion. Lunds kommun. Hämtad: mars 2017 från [http://www.hojea.se/rapporter/Bilaga_5_Sjoe-och_vattendragsplan_Lunds_kommun.pdf]

Jonsson M. (2015) *Rikedomar runt rinnande vatten – De ekonomiska värdena av en miljöanpassad vattenkraft*. Naturskyddsföreningen, Sportfiskarna, WWR, Älvräddarna. Hämtad: 8 mars 2017 från [<http://www.wwf.se/source.php/1603344/rikedomar%20vatten%202.pdf>]

KVVF (2017) *Välkommen till Kävlingeåns vattenvårdsförbund!!* Hämtad: 17 mars 2017, från [<http://kavlingeans-vvf.com/>]

Kävlinge kommun (2010) *Kävlinge översiktsplan, ÖP 2010*. Antagen av fullmäktige 2010-02-11. Kävlinge kommun. Hämtad: mars 2017 från

- [\[https://www.kavlinge.se/download/18.f8873cc141a12daff3165e/1382011_081147/9+Allm%C3%A4nna+intressen+del+2.pdf\]](https://www.kavlinge.se/download/18.f8873cc141a12daff3165e/1382011_081147/9+Allm%C3%A4nna+intressen+del+2.pdf)
- Kävlingeå-projektet (2017) *Om projektet: Bakgrund*. I kavlingeaprojektet.se. Hämtad: 17 mars 2017, från [\[http://www.kavlingeaprojektet.se/Bakgrund1111.htm\]](http://www.kavlingeaprojektet.se/Bakgrund1111.htm)
- Kungörelse (2015:a) *Ansökan om tillstånd enligt 11 kap. Miljöbalken (1998:808) samt lagligförklaring av anläggning*. Mål nr: M2150-15 4:2. Växjö Tingsrätt, Mark och miljödomstolen.
- Kungörelse (2016:b) *Ansökan om tillstånd för vattenverksamhet*. Mål nr: M2155-15 4:2. Växjö Tingsrätt, Mark och miljödomstolen.
- Kungörelse (2016:c) *Ansökan om tillstånd för vattenverksamhet*. Mål nr: M2152-15 4:2. Växjö Tingsrätt, Mark och miljödomstolen.
- Lantmäteriet (2016) *Kvalitetsbeskrivning nationell höjdmodell, version 1:1*. Lantmäteriet. Hämtad: 29 mars. från: [\[https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/produktbeskrivningar/kvalitetsbeskrivning_nh.pdf\]](https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/produktbeskrivningar/kvalitetsbeskrivning_nh.pdf)
- Lantmäteriet (2017) *Införande av SWEREF 99 och RH 2000*. I lantmateriet.se. Hämtad: 30 mars 2017, från: [\[https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/GPS-och-geodetisk-matning/Referenssystem/Inforande-av-SWEREF-99-och-RH-2000/\]](https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/GPS-och-geodetisk-matning/Referenssystem/Inforande-av-SWEREF-99-och-RH-2000/)
- Lejon, A. G. C., B. Malm Renöfält, and C. Nilsson. 2009. Conflicts associated with dam removal in Sweden. *Ecology and Society* **14**(2): 4. Hämtad: juni 2017, från [\[http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art4/\]](http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art4/)
- Lindblom E. & Holmgren K. (2016) *Den småskaliga vattenkraftens miljöpåverkan och samhällsnytta, en syntesstudie*. IVL Svenska Miljöinstitutet 2016. Rapportnummer B 2258. Hämtad mars 2017 från [\[http://www.ivl.se/download/18.7e136029152c7d48c201af0/1461932910506/B2258.pdf\]](http://www.ivl.se/download/18.7e136029152c7d48c201af0/1461932910506/B2258.pdf)
- Länsstyrelsen Jönköping (2002) *Biotopkartering – vattendrag; Metodik för kartering av biotoper i och i anslutning till vattendrag*. I länsstyrelsen.se.

- Hämtad: 23 augusti 2017, från [http://www.lansstyrelsen.se/jonkoping/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/2002/2002_55_webb.pdf]
- Länsstyrelsen Skåne (2012) *Regional vattenförsörjningsplan för Skåne län - Utppekande av vattenresurser av regional betydelse för dricksvattenförsörjningen i Skåne idag och i framtiden*. Länsstyrelserapport: 2012:2. ISBN: 978-91-86533-68-7.
- Länsstyrelsen Skåne (2017:a) *Miljöpåverkan från vattenkraft*. I lansstyrelsen.se. Hämtad: 13 mars 2017, från [<http://www.lansstyrelsen.se/skane/Sv/miljo-och-klimat/vatten-och-vattenanvandning/vatmarker-restaurera/restaurera/dammen/paverkan-vattenkraft/Pages/default.aspx>]
- Länsstyrelsen Skåne (2017:b) *Kävlingeån/Lödde å*. I lansstyrelsen.se. Hämtad: 9 februari 2017, från [http://www.lansstyrelsen.se/skane/Sv/djur-och-natur/skyddad-natur/ovriga_skyddsformer/nationellt-vardefulla-vatten/vattenbeskrivning/Pages/kavlinge-anlodde-a.aspx]
- Länsstyrelsen Skåne (2017:c) *Kävlinge å*. I lansstyrelsen.se. Hämtad: 6 mars 2017, från [http://www.lansstyrelsen.se/skane/Sv/samhallsplanering-och-kulturmiljo/landskapsvard/kulturmiljoprogram/sarskilt-vardefulla-kulturmiljoer-i-skane/kulturmiljostrak/Pages/Kavlinge_a.aspx]
- Nyqvist D. (2016) *Atlantic salmon in regulated rivers Migration, dam passage, and fish behavior*. Universitetsstryckeriet, Karlstad 2016 Hämtad: juni 2017, från [<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1038779/FULLTEXT01.pdf>]
- Persson A. (2015) *Miljömålsstrategi 2008-2015*. Strategiska avdelningen, Kävlinge kommun, 2015. Hämtad mars 2017 från [<http://docplayer.se/16578412-Miljomalstrategi-2015-2018.html>]
- Publikationsbyrå (2015) *God vattenkvalitet i Europa (EU:s vattendirektiv)*. Hämtad: 8 mars 2017 [<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=LEGISSUM:l28002b>]
- Rabow A., Sträng M., Olsson C., Tronde B., (2012) *Kulturmiljöprogram Kävlinge kommun, tematisk översiktsplan*. Regionmuseet Landsantikvarien i Skåne. Kävlinge kommun. Hämtad: mars 2017 från

[\[https://www.kavlinge.se/download/18.f8873cc141a12daff3168a/1382011873058/Tematisk+%C3%B6versiktsplan+Kulturmilj%C3%B6program.pdf\]](https://www.kavlinge.se/download/18.f8873cc141a12daff3168a/1382011873058/Tematisk+%C3%B6versiktsplan+Kulturmilj%C3%B6program.pdf)

Ross P. (2007) *Extraordinary Animals: An Encyclopedia of Curious and Unusual Animals*, Greenwood Press. Hämtad: juni 2017, från [\[http://www.marefa.org/images/e/ea/Piper_Extraordinary_Animals-An_Encyclopedia_.pdf\]](http://www.marefa.org/images/e/ea/Piper_Extraordinary_Animals-An_Encyclopedia_.pdf)

SCB (2017) *80 procent av elen kommer från vattenkraft och kärnkraft*. I SCB.se. Hämtad: 9 februari 2017, från [\[http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/energi/#0f540e57-bca3-4404-b59b-4bf65fea8ded\]](http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/energi/#0f540e57-bca3-4404-b59b-4bf65fea8ded)

Skåne (2016) *Snabbfakta om Skåne*. I skane.se. Hämtad: 17 mars 2017, från [\[http://www.skane.com/sv/snabbfakta-om-skane\]](http://www.skane.com/sv/snabbfakta-om-skane)

SMHI (1995) *Sänkta och torrlagda sjöar*. SMHI Svenskt Vattenarkiv. Tryckeri: CA-Tryck AB Norrköping 1995. ISSN: 0283-7722. Hämtad mars 2017 från [\[https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.102410!/sanktasjoar.pdf\]](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.102410!/sanktasjoar.pdf)

SOU 2009:42. *Vattenverksamhet*. Delbetänkande av Miljöprocessutredningen. Stockholm: Fritzes offentliga publikationer. Hämtad mars 2017 från [\[http://www.regeringen.se/49bbaa/contentassets/44dacb0dc3d44256859e40780df52847/vattenverksamhet-hela-dokumentet-sou-200942\]](http://www.regeringen.se/49bbaa/contentassets/44dacb0dc3d44256859e40780df52847/vattenverksamhet-hela-dokumentet-sou-200942)

SOU 2013:69. *Ny tid ny prövning - förslag till ändrade vattenrättsliga regler*. Delbetänkande av Vattenverksamhetsutredningen. Stockholm: Fritzes offentliga publikationer. Hämtad mars 2017 från [\[http://www.regeringen.se/49bba8/contentassets/8b7f91f4777141529bf0119c79feeaf0/ny-tid-ny-provning---forslag-till-andrade-vattenrattsliga-regler-sou-201369\]](http://www.regeringen.se/49bba8/contentassets/8b7f91f4777141529bf0119c79feeaf0/ny-tid-ny-provning---forslag-till-andrade-vattenrattsliga-regler-sou-201369)

SOU 2016:32. *En trygg dricksvattenförsörjning – bakgrund, överväganden och förslag, Del 1*. Slutbetänkande av Dricksvattenutredningen. Elanders Sverige AB, Stockholm 2016. Hämtad: mars 2017 från [\[http://www.regeringen.se/498c48/contentassets/0b4b09576f1d460490443c48a2b1c197/en-trygg-dricksvattenforsorjning-sou-2016_32.pdf\]](http://www.regeringen.se/498c48/contentassets/0b4b09576f1d460490443c48a2b1c197/en-trygg-dricksvattenforsorjning-sou-2016_32.pdf)

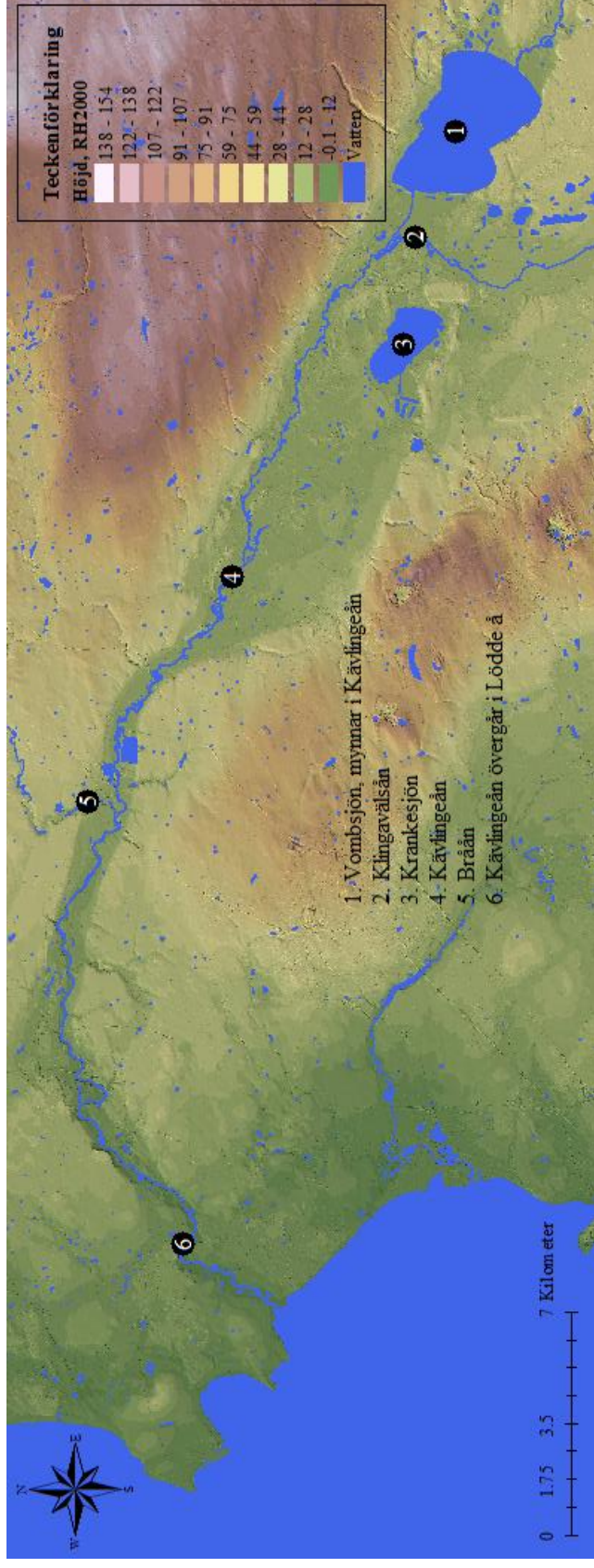
- Stanley E.H & Doyle M.W (2002) *A Geomorphic Perspective on Nutrient Retention Following Dam Removal*. BioScience, Hämtad: juni 2017, från [<https://www.fws.gov/habitatconservation/Dams.pdf>]
- Sydvatten (2017) *Vombsjön*. I sydvatten.se. Hämtad 21 mars 2017, från [<http://sydvatten.se/vombsjon/>]
- US Army Corps of Engineers (2016:a) *HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 5.0*. US Army Corps of Engineers, Institute for water resources, Hydrologic Engineering Centre, Davis. Hämtad 2017 från [<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Users%20Manual.pdf>]
- US Army Corps of Engineers (2016:b) *HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 5.0*. US Army Corps of Engineers, Institute for water resources, Hydrologic Engineering Centre, Davis. Hämtad 2017 från [<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf>]
- Vattenkraft (2012) *Vattenkraft - energikälla med lång historia*. I corporate.vattenfall.se. Hämtad 13 mars 2017, från [<https://corporate.vattenfall.se/press-och-media/nyheter/import-nyheter/vattenkraft-energi-kalla-med-lang-historia/>]
- Weijman-Hane G (1969) *Kävlingeåns generalplan*. Kävlingeåns vattenvårdsförbund. I kavlingeans-vvf.com. Hämtad: 6 mars 2017, från [<http://www.kavlingeans-vvf.com/wp-content/uploads/2014/05/K%C3%A4vlinge%C3%A5ns-generalplan-1969.pdf>]
- Widmark, Dag (2002) *Småskalig vattenkraft och kulturmiljö*, Kunskapsavdelningen, Riksantikvarieämbetet. Hämtad: mars 2017 från [https://www.raa.se/publicerat/rapp2002_6.pdf]
- VISS (2017:a) *Vombsjön*. I viss.lansstyrelsen.se. Hämtad: 9 februari 2017, från [<https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE617666-135851>]
- VISS (2017:b) *Kävlingeån: Havet-Bråån*. I viss.lansstyrelsen.se. Hämtad: 20 februari 2017, från [<https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE618685-133000>]

Vought, L.B. (2011) *Dagvattenrecipienter i Lunds kommun, klassificering av dagvattenrecipienter*. VA-SYD. Hämtad: mars 2017 från
[http://www.hojea.se/rapporter/Dagvatten_recipienter_Lunds_kmn.pdf]

Ödman A. (2016) *Kävlinges historia, från istid till enskifte*. KEPÅ Tryck AB, Kävlinge 2016. ISBN: 978-91-983190-0-2.

Bilaga A.

Karta över Kävlingeån, från Vombsjön till havet



Figur A1 Karta över vattendrag i anslutning till Kävlingeån. Samtliga dämmen i ån är belägna efter biflöde från Bråån, innan Kävlingeån övergår i Lödde å.

Bilaga B.

Validering av metod för bearbetning av ekolodsdata

För utvärdering av den metodik använd vid bearbetning av ekolodsdata extraherades värden från raster-strukturen motsvarande valideringspunkternas koordinater innan samt efter bearbetning, för jämförelse i höjdd. Vid jämförelsen användes de validerade punkterna som nollvärden, varvid höjddata från Lantmäteriet definierades i förhållande till deras nivå. Omvänd definiering hade resulterat i samma slutsatser (men andra största och minsta värden). Vid jämförelsen beräknades medelvärde och standardavvikelse såsom i ekvation 1 och 2.

$$\text{Medelvärde} \quad m = \frac{\sum_{x=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

$$\text{Standardavvikelse} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n}} \quad (2)$$

Där	m – medelvärde	[m]
	x_i – enskilt observationsvärde	[m]
	n – antalet observationer	[st]
	σ – standardavvikelse	[m]

I tabell B1, B2 och B3 syns statistik vilken beräknats gällande extraherade värden från höjddata i förhållande till valideringspunkter. De beräkningar som utförts i tabell B1 och B2 gäller samma punkter, men är utförda innan samt efter bearbetning av ekolodsdata, för grova uppskattningar kring resultaten. I tabell B3 har beräkningarna genomförts gällande punkter placerade på land, vilka därför inte påverkas av den höjdförenkling Lantmäteriet genomför i anslutning till vattendrag i höjdkartor. Under inmätningen av valideringspunkter mättes även sedimenttjocklek i Kävlingeån, för uppskattningar kring dess inverkan på ekolodsdata och valideringspunkter. Resultat från dessa inmätningar samt beräkningar gällande dem finns i tabell B4.

Tabell B1 - Statistik över skillnader i RH2000 mellan valideringspunkter och höjddata från Lantmäteriet innan bearbetning av ekolodsdata.

Innan databearbetning	
Valideringspunkter	21 st
Minsta värde	0,03 m
Största värde	1,59 m
Medelvärde	0,85 m
Standardavvikelse	0,39 m

Tabell B2 - Statistik över skillnader i RH2000 mellan valideringspunkter och höjddata från Lantmäteriet efter bearbetning av ekolodsdata.

Efter databearbetning	
Valideringspunkter	21 st
Minsta värde	-0,50 m
Största värde	0,66 m
Medelvärde	0,20 m
Standardavvikelse	0,34 m

Tabell B3 - Statistik över avvikelser mellan inmätta valideringspunkter och höjddata från Lantmäteriet på land.

Land	
Valideringspunkter	34 st
Minsta värde	0,004 m
Största värde	0,58 m
Medelvärde	0,28 m
Standardavvikelse	0,12 m

Tabell B4 - Statistik gällande inmätt sedimenttjocklek i samband med dämmen.

Sediment	
Valideringspunkter	16 st
Minsta tjocklek	0,27 m
Största tjocklek	0,69 m
Medeltjocklek	0,42 m
Standardavvikelse	0,17 m

Vid jämförelse av tabell B1 och B2 syns effekterna av databearbetningen. Medelavståndet mellan höjddata och valideringspunkter har minskat markant efter sammanslagningen med ekolodsdata. Likaså har standardavvikelsen förbättrats och den största skillnaden gentemot valideringen har minskat med närmare en meter. Detta tyder på att den bearbetning av ekolodsdata som genomförts förbättrar höjddata i åfåran.

För validering av bearbetningen är det dock mer passande med en jämförelse gentemot punkter utanför vattendraget, då dessa är pålitligare. Då tabell B2 och B3 jämförs syns det att medelavståndet mellan höjddata och valideringspunkter är mindre vid områden som ekolodats jämfört med övriga punkter på land. Dock är standardavvikelsen och det intervall vilket beräkningarna täcker nästan det dubbla när det kommer till punkterna inom de ekolodade områdena.

Fördämning i Kävlingeån bidrar till lagring av sediment. Detta påverkar ekolodning då sedimentpartiklar tolkas som botten av den teknik vilken används vid inmätning. Sedimentet påverkar även inmätning av valideringspunkter, då dessa bör mätas i ovan delen av sedimentlager, vilken i praktiken är svårt att urskilja. Det är därför rimligt att räkna med avvikelser vid inmätning av botten, framförallt då sediment i ån har en medeltjocklek på 0,42 m såsom i detta fall.

Upplösningen i de bearbetade raster-strukturerna består av rutor med en storlek på 2 m². Inom denna ruta klumpas sedan samtliga inmätta höjd-värden ihop till ett värde. Då ett område har brantare lutning får därför enskilda valideringspunkter ofta större fel i förhållande till det motsvarande värdet i raster-strukturen. De valideringspunkter vilka mättes inom ekolodade områdena placerades vid kanten av åfåran (på grund av stora vattendjup), där lutningen ofta var brant. Detta kan ha bidragit till ett större intervall för de ekolodade områdena, samt de negativa värdena i detta intervall.

Det är dock rimligt med ett intervall vilket innefattar både positiva och negativa värden. Lantmäteriets inmätning sker uppifrån, vilket innebär att förekomst av träd samt liknande upphöjningar kan påverka datainsamling då de laserpunkter som används riskerar att reflekteras innan de når marken. Höjddata kan genom detta få fel såsom högre höjder än reellt. Det höga medelavståndet och positiva intervallet i tabell B3 beror troligtvis på detta, då det fanns rikligt med vegetation kring de områden där valideringspunkterna mättes in.

Det är med andra ord svårt att reda ut de bakomliggande orsakerna kring varför resultaten skiljer sig åt i tabell B2 och B3. Det är därmed även svårt att peka ut möjliga förbättringar i den metodik som utvecklats för bearbetning av ekolodsdata. Slutsatser kan dock dras kring att metodiken resulterar i ett rimligt resultat med stor precision.

Bilaga C.

Kalibreringsnivåer för dämmen

Tabell C1 De nivåer på vattenyta samt botten kring dämmena vilka användes för kalibrering av modellerna. Värdena som noterats med 1 är hämtade från miljökonsekvensbeskrivningar tillkommande ansökning om lagligförklaring för de tre aktiva vattenkraftverken i ån. De värden som noterats med 2 är uträknade med hjälp av vattenhöjder i Lantmäteriets höjdkartor samt närliggande valideringspunkter. Notering 3 visar vilka värden som antagits utefter brotvärsektioner samt övriga bottendjup. Resterande värden är inmätta som kalibreringspunkter. Samtliga höjder är anpassade till ett flöde om 9,16 m³/s, då majoriteten av värdena mättes in.

Nivåer för dämmen vid validering

	Vattennivå innan dämme [möh]	Vattennivå efter dämme [möh]	Dämmets höjd över botten vid intag [m]
Håstad mölla	15,92	15,15	3 ³
Kvarnviks Valskvarn	15,08 ²	12,54 ²	1,8 ¹
Bösmöllan	12,02	10,87	2 ¹
Farina AB	10,85	8,21	2,44 ¹
Krutmöllan	8,11 ²	7,36	2,4 ³
Rinnebäck kvarn	7,34	5,89	2,53
Silverforsen	5,88	3,72	2,4
Högsmölla	2,44	0,83	2,41

Bilaga D.

Resultat gällande föreslagna förändringar för dämmena

I denna bilaga finns resultat från de olika förslag på förändring vilka simulerades för respektive dämme. Då dämmena finns med i både GM1 och GM2 presenteras först värdena från GM1 och sedan dem från GM2. Alla föreslagna scenarier modellerades för medellåg-, medel- samt medelhög vattenföring och då samtliga flöden kan förekomma under alla årstider valdes det även att simulera samtliga scenarier med Mannings koefficient för både vinter och sommar för beräkning av det intervall inom vilka effekterna av förändringarna kan förväntas hamna. Nedan följer en tabellförteckning, vilken förklarar termerna och uppdelningen i tabellerna.

Tabellförteckning

GM1 – Resultat hämtade ur grundmodell 1.

GM2 – Resultat hämtade ur grundmodell 2.

V – Mannings tal för vinter användes i simuleringarna.

S – Mannings tal för sommar användes i simuleringarna.

Ytnivå – Den simulerade ytnivå vilken beräknats precis ovan dämmena under de olika scenarierna.

Lugn* - *Lugnflytande vatten* – Den procentandel av vattenytan i det aktuella området som har en hastighet mellan 0 - 0,2 m/s.

Svagt* - *Svagt strömmande vatten* – Den procentandel vattenytan i det aktuella området som har en hastighet mellan 0,2 - 0,45 m/s.

Ström* - *Strömmande vatten* – Den procentandel av vattenytan i det aktuella området som har en hastighet mellan 0,45 – 0,7 m/s.

Fors* - *Forsande vatten* – Den procentandel av vattenytan i det aktuella området som har en hastighet högre än 0,7 m/s.

Tot* – *Total bestämning* – Den totala andelen av den vattenyta som klassificerats.

Förändringar i dämmena

U1 – Utskov 1, i enlighet med förslag från miljökonsekvensbeskrivningar.

U2 – Utskov 2, i enlighet med förslag från Fiskevårdsteknik i Sverige AB.

PU – Partiell utrivning, i enlighet med förslag från Fiskevårdsteknik i Sverige AB.

D-PU – Djupare partiell utrivning, en ytterligare sänkning om 0,5 m för bättre överblick kring förändringar.

S – Den sänkning av dämnet vid Lilla Harrie (0,4 m över 40 meter) vilken ägare vid Lilla Harrie och Bösmöllan kommit överens om.

Högsmölla

Tabell D1 Resultande strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Högsmölla i grundmodell 1 med Mannings koefficient för vintertid.

GM1 V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	2,25	83,9	10,8	3,1	2,2	100
<i>MQ</i>	2,46	30,6	48,8	15,7	4,9	100
<i>MHQ</i>	2,71	5,4	22,2	25,1	47,2	99,9
<i>U2 MLQ</i>	2,18	83	11,5	3,1	2,4	100
<i>U2 MQ</i>	2,42	30,4	48,3	16,2	5,1	100
<i>U2 MHQ</i>	2,69	2,6	23,2	25,7	48,5	100
<i>PU MLQ</i>	1,95	77,3	16,9	3,7	2	99,9
<i>PU MQ</i>	2,21	25,3	48,3	20,3	6	99,9
<i>PU MHQ</i>	2,59	2,6	22,5	25,7	49,2	100
<i>D-PU MLQ</i>	1,45	67,1	25,2	6,2	1,5	100
<i>D-PU MQ</i>	1,75	15	46,5	28,8	9,7	100
<i>D-PU MHQ</i>	2,42	2,5	20,6	24,6	52,3	100

Tabell D2 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Högsmölla i grundmodell 1 med Mannings koefficient för sommartid.

GM1 S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	2,25	85,2	11,3	2,5	0,9	99,9
<i>MQ</i>	2,46	33,1	50,7	12,4	3,8	100
<i>MHQ</i>	2,71	3,7	27	28,3	41	100
<i>U2 MLQ</i>	2,18	84,3	11,8	2,9	0,9	99,9
<i>U2 MQ</i>	2,42	30,9	52	13,2	3,9	100
<i>U2 MHQ</i>	2,69	2,7	27	28,5	41,7	99,9
<i>PU MLQ</i>	1,95	79,2	16,9	2,8	1	99,9
<i>PU MQ</i>	2,21	26,4	53,6	16	3,9	99,9
<i>PU MHQ</i>	2,59	3	26,6	28,4	42	100
<i>D-PU MLQ</i>	1,45	68,5	26,9	3,5	1,1	100
<i>D-PU MQ</i>	1,75	15,6	53,6	25	5,8	100
<i>D-PU MHQ</i>	2,42	2,9	26	28,1	43	100

Tabell D3 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Högsmölla i grundmodell 2 med Mannings koefficient för vintertid.

GM2 V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAGT* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	2,25	84,8	11,9	1,8	1,5	100
<i>MQ</i>	2,46	36,5	45,1	12,5	6,0	100,1
<i>MHQ</i>	2,71	4,7	18,1	30	47,2	100
<i>U2 MLQ</i>	2,18	84	12,9	1,4	1,6	99,9
<i>U2 MQ</i>	2,42	35,1	45	14,1	6,0	100,2
<i>U2 MHQ</i>	2,69	4,4	18,7	29,6	47,2	99,9
<i>PU MLQ</i>	1,95	77,1	18,7	2,7	1,4	99,9
<i>PU MQ</i>	2,21	30,3	41	22,3	6,4	100
<i>PU MHQ</i>	2,59	3,2	18,4	29	49,4	100
<i>D-PU MLQ</i>	1,45	64,5	28,9	4,7	1,8	99,9
<i>D-PU MQ</i>	1,75	16,5	43,2	33	7,2	99,9
<i>D-PU MHQ</i>	2,42	3	16,9	27,9	52,2	100

Tabell D4 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Högsmölla i grundmodell 2 med Mannings koefficient för sommartid.

GM2 S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAGT* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	2,25	85,6	11,3	1,7	1,3	99,9
<i>MQ</i>	2,46	35,5	52	8,4	4	99,9
<i>MHQ</i>	2,71	3,6	24,7	31,8	40	100,1
<i>U2 MLQ</i>	2,18	84,5	12,4	1,7	1,4	100
<i>U2 MQ</i>	2,42	35,5	51,5	9	4	100
<i>U2 MHQ</i>	2,69	3,5	24,6	31,7	40,1	99,9
<i>PU MLQ</i>	1,95	80	16,7	1,9	1,4	100
<i>PU MQ</i>	2,21	30,8	48,4	16,5	4,3	100
<i>PU MHQ</i>	2,59	3,5	23,8	30,9	41,7	99,9
<i>D-PU MLQ</i>	1,45	66,8	28,7	2,9	1,5	99,9
<i>D-PU MQ</i>	1,75	16,3	50	28,8	4,8	99,9
<i>D-PU MHQ</i>	2,42	3,6	21,9	30,5	44	100

Silverforsen

Tabell D5 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Silverforsen i grundmodell 1 med Mannings koefficient för vintertid.

GM1 V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	5,62	97,4	2,1	0,5	0	100
<i>MQ</i>	5,92	69,2	25,5	3,7	1,6	100
<i>MHQ</i>	6,17	11	20,8	27,1	41	99,9
<i>PU MLQ</i>	5,38	97,9	0,8	0,5	0,8	100
<i>PU MQ</i>	5,70	58,3	35,1	2,7	3,9	100
<i>PU MHQ</i>	6,11	11,2	19,3	26,2	43,2	99,9
<i>D-PU MLQ</i>	4,91	97,8	0,8	0,5	0,9	100
<i>D-PU MQ</i>	5,21	36,9	54	4,5	4,7	100,1
<i>D-PU MHQ</i>	5,94	10,5	16,8	23,6	49	99,9

Tabell D6 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Silverforsen i grundmodell 1 med Sommartal för vintertid.

GM1 S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	5,62	97,5	2	0,5	0	100
<i>MQ</i>	5,92	70,4	24,7	3,5	1,3	99,9
<i>MHQ</i>	6,17	13,3	21,2	27,6	38	100,1
<i>PU MLQ</i>	5,38	97,9	0,8	0,5	0,8	100
<i>PU MQ</i>	5,70	59,5	34,2	2,5	3,8	100
<i>PU MHQ</i>	6,11	12,5	20,1	27	40,4	100
<i>D-PU MLQ</i>	4,91	97,8	0,8	0,5	0,9	100
<i>D-PU MQ</i>	5,21	39,1	52,3	4,1	4,4	99,9
<i>D-PU MHQ</i>	5,94	12	17	24,7	46,2	99,9

Tabell D7 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Silverforsen i grundmodell 2 med Mannings koefficient för vintertid.

GM2 V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	5,62	97,3	2,2	0,5	0	100
<i>MQ</i>	5,92	64,1	30,6	3,7	1,6	100
<i>MHQ</i>	6,17	12,9	21,2	20,9	44,9	99,9
<i>PU MLQ</i>	5,38	97,8	0,8	0,5	0,9	100
<i>PU MQ</i>	5,70	51,6	41,7	2,7	4	100
<i>PU MHQ</i>	6,11	12,5	19,4	21	47,1	100
<i>D-PU MLQ</i>	4,91	97,7	0,9	0,5	0,9	100
<i>D-PU MQ</i>	5,21	33,2	56,1	5,8	4,8	99,9
<i>D-PU MHQ</i>	5,94	10,4	15,6	20,5	53,5	100

Tabell D8 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Silverforsen i grundmodell 2 med Mannings koefficient för sommartid.

GM2 S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	5,62	97,4	2,1	0,5	0	100
<i>MQ</i>	5,92	65,1	29,9	3,6	1,3	99,9
<i>MHQ</i>	6,17	13,5	21,9	21,6	43	100
<i>PU MLQ</i>	5,38	97,8	0,8	0,5	0,9	100
<i>PU MQ</i>	5,70	53,6	40,1	2,4	3,9	100
<i>PU MHQ</i>	6,11	13	20	21,8	45,2	100
<i>D-PU MLQ</i>	4,91	97,7	0,8	0,5	0,9	99,9
<i>D-PU MQ</i>	5,21	37,2	53,4	4,9	4,5	100
<i>D-PU MHQ</i>	5,94	13,3	16,2	20,8	49,7	100

Rinnebäck

Tabell D9 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande Rinnebäck i grundmodell 1 med Mannings koefficient för vintertid.

GM1 V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	7,19	100	0	0	0	100
<i>MQ</i>	7,36	86,9	12,9	0,2	0	100
<i>MHQ</i>	7,64	9,2	35,4	34,9	20,5	100
<i>U2 MLQ</i>	7,06	100	0	0	0	100
<i>U2 MQ</i>	7,33	85,9	13,8	0,3	0	100
<i>U2 MHQ</i>	7,62	9,2	35,3	34,2	21,3	100
<i>PU MLQ</i>	6,79	100	0	0	0	100
<i>PU MQ</i>	7,08	73,9	24,7	1,5	0	100,1
<i>PU MHQ</i>	7,52	7,2	33,7	32,7	26,4	100

Tabell D10 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande Rinneback i grundmodell 1 med Mannings koefficient för sommartid.

GM1 S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	7,19	100	0	0	0	100
<i>MQ</i>	7,36	87,1	12,7	0,2	0	100
<i>MHQ</i>	7,64	11,5	35,9	35,3	17,3	100
<i>U2 MLQ</i>	7,06	100	0	0	0	100
<i>U2 MQ</i>	7,33	86,1	13,7	0,3	0	100,1
<i>U2 MHQ</i>	7,62	10,9	35,6	35,1	18,3	99,9
<i>PU MLQ</i>	6,79	100	0	0	0	100
<i>PU MQ</i>	7,08	74,2	24,5	1,4	0	100,1
<i>PU MHQ</i>	7,52	9,1	34,7	33,3	22,9	100

Tabell D11 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande Rinneback i grundmodell 2 med Mannings koefficient för vintertid.

GM2 V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	7,19	100	0	0	0	100
<i>MQ</i>	7,36	86,4	13,6	0	0	100
<i>MHQ</i>	7,64	11,6	40,9	25,7	21,9	100,1
<i>U2 MLQ</i>	7,06	100	0	0	0	100
<i>U2 MQ</i>	7,33	85,4	14,6	0	0	100
<i>U2 MHQ</i>	7,62	11,4	40,3	25,3	23,0	100
<i>PU MLQ</i>	6,79	100	0	0	0	100
<i>PU MQ</i>	7,08	73,2	26,8	0	0	100
<i>PU MHQ</i>	7,51	9,3	39,0	24,2	27,5	100

Tabell D12 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande Rinneback i grundmodell 2 med Mannings koefficient för sommartid.

GM2 S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	7,19	100	0	0	0	100
<i>MQ</i>	7,36	86,6	13,4	0	0	100
<i>MHQ</i>	7,64	19,8	38,4	24,0	17,9	100,1
<i>U2 MLQ</i>	7,06	100	0	0	0	100
<i>U2 MQ</i>	7,33	85,5	14,5	0	0	100
<i>U2 MHQ</i>	7,62	12,5	41,4	25,7	20,4	100
<i>PU MLQ</i>	6,79	100	0	0	0	100
<i>PU MQ</i>	7,08	73,8	26,2	0	0	100
<i>PU MHQ</i>	7,51	11,2	40	24,2	24,6	100

Lilla Harrie

Tabell D13 Resultande strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Lilla Harrie i grundmodell 2 med Mannings koefficient för vintertid.

GM2 V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	10,62	100	0	0	0	100
<i>MQ</i>	10,74	100	0	0	0	100
<i>MHQ</i>	11,02	25,1	57,2	17,7	0	100
<i>U1 MLQ</i>	10,60	100	0	0	0	100
<i>U1 MQ</i>	10,73	100	0	0	0	100
<i>U1 MHQ</i>	11,01	24,5	57,0	18,5	0	100
<i>U2 MLQ</i>	10,42	100	0	0	0	100
<i>U2 MQ</i>	10,69	100	0	0	0	100
<i>U2 MHQ</i>	10,99	23,3	56,4	20,3	0	100
<i>S MLQ</i>	10,28	100	0	0	0	100
<i>S MQ</i>	10,52	100	0	0	0	100
<i>S MHQ</i>	10,90	21,2	52,2	26,7	0	100

Tabell D14 Resulteraende strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Lilla Harrie i grundmodell 2 med Mannings koefficient för sommartid.

GM2 S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	10,62	100	0	0	0	100
<i>MQ</i>	10,74	100	0	0	0	100
<i>MHQ</i>	11,02	26,3	58,0	15,7	0	100
<i>U1 MLQ</i>	10,60	100	0	0	0	100
<i>U1 MQ</i>	10,73	100	0	0	0	100
<i>U1 MHQ</i>	11,01	25,3	57,7	17,0	0	100
<i>U2 MLQ</i>	10,42	100	0	0	0	100
<i>U2 MQ</i>	10,69	100	0	0	0	100
<i>U2 MHQ</i>	10,99	23,9	57,0	19,2	0	100,1
<i>S MLQ</i>	10,28	100	0	0	0	100
<i>S MQ</i>	10,52	100	0	0	0	100
<i>S MHQ</i>	10,90	21,1	52,2	26,7	0	100

Bösmöllan

Tabell D15 Resulteraende strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Bösmöllan i grundmodell 2 med Mannings koefficient för vintertid.

GM2-V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	11,80	84,0	14,0	1,7	0,3	100
<i>MQ</i>	12,11	44,5	31,5	20,8	3,2	100
<i>MHQ</i>	12,43	9,9	27,8	18,0	44,3	100
<i>U1 MLQ</i>	11,77	83,8	13,8	1,6	0,8	100
<i>U1 MQ</i>	12,09	44,4	30,9	21,3	3,4	100
<i>U1 MHQ</i>	12,42	10,3	27,4	18,0	44,3	100
<i>U2 MLQ</i>	11,68	83,7	13,9	1,6	0,8	100
<i>U2 MQ</i>	12,01	44,7	27,8	23,4	4,0	99,9
<i>U2 MHQ</i>	12,38	9,1	26,8	18,6	45,6	100,1
<i>PU MLQ</i>	11,53	81,5	16,0	1,5	0,9	99,9
<i>PU MQ</i>	11,78	38,8	26,2	29,4	5,6	100
<i>PU MHQ</i>	12,24	8,3	24,8	19,8	47,1	100
<i>D-PU MLQ</i>	11,16	66,6	20,1	8,8	4,5	100
<i>D-PU MQ</i>	11,45	33,1	25,4	24,9	16,6	100
<i>D-PU MHQ</i>	12,08	7,6	21,5	21,6	49,3	100

Tabell D16 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Bösmöllan i grundmodell 2 med Mannings koefficient för sommartid.

GM2 S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	11,80	88,9	9,2	1,3	0,6	100
<i>MQ</i>	12,11	46,1	37,4	14,4	2,0	99,9
<i>MHQ</i>	12,43	10,5	30,8	21,2	37,5	100
<i>U1 MLQ</i>	11,77	88,8	9,3	1,1	0,7	99,9
<i>U1 MQ</i>	12,09	45,3	37,4	15,1	2,2	100
<i>U1 MHQ</i>	12,42	10,2	31,9	21,0	37,0	100,1
<i>U2 MLQ</i>	11,68	88,7	9,2	1,3	0,9	100,1
<i>U2 MQ</i>	12,01	44,0	35,2	18,0	2,7	99,9
<i>U2 MHQ</i>	12,38	9,0	32,2	21,2	37,6	100
<i>PU MLQ</i>	11,53	84,6	13,3	1,2	0,9	100
<i>PU MQ</i>	11,78	41,6	31,8	23,0	3,6	100
<i>PU MHQ</i>	12,24	9,0	30,3	22,0	38,8	100,1
<i>D-PU MLQ</i>	11,16	72,8	15,7	6,4	5,1	100
<i>D-PU MQ</i>	11,45	35,1	31,3	19,4	14,3	100,1
<i>D-PU MHQ</i>	12,08	8,3	27,5	23,6	40,5	99,9

Kvarnviks valskvarn

Tabell D17 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Kvarnviks valskvarn i grundmodell 2 med Mannings koefficient för vintertid.

GM2 V	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	15,01	100	0	0	0	100
<i>MQ</i>	15,39	73,7	26,3	0	0	100
<i>MHQ</i>	15,61	17,2	22,8	28,8	31,2	100
<i>U1 MLQ</i>	14,98	100	0	0	0	100
<i>U1 MQ</i>	15,36	72,7	27,3	0	0	100
<i>U1 MHQ</i>	15,60	16,9	21,6	28,9	32,6	100
<i>U2 MLQ</i>	14,94	100	0	0	0	100
<i>U2 MQ</i>	15,30	69,3	30,7	0	0	100
<i>U2 MHQ</i>	15,59	16,7	20,3	29,3	33,7	100
<i>PU MLQ</i>	14,88	100	0	0	0	100
<i>PU MQ</i>	15,15	61,1	38,9	0	0	100
<i>PU MHQ</i>	15,54	16,6	18,4	29,3	35,7	100

Tabell D18 Resulterade strömförhållanden från simuleringar gällande dämnet vid Kvarnviks valskvarn i grundmodell 2 med Mannings koefficient för sommartid.

GM2-S	YTNIVÅ [MÖH]	LUGN* [%]	SVAG* [%]	STRÖM* [%]	FORS* [%]	TOT* [%]
<i>MLQ</i>	15,01	100	0	0	0	100
<i>MQ</i>	15,39	73,1	26,9	0	0	100
<i>MHQ</i>	15,61	17,8	25,4	27,8	29,0	100
<i>U1 MLQ</i>	14,98	100	0	0	0	100
<i>U1 MQ</i>	15,36	72,3	27,7	0	0	100
<i>U1 MHQ</i>	15,60	17,2	24,7	28,0	30	99,9
<i>U2 MLQ</i>	14,94	100	0	0	0	100
<i>U2 MQ</i>	15,30	68,9	31,1	0	0	100
<i>U2 MHQ</i>	15,59	16,1	24,2	28,7	31,0	100
<i>PU MLQ</i>	14,88	100	0	0	0	100
<i>PU MQ</i>	15,15	61,0	39,0	0	0	100
<i>PU MHQ</i>	15,54	15,6	19,9	29,3	35,1	99,9

Bilaga E.

Resultat från kombinerade scenarierna

I denna bilaga finns resultat från de kombinerade scenarierna gällande dämmena i Kävlingeån vilka ansågs intressanta för studien. Resultatet från simuleringarna presenteras i samma ordning och enligt samma fördelning som i bilaga E, med undantaget att tabellvärdena i denna bilaga uttryckts i ytarea [10^3 M^2] istället för strömförhållande i procent.

GM1; Dämmena idag

Tabell E1 Resultaterande strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck i grundmodell 1, där dämmena ser ut såsom i dagsläget och där Mannings koefficient är satt till vintertid.

GM1 V	LUGN* [10^3 M^2]	SVAG* [10^3 M^2]	STRÖM* [10^3 M^2]	FORS* [10^3 M^2]	YTAREA [10^3 M^2]
HÖGSMÖLLA					
<i>MLQ</i>	117,07	15,07	4,32	3,07	139,53
<i>MQ</i>	48,87	77,92	25,07	7,82	159,68
<i>MHQ</i>	10,38	42,66	48,42	90,7	192,16
SILVERFORSEN					
<i>MLQ</i>	54,45	1,17	0,28	0	55,90
<i>MQ</i>	41,98	15,47	2,23	0,97	60,67
<i>MHQ</i>	7,12	13,34	17,38	26,29	64,13
RINNEBÄCK					
<i>MLQ</i>	94,09	0	0	0	94,09
<i>MQ</i>	85,48	12,69	0,2	0	98,37
<i>MHQ</i>	9,77	37,6	37,07	21,77	106,21
TOTALT					
<i>MLQ</i>	265,61	16,24	4,6	3,07	289,52
<i>MQ</i>	176,33	106,08	27,5	8,79	318,7
<i>MHQ</i>	27,27	93,6	102,87	138,76	362,5

Tabell E2 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck i grundmodell 1, där dämmena ser ut såsom i dagsläget och där Mannings koefficient är satt till sommartid.

GM1 S	LUGN* [10³ M²]	SVAG* [10³ M²]	STRÖM* [10³ M²]	FORS* [10³ M²]	YTAREA [10³ M²]
HÖGSMÖLLA					
<i>MLQ</i>	120,54	15,97	3,53	1,27	141,31
<i>MQ</i>	54,14	82,94	20,28	6,22	163,58
<i>MHQ</i>	7,13	52,01	54,52	78,98	192,64
SILVERFORSEN					
<i>MLQ</i>	54,55	1,12	0,28	0	55,95
<i>MQ</i>	42,92	15,03	2,13	0,79	60,87
<i>MHQ</i>	8,54	13,61	17,65	24,4	64,2
RINNEBÄCK					
<i>MLQ</i>	94,1	0	0	0	94,1
<i>MQ</i>	85,76	12,5	0,2	0	98,46
<i>MHQ</i>	12,23	38,16	37,52	18,39	106,3
TOTALT					
<i>MLQ</i>	269,19	17,09	3,81	1,27	291,36
<i>MQ</i>	182,82	110,47	22,61	7,01	322,91
<i>MHQ</i>	27,9	103,78	109,69	121,77	363,14

GM1; Faunapassager vid dämmena

Tabell E3 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck i grundmodell 1, där dämmena genomgått de minsta föreslagna förändringarna och där Mannings koefficient är satt till vintertid.

GM1 V	LUGN* [10 ³ M ²]	SVAG* [10 ³ M ²]	STRÖM* [10 ³ M ²]	FORS* [10 ³ M ²]	YTAREA [10 ³ M ²]
HÖGSMÖLLA					
<i>U2 MLQ</i>	114,69	15,89	4,28	3,32	138,18
<i>U2 MQ</i>	48,3	76,74	25,75	8,1	158,89
<i>U2 MHQ</i>	4,99	44,57	49,38	93,17	192,11
SILVERFORSEN					
<i>PU MLQ</i>	52,06	0,43	0,27	0,43	53,19
<i>PU MQ</i>	34,16	20,57	1,58	2,29	58,60
<i>PU MHQ</i>	7,23	12,35	16,77	27,64	63,99
RINNEBÄCK					
<i>U2 MLQ</i>	91,24	0	0	0	91,24
<i>U2 MQ</i>	83,91	13,48	0,29	0	97,68
<i>U2 MHQ</i>	9,76	37,45	36,29	22,6	106,1
TOTALT					
<i>MLQ</i>	257,99	16,32	4,55	3,75	282,61
<i>MQ</i>	166,37	110,79	27,62	10,39	315,17
<i>MHQ</i>	21,98	94,37	102,44	143,41	362,2

Tabell E4 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck i grundmodell 1, där dämmena genomgått de minsta föreslagna förändringarna och där Mannings koefficient är satt till sommartid.

GM1 S	LUGN* [10³ M²]	SVAG* [10³ M²]	STRÖM* [10³ M²]	FORS* [10³ M²]	YTAREA [10³ M²]
HÖGSMÖLLA					
<i>U2 MLQ</i>	117,97	16,65	4,06	1,26	139,94
<i>U2 MQ</i>	50,32	84,69	21,5	6,35	162,86
<i>U2 MHQ</i>	5,2	52,19	54,9	80,31	192,6
SILVERFORSEN					
<i>PU MLQ</i>	52,12	0,42	0,27	0,43	53,24
<i>PU MQ</i>	34,99	20,11	1,47	2,23	58,8
<i>PU MHQ</i>	8,01	12,89	17,31	25,9	64,11
RINNEBÄCK					
<i>U2 MLQ</i>	91,24	0	0	0	91,24
<i>U2 MQ</i>	84,09	13,4	0,29	0	97,78
<i>U2 MHQ</i>	11,57	37,8	37,38	19,43	106,18
TOTALT					
<i>MLQ</i>	261,33	17,07	4,33	1,69	284,42
<i>MQ</i>	169,4	118,2	23,26	8,58	319,44
<i>MHQ</i>	24,78	102,88	109,59	125,64	362,89

GM1; Partiell återställning av dämmena

Tabell E5 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck i grundmodell 1, där dämmena genomgått de största föreslagna förändringarna och där Mannings koefficient är satt till vintertid.

GM1 V	LUGN* [10 ³ M ²]	SVAG* [10 ³ M ²]	STRÖM* [10 ³ M ²]	FORS* [10 ³ M ²]	YTAREA [10 ³ M ²]
HÖGSMÖLLA					
<i>PU MLQ</i>	102,62	22,43	5,04	2,66	132,75
<i>PU MQ</i>	39,28	75,01	31,68	9,32	155,29
<i>PU MHQ</i>	4,99	43,15	49,3	94,37	191,81
SILVERFORSEN					
<i>PU MLQ</i>	52,06	0,43	0,27	0,43	53,19
<i>PU MQ</i>	34,16	20,57	1,58	2,29	58,6
<i>PU MHQ</i>	7,17	12,35	16,83	27,64	63,99
RINNEBÄCK					
<i>PU MLQ</i>	85,1	0	0	0	85,1
<i>PU MQ</i>	68,04	22,77	1,39	0	92,2
<i>PU MHQ</i>	7,57	35,47	34,42	27,79	105,25
TOTALT					
<i>MLQ</i>	239,78	22,86	5,31	3,09	271,04
<i>MQ</i>	141,48	118,35	34,65	11,61	306,09
<i>MHQ</i>	19,73	90,97	100,55	149,8	361,05

Tabell E6 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Högsmölla, Silverforsen och Rinnebäck i grundmodell 1, där dämmena genomgått de största föreslagna förändringarna och där Mannings koefficient är satt till sommartid.

GM1 S	LUGN* [10³ M²]	SVAG* [10³ M²]	STRÖM* [10³ M²]	FORS* [10³ M²]	YTAREA [10³ M²]
<i>HÖGSMÖLLA</i>					
<i>PU MLQ</i>	106,67	22,75	3,91	1,35	134,68
<i>PU MQ</i>	42,06	85,38	25,65	6,21	159,3
<i>PU MHQ</i>	5,77	51,17	54,63	80,8	192,37
<i>SILVERFORSEN</i>					
<i>PU MLQ</i>	52,11	0,43	0,27	0,43	53,24
<i>PU MQ</i>	34,99	20,11	1,47	2,23	58,8
<i>PU MHQ</i>	8,01	12,89	17,31	25,9	64,11
<i>RINNEBÄCK</i>					
<i>PU MLQ</i>	85,11	0	0	0	85,11
<i>PU MQ</i>	68,42	22,62	1,29	0	92,33
<i>PU MHQ</i>	9,6	36,6	35,13	24,16	105,49
<i>TOTALT</i>					
<i>MLQ</i>	243,89	23,18	4,18	1,78	273,03
<i>MQ</i>	145,47	128,11	28,41	8,44	310,43
<i>MHQ</i>	23,38	100,66	107,07	130,86	361,97

GM2; Dämmena idag

Tabell E7 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Högsmölla, Silverforsen, Rinnebäck, Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena ser ut såsom i dagsläget och där Mannings koefficient är satt till vintertid.

GM2 V	LUGN* [10 ³ M ²]	SVAG* [10 ³ M ²]	STRÖM* [10 ³ M ²]	FORS* [10 ³ M ²]	YTAREA [10 ³ M ²]
HÖGSMÖLLA					
<i>MLQ</i>	122,86	17,24	2,61	2,17	144,88
<i>MQ</i>	58,93	72,81	20,18	9,53	161,45
<i>MHQ</i>	9,22	35,5	58,84	92,58	196,14
SILVERFORSEN					
<i>MLQ</i>	56,92	1,29	0,29	0	58,5
<i>MQ</i>	43,21	20,63	2,49	1,08	67,41
<i>MHQ</i>	9,44	15,39	15,16	32,59	72,58
RINNEBÄCK					
<i>MLQ</i>	109,35	0	0	0	109,35
<i>MQ</i>	98,4	15,49	0	0	113,89
<i>MHQ</i>	14,36	50,63	31,68	27,11	123,78
LILLA HARRIE					
<i>MLQ</i>	35,28	0	0	0	35,28
<i>MQ</i>	35,62	0	0	0	35,62
<i>MHQ</i>	9,08	20,7	6,41	0	36,19
BÖSMÖLLAN					
<i>MLQ</i>	41,4	6,9	0,83	0,15	49,28
<i>MQ</i>	24,26	17,16	11,33	1,74	54,49
<i>MHQ</i>	6,54	18,36	11,89	29,26	66,05
KVARNVIK					
<i>MLQ</i>	28,34	0	0	0	28,34
<i>MQ</i>	21,96	7,84	0	0	29,8
<i>MHQ</i>	5,37	7,12	8,99	9,74	31,22
TOTALT					
<i>MLQ</i>	394,15	25,43	3,73	2,32	425,63
<i>MQ</i>	282,38	133,93	34	12,35	462,66
<i>MHQ</i>	54,01	147,7	132,97	191,28	525,96

Tabell E8 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Högmölla, Silverforsen, Rinnebäck, Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena ser ut såsom i dagsläget och där Mannings koefficient är satt till sommartid.

GM2 S	LUGN* [10 ³ M ²]	SVAG* [10 ³ M ²]	STRÖM* [10 ³ M ²]	FORS* [10 ³ M ²]	YTAREA [10 ³ M ²]
HÖGSMÖLLA					
<i>MLQ</i>	125,66	16,57	2,49	1,91	146,63
<i>MQ</i>	58,68	85,71	13,84	6,59	164,82
<i>MHQ</i>	7,13	48,87	62,72	79,14	197,86
SILVERFORSEN					
<i>MLQ</i>	57,15	1,23	0,29	0	58,67
<i>MQ</i>	44,3	20,32	2,45	0,88	67,95
<i>MHQ</i>	9,84	15,94	15,72	31,3	72,8
RINNEBÄCK					
<i>MLQ</i>	109,36	0	0	0	109,36
<i>MQ</i>	98,74	15,28	0	0	114,02
<i>MHQ</i>	24,6	47,69	29,68	22,23	124,2
LILLA HARRIE					
<i>MLQ</i>	35,28	0	0	0	35,28
<i>MQ</i>	35,62	0	0	0	35,62
<i>MHQ</i>	9,52	20,99	5,68	0	36,19
BÖSMÖLLAN					
<i>MLQ</i>	44,52	4,61	0,65	0,3	50,08
<i>MQ</i>	25,75	20,84	8,03	1,11	55,73
<i>MHQ</i>	7,4	21,7	14,93	26,42	70,45
KVARNVIK					
<i>MLQ</i>	28,34	0	0	0	28,34
<i>MQ</i>	21,79	8,02	0	0	29,81
<i>MHQ</i>	5,58	7,96	8,72	9,09	31,35
TOTALT					
<i>MLQ</i>	400,31	22,41	3,43	2,21	428,36
<i>MQ</i>	284,88	150,17	24,32	8,58	467,95
<i>MHQ</i>	64,07	163,15	137,45	168,18	532,85

GM2; MKB för de aktiva vattenkraftverken

Tabell E9 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena förändrats i enlighet med de mindre utskoven och där Mannings koefficient är satt till vintertid.

GM2 V	LUGN* [10 ³ M ²]	SVAG* [10 ³ M ²]	STRÖM* [10 ³ M ²]	FORS* [10 ³ M ²]	YTAREA [10 ³ M ²]
LILLA HARRIE					
<i>UI MLQ</i>	35,23	0	0	0	35,23
<i>UI MQ</i>	35,59	0	0	0	35,59
<i>UI MHQ</i>	8,87	20,62	6,69	0	36,18
BÖSMÖLLAN					
<i>UI MLQ</i>	41,19	6,78	0,79	0,39	49,15
<i>UI MQ</i>	24,14	16,8	11,58	1,85	54,37
<i>UI MHQ</i>	6,8	18,1	11,89	29,26	66,05
KVARNVIK					
<i>UI MLQ</i>	28,25	0	0	0	28,25
<i>UI MQ</i>	21,58	8,1	0	0	29,68
<i>UI MHQ</i>	5,27	6,74	9,01	10,17	31,19
TOTALT					
<i>MLQ</i>	104,67	6,78	0,79	0,39	112,63
<i>MQ</i>	81,31	24,9	11,58	1,85	119,64
<i>MHQ</i>	20,94	45,46	27,59	39,43	133,42

Tabell E10 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena förändrats i enlighet med de mindre utskoven och där Mannings koefficient är satt till sommartid.

GM2 S	LUGN* [10³ M²]	SVAG* [10³ M²]	STRÖM* [10³ M²]	FORS* [10³ M²]	YTAREA [10³ M²]
<i>LILLA HARRIE</i>					
<i>UI MLQ</i>	35,23	0	0	0	35,23
<i>UI MQ</i>	35,59	0	0	0	35,59
<i>UI MHQ</i>	9,15	20,88	6,15	0	36,18
<i>BÖSMÖLLAN</i>					
<i>UI MLQ</i>	44,39	4,64	0,55	0,35	49,93
<i>UI MQ</i>	25,2	20,8	8,4	1,22	55,62
<i>UI MHQ</i>	7,18	22,47	14,72	26,06	70,43
<i>KVARNVIK</i>					
<i>UI MLQ</i>	28,25	0	0	0	28,25
<i>UI MQ</i>	21,47	8,22	0	0	29,69
<i>UI MHQ</i>	5,42	7,73	8,77	9,4	31,32
<i>TOTALT</i>					
<i>MLQ</i>	107,87	4,64	0,55	0,35	113,41
<i>MQ</i>	82,26	29,02	8,4	1,22	120,9
<i>MHQ</i>	21,75	51,08	29,64	35,46	137,93

GM2; Faunapassager vid de aktiva vattenkraftverken

Tabell E11 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande dämmena vid Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena förändrats i enlighet med de större utskoven och där Mannings koefficient är satt till vintertid.

GM2 V	LUGN* [10 ³ M ²]	SVAG* [10 ³ M ²]	STRÖM* [10 ³ M ²]	FORS* [10 ³ M ²]	YTAREA [10 ³ M ²]
LILLA HARRIE					
<i>U2 MLQ</i>	34,59	0	0	0	34,59
<i>U2 MQ</i>	35,5	0	0	0	35,5
<i>U2 MHQ</i>	8,42	20,38	7,34	0	36,14
BÖSMÖLLAN					
<i>U2 MLQ</i>	40,9	6,79	0,79	0,39	48,87
<i>U2 MQ</i>	24,16	15,02	12,7	2,16	54,04
<i>U2 MHQ</i>	5,93	17,66	12,26	30,05	65,9
KVARNVIK					
<i>U2 MLQ</i>	28,1	0	0	0	28,1
<i>U2 MQ</i>	20,37	9,03	0	0	29,4
<i>U2 MHQ</i>	5,2	6,32	9,13	10,49	31,14
TOTALT					
<i>MLQ</i>	103,59	6,79	0,79	0,39	111,56
<i>MQ</i>	80,03	24,05	12,7	2,16	118,94
<i>MHQ</i>	19,55	44,36	28,73	40,54	133,18

Tabell E12 Resulteraende strömningssområden från simuleringsscenarier gällande dämmena vid Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena förändrats i enlighet med de större utskoven och där Mannings koefficient är satt till sommartid.

GM2 S	LUGN* [10³ M²]	SVAG* [10³ M²]	STRÖM* [10³ M²]	FORS* [10³ M²]	YTAREA [10³ M²]
LILLA HARRIE					
<i>U2 MLQ</i>	34,59	0	0	0	34,59
<i>U2 MQ</i>	35,5	0	0	0	35,5
<i>U2 MHQ</i>	8,6	20,61	6,94	0	36,15
BÖSMÖLLAN					
<i>U2 MLQ</i>	43,97	4,56	0,65	0,45	49,63
<i>U2 MQ</i>	24,35	19,48	10,01	1,49	55,33
<i>U2 MHQ</i>	6,32	22,62	14,9	26,42	70,26
KVARNVIK					
<i>U2 MLQ</i>	28,1	0	0	0	28,1
<i>U2 MQ</i>	20,26	9,14	0	0	29,4
<i>U2 MHQ</i>	5,03	7,56	8,98	9,69	31,26
TOTALT					
<i>MLQ</i>	106,66	4,56	0,65	0,45	112,32
<i>MQ</i>	80,11	28,62	10,01	1,49	120,23
<i>MHQ</i>	19,95	50,79	30,82	36,11	137,67

GM2; Eliminering av vandringshinder

Tabell E13 Resulterade strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande de sex dämmena vid Högsmölla, Silverforsen, Rinnebäck, Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena förändrats i enlighet med förslag vilket bidrar till minst förändring och där Mannings koefficient är satt till vintertid.

GM2 V	LUGN* [10 ³ M ²]	SVAG* [10 ³ M ²]	STRÖM* [10 ³ M ²]	FORS* [10 ³ M ²]	YTAREA [10 ³ M ²]
HÖGSMÖLLA					
<i>U2 MLQ</i>	120,21	18,46	2,15	2,29	143,11
<i>U2 MQ</i>	56,27	72,18	22,67	9,65	160,77
<i>U2 MHQ</i>	8,62	36,65	58,21	92,51	195,99
SILVERFORSEN					
<i>PU MLQ</i>	53,99	0,43	0,28	0,5	55,2
<i>PU MQ</i>	33,39	26,97	1,75	2,59	64,7
<i>PU MHQ</i>	9,04	14,02	15,18	34,04	72,28
RINNEBÄCK					
<i>U2 MLQ</i>	106,18	0	0	0	106,18
<i>U2 MQ</i>	96,68	16,53	0	0	113,21
<i>U2 MHQ</i>	14,1	49,85	31,29	28,45	123,69
LILLA HARRIE					
<i>U1 MLQ</i>	35,23	0	0	0	35,23
<i>U1 MQ</i>	35,6	0	0	0	35,6
<i>U1 MHQ</i>	8,86	20,62	6,69	0	36,17
BÖSMÖLLAN					
<i>U1 MLQ</i>	41,2	6,78	0,79	0,39	49,16
<i>U1 MQ</i>	24,14	16,8	11,58	1,85	54,37
<i>U1 MHQ</i>	6,8	18,11	11,89	29,26	66,06
KVARNVIK					
<i>U1 MLQ</i>	28,24	0	0	0	28,24
<i>U1 MQ</i>	21,57	8,1	0	0	29,67
<i>U1 MHQ</i>	5,27	6,74	9,01	10,17	31,19
TOTALT					
<i>MLQ</i>	385,05	25,67	3,22	3,18	417,12
<i>MQ</i>	267,65	140,58	36	14,09	458,32
<i>MHQ</i>	52,69	145,99	132,27	194,43	525,38

Tabell E14 Resultande strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande de sex dämmena vid Högsmölla, Silverforsen, Rinnebäck, Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena förändrats i enlighet med förslag vilket bidrar till minst förändring och där Mannings koefficient är satt till sommartid.

GM2 S	LUGN* [10³ M²]	SVAG* [10³ M²]	STRÖM* [10³ M²]	FORS* [10³ M²]	YTAREA [10³ M²]
HÖGSMÖLLA					
<i>U2 MLQ</i>	122,65	18	2,47	2,03	145,15
<i>U2 MQ</i>	58,28	84,54	14,78	6,57	164,17
<i>U2 MHQ</i>	6,92	48,64	62,87	79,29	197,72
SILVERFORSEN					
<i>PU MLQ</i>	54,15	0,44	0,28	0,5	55,37
<i>PU MQ</i>	35,05	26,22	1,57	2,55	65,39
<i>PU MHQ</i>	9,43	14,51	15,82	32,8	72,56
RINNEBÄCK					
<i>U2 MLQ</i>	106,19	0	0	0	106,19
<i>U2 MQ</i>	96,91	16,43	0	0	113,34
<i>U2 MHQ</i>	15,51	51,36	31,88	25,31	124,06
LILLA HARRIE					
<i>UI MLQ</i>	35,24	0	0	0	35,24
<i>UI MQ</i>	35,59	0	0	0	35,59
<i>UI MHQ</i>	9,15	20,88	6,15	0	36,18
BÖSMÖLLAN					
<i>UI MLQ</i>	44,33	4,69	0,55	0,35	49,92
<i>UI MQ</i>	25,2	20,8	8,4	1,22	55,62
<i>UI MHQ</i>	7,18	22,4	14,79	26,06	70,43
KVARNVIK					
<i>UI MLQ</i>	28,25	0	0	0	28,25
<i>UI MQ</i>	21,47	8,22	0	0	29,69
<i>UI MHQ</i>	5,39	7,77	8,77	9,4	31,33
TOTALT					
<i>MLQ</i>	390,81	23,13	3,3	2,88	420,12
<i>MQ</i>	272,5	156,21	24,75	10,34	463,8
<i>MHQ</i>	53,58	165,56	140,28	172,86	532,28

GM2; Partiell återställning av dämmena

Tabell E15 Resulterande strömningsområden från simuleringsscenarioer gällande de sex dämmena vid Högsmölla, Silverforsen, Rinnebäck, Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena förändrats i enlighet med förslag vilket bidrar till störst förändring och där Mannings koefficient är satt till vintertid.

GM2 V	LUGN* [10 ³ M ²]	SVAG* [10 ³ M ²]	STRÖM* [10 ³ M ²]	FORS* [10 ³ M ²]	YTAREA [10 ³ M ²]
HÖGSMÖLLA					
<i>PU MLQ</i>	105,6	25,61	3,83	1,92	136,96
<i>PU MQ</i>	47,67	64,5	35,08	10,07	157,32
<i>PU MHQ</i>	6,25	35,94	56,64	96,49	195,32
SILVERFORSEN					
<i>PU MLQ</i>	53,95	0,43	0,28	0,5	55,16
<i>PU MQ</i>	33,37	26,96	1,75	2,59	64,67
<i>PU MHQ</i>	9,03	14,02	15,18	34,04	72,27
RINNEBÄCK					
<i>PU MLQ</i>	99,55	0	0	0	99,55
<i>PU MQ</i>	78,85	28,87	0	0	107,72
<i>PU MHQ</i>	11,43	47,93	29,74	33,79	122,89
LILLA HARRIE					
<i>S MLQ</i>	34,09	0	0	0	34,09
<i>S MQ</i>	35,02	0	0	0	35,02
<i>S MHQ</i>	7,59	18,79	9,61	0	35,99
BÖSMÖLLAN					
<i>PU MLQ</i>	39,36	7,73	0,78	0,43	48,3
<i>PU MQ</i>	20,73	14	15,71	2,99	53,43
<i>PU MHQ</i>	5,43	16,23	12,97	30,83	65,46
KVARNVIK					
<i>PU MLQ</i>	27,88	0	0	0	27,88
<i>PU MQ</i>	17,65	11,23	0	0	28,88
<i>PU MHQ</i>	5,12	5,67	9,03	11	30,82
TOTALT					
<i>MLQ</i>	360,43	33,77	4,89	2,85	401,94
<i>MQ</i>	233,29	145,56	52,54	15,65	447,04
<i>MHQ</i>	44,85	138,58	133,17	206,15	522,75

Tabell E16 Resulteraende strömningssområden från simuleringsscenarioer gällande de sex dämmena vid Högsmölla, Silverforsen, Rinnebäck, Lilla Harrie, Bösmöllan och Kvarnviks Valskvarn i grundmodell 2, där dämmena förändrats i enlighet med förslag vilket bidrar till störst förändring och där Mannings koefficient är satt till sommartid.

GM2 S	LUGN* [10³ M²]	SVAG* [10³ M²]	STRÖM* [10³ M²]	FORS* [10³ M²]	YTAREA [10³ M²]
HÖGSMÖLLA					
<i>PU MLQ</i>	111,5	23,28	2,65	1,95	139,38
<i>PU MQ</i>	49,54	77,86	26,54	6,92	160,86
<i>PU MHQ</i>	6,9	46,92	61,11	82,2	197,13
SILVERFORSEN					
<i>PU MLQ</i>	54,11	0,44	0,28	0,5	55,33
<i>PU MQ</i>	35,03	26,21	1,57	2,55	65,36
<i>PU MHQ</i>	9,43	14,51	15,82	32,79	72,55
RINNEBÄCK					
<i>PU MLQ</i>	99,57	0	0	0	99,57
<i>PU MQ</i>	79,66	28,28	0	0	107,94
<i>PU MHQ</i>	13,82	49,36	29,87	30,36	123,41
LILLA HARRIE					
<i>S MLQ</i>	34,08	0	0	0	34,08
<i>S MQ</i>	35,03	0	0	0	35,03
<i>S MHQ</i>	7,6	18,8	9,61	0	36,01
BÖSMÖLLAN					
<i>PU MLQ</i>	41,52	6,53	0,59	0,44	49,08
<i>PU MQ</i>	22,75	17,39	12,58	1,97	54,69
<i>PU MHQ</i>	6,27	21,03	15,33	27,02	69,65
KVARNVIK					
<i>PU MLQ</i>	27,88	0	0	0	27,88
<i>PU MQ</i>	17,62	11,26	0	0	28,88
<i>PU MHQ</i>	4,82	6,14	9,08	10,84	30,88
TOTALT					
<i>MLQ</i>	368,66	30,25	3,52	2,89	405,32
<i>MQ</i>	239,63	161	40,69	11,44	452,76
<i>MHQ</i>	48,84	156,76	140,82	183,21	529,63