

Examensarbete
TVVR 12/5002

Förstudie av en ny regleringsdamm vid Finsjö

En projektspecifik studie för Finsjö Övre kraftverk

Mikael Stenberg



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

Förstudie av en ny regleringsdamm vid Finsjö

En projektspecifik studie för Finsjö Övre kraftverk

Mikael Stenberg

© Copyright 2012 Mikael Stenberg
Avdelning för Teknisk Vattenresurslära
Lunds Tekniska Högskola, LTH
Lunds Universitet
Box 118,
221 00 Lund

Abstract

The hydropower plant at upper Finsjö is situated in the south-eastern part of Sweden. It is owned and operated by E.ON Vattenkraft Sverige AB. The dams are built in the beginning of the 20th century and regarding the safety of the dams they are in need of repairs. As an alternative, E.ON wants to investigate the possibility of building a new dam further downstream of the existing ones and thus making the two old ones obsolete.

The location of the dam is chosen so that the length of the dam is as small as possible. The elevation of the water surface in the storage should be the same for the new dam. This requires a dam with a length of approximately 45 m of which 25 m is available for the spillways. The height of the dam will be approximately 6.8 m at the highest point. The new storage will have a capacity of approximately 0.144 Mm³. The volume is slightly overestimated because of the calculations that are based on simplifications of the river bed.

The spillways should be able to discharge a flow of 176 m³/s and spillways are designed according to this prerequisite.

The calculation of the maximum flow is based on a flood report by SMHI and an inquiry of the relationship of flow between Kvillen and the part of Emån flowing past Finsjö.

The dam should consist of three spillways with a capacity of 50 m³/s each and one spillway with a capacity of 30 m³/s. The length of the spillway crest needed is approximately 25.9 m. The discharge capacity is theoretically determined and the coefficient of discharge is based on assumptions.

If the dam breaks it seems that the speed at which the gates at upper Finsjö open dictate most of the change in elevation at the downstream storage. This means that the elevation of the downstream storage can be relatively controlled during a dam break.

To be able to fulfil the requirements set by the Water framework directive for this river section, more effort for the environment is needed. On top of this the tightened legislation for the Emån river system creates a need for measures that prevent the harmful effects of a new dam. A possible way of doing this is the construction of a bypass fish way. If a fish way would be constructed at Finsjö it needs to be in a meandering shape because of the steep slope of the terrain next to the dam. The entrance of the proposed new fish way will be much closer to the outflow from the turbine which favours the fish during its spawning period.

Sammanfattning

Finsjö Övre är ett vattenkraftverk som ligger i sydöstra Sverige. Det ägs och drivs av E.ON Vattenkraft Sverige AB. Regleringsdammarna som är från tidigt 1900-tal har fått ett antal dammsäkerhetsanmärkningar som behöver åtgärdas, därför vill E.ON undersöka möjligheterna att bygga en ny regleringsdamm.

Placeringen av dammen väljs utifrån det läge som ger kortast möjliga dammkropp. Dammen skall dämna in vattnet till samma nivå som idag vilket resulterar i en ca 45 m lång dammkropp varav ca 25 m är tillgängligt för utskov, den blir som högst ca 6.8m. Den nya dammen kommer att resultera i ett magasin på ca 0,144 Mm³ vid dämmningsgräns. Volymen är uppskattad utifrån data inhämtad genom inmätning, samt mätning i kartmaterial från Lantmäteriet. För att kunna räkna fram volymen har geometrin på magasinet förenklats, denna förenkling innebär att volymen är överskattad.

Dammen dimensioneras utifrån FDK II flödet som har beräknats till 176 m³/s. Eftersom inga mätdata finns för Finsjö Övre baseras beräkningen av detta på en översvämningsskartering som är gjord av SMHI över området samt en tidigare utredning över flödesförhållandet mellan Kvillen och flödet förbi Finsjö.

För att klara av att avbörda FDK II flödet från en ny damm krävs tre utskov med en kapacitet på 50 m³/s vardera samt ett utskov med en kapacitet på 30 m³/s. För att få plats med dessa utskov behöver utskovsdammen vara ca 25.9 m lång. Avbördningskapaciteten är endast teoretiskt beräknad med antagen avbördningskoefficient.

Vid ett dammbrott vid Finsjö Övre i den nya dammen ser det ut som att det är öppningshastigheten på luckorna vid Finsjö Övre som har störst betydelse för hur vattennivån i magasinet nedströms påverkas. Genom att tänka på hur luckorna manövreras kan man undvika för höga flöden som leder till överdämning och eventuellt dammbrott hos magasinet nedströms.

En damm påverkar kontinuiteten i vattendraget och för att uppfylla de krav som ställs enligt vattendirektivet krävs miljöförbättrande åtgärder för den aktuella sträckan där kraftverket och befintlig damm vid Finsjö ingår. Kraven från vattendirektivet tillsammans med de skärpta lagarna för Emåns vattensystem ställer stora krav på att begränsa den påverkan en ny damm får. En möjlig åtgärd är att anlägga ett omlöp. Ett omlöp förbi en ny damm vid Finsjö Övre måste läggas i en meandrande sträckning för att få en godtagbar lutning. Mynningen på omlöpet kommer genom den nya sträckningen att hamna närmre turbinvattenutloppet vilket är fördelaktigt under fiskens vandringsperiod.

Förord

Det här examensarbetet är utfört på uppdrag av Fredrik Persson, E.ON Vattenkraft Sverige AB. Det omfattar 30 poäng och är avslutningen på Civilingenjörsutbildningen med inriktning mot Vattenresurshantering vid Lunds Tekniska Högskola.

Idén till examensarbetet kom från Fredrik Persson som via E.ON Vattenkraft Sverige AB hade ett behov av att utreda möjligheterna till en ny regleringsdamm vid en av E.ONs befintliga anläggningar i sydöstra Sverige.

Examensarbetet har varit en lärorik process samtidigt som den har givit en intressant insikt i vattenkraftsbranschen och den process som föregår planeringen av en ny damm.

Jag vill speciellt tacka mina handledare Fredrik Persson på E.ON samt Rolf Larsson för värdefulla synpunkter på mitt examensarbete. Jag vill även tacka alla de personer på E.ON som jag har varit i kontakt med under min tid som exjobbare.

Malmö februari 2012

Mikael Stenberg

Begrepp

Attraktionseffektivitet	- Ett mått på i vilken utsträckning fiskar hittar ingången till fiskvägen.
Dammfixpunkt	- En geodetisk punkt som används som referens vid inmätningen av dammarna.
DG	- Dämningsgräns, högsta nivå som vattnet får dämmas till enligt domen.
Drivvattenföring	- Den vattenmängd som turbinen är konstruerad för.
DTU- Manual	- Manual för drift, tillståndskontroll och underhåll.
FDK II flöde	- Flödesdimensioneringsklass II, motsvarar 100-års flödet. Det vill säga det flöde som statistiskt sett återkommer en gång per 100 år.
Flottningsutskov	- En typ av utskov som användes mer förut då man hade behov av att flotta stockar förbi dammarna.
Formationstid	- Den tid det tar för ett dammbrott att utvecklas.
Fyllningsdamm	- En damm bestående av friktionsmaterial med tätkärna.
Isutskov	- En typ av utskov som är speciellt anpassat för att avbörda is som samlas framför dammen.
KG	- Kröngräns, högsta punkten på dammen.
MSB	- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
Omlöp	- Fiskväg, en av människan skapad vattenfåra som skall likna ett naturligt vattendrag för omledning av fisk.
Passageeffektivitet	- Ett mått på i vilken utsträckning fiskar kan passera genom hela fiskvägen.
RIDAS	- Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet.
SG	- Sänkningsgräns, lägsta nivå som vattnet får dämmas till enligt domen.
Skibord	- En betongkonstruktion vars form är anpassad efter strålen på vattnet som avbördas. Genom denna anpassning kan ett ökat flöde uppnås.
SMHI	- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.
Strömkraftverk	- Oftast mindre kraftverk där det inte finns några dammagasin för att reglera vattnet, istället utvinns energi ur det flödet som finns tillgängligt.
Utskov	- En anordning i dammkroppen med funktion att avbörda vatten.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte	2
1.2	Mål	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Metod	2
2	Finsjö Övre.....	3
2.1	Bakgrund.....	3
2.2	Teknik	5
2.3	Hydrologi	6
2.4	Miljö och fiskvägar.....	7
2.5	Juridik	8
3	Teori.....	9
3.1	Utskov.....	9
3.1.1	Utskovstyper	9
3.2	Funktionssäkerhet	13
3.2.1	Lyftanordningar	13
3.2.2	Styrsystem.....	14
3.2.3	Isfrihållning.....	15
3.3	Avbördningskapacitet.....	17
3.3.1	Avbördningskapacitet för ett skarpkantat utskov.....	17
3.4	Inmätning.....	19
3.4.1	Rover	19
3.4.2	Totalstation	20
3.5	Miljö och juridik	21
3.5.1	Implementering i Svensk lagstiftning	23
3.5.2	Fiskvägar.....	23
4	Finsjö Nya	24
4.1	Inmätning.....	24
4.2	Hydrologi	27
4.2.1	Dimensionerande flöde.....	27
4.2.2	Flöde vid dammbrott.....	28
4.3	Avbördning och utskov	32
4.3.1	Avbördningskapacitet	32
4.3.2	Avbördningskapacitet vintertid.....	34
4.4	Miljö	35
4.5	Fiskvägar	37
4.6	Juridik	40

5	<i>Diskussion</i>	41
5.1	Dammläge och nya magasinet.....	41
5.2	Hydrologi	42
5.3	Avbördning och luckor	44
5.4	Miljö och Juridik	45
6	<i>Slutsatser</i>	47
7	<i>Litteraturförteckning</i>	48
8	<i>Bilagor</i>	50
	Bilaga 1 Skiss över området samt teknisk beskrivning	50
	Bilaga 2 Mätningsprotokoll Finsjö Ö	51
	Bilaga 3 Flödes- och temperaturvariationer 1961-2010	58
	Bilaga 4 Fallprofiler	59
	Bilaga 5 Flödeshistogram 1961-2010	62
	Bilaga 6 Avbördningskurvor	65

1 Inledning

I Sverige har vi utnyttjat kraften i våra vattendrag ända sedan 1200-talet. Man insåg att man kunde omvandla energin i det strömmande vattnet till mekanisk energi genom enkla skovelhjul som man kopplade till diverse maskiner. Detta ledde till en uppbyggnad av flera brukssamhällen längs våra vattendrag då det inte var möjligt att transportera den mekaniska energin några längre sträckor. Allt eftersom tekniken utvecklades fann man bättre metoder att utvinna energi från vatten. Redan 1830 utvecklades den första turbinen (*E.ON, Vattenkraftens historia - E.ON, 2008*).

Den moderna vattenkraften tog sin början i Sverige på 1890-talet när trefas växelström gjorde kraftöverföring över längre sträckor möjlig. Från början var det enskilda industrier som startade egna vattenkraftverk för att förse sina verkstäder och fabriker med elektricitet. (*E.ON, Vattenkraftens historia - E.ON, 2008*)

Under ett år med normal vattentillrinning producerar den Svenska vattenkraften ca 65 Twh el, vilket utgör ungefär 45 % av Sveriges totala produktion. Vattenkraften är flexibel på det sättet att man kan reglera elproduktionen beroende på efterfrågan och produktionsbortfall i andra kraftslag. Detta tillsammans med att vattenkraften är förnybar gör den till en viktig källa av energi. (*Jönsson, 2011*)

En del vattenkraftsanläggningar i Sverige börjar bli gamla, vissa dammar är uppemot 100 år. Detta medför ett behov av åtgärder för att säkra energitillgången även i framtiden. Förutsättningarna för vattenkraften har under dess livstid förändrats och fler intressen gör anspråk på det vatten som används för kraftproduktion.

År 2000 antogs ramdirektivet för vatten vilket är ett EU-direktiv som tvingar medlemsländerna att se över alla sina vattenförekomster och utveckla åtgärdsprogram för att säkerställa dess ekologiska status. Detta återspeglas i Svensk lagstiftning och myndigheternas agerande. Hur detta påverkar vattenkraften är en viktig och intressant fråga om vi i framtiden vill ha tillgång till den förnybara energi som vattenkraften innebär.

Finsjö Övre är ett av dessa äldre kraftverk i Sverige. Anläggningen togs i drift 1919 och tillståndet för dammen är från 1897. Dammen har fått ett antal dammsäkerhetsanmärkningar och som ett alternativ till att reparera dammen vill E.ON utreda möjligheterna att bygga en ny damm strax nedanför de gamla.

1.1 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka för ett projektspecifikt fall möjligheterna att anlägga en ny regleringsdamm vid ett befintligt kraftverk samt att titta på hur Sveriges arbete med vattendirektivet kan komma att påverka dagens vattenkraft och framtiden för vattenkraften med utgångspunkt i projektet vid Finsjö.

1.2 Mål

För att titta på möjligheterna att anlägga en ny regleringsdamm har tre frågeställningar upprättats.

- Var i terrängen är det lämpligast att placera en ny damm? Det vill säga var är det möjligt att dämna upp vattenytan utan att anlägga en onödigt stor damm och hur skulle detta förändra utseendet på magasinet?
- Hur bör avbördningsanordningar utformas för att på ett säkert sätt ta hand om de flöden som förekommer och hur kommer detta påverka magasinet nedströms?
- Hur påverkar tillstånd, avtal och vattendirektivet förutsättningarna för att anlägga en ny regleringsdamm?

1.3 Avgränsningar

Den geografiska avgränsningen är södra Östersjöns avrinningsområde, vidare Emåns vattensystem och specifikt delavrinningsområdet Videbäck-Nötån. Avgränsningen för en möjlig ny regleringsdamm är i direkt anslutning till befintlig damm och kraftverk vid Finsjö Övre (vidare Finsjö Ö). Studien har utgått ifrån nu gällande förutsättningar, tillstånd och gällande vattenlagstiftning. En av förutsättningarna för den nya dammen är att den befintliga rivs ut.

Studien av en ny regleringsdamm kommer endast beröra de delarna som handlar om hydrologi, hydraulik, miljö samt juridik. Således utelämnas viktiga faktorer såsom geologi, grundläggning, konstruktion och ekonomi. Utgångspunkten för hur vattendirektivet och nuvarande lagstiftning påverkar nybyggnad av dammar har varit det specifika fallet vid Finsjö Ö.

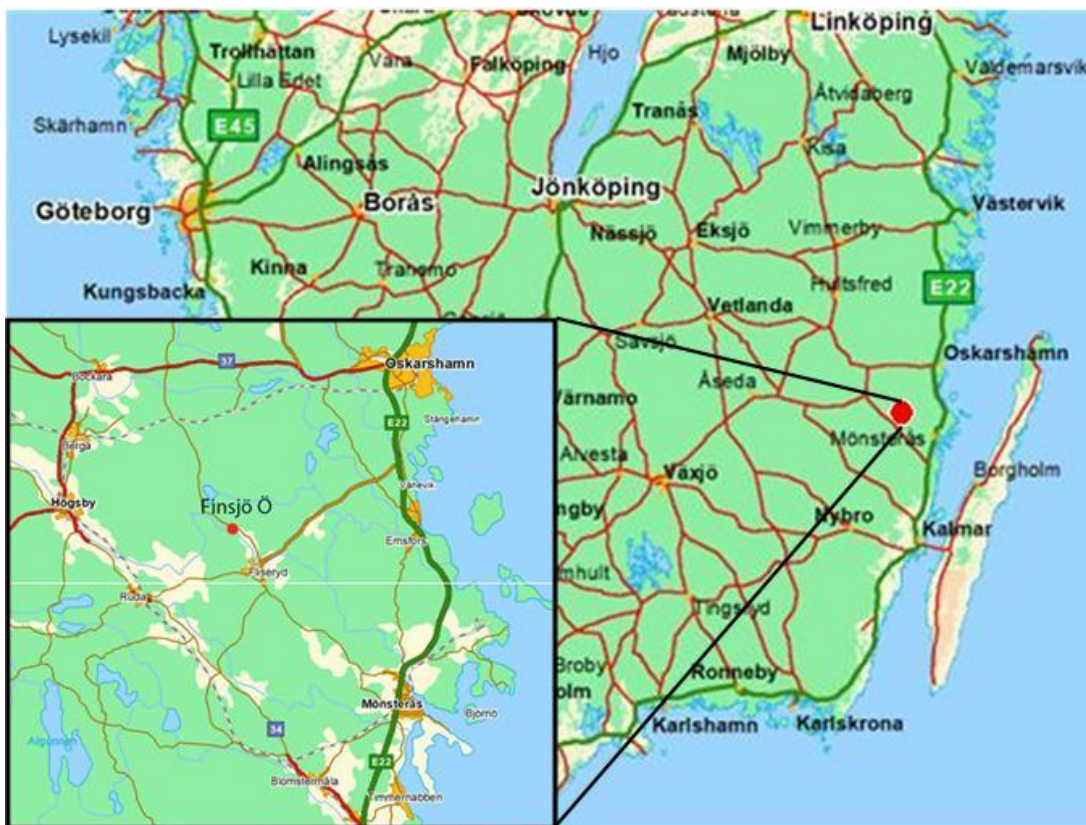
1.4 Metod

Data och förutsättningar såsom tillstånd, avtal och teknisk beskrivning av den nuvarande dammen inhämtas från arkiven hos E.ON i Malmö. Genom kartstudier och platsbesök skaffas en uppfattning om ett lämpligt läge för den nya dammen, genom inmätning av topografin ges ytterligare underlag för placeringen av dammen samt lämplig placering av en eventuellt ny fiskväg. Inmätningen ger även underlag för utbredningen av det nya magasinet. Vidare kommer den hydrologiska situationen studeras utifrån tidigare dokumentation om dammen, tidigare rapporter om dammen samt hydrologiska data från SMHI. Kunskap om de hydrauliska aspekterna inhämtas från teknisk litteratur, externa rapporter samt samtal med personal på E.ON. Underlag för miljöaspekterna är EUs ramdirektiv för vatten, vattenmyndigheternas rapporter, naturvårdsverkets författningar, miljöbalken, vattenförordningen men också externa rapporter om Emån samt samtal med personal på E.ON och externa parter.

2 Finsjö Övre

2.1 Bakgrund

Finsjö Ö (Figur 2-1) är ett vattenkraftverk som är beläget i östra Sverige strax sydväst om Oskarshamn. Kraftverket är ett av fyra i Emån som ägs och drivs av E.ON Vattenkraft Sverige AB. Anläggningen togs i drift år 1919 och har således varit i drift i snart hundra år. Regleringsdammarna har fått ett flertal dammsäkerhetsanmärkningar som bör åtgärdas inom de närmsta åren varför det finns ett behov att undersöka möjligheterna att förlägga en ny regleringsdamm längre nedströms.



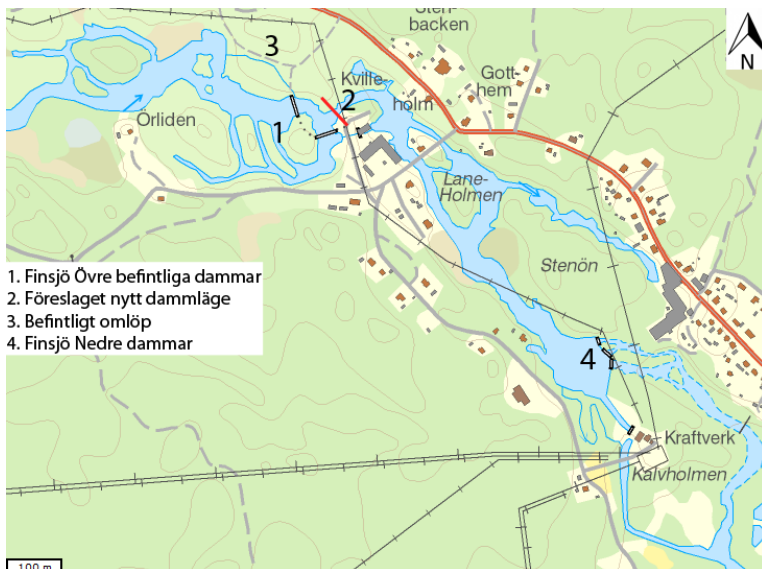
Figur 2-1 Geografiskt läge för Finsjö Ö.

Det finns två kraftverk belägna i Finsjö, dels det Övre, som studeras i detta examensarbete men även det Nedre. Placeringen av de båda kraftverken visas i Figur 2-2. För att kunna bedöma flödet vid Finsjö är det även viktigt att ta hänsyn till biflödet Kvillen som ses i nedre delen av Figur 2-2.



Figur 2-2 Översiktsbild över området omkring Finsjö.

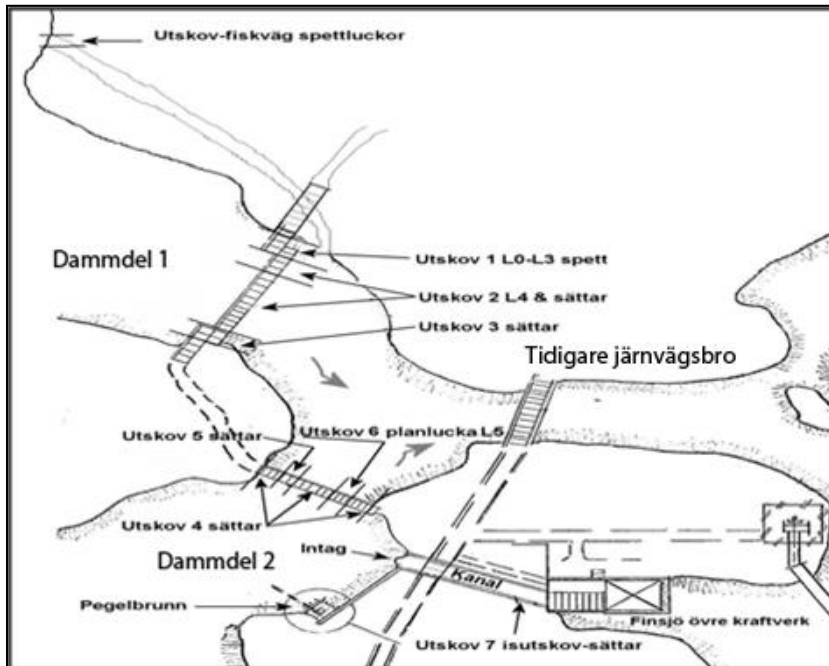
En mer detaljerad bild över området vid Finsjö visas i Figur 2-3.



Figur 2-3 Detaljerad bild över Finsjö.

2.2 Teknik

Anläggningen består i huvudsak av tre delar, se Figur 2-4. Från vänster i strömningsriktningen två stycken dammar för att hålla vattenytan, samt själva kraftverket för att utvinna elektricitet. Dammarna är utförda i betong och sammanbundna med en fyllningsdamm samt naturlig mark. Förut fanns det även en järnvägsbro som är markerad i Figur 2-4. Det enda som är kvar av denna är två brofundament.



Figur 2-4 Anläggningens olika delar (E.ON, Finsjö Övre Kraftverk DTU Manual, 2011).

Det finns ett flertal utskov i de båda dammkropparna och deras uppgift är att avbörda vatten på ett säkert sätt vid flöden över turbinens kapacitet. De utskov som finns i första dammen (Figur 2-5) är fyra stycken spettutskov, en betongplanlucka, samt flertalet sättar. Spettlucksutskoven manövreras för hand med hjälp av domkrafter. Även sättarna manövreras för hand med sättgafflar. Planluckan däremot manövreras med hjälp av en kedjetelfer. Vid DG (Dämningsgräns) har spettlucksutskoven en avbördningskapacitet på $17 \text{ m}^3/\text{s}$, planluckan har en kapacitet på $55 \text{ m}^3/\text{s}$ och sättarna har en sammanlagd kapacitet på $8 \text{ m}^3/\text{s}$ (E.ON, Finsjö Övre Kraftverk DTU Manual, 2011)



Figur 2-5 Nedströms vy av dammdel 1.

De utskov som finns i den andra dammen (Figur 2-6) är en planlucka samt flera sättar. Planluckan är fjärrmanövrerad för att kunna reglera vattenytan vid oföruetsdda händelser. Även här är sättarna handmanövrerade. Vid dämningrgräns har planluckan en avbördningskapacitet på 21 m³/s och sättarna tillsammans har en kapacitet på 56 m³/s (*E.ON, Finsjö Övre Kraftverk DTU Manual, 2011*).



Figur 2-6 Nedströms vy av dammdel 2.

Totalt sett har utskoven en avbördningsförmåga på 160 m³/s när vattenytan är vid DG. Kraftverket har endast en turbin av typen Francis som är en radiell flödesturbin. Fallhöjden vid Finsjö Ö ligger på ca 5.5 m och kapaciteten på turbinen är 14 m³/s. Effekten på turbinen är på 700 kW och normalårsproduktionen uppgår till 4 GWh/år (*E.ON, Finsjö Övre Kraftverk DTU Manual, 2011*).

2.3 Hydrologi

Avrinningsområdet har en yta på ca 4110 km² och ca 5.45 % är sjöarea. Emån delar sig i ett biflöde kallat Kvillen strax före Finsjö Ö. Vattenföringen vid Finsjö antas vara 74 % av den vid Emsfors (Persson, 2008).

FDK II flödet vid Emsfors är beräknat till 238 m³/s (*SMHI, 2003*). FDK II flödet vid Finsjö Ö är då 176 m³/s (238*74 %). Vattenmagasinets volym är liten och uppgår till 0,12 Mm³ vid DG och 0,14 Mm³ vid KG (Kröngräns). Då storleken på magasinet är liten finns ingen möjlighet att långtidsreglera och anläggningen drivs istället som ett strömkraftverk.

2.4 Miljö och fiskvägar

Emån är ett artrikt vattendrag där över hälften av Sveriges sötvattenfiskar finns representerade (*Emåförbundet, 2011*). År 2000 skrevs ett avtal mellan Nissan Kraftförvaltning (del av Sydkraft, nuvarande E.ON), Mönsterås kommun och Emåförbundet. Avtalet fastslog att omlöp skulle byggas vid Finsjö Ö och Finsjö Nedre (vidare Finsjö N) som är en av E.ONs anläggningar nedströms Finsjö Ö.

Mönsterås kommun var byggherre och står som ägare av de befintliga fiskvägarna vid Finsjö. Däremot vilar det övergripande ansvaret på Emåförbundet, som tar ut en avgift från de kommuner som finansierar projektet, medan Fliseryds sportfiskeklubb har hand om det praktiska ansvaret såsom underhåll, tillsyn och skötsel. Det befintliga omlöpet vid Finsjö Ö är placerat norr om dammdel 1, se Figur 2-7. Det fastställs att det bästa läget för ett omlöp vore precis bredvid turbinens utlopp då fisken oftast följer det starkaste vattenflödet, däremot tydliggörs att förutsättningarna för detta inte är tillräckliga eftersom terrängen är olämplig i anslutning till kraftverket (*Fiskevårdsteknik i Sverige AB, 1997*). Fiskvägen består av tre delar. Utskov, åfåra samt en vägbro för åtkomst till dammen. Utskovet har en avbördningsförmåga på 3 m³/s, men avbördningen under vandringstid föreslås till 1.5 m³/s. Fåran anläggs med en bottenbredd på 1 m och sidolutning på 1:2. Den är 6 m bred och ca 1.5 m djup. Medellutningen på fåran uppgår till 1.8 %. Den konstrueras för att efterlikna en naturlig fåra och den anpassas även efter de vattenflöden som utskovet avbördar. Botten består av naturlig sten och underst ett förstärkt erosionsskydd av geotextil (*Fiskevårdsteknik i Sverige AB, 1997*).



Figur 2-7 Befintligt omlöp markerat med mörkblått, befintliga dammar markerat med rött.

2.5 Juridik

Tillstånd att uppföra dammar vid Finsjö för att reglera vattnet i Emån bygger på flera domar från början av 1900-talet, där den första domen är från 1897. Där förkunnades att man fick bygga ut och bygga om de befintliga dammar som tidigare har använts till de bruk som befann sig på platsen för ändamålet att anlägga en "kraftstation" med villkor att man anlägger en laxtrappa för fiskens fria gång (1897).

1948 ansökte Finsjö Kraftaktiebolag om befrielse från att hålla laxtrappor vid flertalet av deras kraftverk däribland Finsjö Ö. Kravet att hålla laxtrappa tas genom den domen bort och Finsjö Kraftaktiebolag ålades istället att betala en årlig avgift på 200 kr för utsättning av fiskyngel till Kalmar läns södra hushållningssällskap som hade ansvar för utsättningen vid de berörda kraftverken (*Befrielse från skyldighet att hålla laxtrappa, 1948*).

1975 uppräknades denna avgift till 695 kr på grund av kostnadsökningar (*Omprövning av fiskeavgift 2:8, 1975*).

1983 kom en ny lag, Vattenlagen som reglerar vattenverksamheter. I en dom från 1991 omprövades utsättningen av fiskyngel enligt 15 kap 4 § i vattenlagen. I domen från 1991 omvandlades skyldigheten att utsätta fiskyngel till en fiskeavgift i enlighet med 10 kap 5 § i vattenlagen. Avgiften till fiskeriverket uppgick till 100 000 kr per år och skulle användas till att främja fisket i Emån (*Omprövning av villkor till skydd för fisket, 1991*).

1994 kom ytterligare en dom som berörde fiskeavgiften. I den domen skedde också en omprövning i enlighet med 15 kap 4 § i vattenlagen och den årliga fiskeavgiften omvandlades till en engångsavgift på 2 670 800 kr. Anledningen till detta var att fiskeriverket planerade en engångsåtgärd för främjandet av fisket i Emån från Blankaströms kraftverk till havet (*Omprövning av fiskeavgift, 1994*).

I en dom från 1993 fastställde Växjö tingsrätt att Mönsterås kommun har rätten att bortleda vatten om normalt 60 l/s dock upptill 75 l/s vid enstaka tillfällen för kommunalt behov. Detta vatten försörjer kommunens vattenverk. Intaget ligger strax uppströms dammdel 2. I ett avtal har även kommunen förbundit sig att överta kostnader och ansvar för dämningen om dammen i framtiden ej skulle behövas för kraftverksdriften (*Tillstånd att för den kommunala vattenförsörjningen bortleda vatten från Emån vid Finsjö mm, Mönsterås kommun, Kalmar län, 1993*).

Sedan 1948 finns alltså inget krav på att hålla med anordningar för fiskens fria gång. Däremot har dåvarande Sydskraft tillsammans med Emåförbundet och Mönsterås kommun sommaren 2000 tecknat ett avtal om omlöp vid Finsjö Övre och Nedre kraftverk.

3 Teori

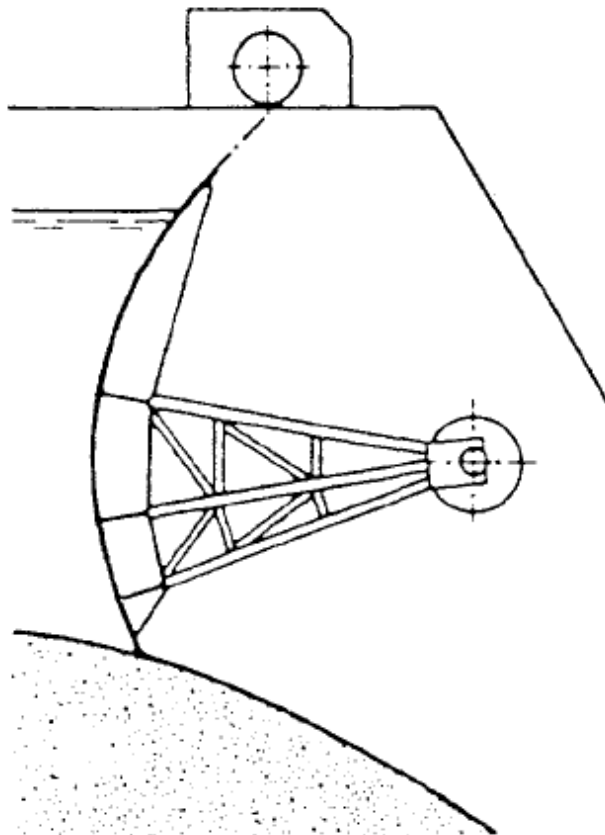
3.1 Utskov

Det finns många olika typer av utskov. De vanligaste typerna i Sverige är segmentluckor, planluckor, sektorluckor, spettluckor, sättar och valsluckor (Kuhlin, 2011). Fokus kommer att ligga på segmentluckor, sektorluckor, planluckor, spettluckor och sättar. Maximal avbördningskapacitet för dessa typer av utskov beräknas på samma sätt eftersom flödet sker med fri vattenyta vid fullt uppdragen lucka, förutom under tiden luckan manövreras då det kan ses som ett bottenutskov.

3.1.1 Utskovstyper

Segmentlucka

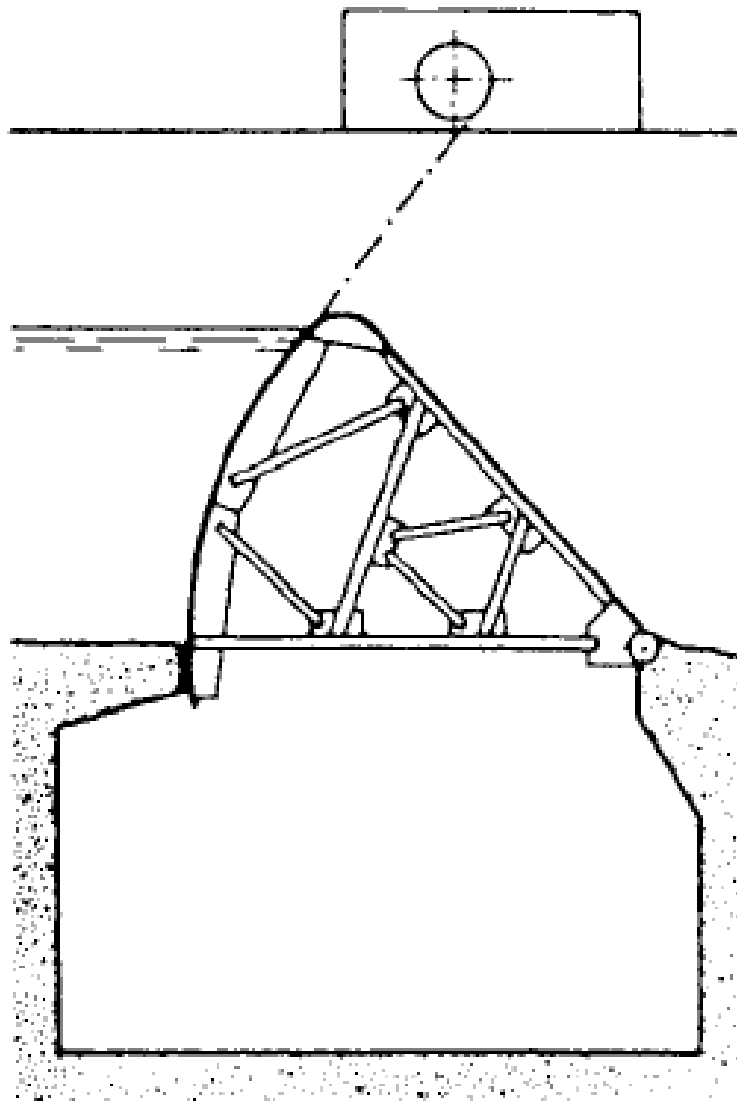
Luckan har fått sitt namn för att den liknar ett cirkelsegment. Det är en radiell lucka som roterar runt två infästningar i sidorna på utskovet. Den kan användas som ytutskov men också som bottenutskov, fast då med topptätning. Luckan öppnas genom att luckan höjs och vatten strömmar ut under luckan. Manövrering av luckan sker genom hydraulcylinder eller olika former av spel. Vanligt förekommande fel för segmentluckan är lagren vid infästningarna. Möjligheterna att smörja lagren utan att fullständigt öppna luckan är dåliga. Om luckan används som reglerlucka blir bulten ojämnt sliten till följd av små rörelser. Även påfrysning är ett problem under vintertid då falsarna och luckarmarna blir nedisade med förlust av manöverförmåga som följd (Elforsk, 1995).



Figur 3-1 Genomsnitt av segmentlucka (Elforsk, 1995).

Sektorlucka

Denna typ av lucka är en överströmningslucka. Det innebär att vid avbördning sänks luckan ned i en grop och vattnet strömmar över den. Främsta användningsområde för denna lucka är som ett flottningsutskov eller isutskov. Manövrering sker på liknande sätt som segmentluckan med spel eller hydraulcylinder. Förekommande fel på denna typ av lucka är problem med tätningar men också samma typ av fel med infästningarna som för segmentluckan. Ett allvarligt fel som kan inträffa är vatteninströmning under luckan med avskjuvning av infästningar som följd (*Elforsk, 1995*).

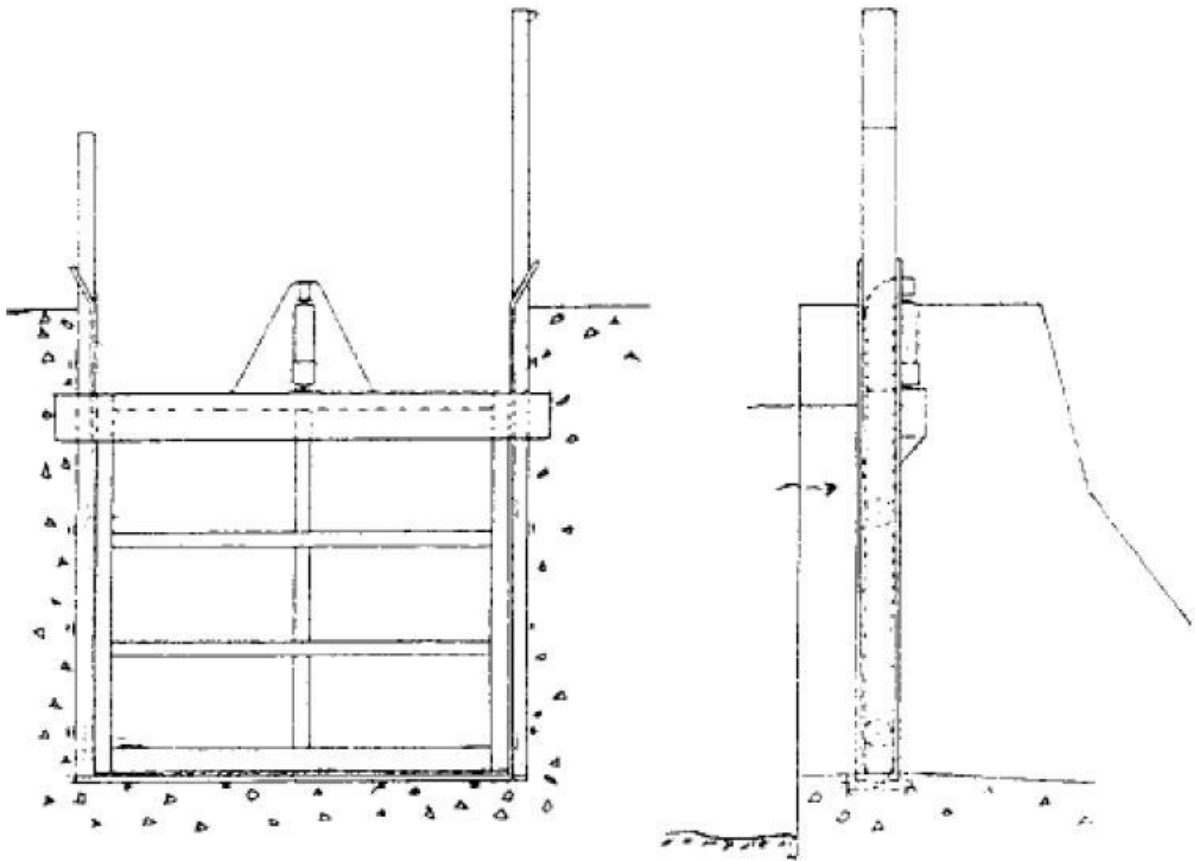


Figur 3-2 Genomsärning av sektorlucka (*Elforsk, 1995*).

Planlucka

Planluckan är en enkel konstruktion med ett luckblad som oftast är av stål. Luckan löper på hjul eller glidlistor i vertikala falsar. Den manövreras oftast med hydraulik, domkrafter eller spel (Elforsk, 1995). Luckorna fylls oftast med ballast för att underlätta sänkningen av luckan när vatten strömmar under den (Persson, Dammtekniskt sakkunnig, 2011).

Vanliga problem med planluckorna är att hjullager kärvar som en följd av rost och avlagringar, sneda och skeva falsar, läckande falstättningar och påfrysning av falsar vilket omöjliggör stängning. Hänsyn måste också tas vid dimensionering så att man inte har dimensioner som riskerar fastkilning av luckan (risk finns när bredden överstiger höjden på luckan) (Elforsk, 1995).

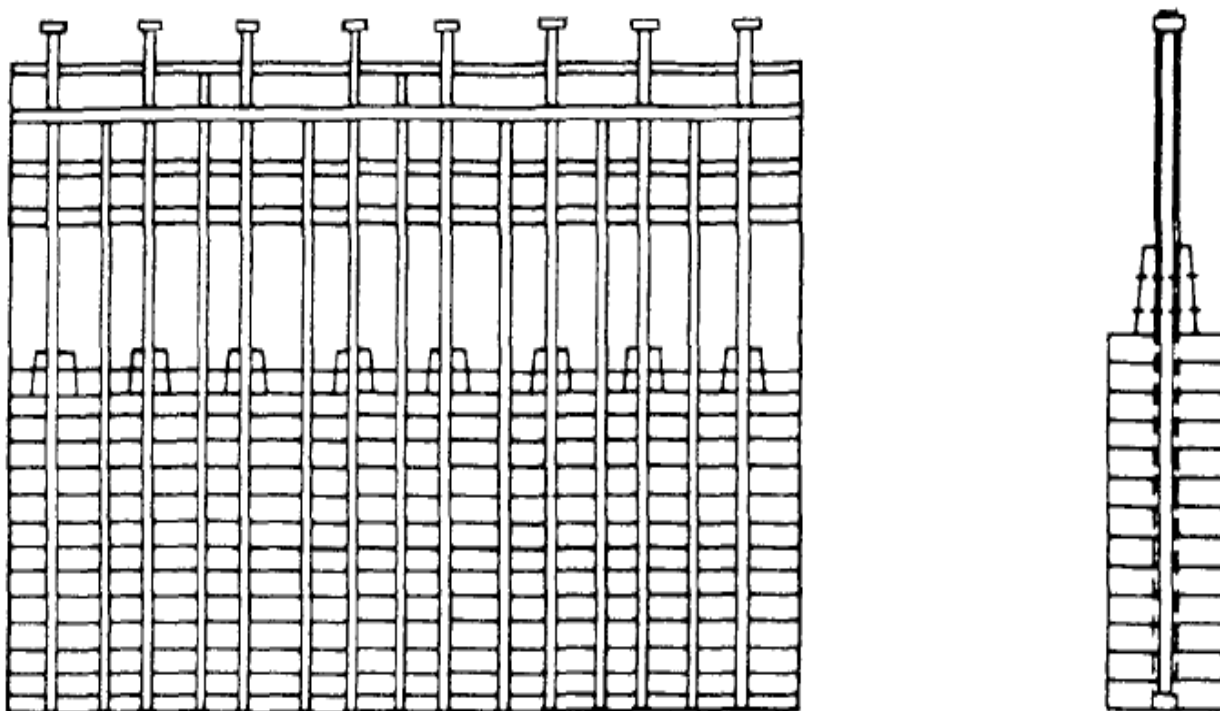


Figur 3-3 Frontvy samt tvärsektion av en planlucka (Elforsk, 1995).

Spettluckor

Spettluckor liknar planluckan på många sätt, men består istället oftast av trä. Luckan löper också i falsar men oftast utan hjul eller glidlister. Bredden på luckan är liten och istället så har man många luckor jämte varandra. Detta ökar risken för igensättning då drivgods och is lättare fastnar. Tidigare manövrerades denna typ av luckor med spett, därav namnet. Idag manövreras de istället med domkrafter och hasplar (*Elforsk, 1995*).

Vanliga problem med spettluckor är att infästningen mellan bladet och själva stocken har försämrats vilket har inneburit att stocken lossnat vid försök att manövrera luckan. Infästningen mellan stålbeslaget för manövrering och stocken är också en kritisk punkt då den ibland har lossnat, vilket omöjliggör manövrering. Ursparning till följd av slitna luckor eller upprostade falsar är också ett problem. Rötskador är ett problem som orsakar genomläckning och påfrysning (*Elforsk, 1995*).



Figur 3-4 Frontvy samt tvärsnitt av flera spettluckor (*Elforsk, 1995*).

Sättar

Det här är den enklaste typen som egentligen inte kan kallas en lucka. Den består av ett flertal bjälkar, så kallade sättar som oftast är gjorda i trä, betong eller stål. Bjälksätten tas upp eller sätts i för hand med hjälp av en såkallad sättgaffel, och beroende på vilket flöde man är ute efter så sätter man i olika många sättar. Vanliga problem med sättar är att de är svåra att få dit vid strömmande vatten och problemet ökar vid ökande vattennivå (*Elforsk, 1995*). Andra problem är läckage mellan sättarna eller bortspolning av sättarna.

3.2 Funktionssäkerhet

Ett utskov har som funktion att avbörda vatten på ett säkert sätt från dammen. Oftast behövs det vid höga flöden när kraftverket inte klarar av att sluka hela flödet. Denna funktion måste upprätthållas av utrustning och ett antal system. Denna utrustning och dessa system måste vara utformade på ett bra sätt för att ge en tillfredsställande funktion på luckorna. Nedan följer en sammanställning över denna utrustning och dessa system.

3.2.1 Lyftanordningar

Nedan följer en sammanställning av de förekommande lyftanordningarna för luckor.

Spaklyftblock

En enklare form av kedjespel som fästs vid luckpelarna. Fördelen är att anordningen är flyttbar. Lyftblocket manövreras för hand via en spak och används för att lyfta planluckor. Problem med fastkilning av luckan kan förekomma vid osynkroniserad manövrering av blocken (*Elforsk, 1995*).

Spett

En äldre lyftanordning för att manövrera spettluckor. Spetten används genom att man placerar spettet i de beslag som sitter på luckan och häver upp denna samtidigt som man säkrar luckan med hasplar (*Elforsk, 1995*).

Handdrivna spel med vev

Spelen är fasta anordningar som används som reserv när de motordrivna lyftanordningarna inte fungerar. Manövreras genom att man med hjälp av utväxlingen i linspelet hissar upp luckan för hand (*Elforsk, 1995*).

Domkraft

Används istället för spett för att manövrera spettluckor. Anordningen är mobil och placeras ut vid luckorna som hissas upp med handkraft för att sedan säkras med hjälp av hasplar. Fördelen med denna mot spett är att den är lättare att manövrera och det krävs inte lika många personer för att hissa luckan (*Elforsk, 1995*).

De manuella lyftanordningarna används oftast som reserv då de maskinella lyftanordningarna inte fungerar. Nedan följer de vanligaste typerna av motordrivna anordningar för luckmanövrering.

Hydraulcylinder

Detta är den absolut vanligast förekommande anordningen för att manövrera planluckor. Den är mycket driftsäker men hänsyn måste tas vid val av olja för att den ska fungera även vid låga temperaturer. Oönskade lucköppningar kan i vissa fall förekomma när solen har värmt upp hydrauloljan i långa friliggande ledningar (*Elforsk, 1995*).

Kuggstångsspel

Denna typ är vanligast på segmentluckor. Den manövreras genom att motorn som är kopplad till kugghjulet driver upp kuggstången som är infäst i luckan. Risker för knäckning av kuggstången eller skador på drivaxelns infästningar finns om inte gränslägesgivarna för stängd och öppen lucka fungerar tillfredsställande (*Elforsk, 1995*).

Skruvspel

Liknar kuggstångsspelet, men här driver motorn en form av mutter som i sin tur driver upp gängstången. Liknande problem med kuggstångsspelet finns även här med risk för knäckning. Det är även större risk att det fastnar skräp i gängstången (*Elforsk, 1995*).

Lin- och kättingspel

Denna typ förekommer oftast på segmentluckor. Motorn driver linan eller kättingen som i sin tur höjer eller sänker luckan. Problem kan förekomma vid stängning av luckan om drivgods fastnar mellan tröskeln och luckan, detta kan leda till en slak lina eller kätting som riskerar att hamna utanför löpspåret. Andra problem kan vara att is skadar infästningarna till linorna eller kättingarna så att dessa lossnar från sitt fäste (*Elforsk, 1995*).

3.2.2 Styrsystem

Alla luckor kan manövreras manuellt vid dammen. Det finns en lucktyp som endast kan manövreras manuellt och detta är sättarna. Sättarna lyfts upp med hjälp av så kallade sättgafflar vilket kräver personal på plats. De andra luckorna kan däremot kopplas till system som gör att de kan fjärrstyras eller styras automatiskt. En fördel vid automatisk styrning är att regleringsarbetet minimeras och produktionen optimeras. Det är viktigt att dessa system har reservkraft som kopplas in vid strömavbrott eller sabotage. Vid automatisk styrning är övervakningsfunktioner nödvändiga för att kontrollera automatiken. Nedan följer en genomgång av de vanligaste systemen som finns.

VNR

VNR står för vattennivåreglering. Det är ett automatiskt system som är kopplat till en eller fler luckor. Systemet har som funktion att utifrån vattennivån i magasinet och regleringsstrategin styra inflödet till turbinen och avbördningen från luckorna. Den har även som funktion att vid ett driftstopp tillse att turbinvattenföringen avbördas genom luckorna istället (*Elforsk, 2009*).

VÖA

Vattennivåövervakningsautomatik kontrollerar vattenytans läge kontinuerligt för att inte över eller underdämning ska ske. Den beräknar även erforderlig turbinvattenföring för att hålla den önskade nivån på magasinet. Den ger ett förvarningslarm om det finns risk för att nuvarande driftläge leder till över eller underdämning och reglerar utskoven för att uppnå önskad nivå på magasinet. Det finns även en enklare variant av systemet som larmar driftcentralen och sedan kopplar in VNR systemet (*Elforsk, 2009*).

KAS

Katastrofskyddet fyller en betydande funktion vid dammar. När vattennivån stigit över en viss gräns (oftast dämningssgränsen) har detta system som uppgift att öppna de utskov som är kopplat till systemet. Detta är för att förhindra ett dammbrott, som kan ske vid överdämning. Eftersom detta system har en så betydande roll för säkerheten ställs höga krav på att det ska vara enkelt och driftsäkert. Det måste även finnas en redundans i systemet för att minimera risken för driftavbrott. Systemet skall i alla avseenden vara överordnat alla andra automatiseringssystem och vid hög vattennivå skall det blockera de andra systemen. Ett utlöst KAS system skall återställas manuellt. Öppnafunktionen på systemet skall vara överordnad stängfunktionen på luckan (*Elforsk, 2009*).

Fjärrstyrning

Systemen är kopplade till en driftcentral som därifrån kan styra utskov och automatiska system men även få in felsignaler och data över det aktuella läget.

3.2.3 Isfrihållning

Även under vintern måste utskoven fungera. Detta ställer dels krav på hur luckorna är dimensionerade men också på system som ser till att luckorna kan manövreras. Ett isfrihållningssystem består av två delar. Det måste finnas ett system som håller isen borta från själva luckan och falsarna för att luckan ska gå att manövrera, men det behövs också ett system för att hålla isen borta en bra bit framför luckan också ett så kallat vakhållningssystem. Om man endast hade hållit luckan isfri finns det risk för att luckan kilas fast av påtryckande ismassor uppströms (*Elforsk, 1995*).

I detta kapitel följer en genomgång av de isfrihållningsmetoder som används.

Utsläpp av kylvatten

Här använder man sig av kylvattnet från generatoren. Istället för att släppa ut kylvattnet i vattendraget igen, leder man vattnet via ledningar och släpper ut det strax uppströms utskovet eller pumpar ut det via spridarrör vid luckan. Vid kallare perioder finns risk för att metoden fungerar dåligt med nedisning av spridarrören som då täpps igen. En förutsättning är också att kraftstationen ligger relativt nära utskoven, annars hinner vattnet kylas av under transporten och kostnaden för att anlägga rören blir alltför stor (*Sandqvist & Öhrvall, 2006*).

Strålvärme

Denna uppvärmningsmetod använder sig av ett elektriskt element som alstrar IR strålning. Uppvärmningen sker då strålningen träffar en yta vilket inte ger några förluster i luften. Fördelen med denna typ av uppvärmning är att den är enkel att reglera efter behov. Elementet fungerar bäst då vattenytan inte regleras i någon större utsträckning eftersom spridningen av strålningen blir större med ökat avstånd. Elementen har relativt hög effekt och därmed blir uppvärmningskostnaderna höga i förhållande till isfrihållningen. I övrigt har dessa element en begränsad livslängd då de slits mycket om de sitter ute året runt, annars krävs en del arbete för upp- och nedmontering mellan säsongerna (*Sandqvist & Öhrvall, 2006*).

Strömningsbildare uppströms lucka

Genom att skapa turbulens och omrörning av vattnet framför luckan hindrar man det att frysa. Förutsättningen är att omrörningen är kraftig nog. För att skapa turbulensen används en propeller med skydd för att hindra att skräp och drivgods förstör omröraren. Placeringen i djupled av omröraren och vinkeln på vattenströmmen är väldigt viktig för att få en tillfredsställande effekt. Därför är det viktigt att reglerhöjden inte är allt för stor eftersom då ändras avståndet mellan propeller och vattenytan. För att klara av påfrestningar vid avbördning eller på grund av påstötande drivgods måste montaget vara stabilt. På större utskov kan den placeras i befintliga konstruktioner för nålarna (vertikal balk för att stänga utskovet). På mindre utskov som inte har denna konstruktion behövs andra montageanordningar (*Sandqvist & Öhrvall, 2006*).

Vattenpumpar i lucka

Det finns flera olika metoder. Generellt bygger den på två principer. Antingen pumpas varmare vatten upp från botten och pumpas ut strax under lägsta vattenytan, eller så är flödet tillräckligt högt så att omrörning sker av vattnet vilket hindrar igenfrysning vilket liknar principen med omröraren som nämns ovan (*Elforsk, 1995*). Pumpen sitter inuti luckan och tar in vatten via en ventil i luckan. Vattnet pumpas vidare genom ledningsrör och sedan ut antingen genom en ventil direkt i luckan, eller genom ett spridarrör som är monterat på utsidan av luckan. Fördelen med detta system är att det fungerar väl även vid stora reglerhöjder, det är driftsäkert samt skyddat från yttre påverkan. Något som kan vara problematiskt är att man tar in vatten i luckan. Skulle ledningssystemet eller pumpen gå sönder finns risk att man vattenfyller luckan vilket kan leda till att det är omöjligt att lyfta luckan eller att luckan fryser sönder om den inte är uppvärmd. Systemet är också dyrt att installera på befintliga luckor (*Sandqvist & Öhrvall, 2006*).

Dränkbar pump uppströms lucka

Istället för att installera en pump i luckan kan man använda sig av en dränkbar pump som man placerar strax uppströms luckan. Pumpen och kabeln hängs helt enkelt i vajrar eller kedjor från brobanan ned framför luckan. Pumpen är väldigt lätt att justera efter behov. Om vajrar eller kättingar fryser fast kan pumpen slitas loss, samma problem kan uppstå vid avbördning då det finns risk att pumpen slits med, det finns även en större risk att drivgods fastnar i pumpen. Annars är pumpen relativt billig att införskaffa och den är även billig i drift (*Sandqvist & Öhrvall, 2006*).

Isfrihållning med luftpumpar

Genom att använda en luftpump skapar man en ridå av luftbubblor framför luckan. Denna ridå cirkulerar vattnet framför och ser till att det inte fryser. Metoden kan utföras på flera olika sätt, med olika pumpar och med olika spridarsystem. De förbrukar relativt lite energi jämfört med vattenpumparna, de är även driftsäkra. Metoden fungerar väl vid relativt stora reglerhöjder och systemet sitter även väl skyddat vid avbördning (*Sandqvist & Öhrvall, 2006*).

Som nämnts ovan består ett isfrihållningssystem av två delar. För att undvika ispåväxt på pelare och falsar vid avbördning och läckage samt undvika fastfrysning av luckor i falsarna behövs även system för att värma upp falsar, trösklar, tätningar och pelare.

Nedan följer en kort genomgång av olika system.

Fals och tröskelvärm

För att upprätthålla möjligheten att manövrera luckan även vintertid måste man undvika att luckan fryser fast, detta gör man genom att värma upp falsarna som luckan löper längs samt tröskeln i botten av luckan. Falsar och trösklar värms upp genom att man bakom plåtarna har en värmekälla. Två typer är vanligast förekommande. Vätskeburen värme vilket innebär att man i ingjutna slingor bakom plåten cirkulerar en frostbeständig vätska som värms upp med hjälp av elpatron. Alternativt sker uppvärmning med ingjutna motståndselement eller instickselement som placeras i ingjutna rör bakom plåten (*Sandqvist & Öhrvall, 2006*).

Värme i tätningar

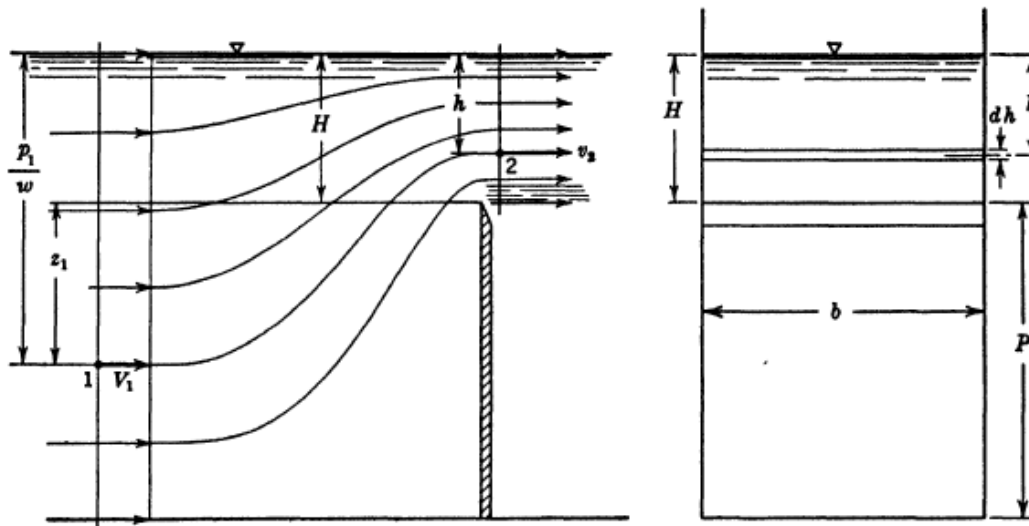
För att förhindra läckage används tätningar i både botten (och i vissa fall toppen) och på sidorna. För att dessa tätningssystem inte ska frysa sönder behöver de värmas upp. För botten-tätningar räcker det oftast med tröskelvärm, på sidotätningar kan däremot element av liknande typ vid fals och tröskelvärm användas (*Sandqvist & Öhrvall, 2006*).

3.3 Avbördningskapacitet

Att beräkna den korrekta avbördningskapaciteten för ett utskov kan vara problematiskt eftersom det är svårt att bedöma inverkan av en heterogen hastighetsprofil samt effekterna av friktionskrafter och turbulens. De viktigaste faktorerna som dikterar flödet över ett utskov är höjden på utskovet, vattenytans höjd över tröskeln samt trycket vid strålen (Vennard & Street, 1982). För att ta sig runt dessa beräkningstekniska problem får man göra en rad förenklingar.

- Hastighetsprofilen uppströms antas vara homogen
- Flödet över krönet antas vara horisontellt
- Trycket i vattenstrålen antas vara samma som omgivande luft
- Påverkan från viskositet, turbulens och ytspänning antas vara försumbar

3.3.1 Avbördningskapacitet för ett skarpkantat utskov



Figur 3-5 Avbördningskapacitet för ett skarpkantat utskov (Vennard & Street, 1982).

Genom att applicera energiekvationen på en kontrollsektion precis innan utskovet se Figur 3-5 fås följande ekvation

$$H + \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n} = (H - h) + \frac{v_2^2}{2 \cdot g_n} \Rightarrow$$

Ekv 3-1 Energiekvationen mellan punkt 1 och 2.

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot g_n \left(h + \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n} \right)}$$

Ekv 3-2 Hastigheten vid punkt 2.

Vi har nu ett uttryck för hastighetsprofilen över utskovet.

Genom att integrera över höjden kan vi få fram ett uttryck för flödet per breddenhet.

$$q = \int_0^H v^2 dh = \sqrt{2 \cdot g_n} \int_0^H \sqrt{\left(h + \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n}\right)} dh \Rightarrow$$

Ekv 3-3.

$$q = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g_n} \left[\left(H + \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{v_1^2}{2 \cdot g_n}\right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

Ekv 3-4.

Genom att anta att v_1 är liten kan man förenkla uttrycket till

$$q = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g_n} \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

Ekv 3-5 Flödet per breddenhet.

För att kompensera för de förenklingar som nämnts tidigare måste man införa konstanten μ samt för att få avbördningen över hela bredden måste man ta hänsyn till bredden på utskovet. Detta ger oss slutligen Ekv 3-6 (Vennard & Street, 1982).

$$Q = \mu \frac{2}{3} \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g_n} \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

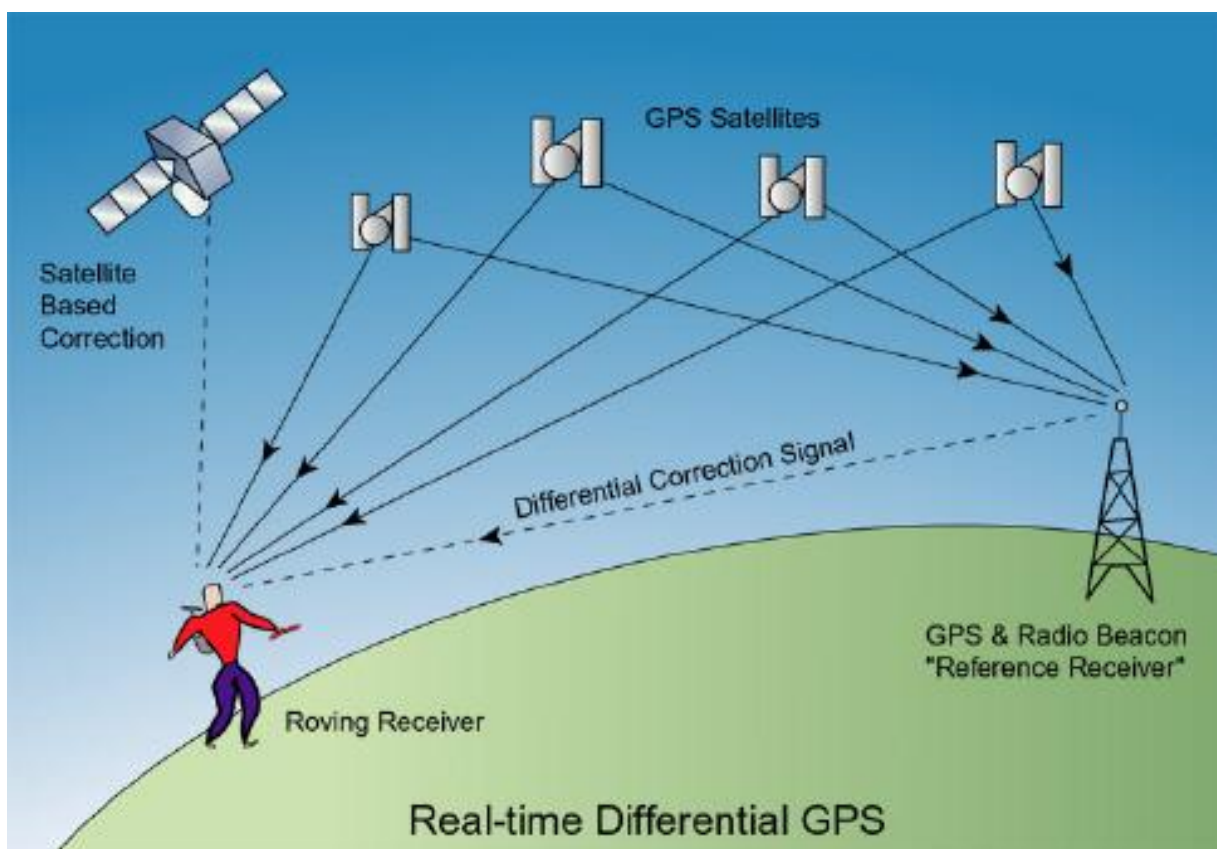
Ekv 3-6 Flödet för ett skarpkantat utskov.

3.4 Inmätning

Inmätning görs för att få en mer exakt bild över hur terrängen ser ut i det aktuella området. Det finns olika tekniker för inmätning. Nedan tas de tekniker som användes vid den aktuella inmätningen upp.

3.4.1 Rover

En snabb och enkel metod som bygger på GPS tekniken. Inmätningen görs med en så kallad rover, det är en GPS mottagare som sitter på en stav. Staven placeras sedan på punkten som skall mätas in. Tekniken för rovermätning bygger på relativ positionsbestämning. Kort innebär detta att man använder sig av två punkter, dels rovermottagaren men även en (oftast) stationär punkt. Detta möjliggör att man kan mäta differenser mellan de båda punkterna och på så sätt minimera mätfelen. Principen visas i Figur 3-6. Denna metod ger en horisontell osäkerhet på 0.03 m (95 % konfidensintervall) och en vertikal osäkerhet på 0.05 m (95 % konfidensintervall) (Harrie m.fl, 2011).



Figur 3-6 Principen för relativ inmätning med Roverutrustning (Pendleton, 2002).

3.4.2 Totalstation

När man ställer högre krav på mätnoggrannhet eller när det inte finns fri sikt mot satelliterna används något som kallas för totalstation. Totalstationen mäter både riktningar och längder. Moderna totalstationer har också möjlighet att lagra data. Genom att totalstationen mäter riktningar och längder beräknar den genom geometriska samband fram inbördes läge mellan de punkter som man mäter in. Etablerar man då totalstationen på en känd punkt är det enkelt att ta fram koordinater för de inmätta punkterna (*Harrie m.fl, 2011*).



Figur 3-7 Totalstation av modell GDM 620 Pro placerad för inmätning av dammfix i bildens övre vänstra del.

3.5 Miljö och juridik

EU:s vattenlagsarbete sträcker sig tillbaka till 1975, men var då inte samlat nog för att ge tillräckligt genomslag. Runt 1995 insåg man behovet av att ha en mer övergripande struktur för vattenpolitiken inom EU. I maj 1996 anordnades en tvådagars konferens för att diskutera hur man ska hantera vattenfrågor mer övergripande. Deltagare var representanter från de olika medlemsländerna, myndigheter, företag, konsumenter och miljöorganisationer. Denna konferens var startskottet för att arbeta fram mer gemensamma mål för alla deltagarländer. Man kom gemensamt fram till att man måste ha en ramlagstiftning som gäller alla medlemsländer.

Man satte även upp mål för denna ramlagstiftning.

- Utvidga omfattningen av vattenskyddet till allt vatten, ytvatten och grundvatten
- Uppnå "god status" för alla vattenförekomster inom en uppsatt tidsram
- Vattenförvaltning baserad på avrinningsområden
- Kombinerat synsätt på utsläppsgränsvärden och kvalitetsstandarder
- Rätt prissättning
- Att engagera medborgarna
- Effektivisera lagstiftningen

(European Commission, 2011).

Den 23 oktober 2000 antogs Vattendirektivet. I början på detta direktiv anger man syftet. Kort beskrivet innebär det att man ska förhindra vidare försämring av vattenområden och de ekosystem som är beroende av dessa samt förbättra förutsättningarna för en hög ekologisk status (status definieras som struktur och funktion på det akvatiska ekosystemet i den aktuella vattenmassan), främja en hållbar och långsiktig användning av de vattenresurser som finns tillgängliga, reducera utsläpp och föroreningar samt att mildra effekterna av översvämningar och torka. Förutsättningarna för detta är att man oberoende av nationsgränser delar upp vattenförekomsterna i olika avrinningsområden och tillsätter en vattenmyndighet för det berörda avrinningsområdet. Denna vattenmyndighet ansvarar för att utveckla ett program för vattenövervakning samt upprätta en förvaltningsplan för avrinningsområdet. Vattenförekomsterna indelas i grundvatten och ytvatten. Vidare indelas ytvatten i vattendrag, sjöar, övergångsvatten (mynningszoner) och havsområden. Vattendragen kategoriseras utifrån ekoregion, höjdområde, storlek baserad på avrinningsområde och geologi *(European Parliament & Council of the European Union, 2000).*

Vattendragens status bedöms utifrån tre huvudgrupper av kvalitetsfaktorer. Det är alltid den sämsta kvalitetsfaktorn som sätter statusen. Bedömningen utförs genom att först bestäms den biologiska statusen. Skulle denna vara god eller hög går man vidare och bedömer de fysikalisk-kemiska förhållandena. Skulle dessa båda grupper bedömas ha hög status tittar man också på de hydromorfologiska förhållandena. Den fysikalisk-kemiska statusen kan sänka den ekologiska statusen från hög till god, eller från god till måttlig, samma gäller för den hydromorfologiska statusen, men den kan endast sänka den ekologiska statusen från hög till god (*Naturvårdsverket, 2008*).

Biologiska värden

Den biologiska statusen bedöms utifrån sammansättningen och förekomsten av akvatisk flora, ryggradslösa djur samt fiskbeståndet (*Naturvårdsverket, 2008*).

Fysikalisk-kemiska förhållanden

Denna status bedöms utifrån temperatur, syrehalt, salthalt, näringsinnehåll och försurning. De ingående parametrarnas gränsvärden anges utifrån behovet hos ekosystemet i vattenförekomsten. Utöver detta bedöms också statusen utifrån fastställda gränsvärden för specifika förorenande ämnen (*Naturvårdsverket, 2008*).

Hydromorfologi

Detta är en relativt ny term som har sitt ursprung i att vattensystem liksom mycket annat på jorden förändras över tiden. Naturlig förändring av vattensystem har alltid pågått men i takt med att jordens befolkning ökar tenderar vi att förändra allt mer av naturen för att tillgodose våra behov, detta påverkar de vattensystem som finns runt oss. Detta är en komplex process och man förstår inte alltid konsekvenserna av dessa förändringar. Hydromorfologin har sin utgångspunkt i att beskriva strukturen av vattensystemen och förändringen över tiden. Detta sker dels ur ett hydrologiskt perspektiv med förändringar i flöde men också hur vattendraget ändras över tiden, med tanke på, djup, bredd, sträckning, stuktur och bottensediment (*Vogel, 2011*).

Slutligen sammanväger man dessa tre grupper till en total ekologisk status som klassas i fem steg.

Hög ekologisk status

Det är ingen eller liten mänsklig påverkan på hydromorfologin, de fysikalisk-kemiska förhållandena och de biologiska värdena (*Naturvårdsverket, 2008*).

God ekologisk status

De biologiska värdena uppvisar liten störning och avviker något från de normala biologiska värdena (*Naturvårdsverket, 2008*).

Måttlig ekologisk status

De biologiska värdena uppvisar måttlig störning och avviker måttligt från de normala biologiska värdena (*Naturvårdsverket, 2008*).

De vattenförekomster som inte faller in under någon av de ovan nämnda statusarna skall klassas som **Otillfredsställande** eller **Dålig** (*Naturvårdsverket, 2008*).

Referensförhållanden som anger hög status för de ovanstående delarna måste fastställas och kan antingen göras genom spatial analys eller modellering. När det gäller referensvärden för de biologiska värdena etablerade med spatial analys skall ett referensnätverk för varje typ av vattenförekomst upprättas som innehåller tillräckligt många mätplatser för att med säkerhet fastställa klassen hög status. Där det inte är möjligt att fastställa referensvärden genom analys eller modellering skall man använda sig av expertutlåtanden för att fastställa referensvärdena. Vattendirektivet fastställer även att man ska identifiera och uppskatta konsekvenser av bland annat vattenreglering och morfologiska förändringar och bedöma hur känsliga vattenförekomster är för nämnda förändringar. Man skall även bedöma risken att vattenförekomster inte uppnår fastställda standarder på grund av ovan nämnda förändringar (*European Parliament & Council of the European Union, 2000*).

På grund av betydande mänsklig påverkan kan vattendrag bli klassade som kraftigt modifierade. Vattendraget är då så kraftigt modifierat eller mänskligt skapat vilket innebär att det inte går att fastställa hur ett naturligt ekosystem i vattendraget ser ut. Kraven på statusen för vattendraget sänks då och istället för god ekologisk status ska vattendraget uppnå god ekologisk potential (Naturvårdsverket, 2008).

3.5.1 Implementering i Svensk lagstiftning

Enligt vattendirektivet skulle implementering och identifiering av ansvariga myndigheter och avrinningsdistrikt ske till senast 2003. Så var inte fallet utan vattendirektivet fick fullt genomslag i svensk lagstiftning genom 2004 års förordning om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön. Förordningen beskriver de olika avrinningsområdena, där Emån ingår i södra Östersjöns vattendistrikt. Ansvarig vattenmyndighet för södra Östersjöns vattendistrikt är Kalmars länsstyrelse. Förordningen ålägger vattenmyndigheterna att utföra de utredningar och klassificeringar som anges i vattendirektivet och som sammanfattats kort ovan. Förordningen ger också bemyndigande till Havs och vattenmyndigheten (tidigare en del av Naturvårdsverket) och Sveriges geologiska undersökning att utfärda föreskrifter hur arbetet med detta skall utföras.

3.5.2 Fiskvägar

För att naturliga fiskvägar skall fungera tillfredsställande bör de ha en lutning på mellan 1-5% (*Larinier, 2002*). Vid höga fallhöjder innebär detta en väldigt lång fiskväg. Fisken följer oftast det starkaste vattenflödet vid vandring. Därför är det viktigt att anlägga fiskvägen så nära som möjligt den punkt där det största flödet sker under vandringstiden. Beroende på kraftverkets kapacitet och flödet under denna period sker det antingen genom spillfåran eller vid utloppet från turbinerna (*Calles O., 2005*). Lekvandringen för laxfisk vid Finsjö sker runt augusti-oktober (*Calles & Greenberg, 2005*). Denna period tillsammans med sommaren är då flödet är som lägst.

4 Finsjö Nya

4.1 Inmätning

Den 4 oktober 2011 utfördes inmätning av området vid Finsjö Ö enligt den tekniska beskrivningen i Bilaga 1 och anvisningar på plats.

Resultatet från inmätningen presenteras i följande kapitel.

Etableringen utfördes först med roverutrustning för att mäta in vissa fixpunkter såsom dammfixpunkten och dammkrönet. Etableringen utfördes i koordinatsystem: Swereff 99 16 30 i plan samt RH70 med geoidmodell Swen08RH70.

Vidare etablerades även en totalstation av modell GDM 620 Pro i samma koordinat- och höjdsystem som roverutrustningen. Inmätningen med totalstationen av dammfixpunkten gav värdet +51.366 m.ö.h vilket kan jämföras mot den dokumenterade höjden på +51.36 m.ö.h. Resten av höjdmätningarna justerades efter denna höjd.

Befintlig KG på +51.48 m.ö.h, DG på +51.08 m.ö.h samt SG på +50.88 m.ö.h mättes in. Rikets höjdfix nr 056*1*6511 vilken ligger ca 3.3 km fågelvägen ifrån inmätningplatsen mättes även in i samma koordinatsystem som ovan med roverutrustningen. Inmätningen gav en höjd på +34.696 m.ö.h vilket kan jämföras med den dokumenterade höjden på +34.7 m.ö.h i RH 70.

Mätprotokoll från inmätningen redovisas i Bilaga 2.

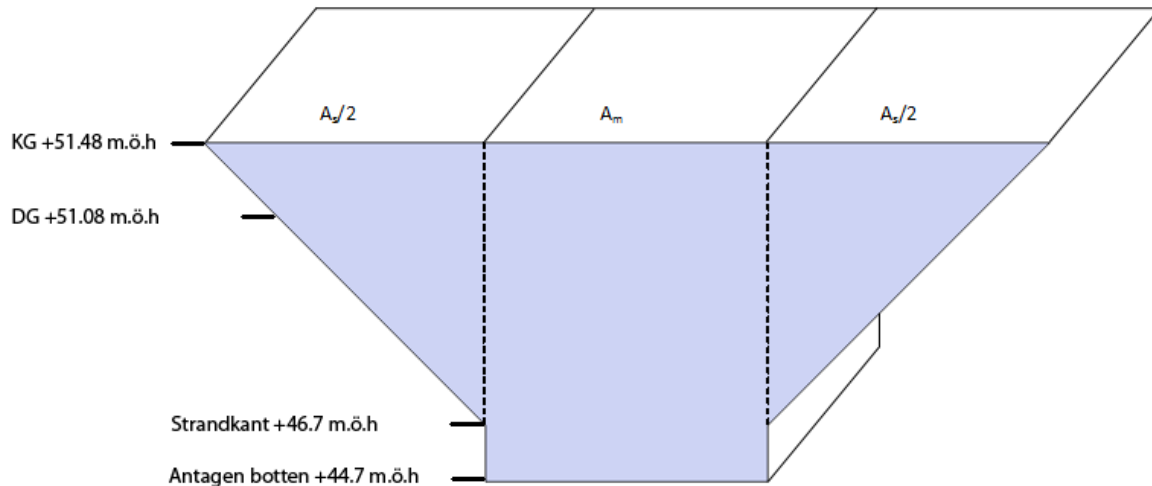


Figur 4-1 Författaren assisterar vid inmätning av dammkrön för befintlig damm med totalstation och prisma.

Om dammen placeras på det föreslagna läget innebär det en utökad uppdamning av vattnet. För att bedöma den utökade volymen har en grov förenkling av magasinet utförts. Förenklingen visas nedan i Figur 4-3. Figuren visar ett tvärsnitt av det nya magasinet. Areorna som beskrivs i figuren är topparean och inte tvärsnittsarean och dessa är uppmätta i ArcGis

A_s = Areal för stranden

A_m = Area för mittenfåran



Figur 4-3 Förenkling av magasinet.

Strandkanten är inmätt till +46.7 m.ö.h, djupet är okänt men antaget till 2m. Kanterna på magasinet antas till dämningens gräns respektive kröngräns. Området lutar från befintliga dammar fram till nya dammläget, höjden är däremot inte inmätt för hela området, därför ansätts att botten för det nya magasinet ligger på samma höjd i hela magasinet, med utgångspunkt i den inmätta strandkanten och det antagna djupet. Detta kommer att ge en överskattning av magasinets volym, det är svårt att säga hur stor. Kanterna på magasinet är heller inte helt raka, vilket också kommer påverka resultatet.

$$V_{51.08} = \frac{A_s \cdot H_s}{2} + A_m \cdot H_m = \frac{2480.94 \cdot 4.38}{2} + 2967.96 \cdot 6.38 = 24368.8 \text{ m}^3 = 0.024 \text{ Mm}^3$$

$$V_{51.48} = \frac{A_s \cdot H_s}{2} + A_m \cdot H_m = \frac{2893.94 \cdot 4.78}{2} + 2967.96 \cdot 6.78 = 27039.3 \text{ m}^3 = 0.027 \text{ Mm}^3$$

A_s = Areal för stranden

A_m = Area för mittenfåran

H_s = Djupet från DG till strandkant

H_m = Djupet från DG till botten på fåran

Total volym för befintligt magasin plus nytt magasin vid DG blir: $0.12 \text{ Mm}^3 + 0.024 \text{ Mm}^3 = \mathbf{0.144 \text{ Mm}^3}$

Total volym för befintligt magasin plus nytt magasin vid KG blir: $0.14 \text{ Mm}^3 + 0.027 \text{ Mm}^3 = \mathbf{0.167 \text{ Mm}^3}$

4.2 Hydrologi

För att kunna dimensionera utskoven och bedöma risken vid ett dammbrott behövs information om vilka flöden som förekommer vid Finsjö Ö.

4.2.1 Dimensionerande flöde

Det finns ingen mätstation i direkt anslutning till Finsjö Ö, däremot finns data över Emsfors som ligger vid mynningen på Emån.

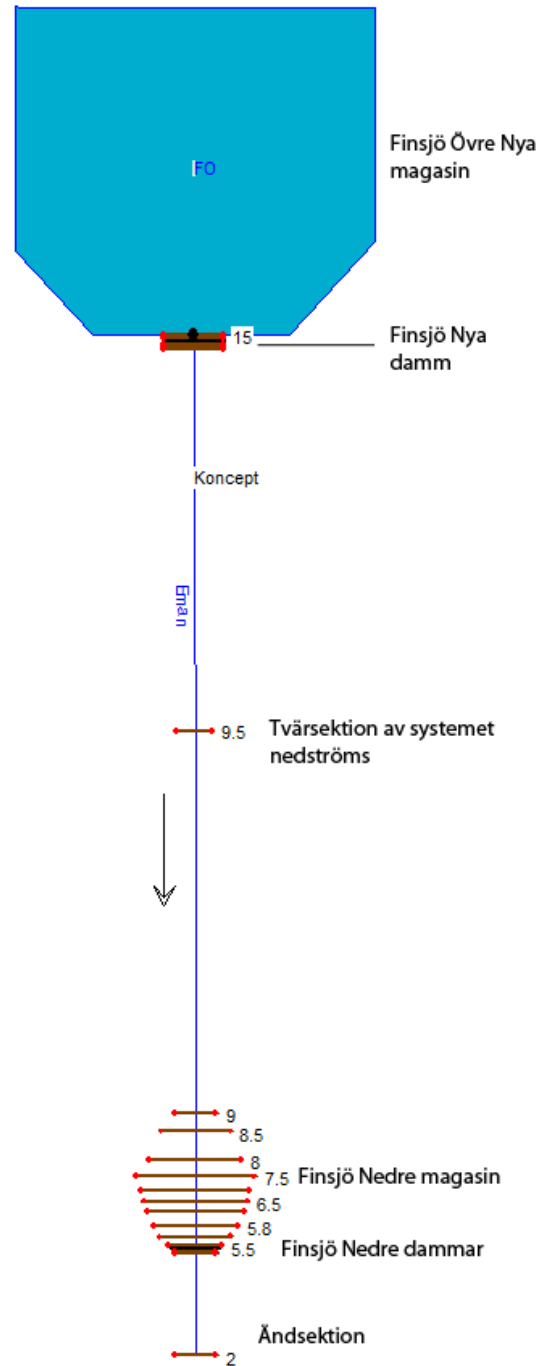
Den befintliga dammen hänförs till konsekvensklass 3 enligt RIDAS vilket innebär att det inte ställs några krav på dimensionerande flöde. Det dimensionerande flödet antas till FDK II flödet.

På uppdrag av MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) har SMHI genomfört en översvämningskartering över Emån. I den rapporten fastställs FDK II flödet för Emsfors till 238 m³/s (SMHI, 2003). Genom att ta hänsyn till biflödet Kvillen och tillrinning nedströms Finsjö Ö antas att flödet vid Finsjö Ö utgör 74% av flödet vid Emsfors (Persson, 2008). Med utgångspunkt i översvämningskarteringen och antagandet om flödesfördelningen antas det dimensionerande flödet till 176 m³/s.

Utöver det dimensionerande flödet har även historiska flödes- och temperaturdata för 1961-2010 studerats. Flödesdatan är korrigerad för det antagna förhållandet på 74%. Temperaturdata är från SMHIs väderstation i Målilla som ligger ca 36 km från Finsjö. Det antas ändå kunna visa någorlunda hur förhållandena vid Finsjö ter sig. Dessa data redovisas i Bilaga 3.

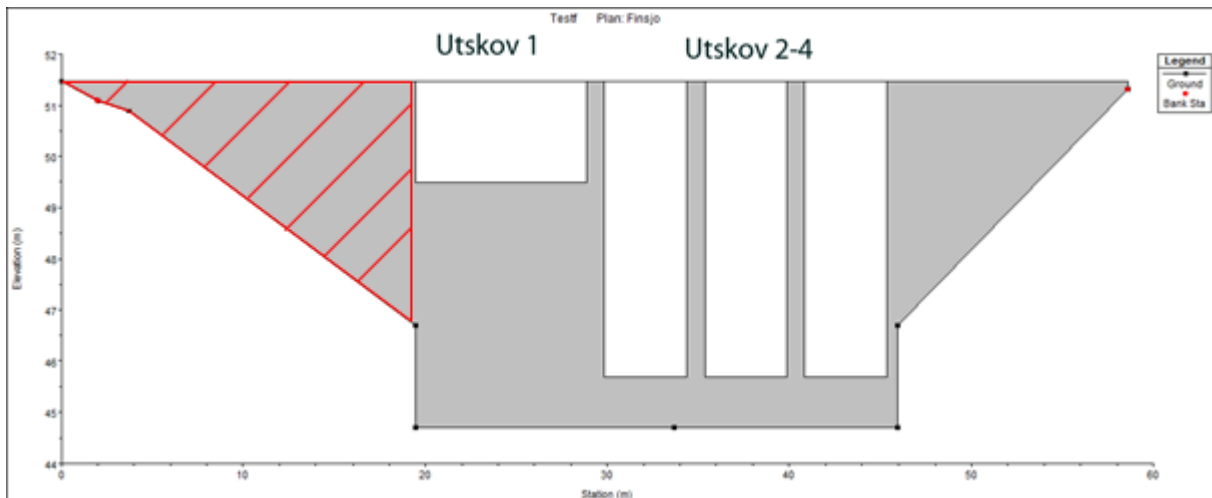
4.2.2 Flöde vid dammbrott

Vid ett dammbrott vid Finsjö Ö finns det risk för att dammar längre nedströms också går till brott på grund av hastigt ökad vattennivå. I detta fall används programmet HEC RAS för att studera vattennivåns förändring hos magasinet vid Finsjö N vid ett dammbrott vid Finsjö Ö. Modellen är en förenklad bild av hur systemet ser ut, se Figur 4-4.



Figur 4-4 Modell i HEC RAS över Finsjö Övre och Nedre.

Magasinets kanter antas vara raka ovan KG. Dammbrottet antas ske vid det vänstra landfästet där dammen antas vara av typen fyllningsdamm, se Figur 4-5.

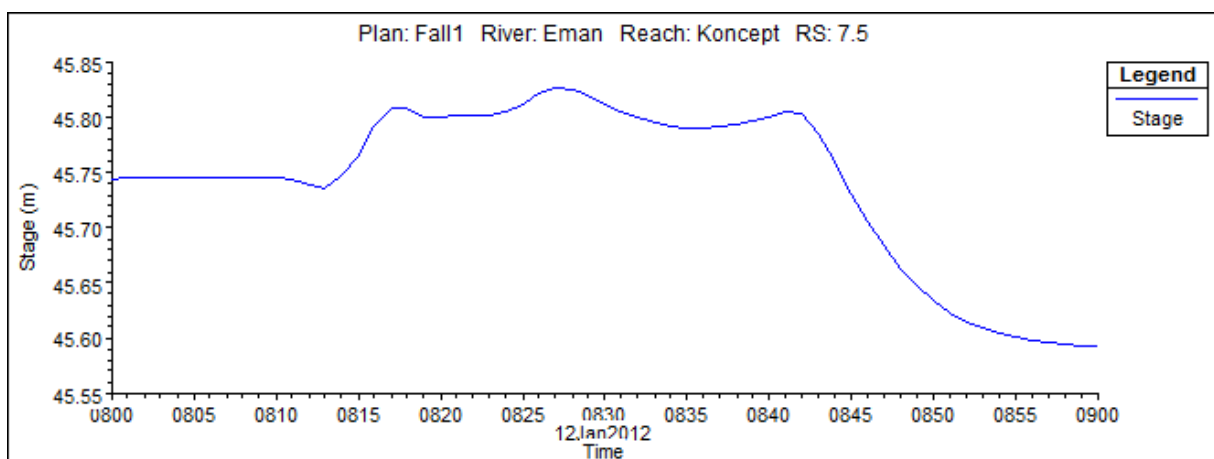


Figur 4-5 Tvärsektion strax ovan den nya dammen vid Finsjö Ö. Dammbrottet streckmarkerat.

Två fall har studerats.

Fall 1

Detta dammbrott antas ske under höglödessäsong, då sättarna vid Finsjö Nedre är bortplockade. Flödet antas till $176 \text{ m}^3/\text{s}$. Luckornas läge vid både Övre och Nedre Finsjö antas vara anpassade för detta flöde. Ett driftstopp vid Finsjö Ö antas leda till att brottet påbörjas då vattenytan höjs över kröngränsen. Vattenytan för initiering av brottet antas ligga på +51.48 för magasinet vid Finsjö Ö. Vattennivån i det nedre magasinet antas ligga strax över dämningens grän. Formationstiden för brottet antas till 0.5h. Enligt DTU-manualen för Finsjö N kan vid en krissituation överdämning tillåtas upp till +46.10 m.ö.h som är konstruktionsgränsen för fyllningsdammarna. Således finns en överdämningsförmåga på ca 0.4m. Kompletta avbördningskurvor för utskoven för Finsjö Övre och Nedre redovisas i Bilaga 6. Resultatet av modelleringen visas i Figur 4-6.

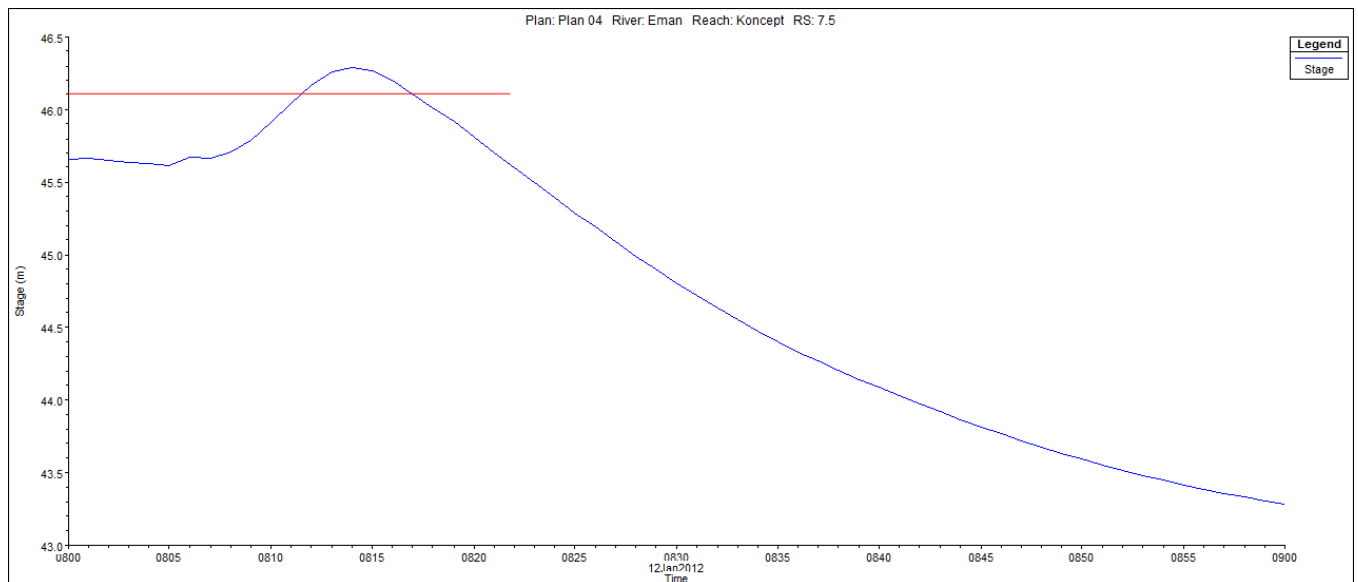


Figur 4-6 Nivåförändring av magasinet vid Finsjö Nedre för fall 1, maximalt tillåten nivå ligger på +46.1 m.ö.h.

Maximala nivån på +45.82 m.ö.h fås 17 minuter efter dammbrottet initierats. Maximala flödet som frisläpps från dammen är ca $217 \text{ m}^3/\text{s}$

Fall 2

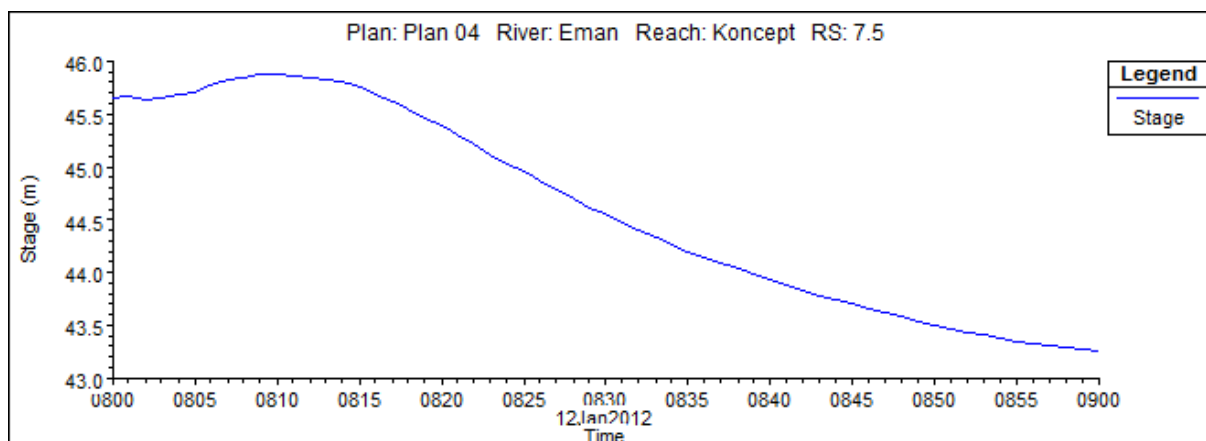
Dammbrottet vid detta scenario antas ske under lågflödessäsong. Vattenflödet antas till drivvattenföringen för Finsjö N, $28 \text{ m}^3/\text{s}$. Sättarna vid Finsjö N sitter alla på plats under lågflödessäsongen (Persson, 2012) och kan inte medverka vid avbördningen, de luckor som finns tillgängliga för avbördning vid detta scenario är två stycken VNR luckor samt en KAS lucka. Luckorna öppnas under 10 minuter. Vid dammbrottet antas även att aggregatet vid Finsjö N slår från. Vattenytan vid Finsjö Ö antas till $+51.48 \text{ m.ö.h}$ samt $+45.66 \text{ m.ö.h}$ vid Finsjö N vid tidpunkten för brottet. Resultatet visas i Figur 4-7.



Figur 4-7 Nivåförändring av magasinet vid Finsjö Nedre för fall 2, kritiska nivå markerad med rött.

Maximalt magasinivå på $+46.29 \text{ m.ö.h}$ fås efter 9 minuter från att dammbrottet startat. Nivån över kröngränsen på $+46.10 \text{ m.ö.h}$ varar ca 7 minuter. Maximalt flöde från dammen är ca $155 \text{ m}^3/\text{s}$. Under körningen av modellen visar det sig att eftersom luckorna har en högre avbördningskapacitet än brottet sänker dessa vattennivån i magasinet i en sådan hastighet att vattenytan sjunker till en nivå under brottet innan detta har utvecklats helt.

För att studera luckornas påverkan på magasinets nivå nedströms gjordes även en tredje körning med reducerad öppningshastighet på luckorna vid Finsjö Övre för fall två. Resultatet visas i Figur 4-8.



Figur 4-8 Nivåförändring av magasinet vid Finsjö N för fall 2 med reducerad öppningshastighet för luckorna vid Finsjö Ö

Resultatet visar att flödestoppen för magasinet nedströms är kopplat till hur man kör luckorna vid Finsjö Ö under ett dammbrott. Om luckorna öppnas under ett tidsspann på 15 minuter istället för 10, planar detta ut flödestoppen och det leder inte till överdämning. Högsta nivån ligger istället på +45.88 m.ö.h och högsta flödet på 130 m³/s.

4.3 Avbördning och utskov

Det flöde som luckorna dimensioneras utifrån är som tidigare nämnt 176 m³/s. I beräkningarna är detta avrundat uppåt till 180 m³/s. Efter samtal med Lars Svensson på E.ON i Laholm antogs att flödet ska fördelas på 4 luckor. Två luckor bör vara av typen VNR med en kapacitet på 50 m³/s vardera, en lucka bör ha KAS funktion och ha en kapacitet på 50 m³/s och slutligen en sista lucka med en kapacitet på 30 m³/s. Lars Svensson menar att man inte bör ha för stora luckor då det är olämpligt vid låga flöden. Då utrymmet är begränsat till 25 m för utskoven bör de vara relativt höga.

4.3.1 Avbördningskapacitet

Antagen tröskelhöjd ligger på +45.7 m.ö.h. Dimensionerande vattenyta sätts till dämningssgräns på +51.08 m.ö.h. Således blir den dimensionerande vattenhöjden över tröskeln $h = 5.38$ m. För utskovet på 30 m³/s antas en tröskelhöjd på +49.08 m.ö.h vilket ger en dimensionerande vattenhöjd över tröskeln på 2 m.

Utan experimentella data är det svårt att göra en korrekt bedömning av avbördningskoefficienten. Således är det endast ett teoretiskt flöde som beräknas i följande del.

Två fall antas för avbördningskoefficienten: $\mu = 0.4$, $\mu = 0.6$, anledningen till den lågt satta avbördningskoefficienten är att vattenytan troligtvis kommer att påverka avbördningskapaciteten i stor utsträckning då tröskeln befinner sig nära botten på åfåran.

Pelarbredden antas till 1 m och den effektiva bredden beräknas utifrån två mot flödet vinkelräta landfästen samt 3 pelare. Pelarna antas vara elipsformade och landfästena antas ha rundade hörn. Landfästet till vänster antas påverka de två utskoven till vänster och omvänt för det högra. I beräkningarna nedan har ingen hänsyn tagits till att utskoven påverkar varandra vid full avbördning. Kapaciteten för utskoven har beräknats var för sig. Utformningen av utskoven syns i Figur 4-5.

Tabell 4-1 Kontraktionskoefficienter för beräkning av verklig bredd (Bureau of reclamation, 1987).

Kontraktionskoefficienter	
Kantiga pelare k_p	0.02
Rundade pelare k_p	0.01
Spetsnosiga pelare k_p	0
Skarpa landfästen i 90 gradig vinkel k_a	0.2
Mjuka landfästen i 90 gradig vinkel k_a	0.1

Q_{dim} = Flödet som luckan ska dimensioneras för

b_{eff} = Effektiv bredd på utskovet som avbördar vatten (verklig bredd – kontraktionsförluster)

$b_{verklig}$ = Den verkliga bredden på utskovet

b_p = Bredden på pelarna

n = Antal pelare

H = Vattenytans höjd över tröskeln

μ = Avbördningskoefficient

g_n = Tyngdaccelerationen

Utskov 1

$$b_{eff,\mu 0.4} = \frac{Q_{Dim} \cdot 3}{\mu \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g_n} \cdot H^{\frac{3}{2}}} = \frac{30 \cdot 3}{0.4 \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.82} \cdot 2^{\frac{3}{2}}} = 9 \text{ m}$$

$$b_{verklig,\mu 0.4} = b_{eff,\mu 0.4} + 2 \cdot (n \cdot k_p + k_a) \cdot H = 9 + 2 \cdot (1 \cdot 0 + 0.1) \cdot 2 = 9.4 \text{ m}$$

$$b_{eff,\mu 0.6} = \frac{Q_{Dim} \cdot 3}{\mu \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g_n} \cdot H^{\frac{3}{2}}} = \frac{30 \cdot 3}{0.6 \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.82} \cdot 2^{\frac{3}{2}}} = 6 \text{ m}$$

$$b_{verklig,\mu 0.6} = b_{eff,\mu 0.6} + 2 \cdot (n \cdot k_p + k_a) \cdot H = 6 + 2 \cdot (1 \cdot 0 + 0.1) \cdot 2 = 6.4 \text{ m}$$

Utskov 2-4

$$b_{eff,\mu 0.4} = \frac{Q_{Dim} \cdot 3}{\mu \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g_n} \cdot H^{\frac{3}{2}}} = \frac{50 \cdot 3}{0.4 \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.82} \cdot 5.38^{\frac{3}{2}}} = 3.4 \text{ m}$$

$$b_{verklig,\mu 0.4} = b_{eff,\mu 0.4} + 2 \cdot (n \cdot k_p + k_a) \cdot H = 3.4 + 2 \cdot (2 \cdot 0 + 0.1) \cdot 5.38 = 4.5 \text{ m}$$

$$b_{eff,\mu 0.6} = \frac{Q_{Dim} \cdot 3}{\mu \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g_n} \cdot H^{\frac{3}{2}}} = \frac{50 \cdot 3}{0.6 \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.82} \cdot 5.38^{\frac{3}{2}}} = 2.3 \text{ m}$$

$$b_{verklig,\mu 0.6} = b_{eff,\mu 0.6} + 2 \cdot (n \cdot k_p + k_a) \cdot H = 2.3 + 2 \cdot (1 \cdot 0 + 0.1) \cdot 5.38 = 3.4 \text{ m}$$

Total bredd

$$b_{tot,\mu 0.4} = n \cdot b_p + b_{verklig,1} + b_{verklig,2} + b_{verklig,3} + b_{verklig,4} = \mathbf{25.9 \text{ m}}$$

$$b_{tot,\mu 0.6} = n \cdot b_p + b_{verklig,1} + b_{verklig,2} + b_{verklig,3} + b_{verklig,4} = \mathbf{19.6 \text{ m}}$$

Vid den lägre ansatta avbördningskoefficienten krävs en dammlängd på ca 25.9 m, medans vid den högre ansatta avbördningskoefficienten krävs en dammlängd på ca 19.6 m.

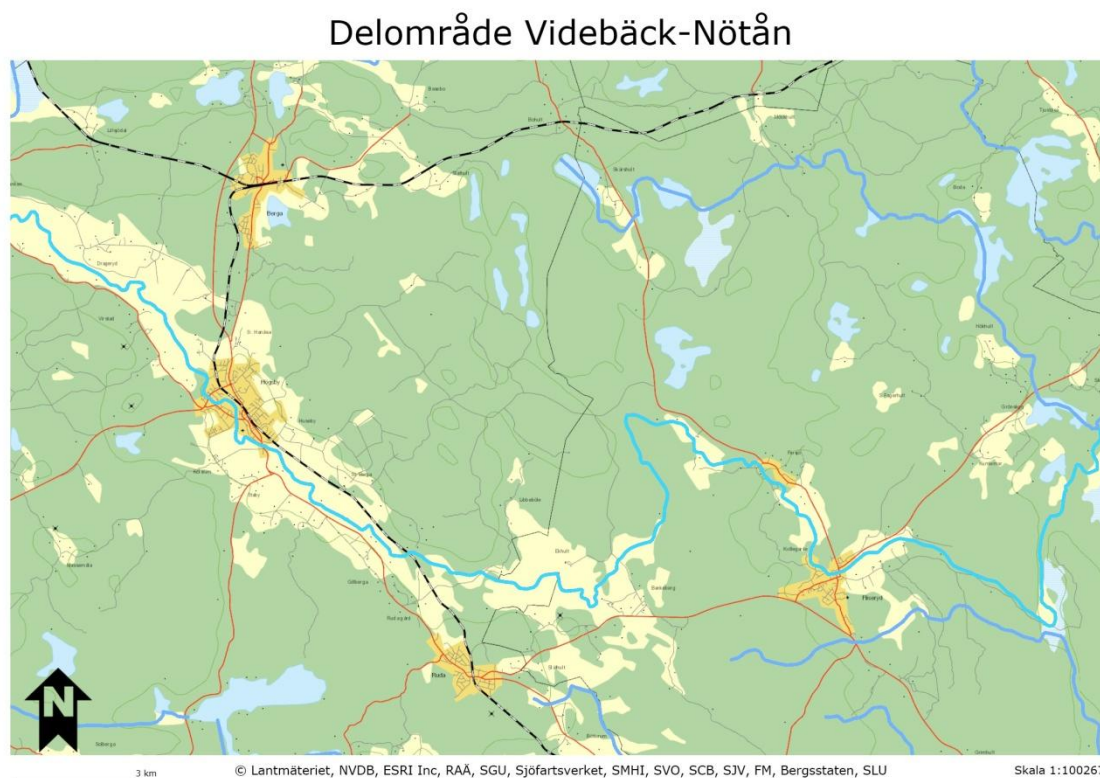
4.3.2 Avbördningskapacitet vintertid

Även vintertid bör utskoven avbörda tillräcklig mängd vatten för att inte äventyra dammens säkerhet. Detta uppfylls genom att utrusta utskoven med anordningar av typen som nämns i kapitlet isfrihållning. Om man studerar flödes- och temperaturdata från Bilaga 3 ser man att under de månader som medeltemperaturen för åren 1961-2010 legat på minus har det historiskt högsta flödet varit ca 90 m³/s medan den högsta övre kvartilen har ett flöde på ca 40 m³/s.

Temperaturmätningarna är gjorda för Målilla station vilken ligger ca 36 km ifrån Finsjö, men de kan ändå ge en bild av temperaturen vid Finsjö. Historiska data ger ingen säker bild av hur det kommer att se ut i framtiden, däremot så är det en god utgångspunkt.

4.4 Miljö

Emån är uppdelat i mindre delavrinningsområden och varje område är klassat för sig. Vattenmyndigheten för Södra Östersjöns vattendistrikt fastställde i december 2009 följande statusklassificering och miljökvalitetsnorm för delområdet Videbäck- Nötån (Figur 4-9).



Figur 4-9 Delsträcka av Emån markerad i ljusblått.

Tabell 4-2 Fastställd ekologisk status samt krav för delområdet Videbäck- Nötån (Vattenmyndigheterna, 2011).

Ekologisk Status	
Status 2009	Måttlig ekologisk status
Krav	God ekologisk status 2021

Beslutet att klassificera sträckan till måttlig ekologisk status baseras på den biologiska parametern fisk.

Den hydromorfologiska statusen är ej klassad, men kvalitetsfaktorn kontinuitet är klassad som dålig. Detta på grund av de vandringshinder som finns på sträckan. Dessa vandringshinder är troligtvis en av anledningarna till att statusen på fiskebeståndet anses som måttlig.

Vattenmyndigheten anser att det är tekniskt omöjligt eller ekonomiskt orimligt att genomföra de nödvändiga förändringarna för att åstadkomma god ekologisk status till 2015.

Genom vattenförvaltningsförordningen och NFS2008:1 är det möjligt att skjuta upp kravet på god ekologisk status till 2021 på grund av ovan nämnda anledningar (Vattenmyndigheterna, 2011).

Tabell 4-3 Fastställd kemisk status samt krav för delområdet Videbäck- Nötån (Vattenmyndigheterna, 2011).

Kemisk Status	
Status 2009	God kemisk ytvattenstatus
Krav	God kemisk ytvattenstatus 2015

Vattendraget uppnår god kemisk ytvattenstatus om man bortser från kvicksilver och kvicksilverföreningar. Vattenmyndigheten i södra Östersjön har gjort ett generellt undantag när det gäller kvicksilver, för annars skulle ingen vattenförekomst nå upp till god status i hela avrinningsområdet.

Utöver miljö kvalitetsnormerna fastställda enligt ramdirektivet för vatten finns det för sträckan ytterligare ett antal kvalitetskrav.

- Naturvårdsverkets förteckning över fiskvatten.
Delområdet Videbäck- Nötån ingår i Naturvårdsverkets förteckning över fiskvatten som skall skyddas enligt förordning 2001:554. Förordningen fastställer vissa krav på bl.a. temperatur, pH, syre, men också kemiska ämnen.
- Krav enligt dricksvattenföreskrifterna
- Gynnsam Bevarandestatus, Natura 2000 område

Områdesskyddet är antaget av regeringen 1998 och gäller hela Emåns vattensystem.

Emåns vattensystem består av flera speciella och varierande vattenmiljöer som innehåller viktiga biotoper, dessa utgör också en viktig livsmiljö för flera hotade fisk- och musselarter. Det är på grund av dessa hotade arter som Emåns vattensystem antagits som ett skyddsområde enligt habitatsdirektivet. De naturtyper som är aktuella i detta fall är naturligt eutrofa sjöar med nate- eller dybladsvegetation, naturliga större vattendrag av fennoskandisk typ och vattendrag med flytbladsvegetation eller akvatiska mossor. Ett antal fisk- och musselarter samt utter ingår också i områdesskyddet.

Genom områdesskyddet följer ett antal lagar och regler.

Först och främst krävs enligt miljöbalken 7 kap 28 § tillstånd att bedriva verksamhet eller vidta åtgärder som kan påverka bevarandemiljön. Sådant tillstånd får enligt 28b § lämnas om åtgärden eller verksamheten inte skadar området som omfattas av områdesskyddet eller att arterna som skall skyddas inte utsätts för en störning som försvårar bevarandet av dessa.

Emåns vattensystem är också av riksintresse enligt 4 kapitlet 6 § i miljöbalken vilket innebär att vattenverksamhet för kraftändamål inte får utföras i Emån, däremot gäller det inte om det endast orsakar obetydlig miljöpåverkan.

Det finns inte bara negativa effekter av regleringsdammar. Dammar ökar bland annat vattnets uppehållstid vilket ger möjlighet till sedimentering av partiklar i vattendraget och rening av vattnet. Effekterna av en damm på vattenmiljön beror till stor del på hur dammen utformas, hur vattnet regleras, hydrologin och hur geologin i området ser ut (Alenäs, 2012). De ämnen som berörs är de typer som kan sedimentera och omvandlas kemiskt t.ex. närsalter men också ämnen som kan frigöras vid erosion (Alenäs, 2012).

4.5 Fiskvägar

För att naturliga fiskvägar skall fungera tillfredsställande bör de ha en lutning på mellan 1-5% (Larinier, 2002). Vid höga fallhöjder innebär detta en väldigt lång fiskväg. Vid inmätningen av fiskvägar vid Finsjö övre drogs efter rekognosering i området tre fallsträckor som ansluter till den befintliga fiskvägen (Figur 4-10). Den totala fallhöjden från utloppet på fiskvägen till vänster i Figur 4-10 till inloppet till höger i samma figur är 5.58m. Vid en lutning på mellan 1-5% skulle fiskvägen behöva vara mellan 112-560 m.



Figur 4-10 Norra, mittersta och södra fallsträckan Finsjö Ö.

Resultatet av inmätningen visas i Tabell 4-4. Lämplig anslutningspunkt för den nya fiskvägen är vid första kröken på den gamla fiskvägen se Figur 4-11.

Tabell 4-4 Uppmätt längd på de tre fallsträckorna.

Fallsträcka	Längd	Lutning
Norra	287	1.9%
Mittersta	276	2%
Södra	274	2%



Figur 4-11 Möjlig anslutningspunkt för den nya fiskvägen.

I Bilaga 4 redovisas höjdiagrammen för de olika fallsträckorna. Genom att studera de olika diagrammen finner man att mittersta fallsträckan verkar ha jämnast höjdfördelning med en lutning som varierar från 1.8-7%.

Fisken följer oftast det starkaste vattenflödet vid vandring. Därför är det viktigt att anlägga fiskvägen så nära som möjligt den punkt där det största flödet sker under vandringstiden.

Beroende på kraftverkets kapacitet och flödet under denna period sker det antingen genom spillfåran eller vid utloppet från turbinerna (*Calles O. , 2005*). Lekvandringen för laxfisk vid Finsjö sker runt augusti-oktober (*Calles & Greenberg, 2005*). Denna period tillsammans med sommaren är då flödet är som lägst.

Uppmätt och korrigerad underlagsdata under denna period mellan 1961-2010 är hämtat från SMHI. Värdena i Tabell 4-5 är korrigerade för Kvillens vattenföring och antas vara 74 % av flödet i huvudfåran.

Tabell 4-5 Vattenföring under augusti-oktober för åren 1961-2010 korrigerad för flödet i Kvillen (SMHI, 2011).

Månader	Stationskorrigerad vattenföring medel (m ³ /s)	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)	Median (m ³ /s)
Augusti	9,92	30,59	2,96	7,48
September	10,82	32,17	3,49	8,27
Oktober	12,50	39,77	3,07	9,74

Flödeshistogrammen i Bilaga 2 visar att vattenflödet under augusti och september oftast ligger under turbinvattenföringen vilket betyder att all vattenföring bortsett från en liten del som går via fiskvägarna (upp till 3 m³/s) går via turbinerna om inte några speciella skäl föreligger. För oktober månad är det fler år som vattenföringen överskrider turbinkapaciteten, vilket innebär att vatten också spills i fåran.

Om man ser till vattenföringen under lekvandringen borde det bästa läget att anlägga en fiskväg vara till höger om kraftverket med mynningen strax bredvid utloppet från turbinerna. Men med tanke på att fallhöjden är 5.58 m är det utrymmet som finns vid sidan om kraftverket mycket begränsat. Avståndet från dammen till nedströms turbinutloppet är endast 115 m varav större delen av den sträckan är väldigt flack i början vilket innebär en kraftig lutning den sista biten. Detta komplicerar anläggandet av en fiskväg.

Fiskvägarna vid Finsjö fungerar bra med hänsyn till passageeffektivitet. Den totala passageeffektiviteten uppgår till 74 % med variationer mellan arterna (*Calles & Greenberg, 2007*). Däremot är attraktionseffektiviteten för den övre fiskvägen nästintill obefintlig utom när en kraftig ökning av det naturliga flödet sker, då uppgår attraktionseffektiviteten till 89 %.

Det verkar som att fisken har svårt att hitta inloppet till fiskvägen (*Calles & Greenberg, 2005*).

Fiskens problem med att hitta inloppet beror troligtvis på att det ligger ca 270 m från turbinutloppet och att vägen dit går genom torrfåran jämfört med 29 meter från turbinutloppet för fiskvägen vid Finsjö N. Vid en eventuell ombyggnad av fiskvägen enligt den tänkta dragningen skulle avståndet från inloppet på fiskvägen till turbinvattenutloppet minska till 92 m, ungefär en tredjedel av det nuvarande avståndet. Utöver förkortat avstånd kommer fiskvägens vattenyta sammanfalla med det nedre magasinets vattenyta.

4.6 Juridik

Vattenverksamhet definieras i kapitel 11 i miljöbalken som ”uppförande, ändring, lagning och utrivning av dammar eller andra anläggningar i vattenområden, fyllning och pålning i vattenområden, bortledande av vatten från eller grävning, sprängning och rensning i vattenområden samt andra åtgärder i vattenområden om åtgärden syftar till att förändra vattnets djup eller läge”.

För att utföra en vattenverksamhet krävs enligt kapitel 11 i miljöbalken tillstånd. Enligt definitionen ovan räknas anläggandet av en ny regleringsdamm som en vattenverksamhet och det krävs således tillstånd för detta. I en tillståndsansökan krävs bland annat en miljökonsekvensbeskrivning för att kunna bedöma den påverkan som vattenverksamheten innebär. Utöver vad som sägs i miljöbalken regleras också tillstånd för vattenverksamhet i lag 1998:812 med särskilda bestämmelser om vattenverksamhet, där det bland annat ställs krav på rådighet över fastigheten där vattenverksamheten planeras. I den gamla domen för Finsjö Ö från 1897 ges tillstånd att uppföra dammar för ändamålet att anlägga en kraftstation. Däremot så är det otydligt hur vattnet skall regleras.

Som nämnts tidigare är Emån förenad med strängare krav och förbud enligt lagen när det gäller tillstånd för vattenverksamhet. Syftet med dessa krav och förbud är att begränsa påverkan på Emåns vattensystem. Frånsteg från dessa krav och förbud får enligt dessa lagar göras om vattenverksamheten endast innebär en obetydlig miljöpåverkan eller störning för miljön. Vid en tillståndsansökan är det därför viktigt att kunna klargöra vilken miljöpåverkan vattenverksamheten utgör.

5 Diskussion

I början av denna rapport utformade jag tre stycken frågor som har varit utgångspunkten i arbetet. Att anlägga en ny regleringsdamm innefattar många ämnesområden. De områden som jag valde att studera i denna rapport var hydrologi, hydraulik, miljö samt juridik. Denna avgränsning grundades i dessa frågeställningar.

- Var i terrängen är det lämpligast att placera en ny damm? Det vill säga var är det möjligt att dämna upp vattenytan utan att anlägga en onödigt stor damm och hur skulle detta förändra utseendet på magasinet?
- Hur bör avbördningsanordningar utformas för att på ett säkert sätt ta hand om de flöden som förekommer och hur kommer detta påverka magasinet nedströms?
- Hur påverkar tillstånd, avtal och vattendirektivet förutsättningarna för att anlägga en ny regleringsdamm?

5.1 Dammläge och nya magasinet

Eftersom närmaste höjdfix låg ca 3.3 km ifrån platsen där inmätningen skedde, bedömde jag att det vore onödigt tidskrävande och för kostsamt att göra en etablering från den punkten med tanke på uppdragets omfattning. Därför gjordes etableringen med roverutrustningen istället.

Denna utrustning har en mätosäkerhet i plan på 3 cm. Detta innebär att även de punkter som mättes in efter etableringen har en osäkerhet i plan på 3 cm eftersom inget referensobjekt fanns för att justera felet. I höjddled däremot fanns en dammfixpunkt dokumenterad i DTU manualen för Finsjö Ö, skillnaden mellan inmätt höjd och dokumenterad för denna punkt var 6 mm, resterande inmätningar justerades med hänsyn till den dokumenterade höjden för dammfixen. Det finns en risk att dammfixpunkten har ändrat läge sedan den etablerades, men med tanke på att fixpunkten är neddriven med järndubb i berg anser jag att den risken är försumbar. Trots en mätosäkerhet i plan på 3 cm anser jag att data som tagits fram genom inmätningen ger en acceptabel bild av hur sänkingsgräns, dämningssgräns och kröngräns runt Finsjö Ö dammar ser ut.

Inmätningen visar att området strax nedströms befintliga dammar vallas in naturligt av en platå i norr, befintlig jorddamm i väster och av landområdet i öster där kraftverket ligger. Denna indämning smalnar av nedströms mot ett gammalt brofäste. Eftersom inga undersökningar har gjorts om geologin i området eller markens beskaffenhet är det svårt att uttala sig om hur lämpliga dessa barriärer är för uppdämning av det nya magasinet. Där indämningen smalnar av har det dessutom legat en järnväg och troligtvis har materialet i järnvägsbanken mycket god vattengenomsläpplighet vilket gör det olämpligt för uppdämning av ett magasin. Vidare undersökning av de geologiska förhållandena och markens beskaffenhet är därför lämpligt. Höjdförhållandena vid den östra sidan är heller inte helt lämpliga då marken efter den högsta punkten på +51.48 m.ö.h sluttar svagt nedåt mot kraftstationen. Därför är det nödvändigt att förstärka dämningsskyddet vid den sidan.

Vid antagandet om dammens placering har ingen hänsyn tagits till de geologiska förhållandena eller eventuella dimensioner på utskoven. Jag valde att placera dammen utifrån antagandet att dammens längd skulle bli så liten som möjligt. Det är utifrån detta läge och dimensioner på dammen som jag sedan har räknat på utskoven och hur stora dessa behöver vara för att klara av att avbörda erforderlig mängd vatten.

För att en placering av dammen vid detta läge skall vara möjlig krävs bland annat att de brofundament som finns där idag tas bort, samtidigt som marken strax innan och efter måste rensas. Förstärkningar är även nödvändiga för att undvika erosion av jordmaterialet vid dammens sidor. Det är även nödvändigt att titta på den erosion som uppkommer vid övergången mellan super- och subkritiskt flöde nedströms.

Dammens placering innebär att det finns två möjliga tillfartsvägar för fordon, dels från norra sidan där den gamla banvallen kan användas som väg, men också den befintliga vägen till söder vid kraftverket. Detta innebär att vid en krissituation kan kranbilar komma åt luckor som har fastnat.

Vid uppdämning på det nya läget kommer det gamla magasinet utökas med den nya uppdämda volymen. Eftersom detaljerad höjddata över hur kanalprofilen nedströms dammarna vid Finsjö Ö saknas har jag gjort en förenkling av magasinet. Denna förenkling är en överskattning av volymen eftersom botten lutar svagt ned mot den nya dammen. I beräkningen har jag antagit samma bottenhöjd för hela det nya magasinet.

5.2 Hydrologi

Det dimensionerande flödet vid Finsjö Ö antas vara FDK II flödet som är framtaget av SMHI på uppdrag av myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Beräkningarna är baserade på historiska vattenföringsserier. Det finns alltså ingen bedömning över hur nederbörden kommer att förändras i framtiden till följd av klimatförändringar. Den befintliga dammen vid Finsjö Ö har snart en ålder på 100 år, om man antar att en ny damm kommer ha en liknande livslängd finns det en risk att förutsättningarna kommer att ändras under denna period. Det hade då varit intressant att titta på de klimatmodeller som finns tillgängliga för att se hur nederbörden och tillika avrinningen kan tänkas förändras i framtiden. Det har dock inte funnits utrymme för denna studie i mitt examensarbete.

Antagandet om att den nya dammen dimensioneras utifrån FDK II flödet är baserat på den befintliga dammens konsekvensklassning. Däremot kan detta ändras om det finns risk för att nedströms dammar också brister. Om kravet på dimensionerande flöde skulle höjas till följd av att dammen får en högre konsekvensklassning skulle det bli problematiskt att få plats med större utskov då utrymmet vid det tilltänka läget är begränsat. I ett sådant fall skulle en annan placering av dammen behöva utredas.

Då det inte finns någon mätstation vid Finsjö Ö har flödet där istället beräknats genom antagandet att flödet förbi Finsjö Ö är 74 % av flödet som förekommer vid Emsfors. Detta antagande baseras utifrån Fredrik Perssons rapport om förhållandet mellan biflödet Kvillen och flödet förbi Finsjö Ö. Kvillen är en bifåra som rinner förbi Finsjö Ö och flödet i denna beror dels på hur rensad sträckan är, men också hur stort flödet i Emån är. Således kan flödet förbi Finsjö skilja sig från det antagna.

Modelleringen vid dammbrott är dels baserad på inmätningen av sektionen vid den tilltänkta dammen, beräknad magasinvolym för det nya magasinet vid Finsjö Ö, antaganden om djupet i magasinet vid Finsjö N baserad på information från DTU-manualen för Finsjö Nedre men också på mätningar som är gjorda i kartmaterial från Lantmäteriet samt antaganden om djupet i fåran. Resultatet av modelleringen beror således på dessa antaganden. Bland annat har ingen hänsyn tagits till hela vattensystemet nedströms Finsjö Ö, då detta hade gett en för omfattande och tidskrävande modell i HEC-RAS, särskilt när tillgången på data är begränsad. Detta innebär att den totala magasinytan för Finsjö N är underskattad. När vattenytan i magasinen och fårorna stiger över gränsen där det inte finns några kända referenspunkter i HEC-RAS modellerar programmet dessa som vertikala. Med hänsyn till dessa begränsningar samt att storleken på det nya magasinet vid Finsjö Ö är överskattad visar resultatet troligtvis på en snabbare ökning än vad som skulle skett i verkligheten men också en överskattad bild av nivåförändringen.

En vattennivå i magasinet vid Finsjö N över konstruktionsgränsen innebär en risk för erosion samt dammbrott. Det värsta fallet som modelleringen gav var ett dammbrott under lågflödessäsong eftersom då finns bara tillgång till KAS luckan samt två luckor med VNR. Vattenytan låg då 19 cm över konstruktionsgränsen vilket är ohållbart. Modellen är begränsad och utöver att magasinytan är underskattad, finns det heller inte med andra punkter i terrängen som har lägre nivå än krönet som också kan överströmmas och på så sätt bidra till en minskning av den vattenvolym som når Finsjö N. Det verkar dock som att det kraftigaste flödet beror på att luckorna vid Finsjö Ö öppnas. Vid stora utskov jämfört en begränsad brottyta har hastigheten med vilka luckorna öppnas stor betydelse för mängden vatten som frisläpps. På samma sätt påverkas vattennivån av hastigheten med vilken luckorna vid Finsjö N öppnas. Däremot kan inte luckor öppnas för snabbt då det lätt kan uppkomma krafter som de inte är dimensionerade för. KAS luckan vid Finsjö Nedre öppnas under 10 minuter (Persson, 2012). Utifrån det antagna dammbrottet verkar det som att det går att förhindra en för hög vattenyta för Finsjö Nedre magasin genom att öppna luckorna vid Finsjö Övre under en längre tid vilket visade sig i tredje modelleringen.

Vid andra fall där brottytan på en fyllningsdamm är mer betydande bör man undersöka möjligheterna till en betongdamm istället, då den klarar av större påfrestning och överströmning än en fyllningsdamm.

Dammbrottsresultaten är starkt beroende på vilka antaganden som görs. Vid simuleringen av dammbrottet antas att bara fyllningsdammen vid det vänstra landfästet brister. Jag har ansett att detta är mest troligt då fyllningsdammar har ett dåligt skydd mot överströmning. Ett brott i betongdammen på grund av att jorddammen eroderar skulle ge ett värre scenario. Detta skulle leda till ett kraftigare och mer okontrollerat flöde. Genom att kombinera dammbrottsfunktionen i HEC-RAS med luckor som öppnas vid en viss tidpunkt går det att modellera detta mer komplicerade scenario, det fallet har däremot inte undersökts i denna rapport.

5.3 Avbördning och luckor

Detta examensarbete har utförts som en förstudie och mycket av resultaten baseras på mer eller mindre korrekta antaganden som har gjorts under arbetets gång. Många av dessa antaganden gäller just dimensioneringen av luckor. Vid inmätningen konstaterade jag att tillgänglig bredd för utskov i den nya dammen är begränsad till ca 25 m. Det är utifrån detta mått som jag har antagit höjden för utskoven för att sedan beräkna bredden med hänsyn till önskad avbördning.

Utskoven dimensionerades som ett skarpkantat med låg tröskelhöjd. I samråd med Fredrik Persson ansattes två fall för avbördningskoefficienten. Koefficienterna är satta relativt lågt eftersom bedömningen är att nedströms vattenytta kommer att påverka avbördningen i stor grad vid det dimensionerande flödet. Det finns ytterligare metoder för att dimensionera utskov, en metod är utvecklad av The Bureau of Reclamation som är en del av United States Department of the Interior. Denna myndighet i USA har hand om landets vattenfrågor inklusive vattenkraft. Metoden är empirisk och bygger på modeller och experiment för utskov med skibord. Vid korrekt utformning av ett skibord kan man få ökad avbördningskapacitet. En dimensionering utifrån denna metoden skulle kunna leda till mindre dimensioner på utskoven.

Om man studerar de historiska flödesvariationerna i Bilaga 3, ser man att 70 % av åren har flödena under vinter och vår legat mellan ca 20-50 m³/s och under sommar och höst har flödet legat under 20 m³/s. Behovet av utskovskapacitet för reglering är då relativt lågt, en lösning med planlucka borde då vara mer lämplig då en segmentlucka får problem med infästningsbultarna vid små luckrörelser. De andra lucktyperna som nämnts tidigare anser jag vara olämpliga vid denna damm, sättarna på grund av ökad svårighet att manövrera dem vid för hög vattennivå och spetluckan på grund av att dessa måste manövreras med domkraft och hasplar vilket innebär ett omfattande jobb om man måste öppna luckan maximalt.

Utskov 1 kan användas som flottnings eller isutskov då det är bredare än de andra utskoven. En lämplig lucktyp vid denna form av utskov skulle vara en sektorlucka, eftersom drivgods och is då kan strömma över luckan utan att man måste avbörda stora mängder vatten med avsänkning av magasinivån som följd.

Manöveranordningarna för luckorna bör ha möjlighet till fjärr- eller automatisk styrning. Således är system som hydraulcylinder eller någon form av spel att föredra. I dagens läge är det bara en lucka vid Finsjö Ö som har möjlighet till fjärr- eller automatisk manövrering, resterande luckor måste manövreras för hand på plats (*E.ON, 2011*). Detta innebär att personal måste skickas ut för att ändra läget på luckorna. Alla luckor vid den nya dammen antas ha någon funktion för automatisk reglering eller fjärrmanövrering. Det kommer innebära en kostnad att installera dessa system, men det minskar samtidigt behovet av att skicka ut personal för att sköta regleringen. Dessutom stärks skyddet vid höga flöden då luckorna kan manövreras tidigare än om personal måste skickas ut. Omfattningen av isfrihållningsutrustning styrs av flera faktorer. För det första hur hög avbördningssäkerhet man eftersträvar vintertid. Det vill säga hur stort är behovet av att kunna avbörda vatten utan störning vintertid? Hur kallt blir det under vintern? Detta styr hur kraftfulla systemen behöver vara, ju kallare det är desto större effekt behöver systemen för att motverka isbildningen samt vilka flöden som förekommer då det finns risk för isbildning. Med tanke på att alla utskoven behövs för att avbörda ett eventuellt FDK II flöde bör samtliga luckor utrustas med åtminstone tröskel och falsvärme för att bibehålla möjligheten att öppna luckorna även vintertid. Utöver tröskel och falsvärme kan det också vara rimligt att förse minst två av luckorna med någon form av vakhållare. Förslagsvis av typen dränkbar pump då dessa kan placeras ut vid behov och de är relativt billiga jämfört med andra system. Det skulle ge en möjlighet att avbörda ca 100 m³/s, vilket täcker in det högsta flöde som har förekommit under åren 1961-2010. Att utrusta två luckor med vakhållare ger även en redundans om en av luckorna skulle få problem. Om tillfälligt högre flöden skulle förekomma finns det andra metoder för att röja undan isen, t.ex. sprängning.

5.4 Miljö och Juridik

Vattendirektivet innebar att länderna inom EU var tvingade att ändra sin lagstiftning för att göra det möjligt att uppfylla de ambitioner som vattendirektivet satt upp. Lagstiftningen sätter press på berörda myndigheter att utföra de uppgifter som åläggs genom vattendirektivet och myndigheterna i sin tur påverkar verksamhetsutövare. Kravet är att alla vattenförekomster skall uppnå god ekologisk status eller god ekologisk potential, hur man åstadkommer detta bestäms genom föreskrifter och åtgärdsprogram.

Vattendirektivet berör många olika områden inom vattenförvaltning. När det gäller vattenkraften är det i första hand de effekter som ändringar i hydromorfologin får som är mest framträdande. En damm eller ett vattenkraftverk innebär ett avbrott i den naturliga vattenfåran och det får konsekvenser för den flora och fauna som befinner där. Södra Östersjöns vattendistrikt har som första steg i sitt åtgärdsprogram ålagt Kammarkollegiet, Naturvårdsverket, Fiskeriverket samt länsstyrelserna att utreda vandringshinder och ta fram strategier för att minska effekten av dessa. De har även pekat på ett antal möjliga åtgärder för att minska påverkan från vattenkraften. De åtgärderna innebär bland annat förbättrad flödesreglering, utrivning av dammar, anläggande av omlöp, utvandringssväg för ålyngel eller öppnande av vandringsväg.

År 2009 kom ytterligare ett EU direktiv som gäller främjandet av användningen av energi från förnybara energikällor, i detta direktiv ställs bindande krav på att 49 % av Sveriges kraftproduktion skall vara förnybar till 2020. Här uppstår en intressekonflikt då vattenkraften utgör en stor del av den förnybara energi som produceras i Sverige och åtgärderna för att förbättra statusen i vattendragen innebär en minskad möjlighet att producera el från vattendraget.

Enligt miljöbalken får vid en omprövning av vattendomen miljöförbättrande åtgärder ta i anspråk upp till 20 % ekonomiskt bortfall och enligt rättspraxis skall en verksamhetsutövare kunna acceptera upp till 5 % ekonomiskt bortfall till följd av miljöförbättrande åtgärder, överskjutande del av bortfallet upp till 20 % ersätts av staten. Vid planeringen av en ny damm är det därför viktigt att hitta den lösning på miljöförbättrande åtgärder som ger mest effekt med minst produktionsbortfall. En lösning som ger god effekt enligt åtgärdsprogrammet är anläggandet av ett omlöp. Däremot är det en av de dyraste. Fiskvägen vid Finsjö Ö fungerar dåligt under tider när flödet är lågt vilket också oftast sammanfaller med fiskens vandringsperiod om man studerar flödeshistogrammen i Bilaga 4.

Placeringen av fiskvägen är en av de viktigaste faktorerna för att den skall fungera tillfredsställande. Då fisken följer det kraftigaste vattenflödet vill man placera fiskvägen så nära utloppet från turbinerna som möjligt, förutsättningarna för detta är däremot begränsade vid Finsjö Övre eftersom terrängen inte lämpar sig vid sidan om kraftstationen. Den undersökta sträckningen av omlöpet innebär dock en förbättring i detta hänseende, med tanke på att den sträckan som fisken måste färdas från turbinvattenutloppet för att hitta inloppet minskas till ca en tredjedel samtidigt som inloppet till fiskvägen sammanfaller med nedströms magasinyta, detta innebär att fisken inte längre skulle behöva färdas en lång sträcka genom en torråra med lågt flöde. Det är svårt att dra några slutsatser utifrån detta, men förutsättningarna för en högre attraktionseffektivitet under perioder med lågt flöde skulle antagligen förbättras med den nya sträckningen. En annan förutsättning för att ett omlöp skall fungera tillfredsställande för alla arter är att lutningen inte är för stor. Den fallsträcka som har bäst förutsättningar för en godtagbar lutning är den mittersta, dessvärre överstiger lutningen på flera ställen den rekommenderade på max 5 %. En lösning på detta problem skulle vara att fiskvägen läggs i en meandrande sträckning. Det kommer innebära längre fiskväg, ökad kostnad och risk för minskad passageeffektivitet. Ett annat alternativ som kan vara intressant att utreda är möjligheten att använda biflödet Kvillen som en vandringsväg och leda fisken den vägen. På så sätt hade man undvikit de två kraftverken vid Finsjö.

Eftersom Emåns vattensystem är av riksintresse samt ingår i ett natura 2000 område ställs högre krav än vanligt vid nybyggnad av exempelvis dammar. Utöver att verksamhetens fördelar från allmän och enskild synpunkt måste överväga kostnaden och skadan av den, måste man även visa i större utsträckning att miljökonsekvenserna av den vattenverksamhet som man vill bedriva är försumbara. Om man ska bygga en ny damm är det därför viktigt att planera miljöarbetet utifrån dessa förutsättningar. En fiskväg skulle kunna planeras i samråd med lokala intresseorganisationer för att förankra miljöarbetet med externa intressenter, i detta fall Emåförbundet. Vid ett möte med Emåförbundet 2011-12-09 diskuterades möjligheterna att anlägga en ny regleringsdamm och ändra sträckningen av fiskvägen. De var positiva till förslaget om det skulle innebära att man slår samman anläggningarna vid Finsjö Övre och Nedre genom att placera en regleringsdamm vid Finsjö Övre och en kraftstation vid Finsjö Nedre och på så sätt utnyttjat hela fallhöjden. Denna lösning innebär att man kan återskapa lekområden för fisk nedströms Finsjö Ö samt samtidigt som man eliminerar de vandringshinder som kraftstationen vid Finsjö Ö och dammen vid Finsjö N innebär. Detta alternativ skulle dock ställa högre krav på spill av vatten i torråran.

Det är lätt att bara se de negativa konsekvenserna av ett dammbygge, men det är viktigt att man har en helhetssyn när man tittar på vattenkraften. Den utgör den största delen av den förnybara och rena energi som produceras i Sverige. Det finns även positiva effekter av dammar då dessa kan fungera som sedimentfällor och på så sätt minska transporten av föroreningar. Längs vattendragen i Sverige har det funnits brukssamhällen och industrier, dessa har under många år producerat föroreningar som finns inlagrade i sedimenten i vattendragen. Om dämningen av vattendraget tas bort finns det en risk att dessa föroreningar sprids vilket skulle innebära en försämring av den kemiska statusen i vattendraget vilket motverkar de mål som är uppsatta enligt vattendirektivet.

För att bygga en damm krävs tillstånd enligt miljöbalken, men det krävs också tillstånd att reglera vattnet, den bästa lösningen hade varit om man hade kunnat använda sig av vattendomen från 1897. På så sätt behöver man bara söka tillstånd för att bygga den nya regleringsdammen eftersom det är bara den delen som ger en miljöpåverkan utöver den redan befintliga anläggningen. För att bedöma om denna dom är tillämplig på en ny damm vid Finsjö Övre krävs dock vidare utredning av personer med kompetens inom det juridiska området. Det är även lämpligt att genomföra en miljökonsekvensbeskrivning för att kunna bedöma effekterna av en ny damm och ett nytt magasin. En miljökonsekvensbeskrivning krävs dessutom vid en tillståndsansökan för en ny damm.

6 Slutsatser

För att skapa en ny dämning nedströms de befintliga dammarna vid Finsjö Övre krävs en dammkropp med en längd på ca 45 meter varav ca 25 m krävs för utskoven. För att bibehålla nuvarande magasinsnivå behöver höjden på dammen över fåran vara ca 6.8 m. Resultatet bygger på inmätningar av området i anslutning till de befintliga dammarna samt ett antagande om var dammen bör placeras. Placeringen innebär kortast möjliga dammkropp.

Baserat på en teoretisk beräkning av avbördningskapaciteten kommer den föreslagna dammen ha en tillräcklig kapacitet för att avbörda det antagna FDK II flödet på 176 m³/s vid dämningensgränsen på +51.08 m.ö.h. Vid en överdämning på +51.48 m.ö.h kommer dammen vid en lågt räknad avbördningskoefficient ha en teoretisk avbördningsförmåga på ca 204 m³/s.

Det är svårt att dra några definitiva slutsatser om risken för dammbrott för dammen vid Finsjö Nedre då modelleringen bygger på allt för grova antaganden, men det ser ut som att förändringen i vattenytan hos magasinet nedströms vid ett mindre brott till större delen beror på med vilken hastighet man öppnar luckorna i Finsjö Övre.

Med tanke på de strängare lagkrav som finns för Emån kommer det att ställas höga krav på miljöförbättrande åtgärder för att motverka de negativa miljökonsekvenserna av en damm. Utöver detta finns även kravet på att delsträckan skall uppnå god ekologisk status till 2021. Det är svårt att säga vad detta skulle innebära i en eventuell tillståndsprocess, men antagligen skulle det vara svårt att motivera ett tillstånd för endast en ny damm vid Finsjö Ö om det inte innefattar en större förbättring av vattendragets status. Det kan då vara lämpligt att titta på en helhetslösning för både Finsjö Övre och Nedre för att öppna upp för effektivisering av produktionen samtidigt som man förbättrar statusen. Däremot så är det viktigt att väga in säkerhetsaspekter av att endast reparera den befintliga dammen och ta hänsyn till positiva effekter av en ny damm som till exempel en potentiell barriär mot föroreningstransport. Münsterås kommun är också beroende av dämningen vid Finsjö Ö för sin vattenförsörjning.

7 Litteraturförteckning

- Alenäs, I. (2012, 02 27). Dammars effekter på ämnesspridning. (M. Stenberg, Interviewer)
- Befrielse från skyldighet att hålla laxtrappa, AD 1/1947 (Söderbygdens Vattendomstol Augusti 27, 1948).
- Bureau of reclamation. (1987). *Design of small dams*. Washington DC: Bureau of reclamation.
- Calles, O. E., & Greenberg, A. L. (2007). The use of two nature-like fishways by some fish species in the Swedish River Emån. *Ecology of Freshwater Fish* , 183-190.
- Calles, O. (2005). *Re-establishment of connectivity for fish populations in regulated rivers*. Karlstad: Karlstad Universitet.
- Calles, O., & Greenberg, L. (2005). Evaluation of nature-like fishways for re-establishing connectivity in fragmented salmonoid populations in the river Emån. *River research and applications* , 951-960.
- Dom Finsjö (Handbörds Häradsrätt December 10, 1897).
- E.ON. (2011, 07 29). Finsjö Övre Kraftverk DTU Manual. Malmö.
- E.ON. (2008, Juni 5). *Vattenkraftens historia - E.ON*. Retrieved Januari 10, 2012, from E.ON: <http://www.eon.se/templates/Eon2TextPage.aspx?id=48968&epslanguage=SV>
- Elforsk. (2009). *Avbördningssystemens funktionssäkerhet*. Stockholm: Elforsk.
- Elforsk. (1995). *VASO Dammkommittés rapport 7: Utskovsluckors funktionssäkerhet*. Spånga: Spånga tryckeri AB.
- Emåförbundet. (2011). *Fiskarter - Emån och Emåförbundet*. Retrieved 12 12, 2011, from Emån och Emåförbundet: <http://www.eman.se/fiske-och-fiskevaard/fiskarter.aspx>
- European Commission. (2011, November 16). *European Commission*. Retrieved November 18, 2011, from Environment-Water: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm
- European Parliament, & Council of the European Union. (2000). DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. *Official Journal of the European Communities* , 1-72.
- Fiskevårdsteknik i Sverige AB. (1997). *Finsjö Övre kraftverk, Emån, Förslag till utformning av ny fiskväg*. Dalby: Fiskevårdsteknik i Sverige AB.
- Jönsson, M. (2011, 09 08). *Vattenkraft- Svensk Energi*. Retrieved 12 12, 2011, from Svensk Energi: <http://www.svenskenergi.se/sv/Om-el/Vattenkraft/>
- Kuhlin, L. (2011). *Olika Utskovstyper*. Retrieved 09 19, 2011, from Vattenkraft.info - Info om Svensk vattenkraft: <http://vattenkraft.info/?page=teori/utskovstyp>
- Larinier, M. (2002). POOL FISHWAYS, PRE-BARRAGES AND NATURAL BYPASS. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture* , 54-82.

Lars Harrie, B. A.-G. (2011). *Geodetisk och fotogrammetrisk mättnings- och beräkningsteknik*. Lantmäteriet.

Naturvårdsverket. (2008). Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. *NFS 2008:1*. Sverige.

Omprövning av fiskeavgift, VA 5/1994 (Växjö Tingsrätt Vattendomstolen Mars 3, 1994).

Omprövning av fiskeavgift 2:8, VA 44/1975 (Växjö Tingsrätt Vattendomstolen Augusti 28, 1975).

Omprövning av villkor till skydd för fisket, VA 16/1991 (Växjö Tingsrätt Vattendomstolen Oktober 9, 1991).

Pendleton, G. (2002, Juli 16). *The fundamentals of GPS*. Retrieved Februari 5, 2012, from Directions Magazine: www.directionsmag.com/articles/the-fundamentals-of-gps/124028

Persson, F. (2011, 09 28). Dammtekniskt sakkunnig. (M. Stenberg, Interviewer)

Persson, F. (2012, 01 25). Dammtekniskt sakkunnig. (M. Stenberg, Interviewer)

Persson, F. (2008). *PM "Flödessektioner i Emån"*. Malmö: Energo Retea.

Sandqvist, A., & Öhrvall, F. (2006). *Metod- och energioptimering av isfrihållning på utskovsluckor vid kraftstationer*. Luleå: Luleå Tekniska Universitet.

SMHI. (2011, 12 05). *Vattenwebb*. Retrieved 12 05, 2011, from SMHI: <http://vattenwebb.smhi.se/>

SMHI. (2003). *Översiktlig översvämnings-kartering längs Emån*. Norrköping: Räddningsverket.

Tillstånd att för den kommunala vattenförsörjningen bortleda vatten från Emån vid Finsjö mm, Mönsterås kommun, Kalmar län, VA 15/1993 (Växjö Tingsrätt Vattendomstolen Oktober 08, 1993).

Vattenmyndigheterna. (2011, 11 28). *VISS*. Retrieved 11 28, 2011, from Vattendrag-Emån: Videbäck-Nötån: <http://www.viss.lst.se/Waters.aspx?waterEUID=SE633431-152267>

Vennard, J. K., & Street, R. L. (1982). *Elementary fluid mechanics Sixth Edition*. New York: John Wiley & Sons.

Vogel, R. M. (2011). Hydromorphology. *JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT*, 147-149.

8 Bilagor

Bilaga 1

Skiss över området samt teknisk beskrivning

Området som skall mätas in visas i en översiktlig skiss i Figur 8-1. Inom det blåmarkerade området skall **Dämningsgränsen (DG)** på $+ 51,08 \text{ m.ö.h.}$, **Sänkingsgränsen (SG)** på $+ 50,88 \text{ m.ö.h.}$ samt även **Dammkrönets gräns** på $+51,48 \text{ m.ö.h.}$ mätas in. Inom det grönmarkerade området skall ungefär tre fallsträckor mätas in. Ytterligare inmätning kan behövas längs fiskvägen uppströms.



Figur 8-1 Skiss över inmätningområdet.

Bilaga 2

Mättningsprotokoll Finsjö Ö



Koordinatfil

Sida 1 av 7

Filnamn: Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07

Koordinatsystem: SWEREF99 16 30

Punkt Id	Kod	X-Koord	Y-Koord	Z-Koord	Sp. kod	Anteckning
10a	106	6337045,325	133762,371	51,773	-1	
10b	106	6337027,922	133720,613	51,435	-1	
10c	106	6337107,417	133673,190	51,401	-1	
10d	106	6337173,651	133670,029	52,573	-1	
fix1	51.36	6337067,266	133680,629	51,360	-1	
1.1	btg	6337103,172	133676,441	51,377		
1.2	btg	6337092,935	133679,572	51,381		
1.3	btg	6337088,598	133680,875	51,383		
1.4	btg	6337083,217	133682,494	51,378		
1.5	btg	6337082,201	133679,612	51,382		
1.6	btg	6337075,594	133681,717	51,393		
1.7	btg	6337067,823	133684,066	51,405	-1	
2	btg	6337066,226	133684,689	50,879	-1	
3	20	6337066,033	133693,351	50,872	-1	
4	20	6337064,516	133694,972	50,884	-1	
5	20	6337061,389	133696,719	50,877	-1	
6	20	6337059,403	133697,597	50,903	-1	
7	20	6337052,375	133694,357	50,858	-1	
8	20	6337048,167	133695,648	50,884	-1	
9	20	6337045,979	133695,222	50,887	-1	
10	20	6337043,257	133696,732	50,881	-1	
11	20	6337038,258	133697,771	50,876	-1	
12	20	6337036,729	133700,034	50,879	-1	
10bt	106	6337027,923	133720,607	51,409	-1	
10at	106	6337045,324	133762,376	51,771	-1	
10au	pegel718	6337038,368	133757,311	52,244	-1	
10av	pegel718	6337038,348	133757,360	51,990	-1	
50.1	btg	6337042,770	133753,129	51,598		
50.2	btg	6337034,557	133726,954	51,592	-1	
51.1	stenmur	6337029,784	133718,476	51,460		
51.2	stenmur	6337027,616	133710,865	51,200	-1	
52.1	stig	6337032,692	133703,976	50,478		
52.2	stig	6337036,739	133699,966	50,889		
52.3	stig	6337039,463	133698,225	50,907		
52.4	stig	6337044,815	133693,750	51,316		
52.5	stig	6337048,504	133689,781	51,287		
	stig	6337050,752	133687,451	51,435		
	stig	6337051,875	133686,285	51,510		
52.6	stig	6337052,999	133685,120	51,584		
	stig	6337055,399	133685,939	51,650		
52.7	stig	6337057,798	133686,758	51,716		
52.8	stig	6337062,465	133685,438	51,463	-1	
53.1	btg	6337064,071	133685,299	51,371		
53.2	btg	6337067,861	133684,030	51,405	-1	

C:\Users\Peter\Documents\Projekt\E.ON vattenkraft\Lev 20111009\Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07.pxy Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07
Rapport skapad av Topocad Skapad 2011-10-09 18:53:51

Filnamn: Mätningsprotokoll Finsjö 2011-10-07

Koordinatsystem: SWEREF99 16 30

Punkt Id	Kod	X-Koord	Y-Koord	Z-Koord	Sp. kod	Anteckning
10e	106	6337094,376	133758,297	49,559	-1	
60.1	stenmur	6337095,356	133760,701	49,515		
60.2	stenmur	6337094,157	133757,759	49,546		
60.3	stenmur	6337091,253	133757,867	49,833		
60.4	stenmur	6337088,801	133757,347	49,975		
60.5	stenmur	6337087,908	133756,589	50,020	-1	
61	200	6337088,582	133756,334	50,069	-1	
62.1	stenmur	6337089,056	133755,788	51,158		
62.2	stenmur	6337087,381	133756,377	51,166		
62.3	stenmur	6337085,986	133752,839	51,146		
62.4	stenmur	6337090,100	133751,202	51,151		
62.5	stenmur	6337090,938	133748,361	49,892	-1	
10f	106	6337105,767	133743,121	50,852	-1	
70	200	6337101,777	133745,460	50,871	-1	
71	200	6337109,890	133741,635	50,873	-1	
72	200	6337102,938	133741,018	50,880	-1	
73	200	6337101,051	133738,068	50,866	-1	
74	200	6337105,737	133735,404	52,403	-1	
10g	106	6337137,760	133756,811	49,059	-1	
90	200	6337049,451	133763,102	51,255	-1	
91	200	6337060,439	133764,180	51,344	-1	
92.1	stenmur	6337063,110	133762,002	51,154		
92.2	stenmur	6337069,869	133759,240	51,163		
92.3	stenmur	6337071,268	133762,889	51,162		
92.4	stenmur	6337069,590	133763,504	51,155		
92.5	stenmur	6337070,728	133763,379	50,207		
92.6	stenmur	6337071,658	133763,143	49,976		
92.7	stenmur	6337073,032	133766,550	49,588	-1	
93	200	6337069,386	133766,086	50,874	-1	
94.1	200.1	6337068,081	133766,316	51,137		
94.2	200.1	6337070,308	133771,768	51,104		
94.3	200.1	6337073,330	133775,306	50,867	-1	
95.1	trappa	6337053,113	133809,505	49,279		
95.2	trappa	6337051,970	133810,475	48,374	-1	
110	botten	6337061,736	133758,109	46,697	-1	
111	btg	6337042,232	133753,305	51,600	-1	
112	200	6337052,708	133684,295	51,594	-1	
113	200	6337042,303	133683,363	51,597	-1	
114	200	6337036,260	133687,368	52,006	-1	
115	200	6337028,772	133695,480	51,701	-1	
116	200	6337021,679	133700,641	51,087	-1	
117	200	6337018,892	133701,644	51,531	-1	
10ct	106	6337107,416	133673,188	51,379	-1	
130.1	btg	6337103,375	133676,367	51,379		
130.2	btg	6337103,082	133673,723	51,387		
130.3	btg	6337107,798	133672,916	51,397		
130.4	btg	6337116,792	133671,869	51,393		

C:\Users\Peter\Documents\Projekt\E.ON vattenkraft\Lev 20111009\Mätningsprotokoll Finsjö 2011-10-07.pxyMätningsprotokoll Finsjö 2011-10-07
 Rapport skapad av Topocad Skapad 2011-10-09 18:53:51

Filnamn: Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07

Koordinatsystem: SWEREF99 16 30

Punkt Id	Kod	X-Koord	Y-Koord	Z-Koord	Sp. kod	Anteckning
130.5	btg	6337118,547	133671,736	51,302		
130.6	btg	6337125,678	133673,283	51,872		
130.7	btg	6337126,381	133670,517	51,854		
130.8	btg	6337119,206	133669,029	51,298	-1	
132	200	6337123,357	133677,634	51,485	-1	
133	200	6337122,306	133677,582	51,075	-1	
134	200	6337121,553	133677,701	50,878	-1	
135	200	6337116,444	133682,668	51,075	-1	
136	200	6337114,280	133682,712	50,871	-1	
137	200	6337112,810	133685,816	50,877	-1	
138	200	6337114,003	133686,829	51,082	-1	
139	200	6337108,095	133695,723	50,887	-1	
140	200	6337114,786	133697,738	51,066	-1	
141	200	6337112,832	133709,324	51,082	-1	
142	200	6337105,530	133704,781	50,870	-1	
143	200	6337111,586	133710,947	50,884	-1	
144	200	6337112,920	133711,428	51,095	-1	
145	200	6337112,533	133723,574	50,887	-1	
146	200	6337113,381	133724,414	51,084	-1	
147	200	6337107,395	133725,455	50,943	-1	
148	200	6337108,036	133725,980	51,099	-1	
149	200	6337102,287	133731,873	50,890	-1	
150	200	6337102,999	133732,096	51,081	-1	
151	200	6337115,497	133728,418	51,547	-1	
152	200	6337119,561	133714,700	52,356	-1	
153	200	6337122,863	133707,069	53,450	-1	
154	200	6337120,064	133691,282	51,801	-1	
10h	106	6337126,378	133670,553	51,856	-1	
fixfryd	100	6334372,735	135804,901	34,696	-1	
10e	106	6337094,376	133758,297	49,559	-1	
10g	106	6337137,760	133756,811	49,059	-1	
500	200	6337133,015	133751,892	48,629	-1	
501.1	slf	6337131,657	133746,676	48,786		
501.2	slf	6337120,052	133746,299	48,756		
501.3	slf	6337111,858	133749,533	49,212	-1	
504	vk	6337142,638	133720,620	51,488	-1	
505	200	6337139,121	133715,275	53,467	-1	
506	kron	6337148,778	133730,224	51,275	-1	
507	kron	6337159,713	133726,134	51,470	-1	
508.1	slf	6337169,008	133725,978	48,960		
508.2	slf	6337158,413	133738,756	48,466		
508.3	slf	6337148,985	133741,262	48,447	-1	
509	200	6337151,310	133748,665	48,160	-1	
510	200	6337155,485	133754,841	47,941	-1	
511	200	6337155,659	133760,921	48,093	-1	
512	200	6337157,662	133766,640	47,063	-1	
513	kron	6337157,843	133778,905	47,112	-1	

C:\Users\Peter\Documents\Projekt\E.ON vattenkraft\Lev 20111009\Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07.pxyMättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07
 Rapport skapad av Topocad Skapad 2011-10-09 18:53:51

Filnamn: Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07

Koordinatsystem: SWEREF99 16 30

Punkt Id	Kod	X-Koord	Y-Koord	Z-Koord	Sp. kod	Anteckning
514	vy111009	6337157,424	133781,798	46,017	-1	
515	kron	6337165,091	133780,897	47,132	-1	
20a	106	6337163,399	133781,014	47,229	-1	
20b	106	6337168,081	133811,678	47,529	-1	
550	200	6337189,615	133781,061	47,261	-1	
551	200	6337185,724	133763,923	47,219	-1	
552	200	6337192,744	133738,558	48,690	-1	
553	200	6337193,981	133741,774	48,223	-1	
554	200	6337187,074	133742,284	49,049	-1	
555	200	6337178,471	133745,218	48,963	-1	
556	200	6337171,758	133750,433	48,358	-1	
557	200	6337175,808	133755,110	48,433	-1	
558	200	6337180,713	133761,104	47,069	-1	
559	200	6337179,109	133737,266	49,160	-1	
560	200	6337194,004	133732,560	48,575	-1	
561	200	6337200,411	133729,747	48,358	-1	
562	200	6337203,568	133729,346	48,510	-1	
223		6337171,064	133687,121	52,052		
222		6337174,251	133694,264	51,376		
221		6337183,695	133704,561	50,237		
220		6337189,606	133710,928	49,520		
219		6337199,704	133720,614	49,282		
218		6337206,348	133726,312	49,094		
564.1	vk	6337211,518	133730,484	49,010		
564.2	vk	6337206,348	133726,312	49,094		
564.3	vk	6337199,704	133720,614	49,282		
564.4	vk	6337189,606	133710,928	49,520		
564.5	vk	6337183,695	133704,561	50,237		
12		6337174,251	133694,264	51,376		
582.2	vk	6337171,064	133687,121	52,052		
582.3	vk	6337170,683	133680,072	52,282		
582.4	vk	6337172,220	133672,182	52,407		
582.5	vk	6337175,096	133658,755	52,800		
582.6	vk	6337179,412	133639,102	52,732		
582.7	vk	6337182,339	133627,539	52,644		
582.8	vk	6337186,766	133614,847	52,515		
29		6337193,073	133598,295	52,454	-1	
566	sif	6337177,947	133705,892	50,336	-1	
567	sif	6337174,718	133718,955	49,221	-1	
568	kron	6337178,350	133787,314	47,211	-1	
569	kron	6337184,498	133794,128	46,892	-1	
570	200	6337178,967	133799,394	46,275	-1	
571	200	6337176,582	133801,650	46,317	-1	
572	vy	6337175,787	133801,885	46,025	-1	
573	kron	6337170,687	133808,068	46,998	-1	
579	kron	6337153,438	133830,303	46,810	-1	
10d	106	6337173,651	133670,029	52,573	-1	

C:\Users\Peter\Documents\Projekt\E.ON vattenkraft\Lev 20111009\Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07.pxyMättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07
 Rapport skapad av Topocad Skapad 2011-10-09 18:53:51

Filnamn: Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07

Koordinatsystem: SWEREF99 16 30

Punkt Id	Kod	X-Koord	Y-Koord	Z-Koord	Sp. kod	Anteckning
10h	106	6337126,378	133670,553	51,856	-1	
583.1	vk	6337191,752	133597,116	52,454	-1	
586.1	kron	6337192,271	133591,932	52,307		
586.2	kron	6337187,491	133602,934	52,296		
586.3	kron	6337184,822	133612,787	52,403		
586.4	kron	6337179,213	133627,838	52,551		
586.5	kron	6337177,873	133633,176	52,619	-1	
589	200	6337193,521	133700,388	50,161	-1	
590	200	6337187,028	133694,034	50,660	-1	
591	200	6337180,844	133688,106	51,731	-1	
592	200	6337177,300	133685,108	52,155	-1	
593	200	6337202,657	133695,810	50,724	-1	
594	200	6337195,784	133687,282	52,178	-1	
595	200	6337196,523	133674,099	54,727	-1	
596	200	6337194,093	133667,098	54,993	-1	
597	200	6337193,050	133659,767	55,040	-1	
598	200	6337205,054	133642,932	55,401	-1	
599	200	6337186,064	133649,213	52,752	-1	
600	200	6337181,686	133661,835	53,542	-1	
601	200	6337179,074	133669,333	52,199	-1	
602	211	6337182,230	133630,393	53,365	-1	
604	kron	6337159,643	133725,103	51,475	-1	
605	kron	6337165,659	133715,993	51,582	-1	
606	200	6337166,686	133704,423	50,855	-1	
607	200	6337167,386	133697,413	50,906	-1	
1000	korsnvkk	6337277,231	133735,479	50,522	-1	
1001	ovk	6337261,768	133770,712	49,643	-1	
1002	ovk	6337237,286	133809,275	49,014	-1	
3		6337191,752	133597,116	52,454		
4		6337185,570	133612,991	52,403		
5		6337178,325	133634,574	52,573		
587.2	vk	6337174,248	133652,975	52,715		
587.3	vk	6337170,737	133668,122	52,569		
587.4	vk	6337169,221	133671,612	52,480		
587.5	vk	6337166,136	133673,818	52,527		
581.4	clvag3m	6337162,167	133673,294	52,644		
581.3	clvag3m	6337155,010	133672,344	52,505		
581.2	clvag3m	6337136,875	133671,089	52,035		
581.1	clvag3m	6337127,600	133670,414	51,883	-1	
581.1	clvag3m	6337127,382	133673,406	51,883		
581.2	clvag3m	6337136,663	133674,081	52,035		
581.3	clvag3m	6337154,708	133675,330	52,505		
581.4	clvag3m	6337161,521	133676,234	52,644		
581.5	clvag3m	6337166,395	133677,742	52,403		
16		6337164,854	133687,988	52,024		
15		6337162,055	133693,678	52,024		
588.2	clvall	6337153,981	133707,660	51,832		

C:\Users\Peter\Documents\Projekt\E.ON vattenkraft\Lev 20111009\Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07.pxyMättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07
 Rapport skapad av Topocad Skapad 2011-10-09 18:53:51

Filnamn: Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07

Koordinatsystem: SWEREF99 16 30

Punkt Id	Kod	X-Koord	Y-Koord	Z-Koord	Sp. kod	Anteckning
588.1	clvall	6337147,239	133716,695	51,522		
503.2	vk	6337142,695	133721,869	51,476		
503.1	banvall	6337135,656	133728,320	51,240		
502.2	kron	6337128,391	133733,221	51,212		
502.1	kron	6337112,120	133742,427	51,156		
63.2	kron	6337103,535	133746,437	51,225		
63.1	kron	6337092,263	133751,241	51,272	-1	
63.1	kron	6337093,047	133753,081	51,272		
63.2	kron	6337104,350	133748,263	51,225		
502.1	kron	6337113,037	133744,206	51,156		
502.2	kron	6337129,444	133734,923	51,212		
503.1	banvall	6337136,898	133729,895	51,240		
503.2	vk	6337144,126	133723,270	51,476		
588.1	clvall	6337148,794	133717,955	51,522		
588.2	clvall	6337155,645	133708,774	51,832		
588.3	clvall	6337163,974	133694,807	52,024		
14		6337165,342	133694,177	51,899		
10		6337167,569	133694,060	51,774		
608.2	vk	6337169,911	133694,539	51,557		
7		6337179,340	133703,368	50,537		
6		6337182,254	133705,899	50,237		
564.4	vk	6337188,204	133712,308	49,520		
564.3	vk	6337198,382	133722,071	49,282		
564.2	vk	6337205,090	133727,824	49,094		
564.1	vk	6337210,283	133732,014	49,010		
27		6337254,649	133764,619	49,500	-1	
18		6337034,557	133726,954	51,592	-1	
19		6337029,784	133718,476	51,460		
20		6337031,707	133717,873	51,590		
21		6337034,557	133726,954	51,592	-1	
22		6337027,616	133710,865	51,200		
23		6337032,692	133703,976	50,478	-1	
24		6337211,518	133730,484	49,010		
25		6337255,499	133763,224	49,500	-1	
74	200	6337108,629	133731,390	52,403	-1	
85		6337105,621	133728,913	51,090		
		6337106,561	133729,667	51,501		
84		6337108,629	133731,390	52,403	-1	
		6337102,615	133734,990	51,073		
		6337103,590	133735,119	51,488		
88		6337105,737	133735,404	52,403	-1	
154		6337044,815	133693,750	51,316		
		6337044,036	133695,241	51,099		
155		6337043,257	133696,732	50,881	-1	
3		6337215,751	133710,826	50,043	-1	
4		6337209,541	133718,663	49,043	-1	
170		6337196,060	133636,202	53,365	-1	

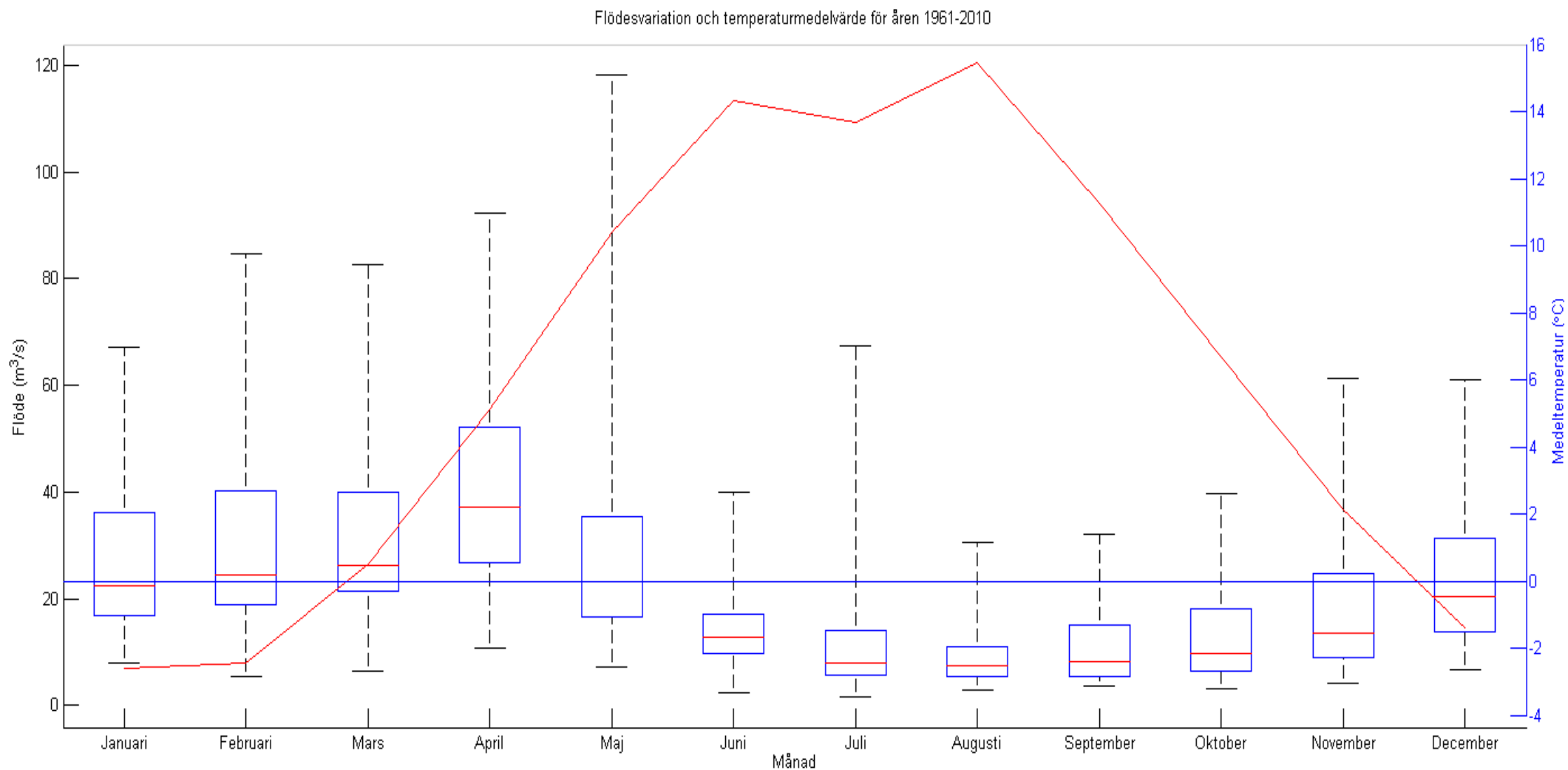
Filnamn: Mättningsprotokoll Finsjö 2011-10-07

Koordinatsystem: SWEREF99 16 30

Punkt Id	Kod	X-Koord	Y-Koord	Z-Koord	Sp. kod	Anteckning
174		6337199,491	133623,401	52,516	-1	
175		6337182,230	133630,393	53,365		
176		6337196,060	133636,202	53,365	-1	
177		6337199,491	133623,401	52,516		
178		6337186,216	133617,634	52,516	-1	
551	200	6337195,257	133766,432	47,219	-1	
553	200	6337201,172	133743,781	48,223	-1	
214		6337203,568	133729,346	48,510		
215		6337197,121	133723,673	48,510		
216		6337191,414	133718,133	48,510		
217		6337177,947	133705,892	50,336	-1	
218		6337206,999	133725,553	48,794		
219		6337200,376	133719,873	48,982		
220		6337190,319	133710,226	49,220		
221		6337184,430	133703,883	49,937		
222		6337175,098	133693,708	51,076		
223		6337171,977	133686,714	51,752	-1	
224		6337175,348	133801,596	45,800	-1	
227		6337123,304	133848,417	45,468		
228		6337134,483	133841,884	45,823		
229		6337143,555	133835,564	45,833	-1	
258		6337121,842	133672,569	51,080		
259		6337121,681	133673,210	51,080	-1	
273.620		6337123,304	133848,417	45,468	-1	
146		6337178,264	133735,788	49,149	-1	
276		6337123,545	133848,276	45,476	-1	
276.279		6337123,304	133848,417	45,468	-1	
284		6337125,955	133846,867	45,552	-1	
287.071		6337123,304	133848,417	45,468	-1	
277		6337062,923	133722,142	0,000		
278		6337062,984	133748,709	0,000		
279		6337061,848	133757,558	0,000	-1	
280		6337070,838	133646,400	0,000		
281		6337070,838	133676,803	0,000		
282		6337067,284	133680,596	0,000	-1	
		6337067,266	133680,629	51,360	C	0.089
		6334372,735	135804,901	34,696	C	0.009
280		6334376,294	135770,744	0,000		
281		6334376,294	135801,147	0,000		
282		6334372,740	135804,940	0,000	-1	

Bilaga 3

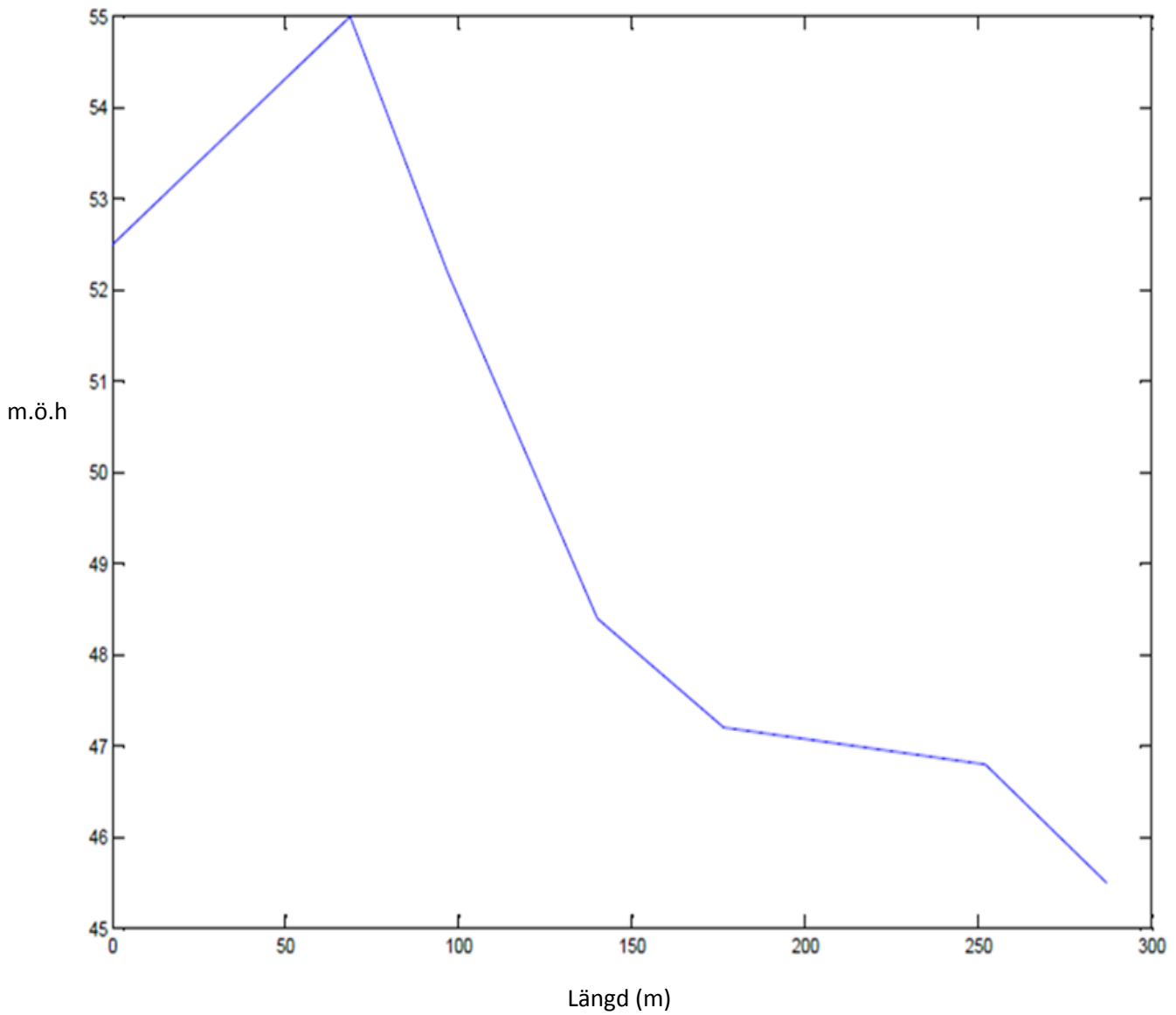
Flödes- och temperaturvariationer 1961-2010



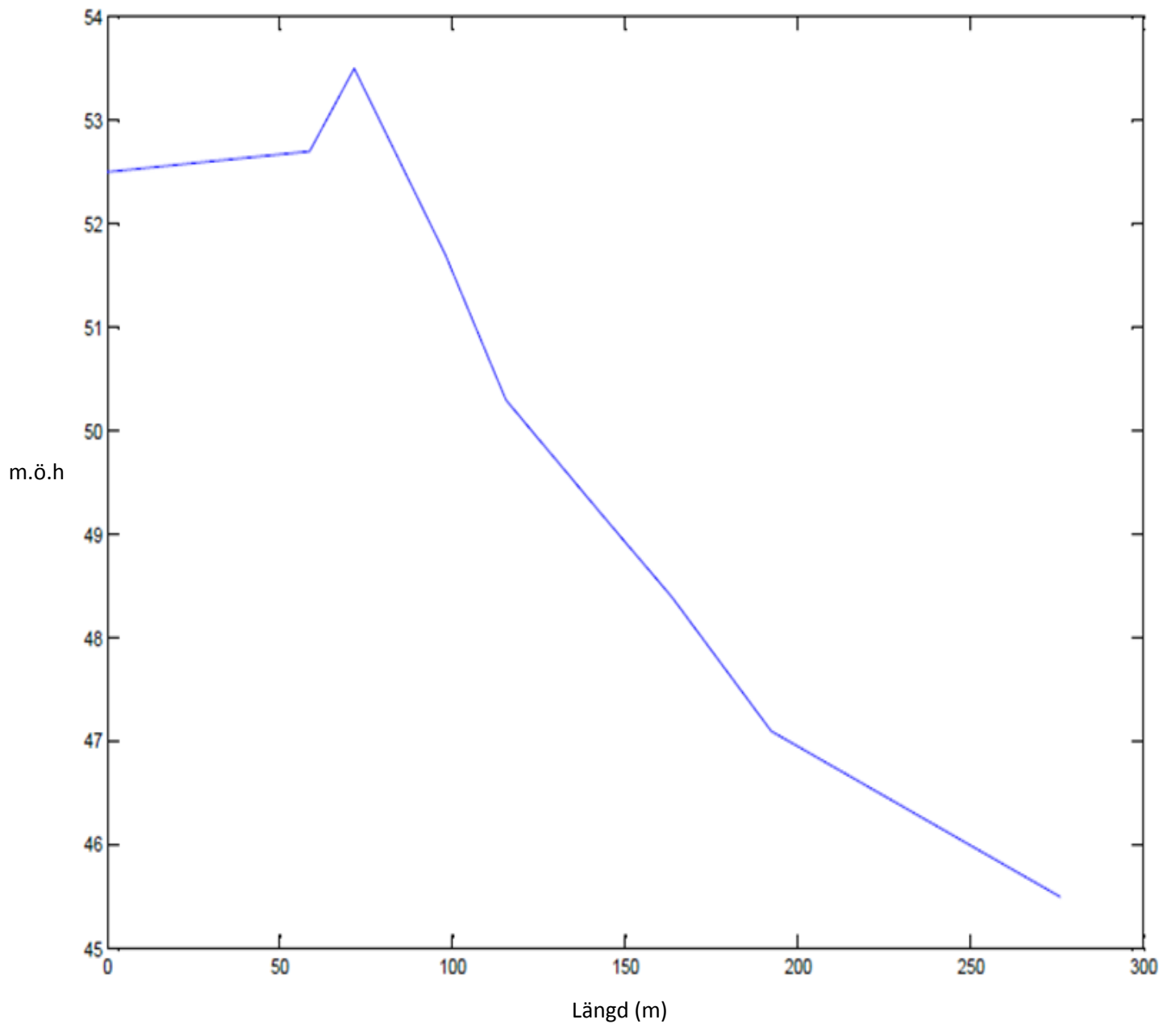
Figur 8-2 Historisk data för korrigerade flöden vid Emsfors och temperatur för Målilla station. Klammrarna anger max och minvärde, boxen anger de mätningar som befinner sig inom den nedre och övre kvartilen. Den röda markeringen i boxen anger medianen.

Bilaga 4

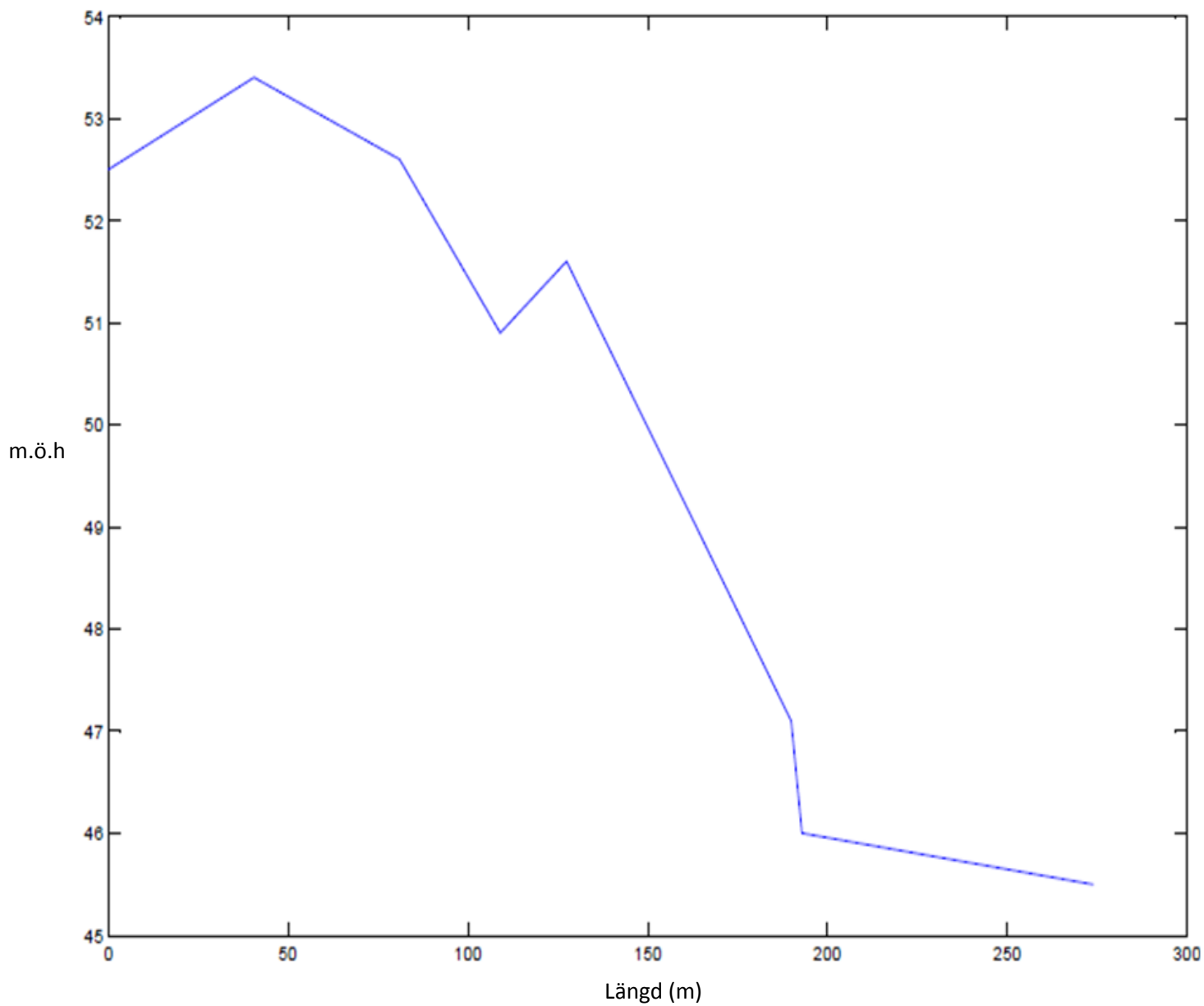
Fallprofiler



Figur 8-3 Tvärsektion över norra fallsträckan



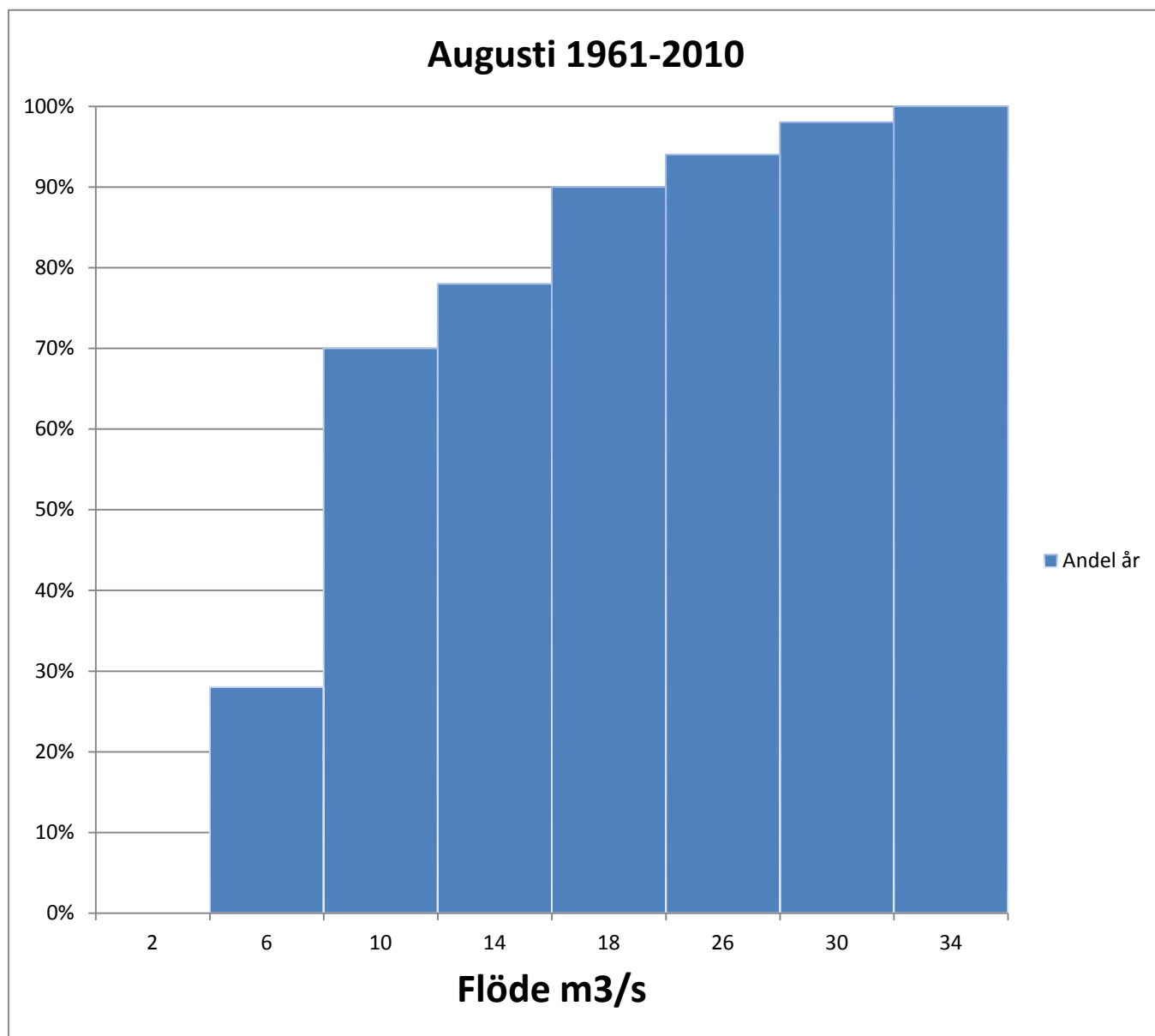
Figur 8-4 Tvärsektion över mittersta fallsträckan



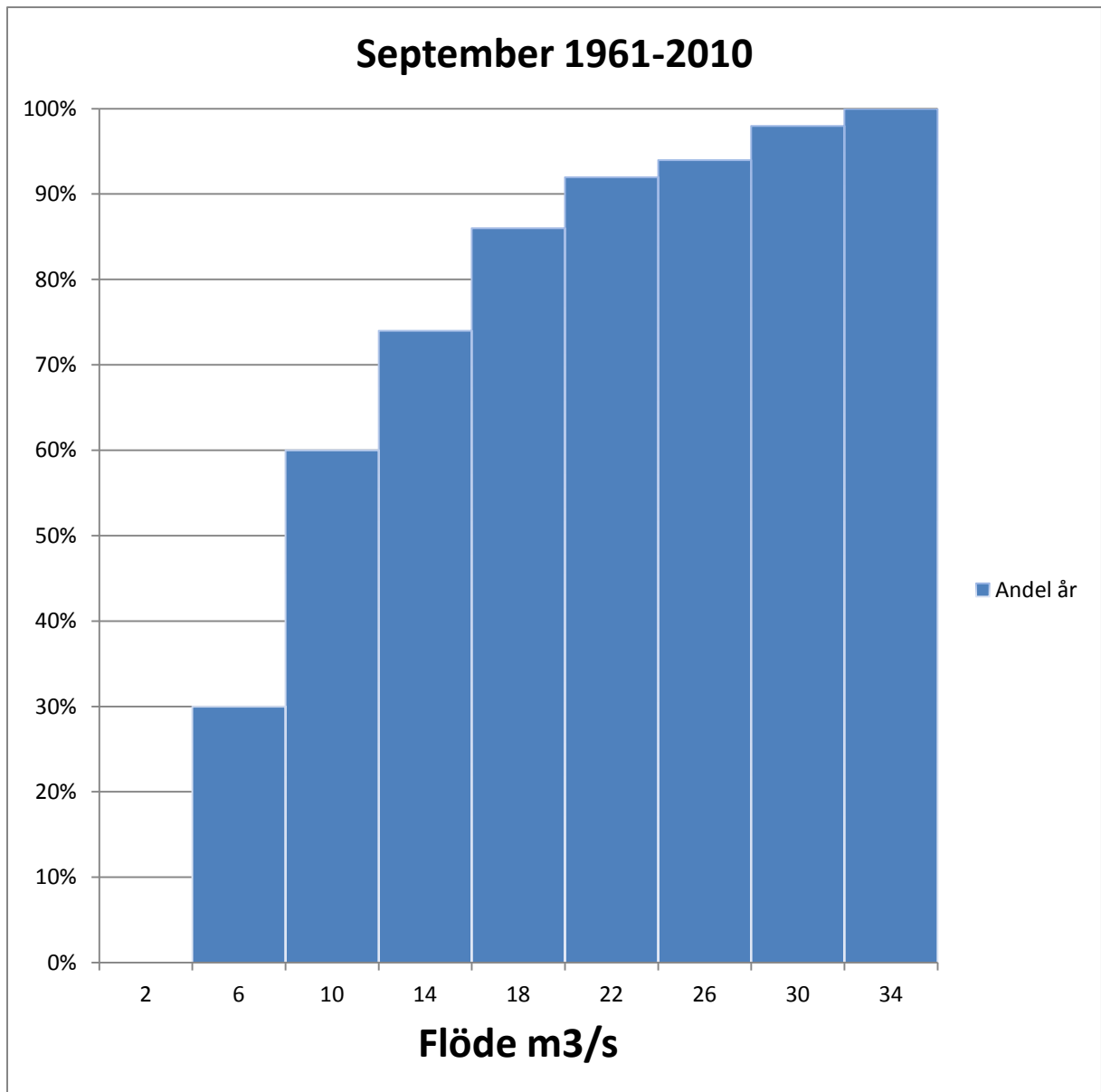
Figur 8-5 Tvärsektion över södra fallsträckan

Bilaga 5

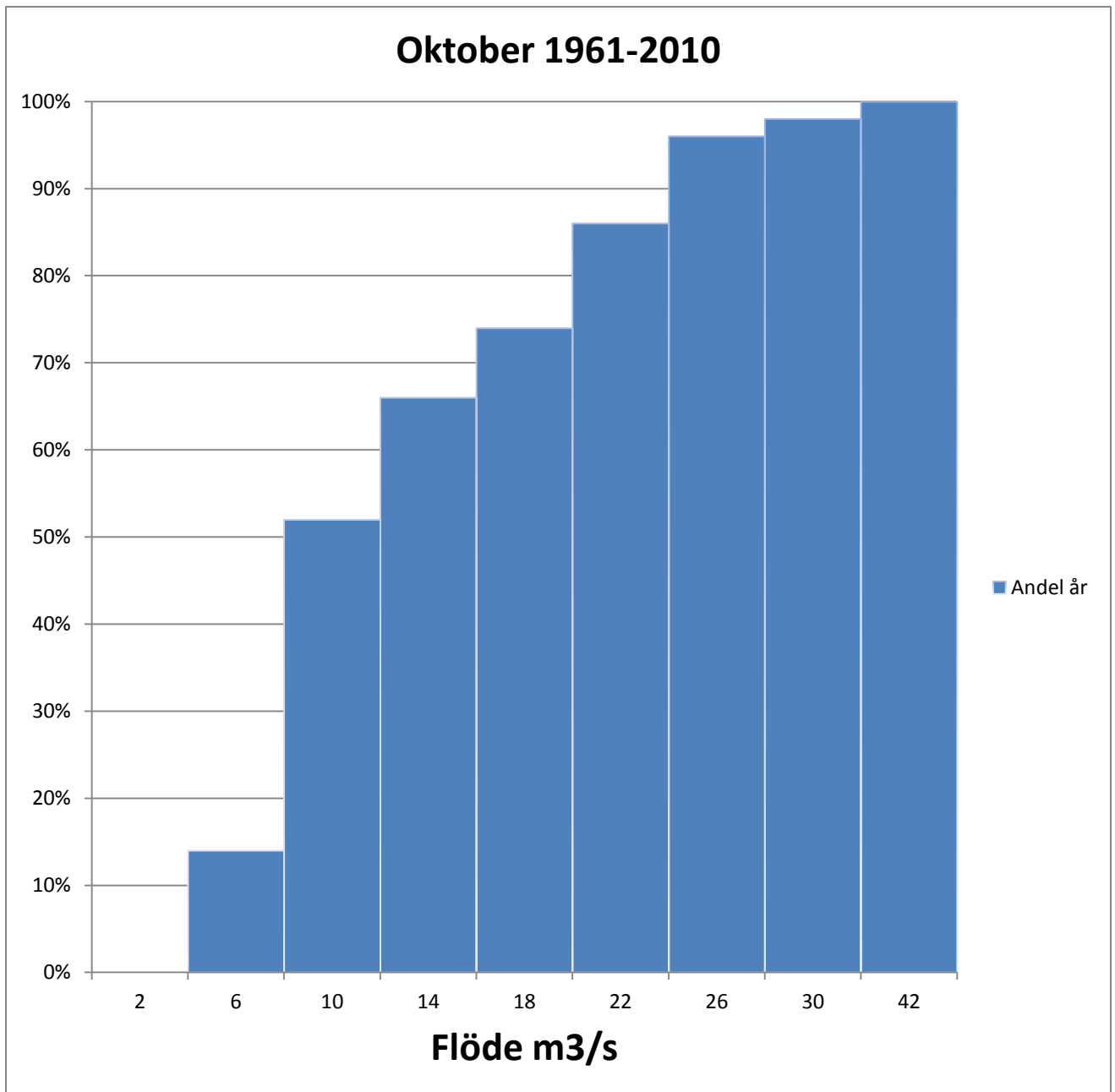
Flödeshistogram 1961-2010



Figur 8-6 Flödeshistogram för augusti månad 1961-2010



Figur 8-7 Flödeshistogram för september månad 1961-2010



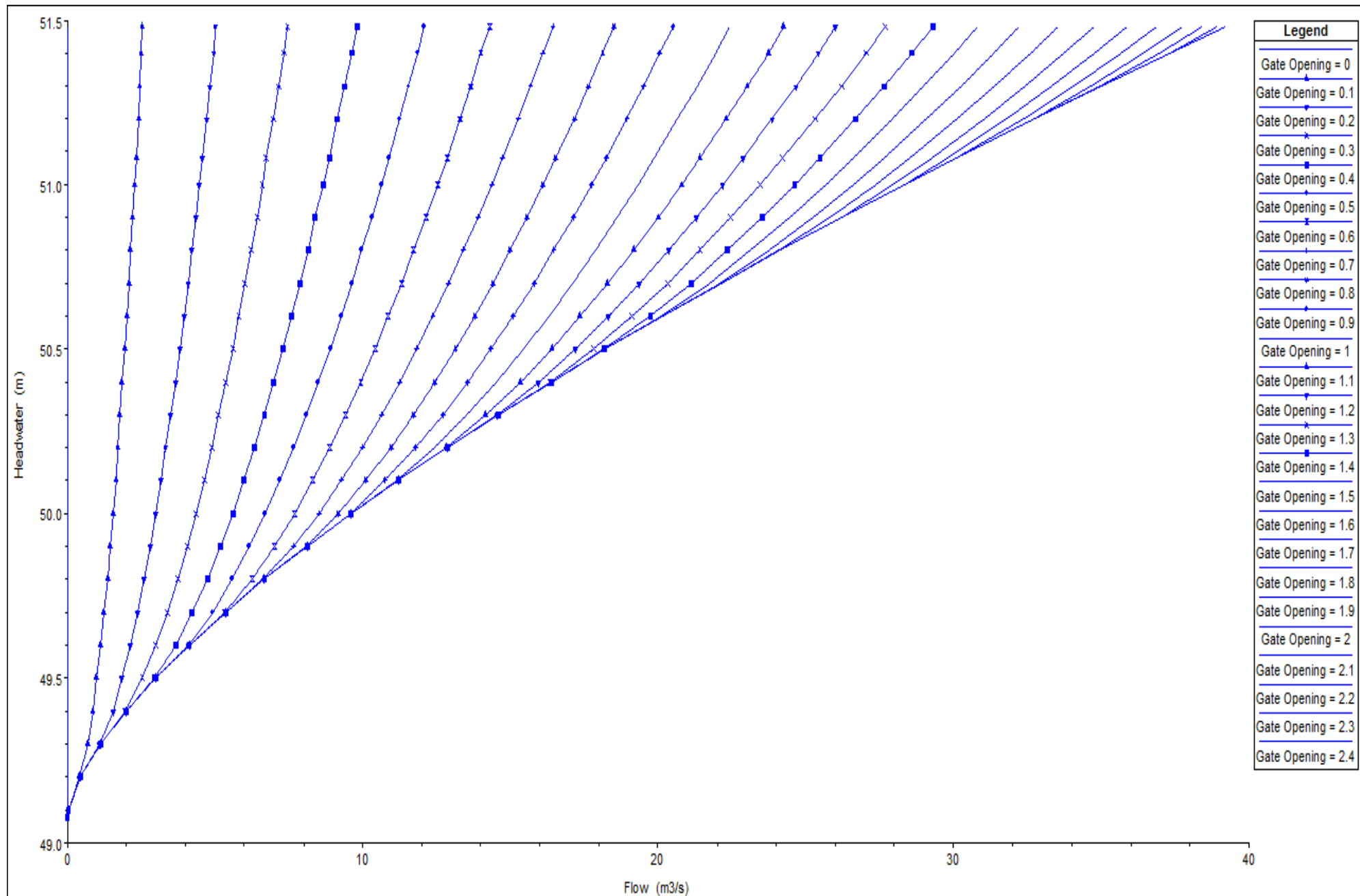
Figur 8-8 Flödeshistogram för oktober månad 1961-2010

Bilaga 6

Avbördningskurvor för Finsjö Nya

```
%Utskov 1
Ts=49.08;
Dvys=51.08;
Bs=9.4;
Mys=0.4;
Ns=1;
Kp=0;
Ka=0.1;
Vys=[49.08 49.1 49.2 49.3 49.4 49.5 49.6 49.7 49.8 49.9 50 50.1 50.2 50.3
50.4 50.5 50.6 50.7 50.8 50.9 51 51.08 51.2 51.3 51.4 51.48];
Los=[0:.1:2.4]
Rsks=zeros(25,26)

for i=1:25
    for j=1:26
        if (Vys(j)-Vys(1))<=Los(i)
            Rsks(i,j)=(2/3)*Mys*(Bs-2*(Ns*Kp+Ka)*(Vys(j)-
Vys(1)))*sqrt(2*9.82)*(Vys(j)-Vys(1))^1.5
        else
            Rsks(i,j)=(2/3)*Mys*(Bs-
2*(Ns*Kp+Ka)*(Los(i)))*sqrt(2*9.82)*((Vys(j)-(Vys(1)+Los(i))+Los(i))^1.5-
(Vys(j)-(Vys(1)+Los(i)))^1.5)
        end
    end
end
end
```



Figur 8-9 Avbördningskurva för utskov 1 vid Finsjö Nya

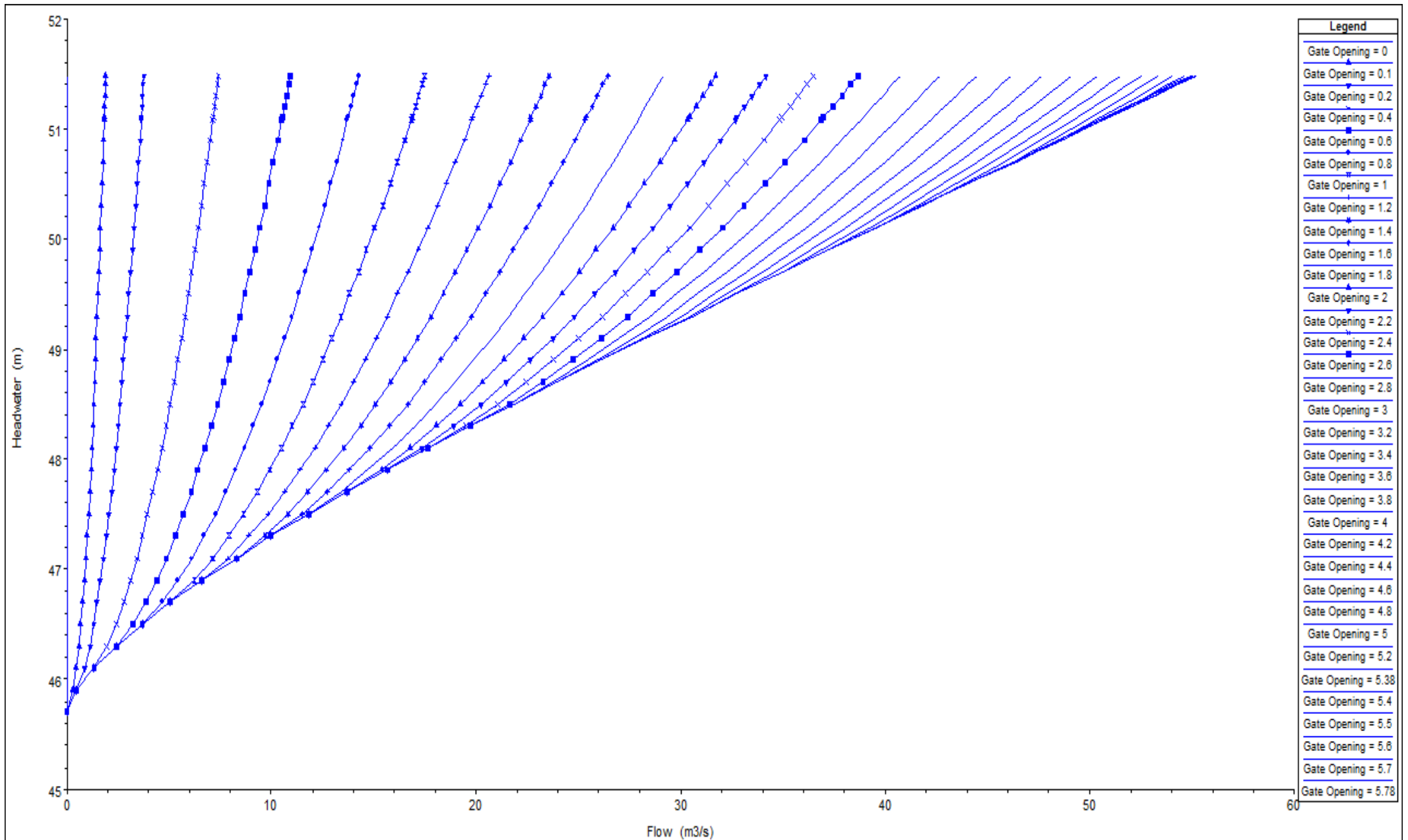
```

%Utskov 2-4

clc
T=45.7;
Dvy=51.08;
B=4.5;
My=0.4;
N=2;
Kp=0;
Ka=0.1;
Vy=[0 45.7:.2:51 51.08 51.1 51.2 51.3 51.4 51.48];
Lo=[0 0:.1:5.3 5.38 5.4 5.5 5.6 5.7 5.78];
Rl=zeros(length(Lo),length(Vy));
Rl(:,1)=Lo';
Rl(1,:)=Vy;

for k=1:length(Lo)-1
    for l=1:length(Vy)-1
        if (Vy(l+1)-Vy(2))<=Lo(k+1)
            Rl(k+1,l+1)=(2/3)*My*(B-2*(N*Kp+Ka)*(Vy(l+1)-
Vy(2)))*sqrt(2*9.82)*(Vy(l+1)-Vy(2))^1.5;
        else
            Rl(k+1,l+1)=(2/3)*My*(B-
2*(N*Kp+Ka)*(Lo(k+1)))*sqrt(2*9.82)*((Vy(l+1)-(Vy(2)+Lo(k+1))+Lo(k+1))^1.5-
(Vy(l+1)-(Vy(2)+Lo(k+1)))^1.5);
        end
    end
end
end

```



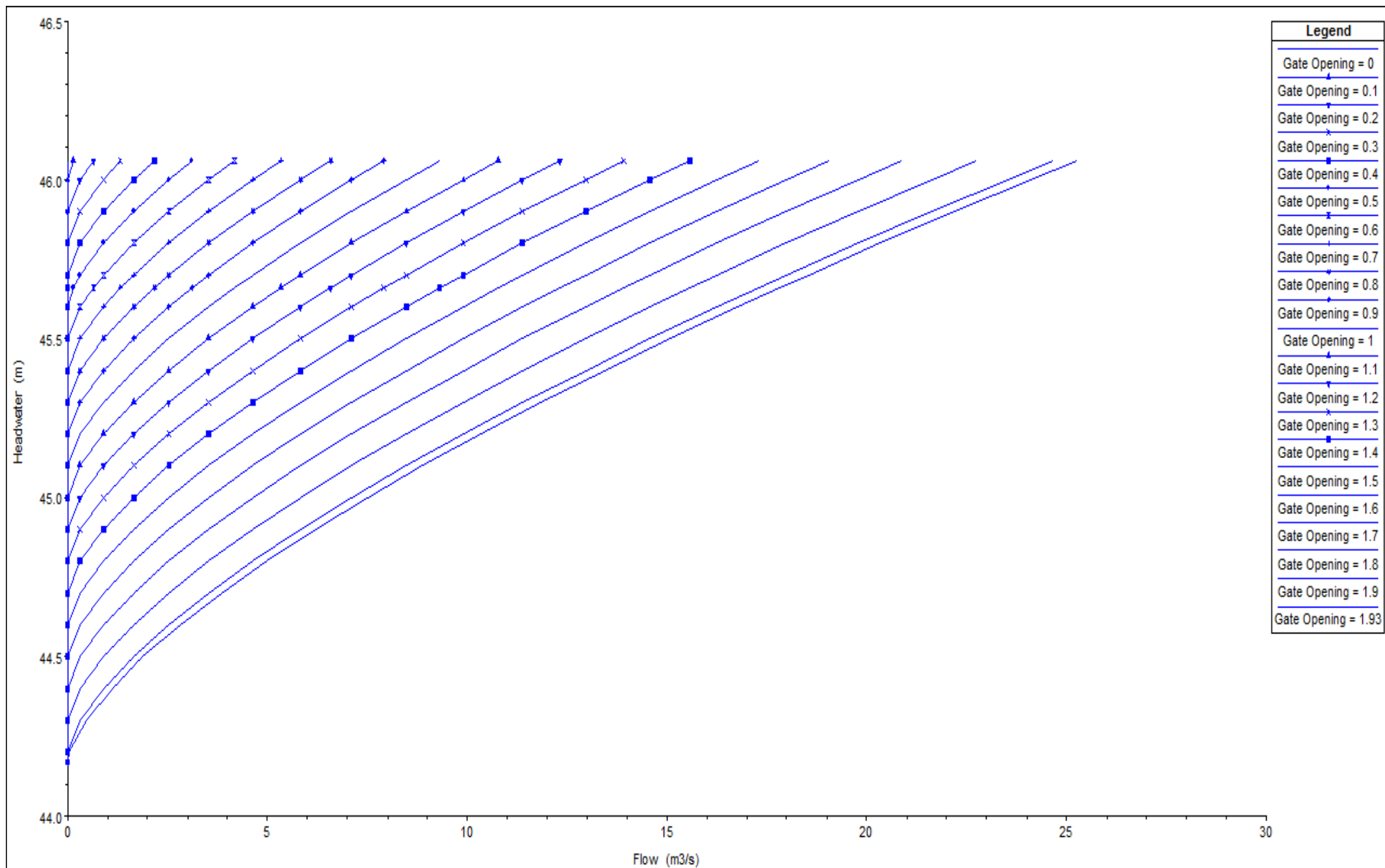
Figur 8-10 Avbördningskurva för utskov 2-4 vid Finsjö Nya

Avbördningskurvor för Finsjö Nedre

%Utskov 1 Sättar

```
clc
T=44.17;
Dvy=45.66;
Kg=46.1;
B=2;
My=0.57;
N=0;
Kp=0.02;
Ka=0.02;
Vy=[0 44.17 44.2:.1:45.6 45.66 45.7:.1:46 46.06];
Lo=[0 0:.1:1.9 1.93];
RU1=zeros(length(Lo),length(Vy));
RU1(:,1)=Lo';
RU1(1,:)=Vy;

for i=1:length(Lo)-1;
    for j=1:length(Vy)-1;
        if Lo(i+1)-(Kg-Vy(j+1))<=0.000001;
            RU1(i+1,j+1)=0;
        else
            RU1(i+1,j+1)=3*((2/3)*My*(B-2*(N*Kp+Ka))*(Lo(i+1)-(Kg-
Vy(j+1))))*sqrt(2*9.81)*(Lo(i+1)-(Kg-Vy(j+1)))^1.5);
        end
    end
end
```



Figur 8-11 Avbördningskurva för utskov 1 sättrar vid Finsjö Nedre

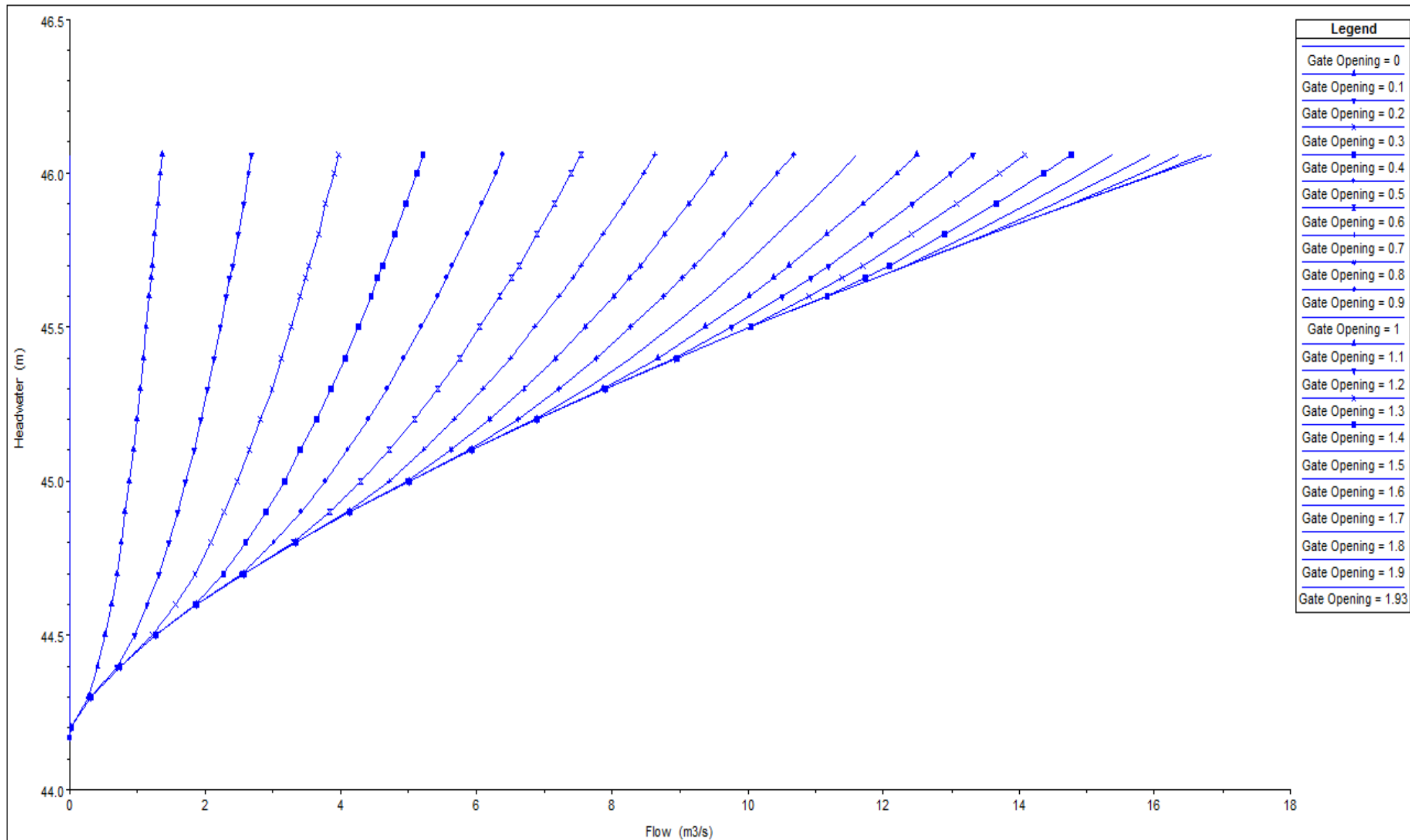
```

%Utskov 1 L:1 o L:2

clc
T=44.17;
Dvy=45.66;
B=2;
My=0.57;
N=0;
Kp=0.02;
Ka=0.02;
Vy=[0 44.17 44.2:.1:45.6 45.66 45.7:.1:46 46.06];
Lo=[0 0:.1:1.9 1.93];
RL4=zeros(length(Lo),length(Vy));
RL4(:,1)=Lo';
RL4(1,:)=Vy;

for i=1:length(Lo)-1;
    for j=1:length(Vy)-1;
        if (Vy(j+1)-Vy(2))<=Lo(i+1);
            RL4(i+1,j+1)=2*((2/3)*My*(B-2*(N*Kp+Ka)*(Vy(j+1)-
Vy(2)))*sqrt(2*9.82)*(Vy(j+1)-Vy(2))^1.5);
        else
            RL4(i+1,j+1)=2*((2/3)*My*(B-
2*(N*Kp+Ka)*(Lo(i+1)))*sqrt(2*9.82)*((Vy(j+1)-(Vy(2)+Lo(i+1))+Lo(i+1))^1.5-
(Vy(j+1)-(Vy(2)+Lo(i+1)))^1.5));
        end
    end
end
end

```

Figur 8-12 Avbördningskurva för utskov 1 luckor vid Finsjö Nedre

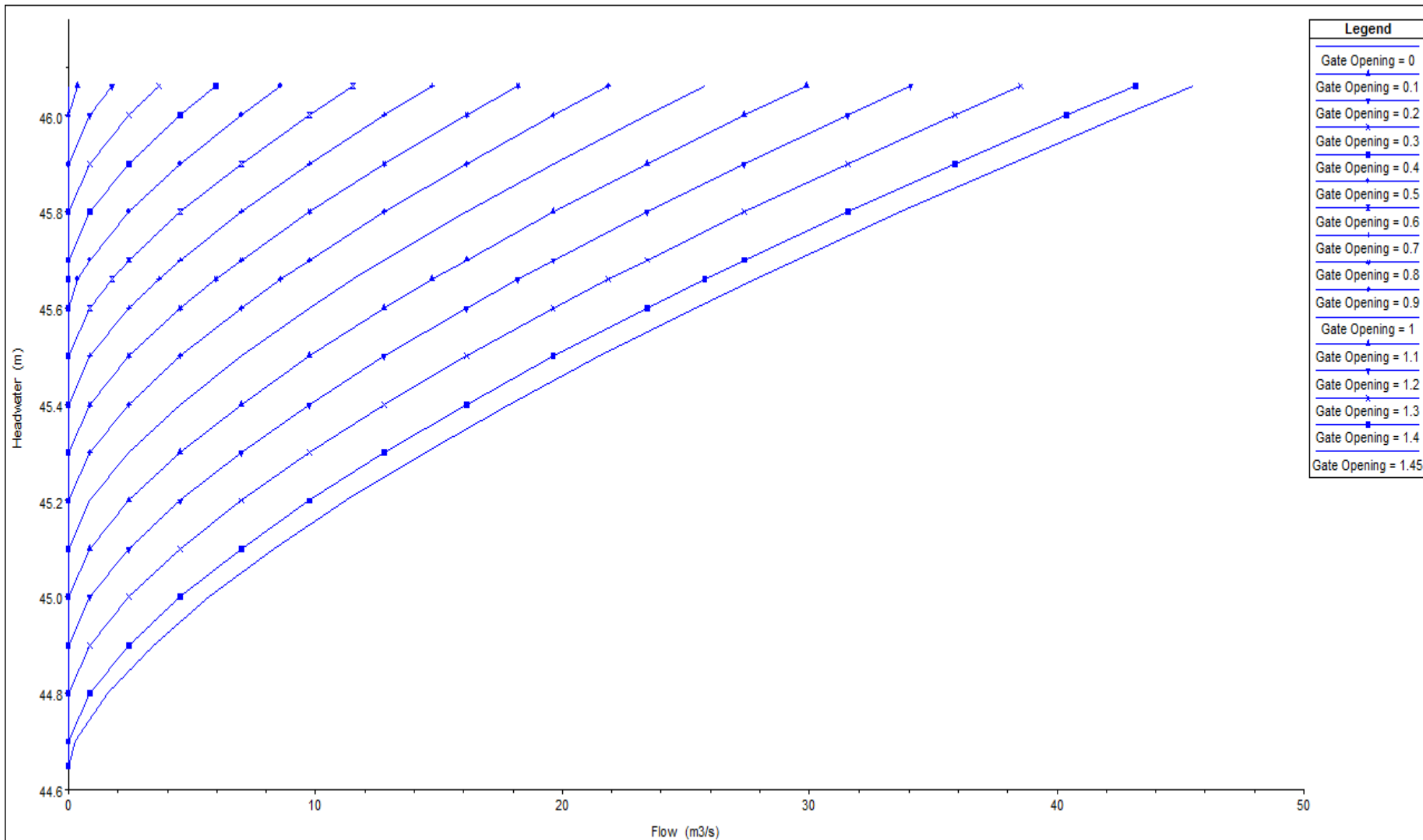
```

%Utskov 2 Sättar

clc
T=44.65;
Dvy=45.66;
Kg=46.1
B=2.75;
My=0.57;
N=0;
Kp=0.02;
Ka=0.02;
Vy=[0 44.65 [44.7:.1:45.6] 45.66 [45.7:.1:46] 46.06];
Lo=[0 [0:.1:1.4] 1.45]
RU2=zeros(length(Lo),length(Vy));
RU2(:,1)=Lo'
RU2(1,:)=Vy

for i=1:length(Lo)-1;
    for j=1:length(Vy)-1;
        if Lo(i+1)-(Kg-Vy(j+1))<=0.000001;
            RU2(i+1,j+1)=0;
        else
            RU2(i+1,j+1)=6*((2/3)*My*(B-2*(N*Kp+Ka)*(Lo(i+1)-(Kg-
Vy(j+1))))*sqrt(2*9.81)*(Lo(i+1)-(Kg-Vy(j+1)))^1.5);
        end
    end
end
end

```



Figur 8-13 Avbördningskurva för utskov 2 sättrar vid Finsjö Nedre

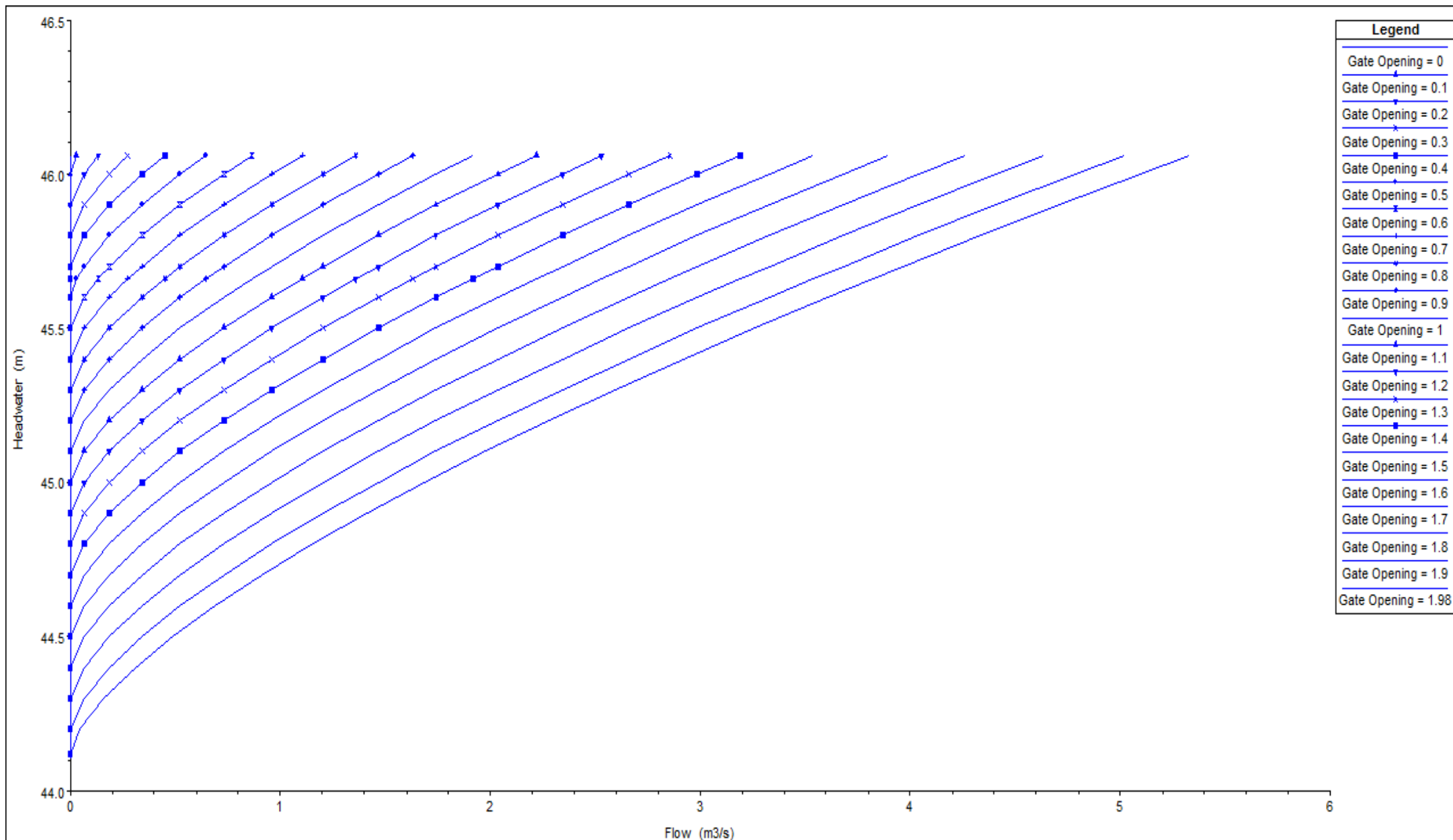
```

%Utskov 3 Sättar

clc
T=44.12;
Dvy=45.66;
Kg=46.1
B=1.25;
My=0.57;
N=0;
Kp=0.02;
Ka=0.02;
Vy=[0 44.12 [44.2:.1:45.6] 45.66 [45.7:.1:46] 46.06];
Lo=[0 [0:.1:1.9] 1.98]
RU3=zeros(length(Lo),length(Vy));
RU3(:,1)=Lo'
RU3(1,:)=Vy

for i=1:length(Lo)-1;
    for j=1:length(Vy)-1;
        if Lo(i+1)-(Kg-Vy(j+1))<=0.000001;
            RU3(i+1,j+1)=0;
        else
            RU3(i+1,j+1)=(2/3)*My*(B-2*(N*Kp+Ka)*(Lo(i+1)-(Kg-
Vy(j+1))))*sqrt(2*9.81)*(Lo(i+1)-(Kg-Vy(j+1)))^1.5;
        end
    end
end
end

```

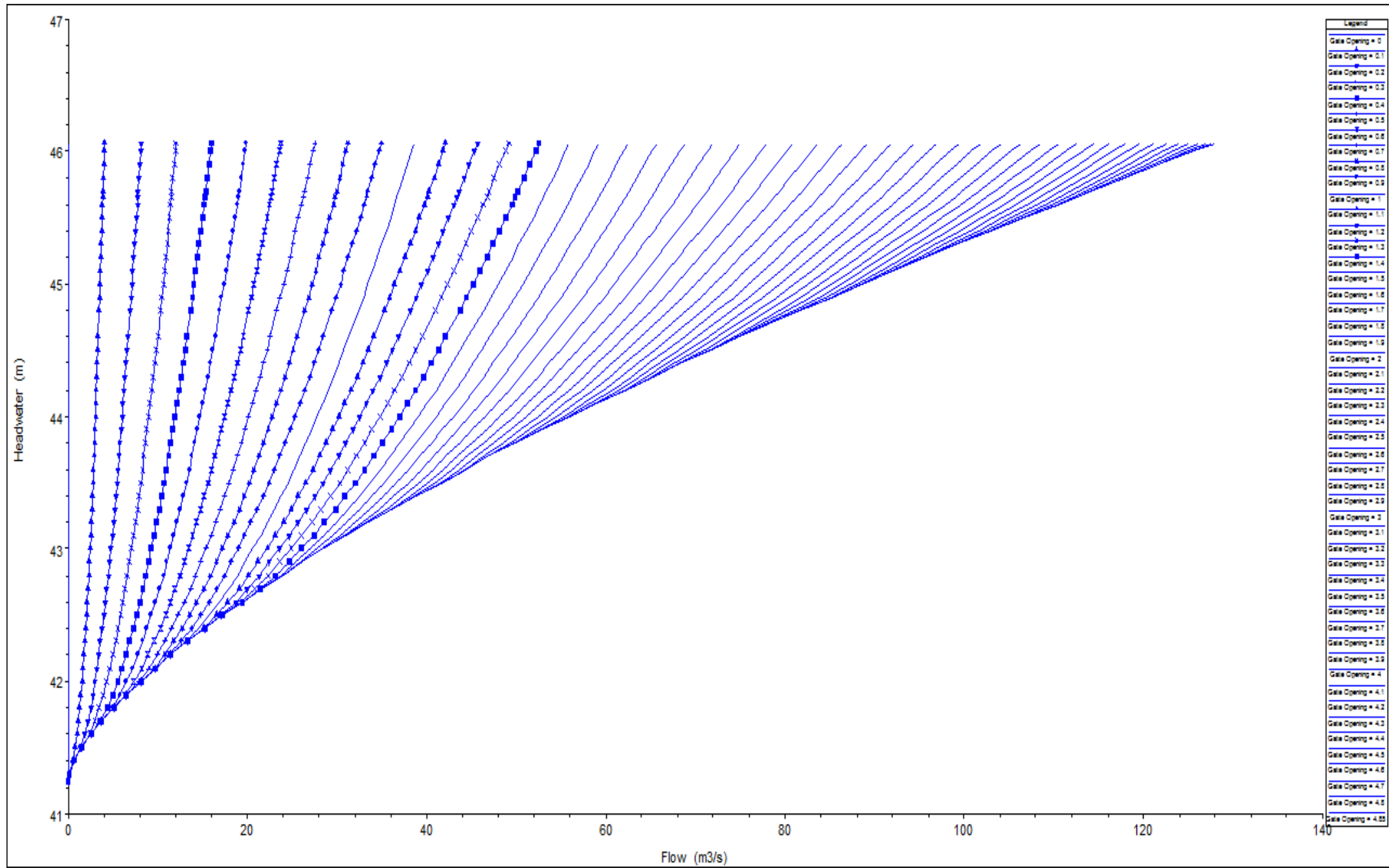


Figur 8-14 Avbördningskurva för utskov 3 sättar vid Finsjö Nedre

```
%Utskov 4 Lucka
```

```
clc
T=41.25;
Dvy=45.66;
B=7.4;
My=0.57;
N=0;
Kp=0.02;
Ka=0.02;
Vy=[0 [41.25 [41.3:.1:45.6] 45.66 [45.7:.1:46] 46.06]];
Lo=[0 [0:.1:4.8] 4.85]
RU4=zeros(length(Lo),length(Vy));
RU4(:,1)=Lo'
RU4(1,:)=Vy

for i=1:length(Lo)-1;
    for j=1:length(Vy)-1;
        if (Vy(j+1)-Vy(2))<=Lo(i+1);
            RU4(i+1,j+1)=(2/3)*My*(B-2*(N*Kp+Ka)*(Vy(j+1)-
Vy(2)))*sqrt(2*9.81)*(Vy(j+1)-Vy(2))^1.5;
        else
            RU4(i+1,j+1)=(2/3)*My*(B-
2*(N*Kp+Ka)*(Lo(i+1)))*sqrt(2*9.81)*((Vy(j+1)-(Vy(2)+Lo(i+1))+Lo(i+1))^1.5-
(Vy(j+1)-(Vy(2)+Lo(i+1)))^1.5));
        end
    end
end
```

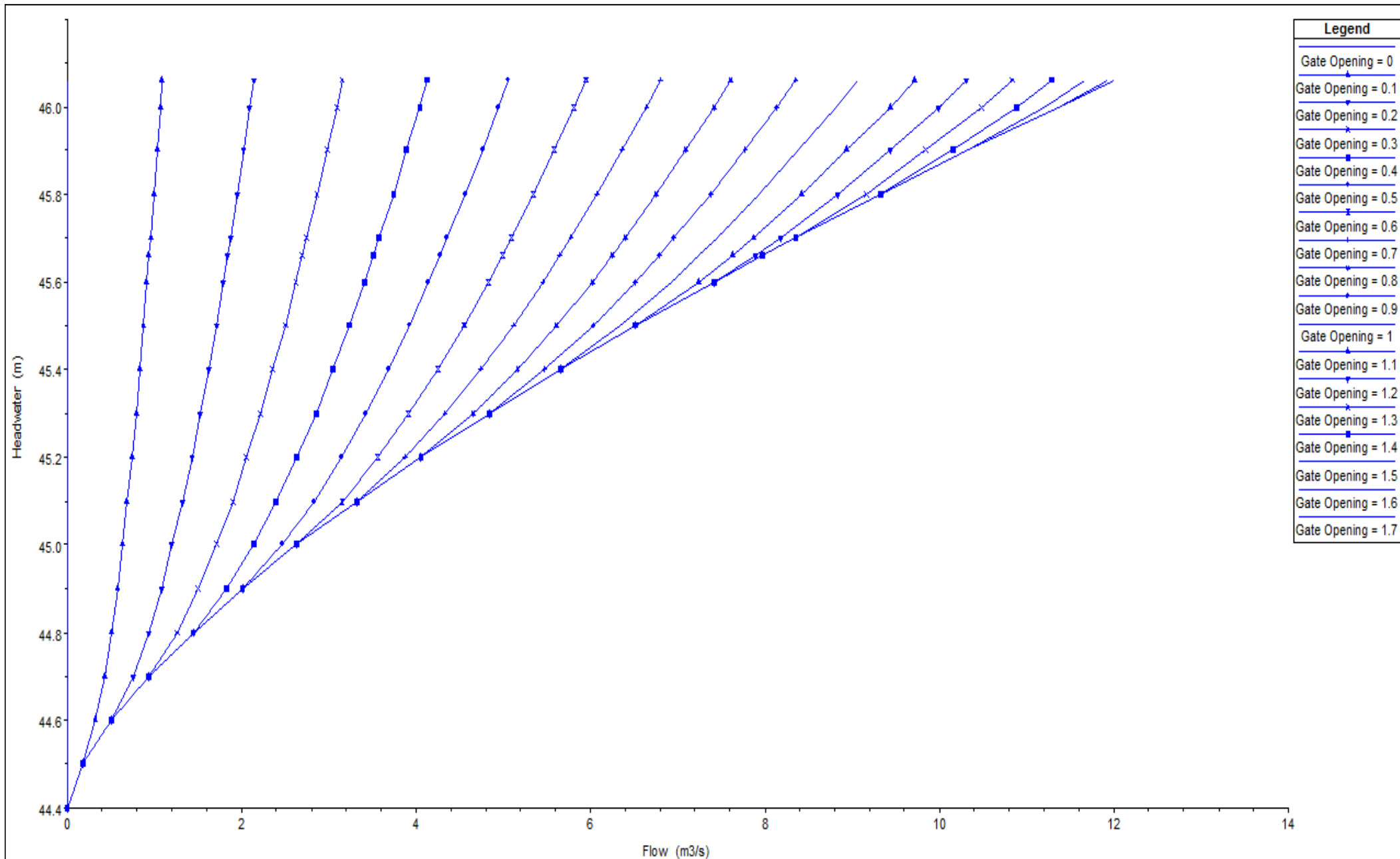


Figur 8-15 Avbördningskurva för utskov 4 lucka vid Finsjö Nedre

```
%Utskov 5 Lucka
```

```
clc
T=44.4;
Dvy=45.66;
B=3.4;
My=0.57;
N=0;
Kp=0.02;
Ka=0.02;
Vy=[0 [44.4 [44.5:.1:45.6] 45.66 [45.7:.1:46] 46.06]];
Lo=[0 [0:.1:1.7]]
RU5=zeros(length(Lo),length(Vy));
RU5(:,1)=Lo'
RU5(1,:)=Vy

for i=1:length(Lo)-1;
    for j=1:length(Vy)-1;
        if (Vy(j+1)-Vy(2))<=Lo(i+1);
            RU5(i+1,j+1)=(2/3)*My*(B-2*(N*Kp+Ka)*(Vy(j+1)-
Vy(2)))*sqrt(2*9.81)*(Vy(j+1)-Vy(2))^1.5;
        else
            RU5(i+1,j+1)=((2/3)*My*(B-
2*(N*Kp+Ka)*(Lo(i+1)))*sqrt(2*9.81)*((Vy(j+1)-(Vy(2)+Lo(i+1))+Lo(i+1))^1.5-
(Vy(j+1)-(Vy(2)+Lo(i+1)))^1.5));
        end
    end
end
e
```

Figur 8-16 Utskov 5 lucka vid Finsjö Nedre