

Vattenhållande åtgärder vid Nömmens utlopp

Analys av flödesutjämnande utskov och dess effekter på flöden och nivåer



Emåförbundet

Rapport

September 2024

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningssystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification

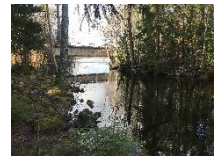
BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Vattenhållande åtgärder vid Nömmens utlopp

Hydraulisk analys av påverkan på flöden och vattennivåer

Framtagen för Emåförbundet
Kontaktperson Jens Nilsson



*Nömmens utlopp vid järnvägsbron.
Foto: Ola Nordblom 2023-03-21.*

Projektledare	Ola Nordblom
Kvalitetsansvarig	Markus Petzén
Handläggare	Ola Nordblom
Uppdragsnummer	12805511
Godkänd datum	KONCEPT 2024-09-06
Version	1.0



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Syfte	3
1.3	Användning av resultaten	3
1.4	Underlag till utredningen	4
2	Hydrologiska och hydrauliska förhållanden	5
2.1	Nömmens avrinningsområde	5
2.2	Nömmens utlopp och Fuseån	6
2.3	Karakteristiska flöden vid Skärsboda	10
2.4	Karakteristiska nivåer i Nömmen	11
2.5	Magasinskapacitet	12
3	Hydraulisk modell av Nömmens utlopp.....	14
3.1	Modellområde	14
3.2	Kalibrering	14
3.3	Q-H-samband för Nömmens utlopp	16
4	Beräkning av tillrinningen till Nömmen	17
5	Modellering av flödesutjämnande utskov.....	19
5.1	Flödesutjämnande utskov	19
5.2	Beskrivning av flödesutjämnande utskov i modellen	20
6	Modellering av vattenhållande åtgärder	22
6.1	Scenarier	22
6.2	Åtgärdseffekter med fokus på lågflöden	22
6.3	Känslighetsanalys med avseende på motståndet i lågflödesvägen	29
6.4	Åtgärdseffekter med fokus på högflöden	30
7	Modellering av åtgärder för ökad avbördningskapacitet.....	31
7.1	Åtgärdsscenarier för ökad avbördningskapacitet.....	31
7.2	Åtgärd A. Skibordet i högflödesvägen förlängs med 1.5 m	32
7.3	Åtgärd B. Marknivån vid sidan av åfåran sänks till +220.5 m	32
7.4	Åtgärd B2. Marknivån vid sidan av åfåran sänks till +220.1 m	33
7.5	Åtgärd C. Båda åtgärderna A + B	33
7.6	Åtgärd C2. Båda åtgärderna A + B2	34
7.7	Åtgärd D. Strömningsmotståndet minskas på en sträcka av 150 m nedströms betongbron.....	34
7.8	Åtgärd E. Extra öppning i stenvälsbron	35
7.9	Åtgärd F. Åtgärderna A+B+D.....	36
7.10	Åtgärd G. Åtgärderna B2+D.....	36
7.11	Modellering av kompensationsåtgärd B2 och G för vårfloden 1966.....	37
7.12	Kontroll av påverkan på lågflöden med kompensationsåtgärder.....	38

8	Sammanfattning och slutsatser.....	39
9	Referenser.....	40

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sjön Nömmen är den näst största sjön i Emåns avrinningsområde med en sjöyta på drygt 15 km². Nömmen ligger högt upp i Solgenåns avrinningsområde, men är till skillnad från Solgen oreglerad. Sjöns utlopp är dock sänkt och breddat, vilket ska ha skett redan i mitten av 1800-talet. Detta har sänkt sjön med omkring 1.5 m och förändrat de hydrologiska förhållandena i Fuseån nedströms Nömmen (Emåförbundet, 2022). Genom åren har det också skett stora förändringar i tillrinningsområdet till Nömmen genom utdikningar, vilket har bidragit till en snabbare avrinning till sjön från omgivande marker.

Efter den, normalt sett, höga tillrinningen till Nömmen under vinter och vår sjunker vattennivån relativt snabbt till låga nivåer redan under senvåren och försommaren. Under sommaren och en bit in på hösten då tillrinningen är låg och avdunstningen hög blir sjöns bidrag till flödet i Fuseån litet. Extremt låga sjönnivåer och låga flöden i Fuseån noterades både under torrsommaren 2016 och 2018. I ett framtida klimat förväntas sådana torrperioder bli vanligare. Fuseån är utpekad Natura 2000-område med höga limniska värden där det riskerar att bli stora skador under långa perioder med låga flöden (Emåförbundet, 2022).

Inom ramen för ett LOVA-projekt har Emåförbundet gjort inledande utredningar om förutsättningarna för att höja vattennivån i Nömmen under vegetationsperioden och samtidigt öka avrinningen till Fuseån (Emåförbundet, 2022). En höjning av Nömmen får dock inte leda till ökad översvämningsrisk för de strandnära fastigheterna runt sjön. Eventuella åtgärder får inte heller utgöra vandringshinder.

Som fortsättning på LOVA-projektet har Emåförbundet gett DHI i uppdrag att närmare utreda förutsättningarna för att anlägga ett så kallat flödesutjämnande utskov vid Nömmens utlopp. Utredningen ska primärt visa om det är möjligt att bättre nyttja sjöns utjämnande förmåga utan att risken för höga vattennivåer ökar i samband med högflöden. Därutöver ska utredningen undersöka om det även går att minska översvämningsrisken.

1.2 Syfte

Syftet med föreliggande utredning är att beräkna hur vattennivåerna i Nömmen och flödena i Fuseån förändras vid anläggning av ett flödesutjämnande utskov som fördröjer utflödet från sjön under senvåren och försommaren. Därutöver ska möjligheterna att minska risken för extrema högvattennivåer i Nömmen undersökas.

1.3 Användning av resultaten

Resultaten ska utgöra ett underlag i en eventuell kommande ansökan om tillstånd för att anlägga ett flödesutjämnande utskov, samt ligga till grund för detaljprojektering av åtgärder om detta blir aktuellt. Rapporten ska också kunna användas som ett kunskapsunderlag för det fortsatta arbetet gällande områdets hydrologiska förhållanden, samt en referens när det gäller liknande åtgärder i andra delar av Emåns avrinningsområde.

1.4 Underlag till utredningen

Tillgången till flödesdata i området är väl tillgodosedd genom den närliggande mätstationen Skärsboda som ligger i Fuseån ca 2.5 km nedströms Nömmens utlopp (SMHI nr. 1809 Skärsboda). Stationen har varit i drift sedan början av 1900-talet. I detta uppdrag har DHI använt flödesdata från 1961 och framåt som kan laddas ner via SMHI:s Vattenwebb. Efter kontakter med SMHI har DHI även fått tillgång till framtagna avbördningskurvor för Skärsboda som underlag till formulering av ett nedströms randvillkor i modellen.

Emåförbundet har låtit mäta in tvärsektioner vid Nömmens utlopp och på viktiga delsträckor av Fuseån mellan utloppet och Skärsboda, samt tillhandahållit nivådata för Nömmen och Fuseån för kalibrering av modellen. Förslaget till inmätning av tvärsektioner mm. togs fram av DHI efter platsbesök i mars 2023. Tabell 1 visar en sammanställning över all indata till utredningen.

Alla nivådata i underlaget och alla beräknade nivåer som redovisas i rapporten är i höjdsystemet RH 2000.

Tabell 1. Sammanställning över indata till utredningen.

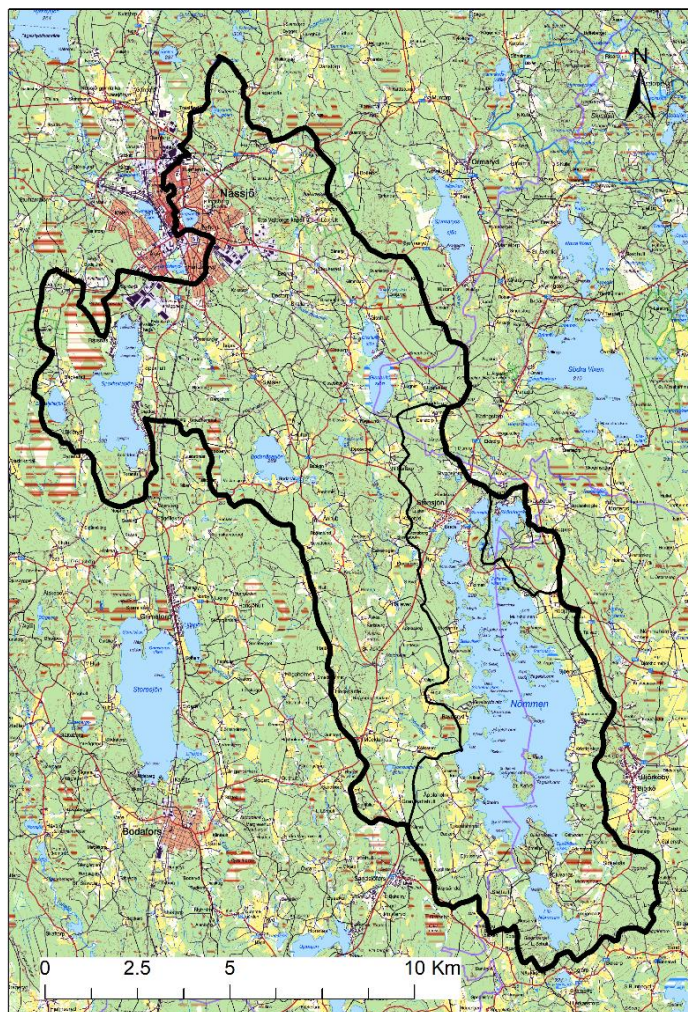
Typ av data	Källa
Flödesdata Skärsboda	SMHI
Avbördningskurvor Skärsboda	SMHI
Tvärsektioner i Fuseån	Emåförbundet
Inmätta vattennivåer i Fuseån vid högflöde	Emåförbundet
Data från kontinuerliga nivåmätningar i Nömmen	Emåförbundet
Höjddata (Laserdata Skog)	Lantmäteriet
Bakgrundskartor	Lantmäteriet

2 Hydrologiska och hydrauliska förhållanden

2.1 Nömmens avrinningsområde

Tillrinningen till Nömmen sker huvudsakligen via Nömmenån som mynnar i den sydvästra delen av sjön. Nömmenån står i förbindelse med Bodanäsån, Kvarntorpsån och Gisshultån med ett sammanlagt avrinningsområde på 101 km². En del av tillrinningen till Nömmen sker också från närområdet runt sjön med en area på ca 55 km², inklusive sjöns area. Det ger ett totalt avrinningsområde på ca 156 km² uppströms Nömmens utlopp. Därefter tillkommer 3–4 km² ner till SMHI:s mätstation Skärsboda. Det totala avrinningsområdet uppströms Skärsboda blir därmed ca 159 km², varav 156 km² (97.5 %) ligger uppströms Nömmens utlopp och 101 km² (63.5 %) ligger uppströms Nömmenåns mynning i Nömmen.

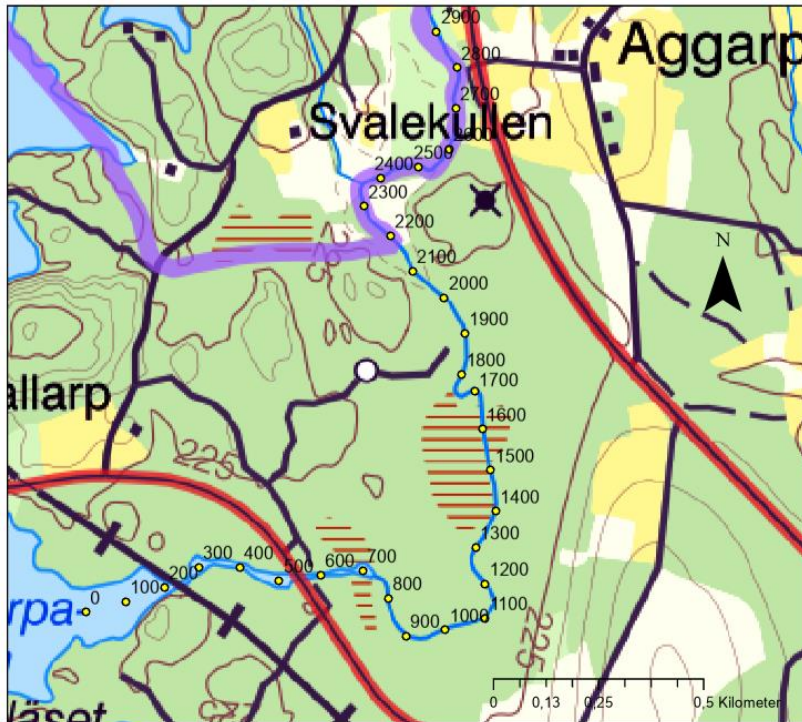
Enligt uppgifter från Vattenwebben domineras Nömmens avrinningsområde av skog (53 %), jordbruksmark (13 %), myrmark (10%), samt övrig öppen mark (9%). Sjöprocenten uppströms Nömmen är drygt 5 % och nedströms Nömmen ca 14%. Jordarterna domineras av morän (55%), torv (14%) och isälvsmaterial (5 %).



Figur 1. Avrinningsområdet uppströms Nömmenåns mynning i Nömmen (101 km²), uppströms Nömmens utlopp (156 km²), samt uppströms mätstationen Skärsboda (159 km² = stora polygonen). Bakgrundskarta från Lantmäteriet.

2.2 Nömmens utlopp och Fuseån

Figur 2 visar Nömmens utlopp och Fuseån med markerade längdkoordinater var 100:e meter ner till SMHI:s mätstation Skärsboda (längdkoordinat ca 2800 m). På grund av att området är flackt påverkas avbördningen från Nömmen av förhållandena i Fuseån ungefär ner till längdkoordinat 1800 m som är början på en sträcka med något större lutning.



Figur 2. Nömmens utlopp och del av Fuseån med markerade avstånd ner till Skärsboda. Bakgrundskarta från Lantmäteriet.

Följande bilder är tagna i samband med platsbesök 2023-03-21. Flödet i Fuseån var då 2.5 m³/s, vilket motsvarar ungefär dubbla medelvattenföringen.

Efter järnvägsbron precis vid sjöutloppet följer en ca 50 m lång grund sträcka (Figur 3). Bottennivån är omkring +219.4 m, vilket ger ca 0.5 m vattendjup vid medelvattenföring. Därefter följer en bredare och djupare sträcka på 250 m fram till betongbron där det åter grundar upp (Figur 4).



Figur 3. Smal och grund sträcka nedströms järnvägsbron. Bilden är tagen i riktning mot strömmen.



Figur 4. Betongbron (väg 860). Bilden är tagen i riktning mot strömmen.

Mellan betongbron och stenvalsbron ca 30 m nedströms ligger bottenivån på ca +219.5 m. Vid låga flöden får man här en så kallad bestämmande sektion¹ som styr vattennivåerna uppströms. Vid ungefär medelflöde och däröver blir dock sektionen dämnd nerifrån och upphör att fungera som bestämmande sektion. En ny bestämmande sektion längre ner i Fuseån tar då över kontrollen (se nedan).

¹ Med bestämmande sektion avses en naturlig eller anlagd tröskel där vattennivån uppströms tröskeln styrs av tröskelns geometri, friktionsmotståndet över tröskeln, samt flödet. Förhållandena nedströms den bestämmande sektionen påverkar inte nivåerna uppströms.

Stenvalvsbron med sina 4 valvbågar (Figur 5) utgör en förträngning i vattendraget, vilket skapar en lokal höjning av vattennivån. Öppningarnas sammanlagda area är dock relativt stor (ca 17 m² vid helt fyllda öppningar) och valvbågarnas hjässa ligger förhållandevis högt (+221.12 m), vilket gör att dämningseffekten från bron blir liten i normala fall. Vid höga flöden är det snarare förhållandena i Fuseån nedströms stenvalvsbron som orsakar höga vattennivåer vid och uppströms bron, inte själva bron. Det är först när vattennivån närmar sig valvbågarnas hjässa som man kan förvänta sig en större nivåhöjning över bron. Beräkningar visar dock att detta inträffar först vid flöden över ca 10 m³/s, vilket kan jämföras med det högsta flödet i mätserien på 8.7 m³/s från våren 1966.



Figur 5. Stenvalvsbron (Gäddeforsabron) med 4 valvbågar. Bilden är tagen i strömriktningen.

Nedströms stenvalvsbron följer en ca 100 m lång sträcka med stenar och block (Figur 6). Sedan rinner ån ca 1100 m med obetydligt fall genom en torvmosse. Därefter följer en ca 200 m lång och grund sträcka med stenar och block. Här har det tidigare legat en bro (Husarbron), se Figur 7. Vid flöden omkring medelflöde och däröver utgör den övre delen av denna sträckan en bestämmande sektion som påverkar nivåerna hela vägen upp till Nömmen.

Sista delen fram till SMHI:s mätstation Skärsboda är en ca 750 m lång flack sträcka. Vid mätstationen har man en bestämmande sektion. Så långt ner i Fuseån påverkar dock inte förhållandena i Fuseån vattennivån i Nömmen.



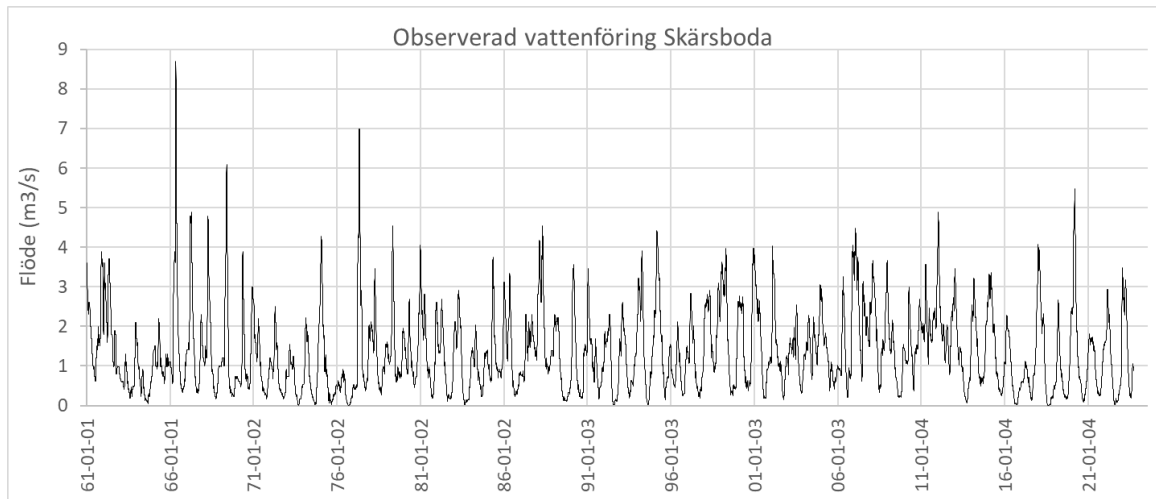
Figur 6. Sträckan närmast nedströms stenvalsbron. Bilden är tagen i strömriktningen.



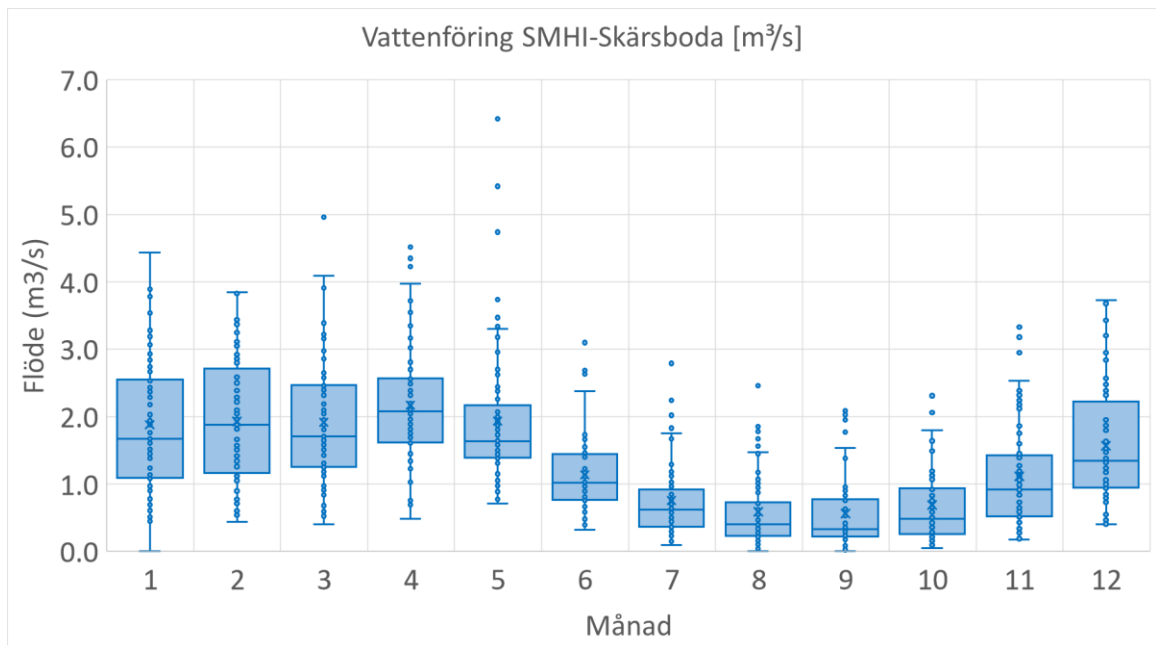
Figur 7. Snabbflytande grund sträcka med stenar och block vid plats för tidigare bro (Husarbron). Bilden är tagen i riktning mot strömmen.

2.3 Karakteristiska flöden vid Skärsboda

SMHI:s mätstation Skärsboda har en lång obruten mätserie från 1961 med dygnsvärden på vattenföringen i Fuseån, se Figur 8. Det största flöden i mätserien är 8.7 m³/s och inträffade i mars 1966. På senare år har det observerats flera längre torrperioder med flöden nära noll. I Figur 9 visas flödets årsvariation månad för månad. Notera speciellt den kraftiga nedgången i flödet mellan maj och juli.



Figur 8. Observerad vattenföring i Skärsboda 1961–2023. Data från SMHI:s mätstation Skärsboda.



Figur 9. Vattenföringens årsvariation i Skärsboda 1961–2023. Boxarna visar undre och övre kvartilen i fördelningen för varje månad. Strecket i mitten av boxarna är medianvärdet.

Tabell 2 visar karakteristiska flöden beräknade från flödesserien. Speciellt kan noteras att det hittills högsta flödet i mätserien från våren 1966 (8.7 m³/s) motsvarar ett flöde med 200 års återkomsttid.

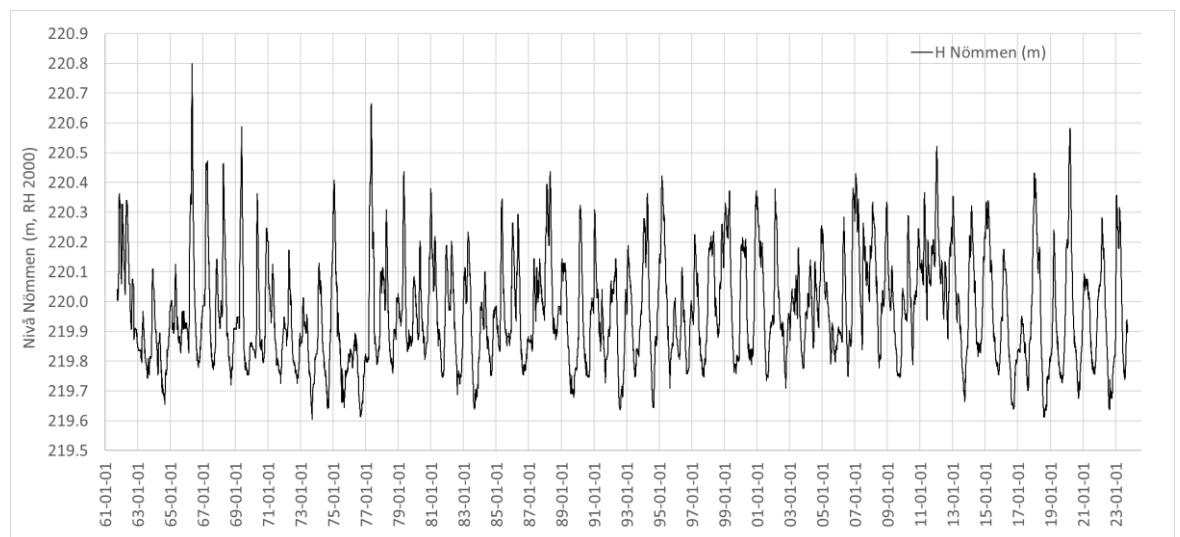
Tabell 2. Karakteristiska flöden baserat på SMHI:s data från Skärsboda 1961–2023.

	Beteckning	Flöde (m ³ /s)
Flöde med 200 års återkomsttid	HQ200	8.6
Flöde med 100 års återkomsttid	HQ100	7.8
Flöde med 50 års återkomsttid	HQ50	7.1
Flöde med 10 års återkomsttid	HQ10	5.3
Flöde med 5 års återkomsttid	HQ5	4.5
Medel högflöde	MHQ	3.5
Medelflöde	MQ	1.3
Medel lågflöde	MLQ	0.3

2.4 Karakteristiska nivåer i Nömmen

Observerade vattennivåer i Nömmen finns endast för en kortare period, från juni 2020 och framåt. Som ett delresultat från utredningen har dock vattennivån i Nömmen beräknats med det framtagna Q-H-sambandet för Nömmens utlopp, samt den uppmätta flödesserien vid Skärsboda för perioden 1961-2023, se Figur 10. Härvid antas att flödet i Fuseån vid Nömmens utlopp är lika stort som vid Skärsboda. Den högsta vattennivån under perioden har beräknats till ca +220.8 m (vårfloden 1966) och den lägsta vattennivån till ca +219.6 m.

Försök har gjorts av Emåförbundet att i dialog med markägare vid Donnemilen på sjöns östra sida mäta in referenspunkter för högsta vattenytan under översvämningen 1966. Detta har resulterat i ganska stor spridning i maxnivån, från +220.65 m till +220.9 m. Den beräknade maxnivån ligger ungefär i mitten av detta intervall.



Figur 10. Beräknad vattennivåserie i Nömmen för perioden 1961–2023.

Från den beräknade nivåserien har karakteristiska nivåer i Nömmen beräknats enligt Tabell 3. Det kan noteras att sjönivån normalt sett ligger i intervallet 219.8–220.3 m.

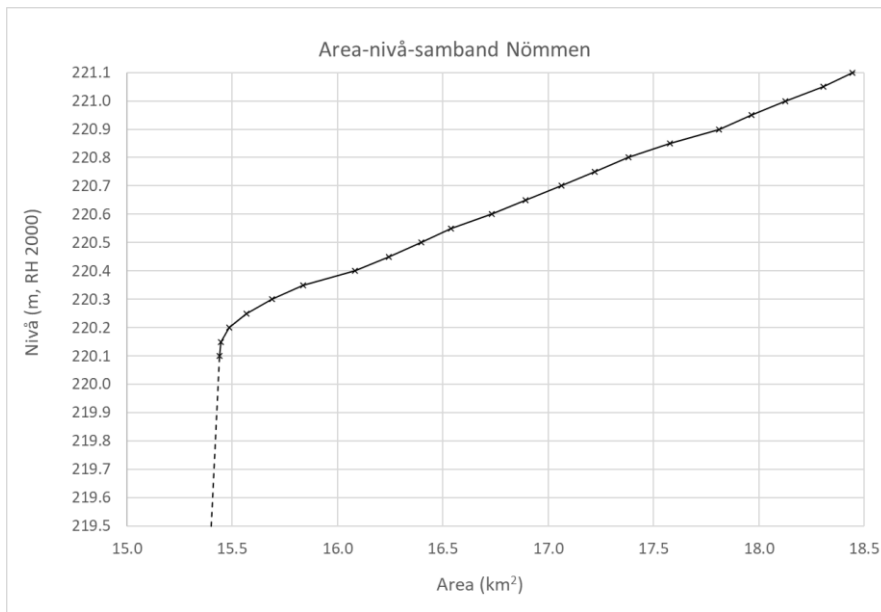
Tabell 3. Karakteristiska vattennivåer i Nömmen baserat på den beräknade historiska vattennivåserien 1961–2023.

	Beteckning	Nivå (m, RH 2000)
Vattennivå med 200 års återkomsttid	HHW-200	220.9
Vattennivå med 100 års återkomsttid	HHW-100	220.8
Vattennivå med 50 års återkomsttid	HHW-50	220.7
Vattennivå med 10 års återkomsttid	HHW-10	220.5
Vattennivå med 5 års återkomsttid	HHW-5	220.4
Medel högvattennivå	MHW	220.3
Medelvattennivå	MW	220.0
Medel lågvattennivå	MLW	219.8

2.5 Magasinskapacitet

Nömmens magasinsarea vid olika nivåer visas med en area-nivå-kurva i Figur 11. Kurvan har beräknats med Lantmäteriets höjddata för nivåer över +220.1 m. Vid lägre nivåer ger höjddata ingen information. Från sjökortet bedöms det vara rimligt att anta en konstant area ner till +219.5 m, vilket täcker in hela det intressanta nivåintervallet.

Det kan noteras att vid nivåer omkring +220 m (medelvattennivån) håller sjön för varje decimeter en vattenvolym på 1 550 000 m³, vilket motsvarar medelvattenföringen i Fuseån under 2 veckor, respektive medellågvattenföringen under 2 månader. Sjön håller således betydande volymer vatten i relation till lågvattenföringen i Fuseån. Det betyder att om man kan fördröja utflödet på våren så att sjön ligger en decimeter högre i början av sommaren så skulle det kunna ge ett betydande tillskott till lågvattenföringen.



Figur 11. Nivå-Area-kurva för Nömmen beräknad med Lantmäteriets höjdmodell för nivåer över +220.1 m.

3 Hydraulisk modell av Nömmens utlopp

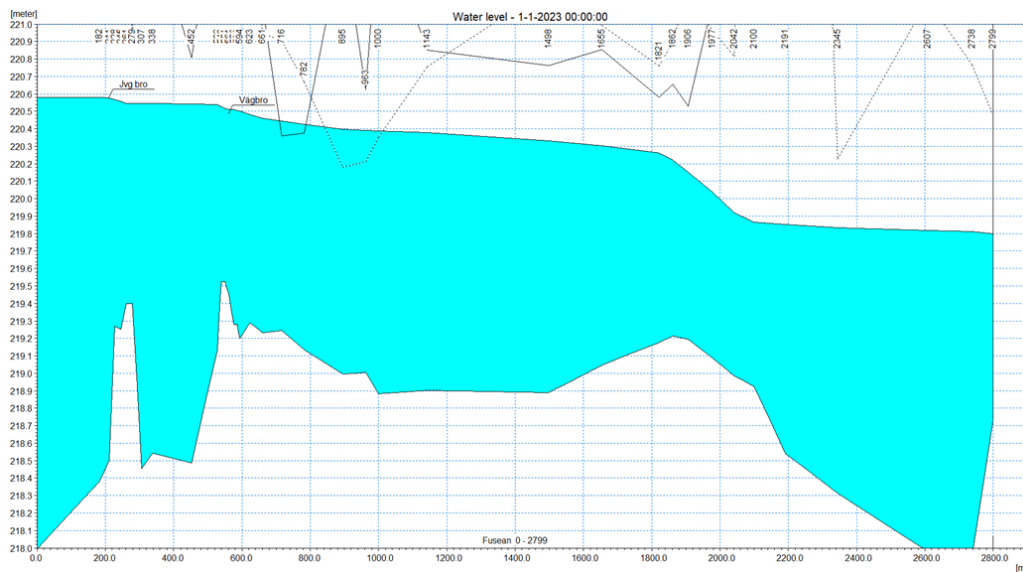
3.1 Modellområde

En hydraulisk modell av Nömmens utlopp och Fuseån har byggts upp i DHI:s modellverktyg MIKE Hydro River. Modellen beskriver sjöns magasinskapacitet, samt Fuseån från sjöutloppet till Skärsboda. Vid Skärsboda har man en bestämmande sektion och ett väldefinierat nedre randvillkor (känd avbördningskurva från SMHI). Under utredningen visade det sig att den bestämmande sektionen i praktiken ligger längre uppströms i Fuseån, ungefär vid Husarbron vid medelflöde och däröver, respektive mellan betongbron och stenalvsbron vid lågflöde.

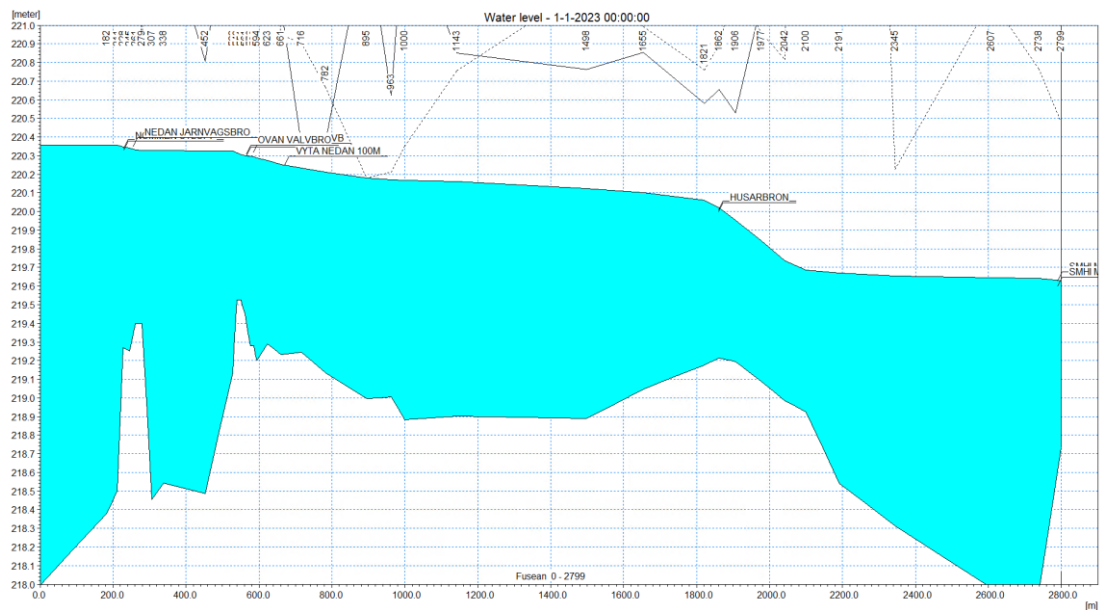
Modellen är uppbyggd från inmätta tvärsektioner med fokus på de grunda delsträckorna, vilket inkluderar sträckan närmast nedströms järnvägsbron, sträckan mellan betongbron och ca 100 m nedströms stenalvsbron, samt den grunda sträckan vid Husarbron.

3.2 Kalibrering

Modellen har kalibrerats mot inmätta vattennivåer i Fuseån vid flödet 3.5 m³/s (medelhögflöde), respektive 5.5 m³/s (flöde med 10 års återkomsttid). Kalibreringen har gjorts genom att justera in friktionsmotståndet i modellen. Efter kalibrering skiljer det mindre än 5 cm mellan beräknade och observerade nivåer i samtliga mätpunkter, se Figur 12 och Figur 13

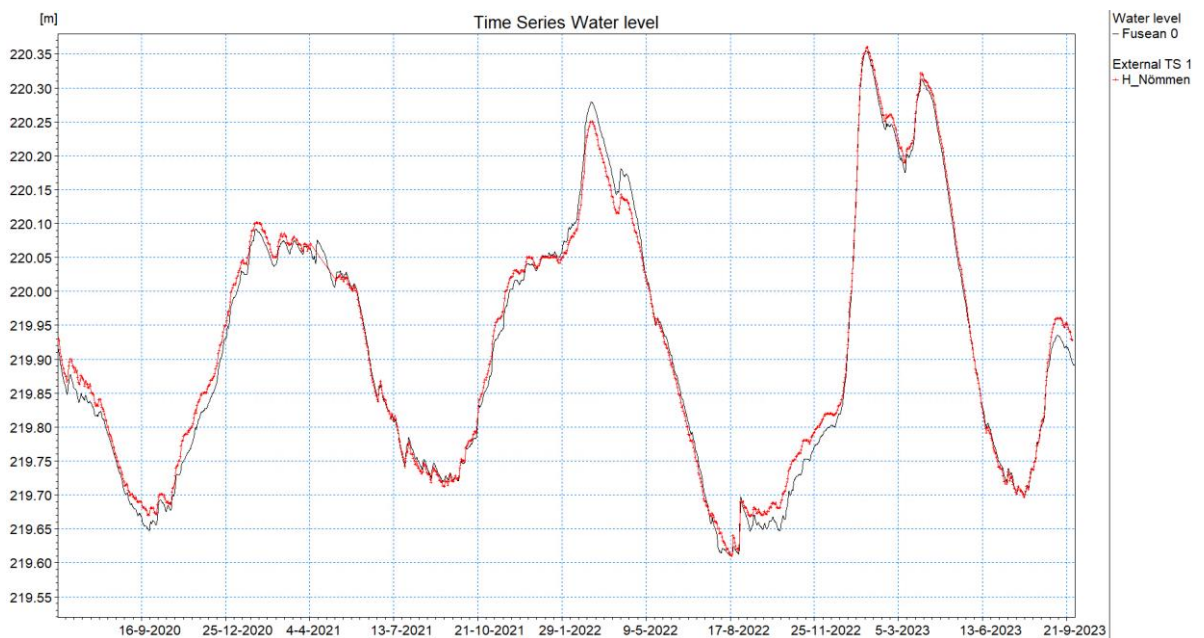


Figur 12. Kalibreringsresultat vid flödet 5.5 m³/s. Jämförelse med inmätta vattennivåer 2020-03-16.



Figur 13. Kalibreringsresultat vid flödet 3.5 m³/s. Jämförelse med inmätta vattennivåer 2023-01-24.

Modellen har därefter kalibrerats mot Emåförbundets kontinuerliga nivåmätningar i Nömmen för perioden 2020-06-18 till 2023-09-27. Modellen drivs med flödesdata från Skärsboda för samma period, vilken innehåller både låga och medelhöga flöden. Vid denna kalibrering justerades tröskelnivån i modellen mellan betongbron och stenvalsbron så att modellen matchade nivåerna i Nömmen även vid låga flöden, se Figur 14.

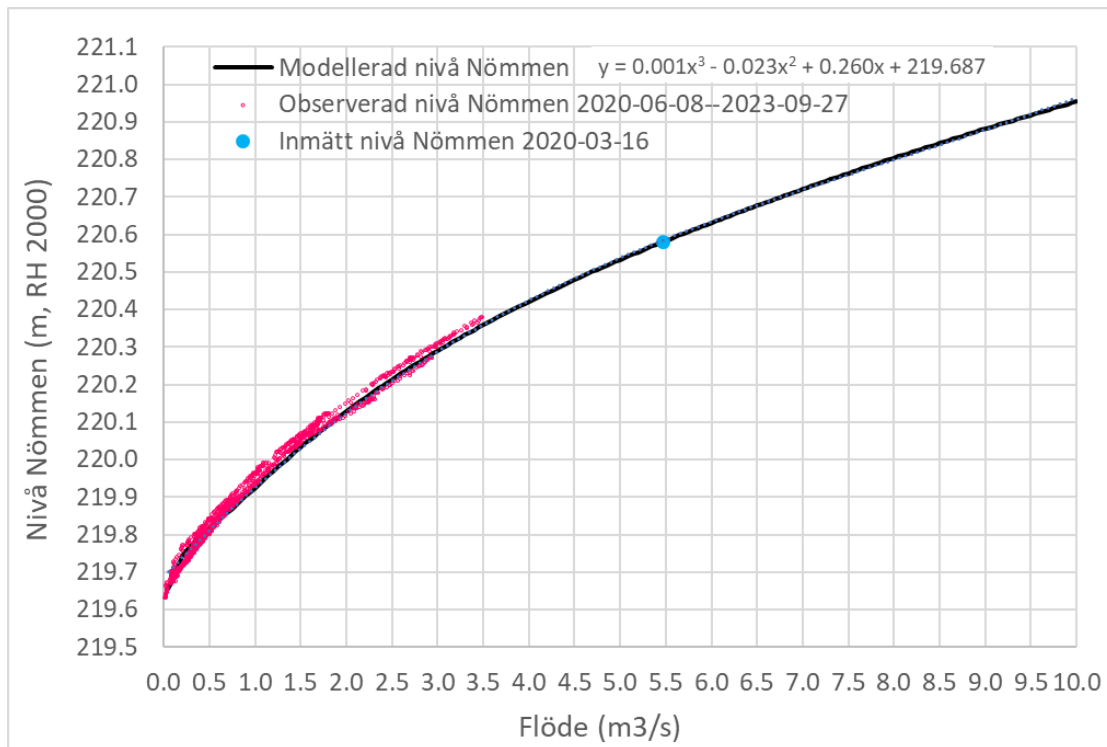


Figur 14. Modellerade vattennivåer (svart linje) och uppmätta vattennivåer (röd linje) i Nömmen för perioden 2020-06-18 till 2023-09-27.

3.3 Q-H-samband för Nömmens utlopp

Den kalibrerade modellen användes för att beräkna ett samband mellan utflöde (Q) från Nömmen och vattennivå (H) i Nömmen, ett så kallat QH-samband. Detta gjordes för ett större flödesintervall än det som täcks in av observationerna. Sambandet visas i Figur 15 för flöden i intervallet 0–10 m³/s tillsammans med observerade nivåer i Nömmen för perioden 2020-06-18 till 2023-09-27. Den inmätta vattennivån under högflödet i mars 2020 har också prickats in i diagrammet. Enligt tidigare så stämmer den kalibrerade modellen väl med observationer i flödesintervallet 0–5.5 m³/s och antas göra det även vid högre flöden.

Det modellerade Q-H-sambandet i Figur 15 har använts för att beräkna en tidsserie för vattennivåerna i Nömmen från 1961 och framåt baserat på den observerade flödesserien i Skärsboda, se Avsnitt 2.4 ovan. Den beräknade nivåserien för Nömmen tillsammans med den observerade flödesserien har sedan använts för att beräkna tillrinningen till Nömmen för samma period enligt beskrivningen i nästa avsnitt.



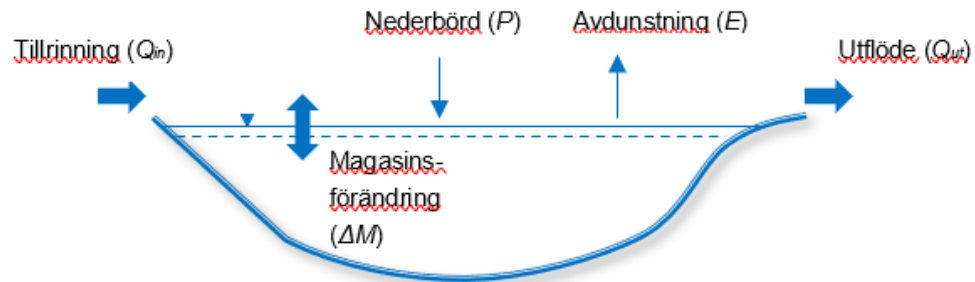
Figur 15. Modellerat QH-samband (svart linje) och observerat QH-samband (röda punkter) för Nömmens utlopp. Ekvationen som visas i diagrammet har tagits fram genom kurvanpassning till det modellerade QH-sambandet.

4 Beräkning av tillrinningen till Nömmen

Tillrinningen till Nömmen beräknas från sjöns vattenbalans som beskrivs med följande ekvation:

$$Q_{ut} = Q_{in} + P - E - \Delta M,$$

där Q_{ut} = utflödet till Fuseån, Q_{in} = tillrinningen till sjön via yt/grundvatten, P = nederbörd på sjöytan, E = avdunstning från sjöytan och ΔM = magasinförändring i sjön, se Figur 16.



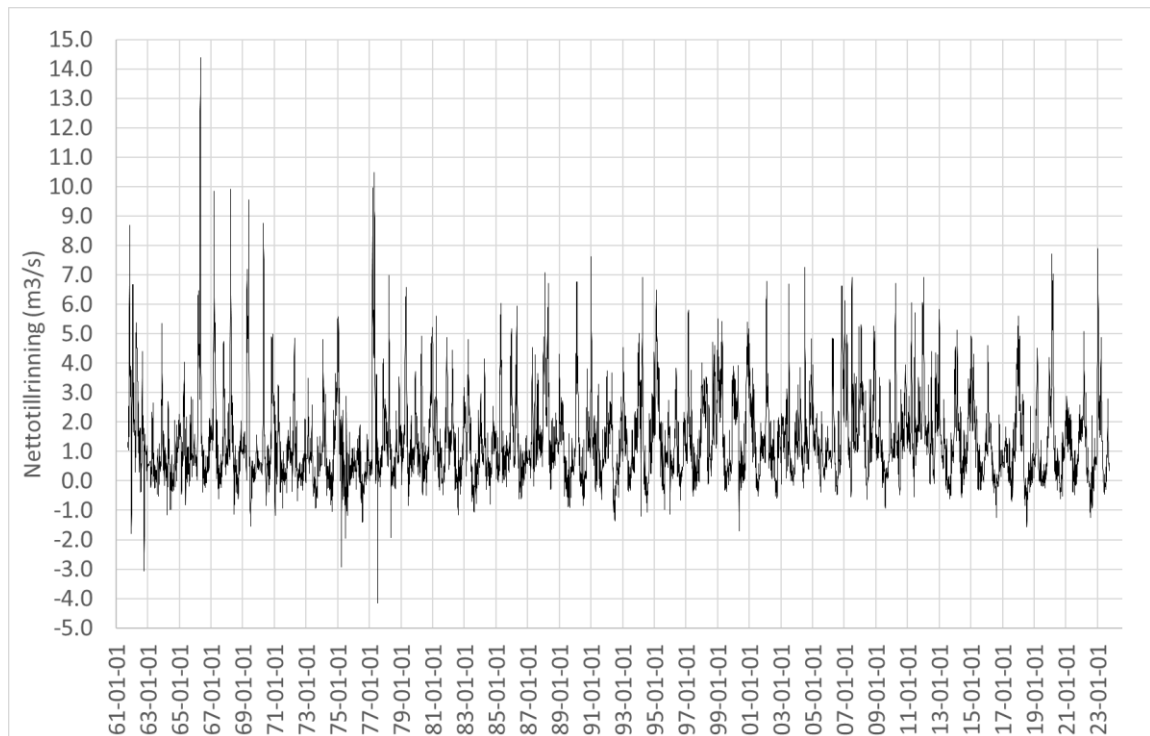
Figur 16. Ingående termer i vattenbalansen för Nömmen.

Vattenbalans ekvationen kan även skrivas på formen: $Q_{till, netto} = Q_{ut} + \Delta M$, där $Q_{till, netto} = Q_{in} + P - E$ motsvarar nettotillrinningen fram till Nömmens utlopp, det vill säga tillrinning via yt/grundvatten plus nederbörd minus avdunstning.

Nettotillrinningen kan beräknas eftersom utflödet från Nömmen är känt (antas motsvara observerade flöden i Skärsboda) och eftersom magasinförändringen kan beräknas från den beräknade vattennivåserien, samt sjöns nivå-area samband. Den beräknade nettotillrinningen från 1961 och framåt visas i Figur 17. Det kan noteras att nettotillrinningen periodvis blir negativ sommar/höst vissa år, framförallt 2018, men kortvarigt även andra år. Vid dessa tillfällen är avdunstningen från sjön större än summan av tillrinningen till sjön via yt/grundvatten och nederbörden på sjöytan.

Karakteristiska värden för nettotillrinningen visas i Tabell 4. En jämförelse mellan karakteristiska värden för tillrinningen till Nömmen (Tabell 4) och avrinningen från Nömmen (Tabell 2) visar sjöns dämpande förmåga.

Den beräknade nettotillrinningen används för att modellera flöden och nivåer före och efter åtgärder i kommande avsnitt.



Figur 17. Diagram med beräknad nettotillrinning fram till Nömmens utlopp 1961–2023.

Tabell 4. Karakteristiska värden för nettotillrinningen fram till Nömmens utlopp baserat på den beräknade tillrinningsserien 1961–2023.

	Beteckning	Flöde (m ³ /s)
Tillrinning med 200 års återkomsttid	HQ200	14.3
Tillrinning med 100 års återkomsttid	HQ100	13.0
Tillrinning med 50 års återkomsttid	HQ50	11.8
Tillrinning med 10 års återkomsttid	HQ10	8.9
Tillrinning med 5 års återkomsttid	HQ5	7.5
Medel högtillrinning	MHQ	5.9
Medeltillrinning	MQ	1.4
Medel lågtillrinning	MLQ	-0.9

5 Modellering av flödesutjämnande utskov

5.1 Flödesutjämnande utskov

Den snabba avsänkningen av nivån i Nömmen som sker under senvåren (jämför Figur 9) kan fördröjas med hjälp av ett flödesutjämnande utskov vid sjöutloppet. Utskovet antas vara utformat som en fast struktur för passiv reglering av flödet. Kraven på utskovet är att det inte ska utgöra ett vandringshinder, att det inte ska påverka översvämningsrisken runt Nömmen, samt att det ska krävas ett minimum av underhåll för att utskovet ska fungera.

Ett flödesutjämnande utskov kan utformas på flera olika sätt, men består i princip av en högflödesväg i form av en lång tröskel (skibord), där det mesta vattnet passerar vid medelhöga till höga nivåer, samt en lågflödesväg där allt vatten passerar vid låga nivåer (Figur 18). Lågflödesvägen kan vid behov förses med ett bottenutskov för att öka strömningsmotståndet i syfte att ytterligare fördröja avrinningen. Skibordet kan vid behov läggas snett mot flödesriktningen, som i Figur 18, för att öka tröskellängden och därmed öka avbördningskapaciteten vid vattennivåer över tröskelnivån.

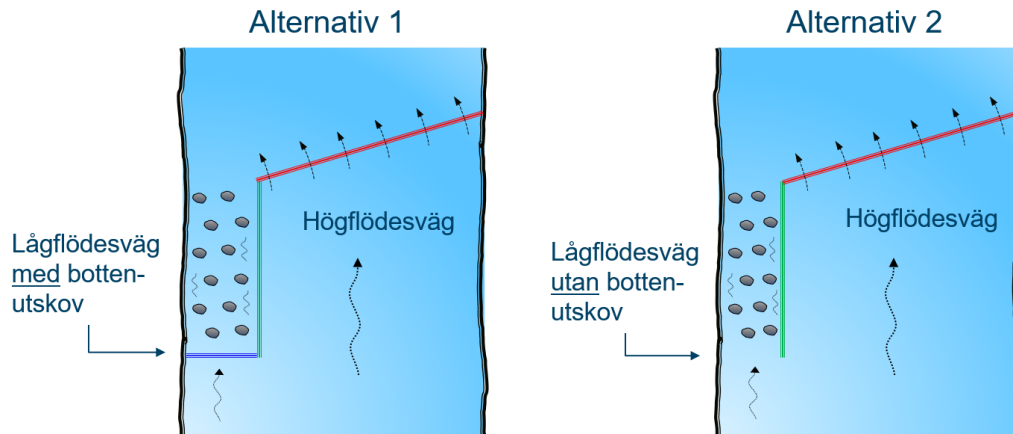


Figur 18. Illustration av flödesutjämnande utskov bestående av en högflödesväg över ett skibord (höger) och en lågflödesväg med bottenutskov (vänster). Utskovet har ritats in på sträckan direkt nedströms järnvägsbron. Källa: Emåförbundet.

Utgångspunkten för analysen är att utskovet anläggs på sträckan direkt nedströms järnvägsbron. De fysiska begränsningarna bestäms av åfårans bredd och bottennivån. Enligt de inmätta tvärsektionerna är vattendraget på denna sträcka 10–12 m brett. Botten är relativt plan med sten av varierande storlek och enstaka block. Bottennivån varierar mellan +219.4 och +219.5 m. Utifrån dessa förutsättningar antas att det går att anlägga ett skibord med en krönlängd på upp till 12 m genom snedställning i förhållande till flödesriktningen (jfr. Figur 18).

5.2 Beskrivning av flödesutjämnande utskov i modellen

Lågflödesvägen utformas så att kapaciteten inte blir för hög (sjön töms för fort) eller för låg (undre delen av magasinet kan inte nyttjas). Två olika varianter på lågflödesväg har undersökts: Alternativ 1 som består av en 1.5 m bred lågflödesväg med bottenutskov, respektive Alternativ 2 som består av en 1.0 m bred lågflödesväg utan bottenutskov, se Figur 19.



Figur 19. Illustration av flödesutjämnande utskov bestående av en högflödesväg med ett långt skibord (röd linje) och en lågflödesväg i form av en smal passage med stort strömningsmotstånd. Alternativ med bottenutskov (vänster) och utan bottenutskov (höger).

Nivåer och dimensioner har valts med ledning av resultat från preliminära beräkningar och har stämts av med Emåförbundet. En närmare beskrivning av de undersökta alternativen följer nedan.

Alternativ 1

- Skibord: 12 m krönlängd (röd linje i Figur 19), skibordsnivå +219.9 m resp. +220.0 m.
- Bottenutskov: 1.5 m brett och 0.2 m hög öppning (blå linje i Figur 19).
- Bottenutskovet övergår i en lika bred och 8–10 m lång lågflödesväg med stenar och block som skapar stort motstånd.
- Lågflödesvägen antas ha horisontell botten på nivån +219.45 m.
- Lågflödesvägens ena kant utgörs av åkanten medan den andra kanten blir en vertikal skiljevägg (grön linje i Figur 19) till högflödesvägen med överkant på samma nivå som skibordet.
- Skiljeväggen antas i modellen inte bidra till skibordskapaciteten.
- Vid höga nivåer passerar vatten även över kanten på bottenutskovets "vägg" (blå linje i Figur 19, 1.5 m bred, överkant på samma nivå som skibordet) i uppströmsänden av lågflödesvägen och vidare ner i lågflödesvägen.
- Inga stenar/block som ger extra strömningsmotstånd antas ligga nedströms skibordet (röd linje) och inte heller uppströms skibordet.
- Ingen höjning av botten görs i lågflödesvägen för att inte höja de lägsta nivåerna i sjön mer än nödvändigt (nyttja så mycket som möjligt av magasinet).

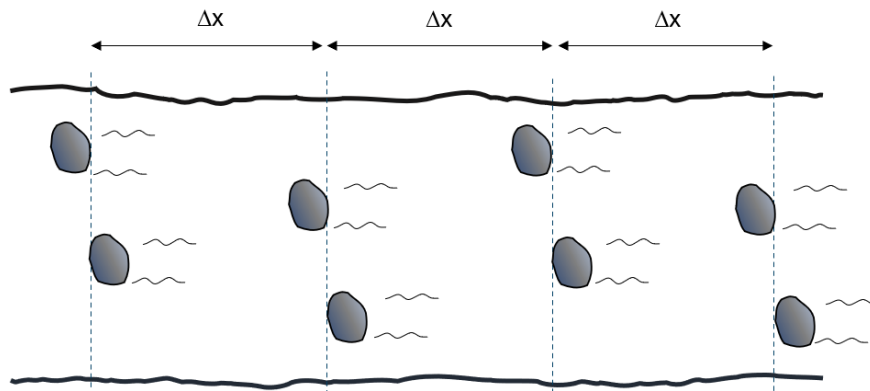
Alternativ 2

- Som ovan, men utan bottenutskov och med 1.0 m bred lågflödesväg.

För att öka strömningsmotståndet i lågflödesvägen används stenar och block som bromsar upp flödet och samtidigt skapar en mer varierande flödesbild med omväxlande höga och låga strömhastigheter. Motståndet från stenarna beror på deras storlek och form, samt hur de är placerade i lågflödesvägen. För att enkelt kunna beskriva flödesmotståndet matematiskt antas ett regelbundet arrangemang av stenar i rader på avståndet Δx med konstant blockeringsgrad i varje rad enligt Figur 20. Blockeringsgraden definieras som summan av stenarnas projicerade area i ett plan vinkelrätt mot strömriktningen delat med den totala tvärsnittsarean i lågflödesvägen.

I modellen regleras strömningsmotståndet med en parameter som kallas "Mannings tal" (n). Värdet på Mannings-talet har satts till $n = 0.05$ ($s/m^{1/3}$), vilket är ett typiskt värde för den grunda sträckan vid sjöutloppet med hänsyn till bottenstrukturer mm. Stenarnas bidrag till strömningsmotståndet i lågflödesvägen har sedan adderats för att få det totala motståndet.

Om stenarnas blockeringsgrad antas vara 30–40 % av tvärsnittsarean i lågflödesvägen, vattendjupet omkring 0.5 m och avståndet (Δx) mellan stenraderna 1–1.5 m kan det totala värdet på Mannings tal uppskattas till $n = 0.075$ ($s/m^{1/3}$). Detta värde används i samtliga scenarier med flödesutjämnande utskov.



Figur 20. Illustration av lågflödesväg med utlagda större stenar eller block i rader på avståndet Δx i strömriktningen. Blockeringsgraden i varje stenrad antas vara 30–40 %.

6 Modellering av vattenhållande åtgärder

6.1 Scenarier

Tabell 5 visar en översikt över modellerade scenarier, dels nuläges-scenariot och dels åtgärds-scenarierna. Samma skibordslängd (12 m) antas i åtgärdsscenarierna, oavsett bredd på lågflödesvägen.

I samtliga fall drivs modellen med den beräknade nettotillrinningen under perioden 2009-10-01 till 2023-10-01, vilken innehåller flera år med långa torrperioder som kan visa åtgärdens påverkan på lågflödena. Åtgärdseffekterna vid extremt hög tillrinning till Nömmen redovisas separat i Avsnitt 6.3.

Tabell 5. Undersökta varianter på det flödesutjämnande utskovet.

Scenario	Högflödesväg		Lågflödesväg		Kommentar
	Skibords nivå (m)	Skibords längd (m)	Bredd (m)	Öppningens höjd i bottenutskovet (m)	
Nuläge	-	-	-	-	Före åtgärd
W220.0_B1.5_G0.2	220.0	12	1.5	0.2	Med bottenutskov
W219.9_B1.5_G0.2	219.9	12	1.5	0.2	Med bottenutskov
W220.0_B1.0	220.0	12	1.0	-	Utan bottenutskov
W219.9_B1.0	219.9	12	1.0	-	Utan bottenutskov

6.2 Åtgärdseffekter med fokus på lågflöden

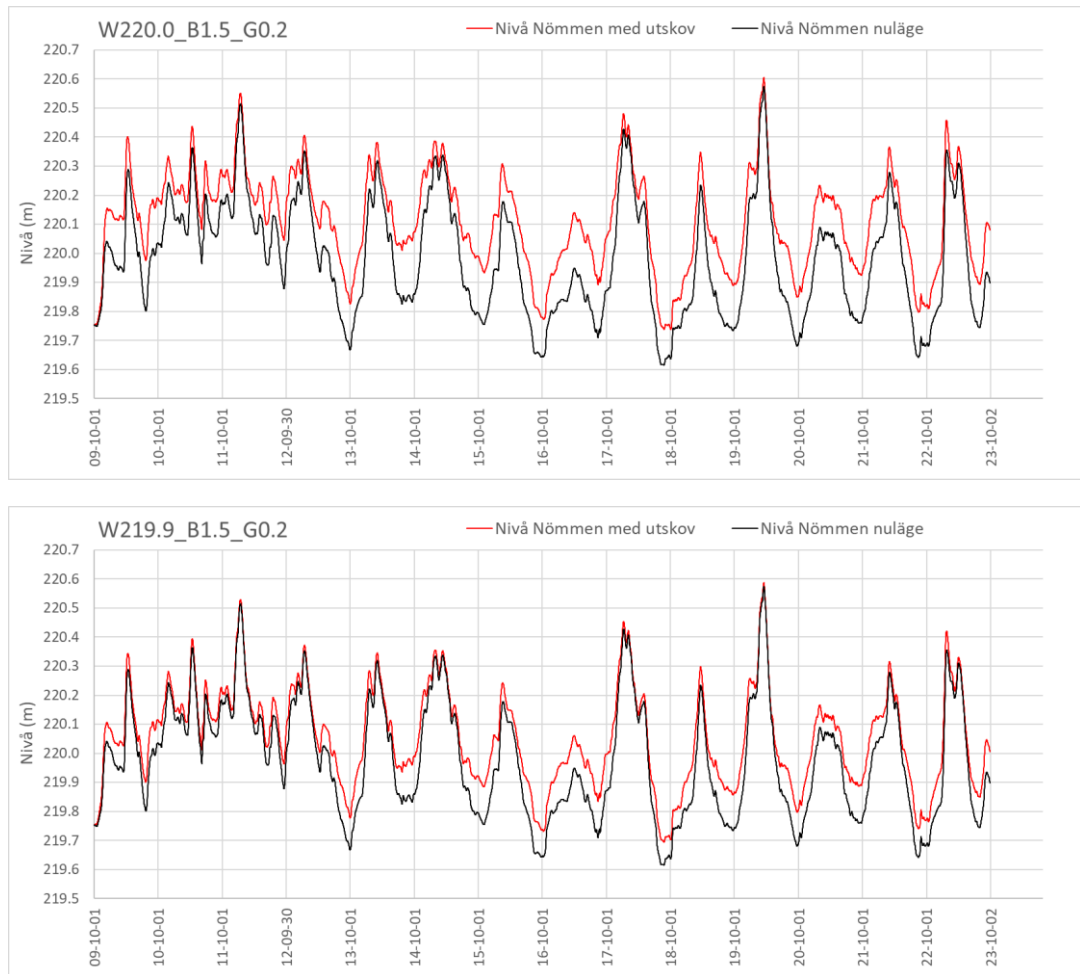
Följande figurer visar resultaten före åtgärd (nuläge) och efter åtgärd i fallet med bottenutskov i lågflödesvägen. Figur 21 visar beräknade nivåer i Nömmen för skibordsnivåerna +220.0 och +219.9 m. För skibordsnivån +220.0 m höjs nivån i Nömmen med omkring 10 cm vid medelhöga nivåer, respektive 15 cm vid låga nivåer jämfört med nuläget. Lägsta nivån under perioden höjs från +229.62 m till +219.74 m. För skibordsnivån +219.9 m blir höjningen ungefär 5 cm mindre.

Motsvarande beräknade utflöden från Nömmen visas i Figur 22 för hela flödesintervallet och i Figur 23 inzoomat till låga flöden. För skibordsnivån +220.0 m ökar flödet jämfört med nuläget med omkring 300 l/s vid ett genomsnittligt högflöde (MHQ), respektive med 30 l/s vid ett genomsnittligt lågflöde (MLQ). Det lägsta flödet under perioden (LLQ) höjs från 20 l/s för nuläget till 120 l/s efter åtgärd. För skibordsnivån +219.9 m blir effekterna på höga och låga flöden något mindre. Det kan noteras att för åren före 2013 då flödet inte sjunker under 0.5 m³/s minskar de lägsta flödena efter åtgärd, till skillnad från de längre torrperioderna efter 2013 då de lägsta flödena ökar efter åtgärd.

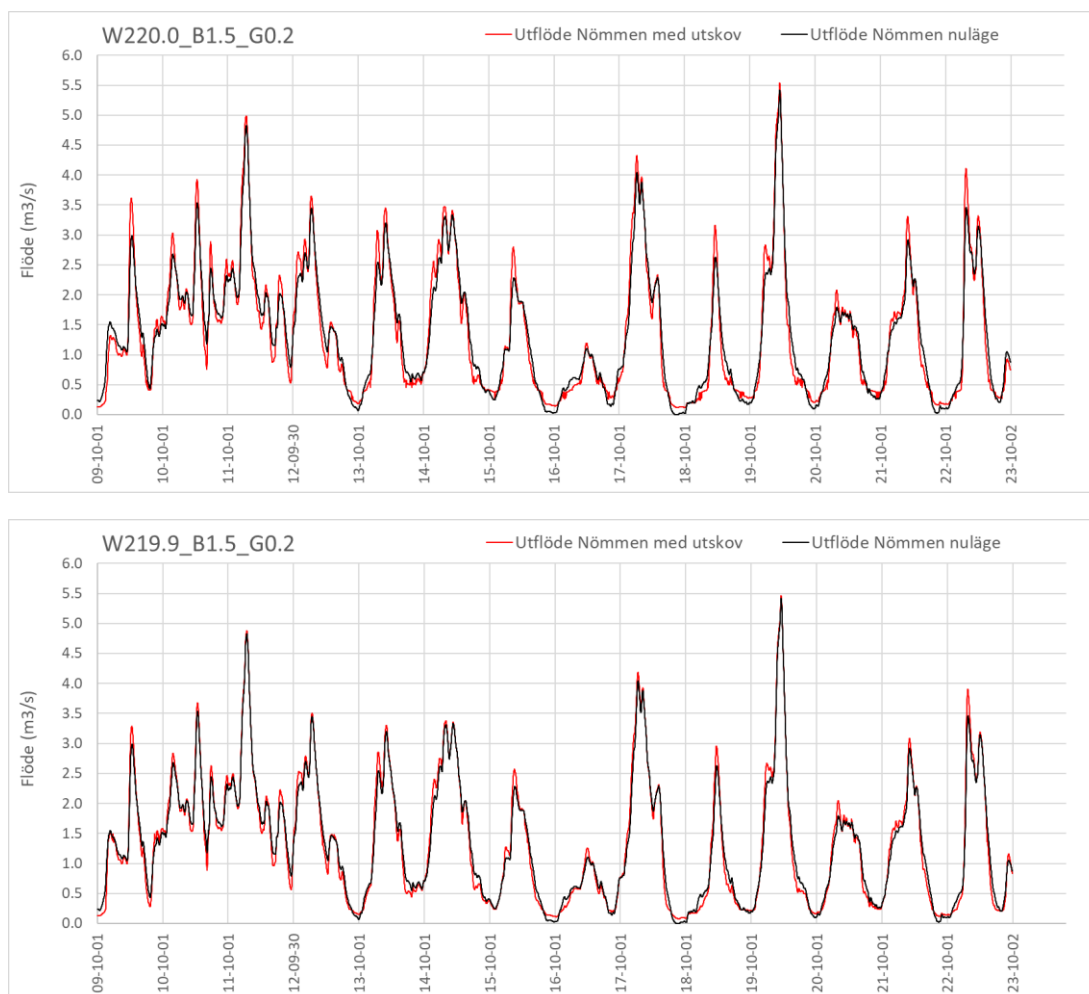
Figur 24 visar beräknade samband mellan vattennivån i Nömmen (H) och utflödet (Q) före och efter åtgärd. Beräknade avbördningskurvor (QH-samband) visar att utskovet har störst påverkan på nivåerna i Nömmen vid flöden under 2–3 m³/s och att avbördningskurvorna närmar sig varandra vid låga flöden (<0.3 m³/s), respektive medelhöga flöden (>3.5 m³/s).

Figur 25 visar beräknade hastigheter genom bottenutskovet och genom ett tvärsnitt längst ner i lågflödesvägen (medelvärde över tvärsnittet). För skibordsnivån +220.0 m blir hastigheten 0.7–2.5 m/s genom bottenutskovet, respektive 0.3–0.7 m/s längst ner i lågflödesvägen. För

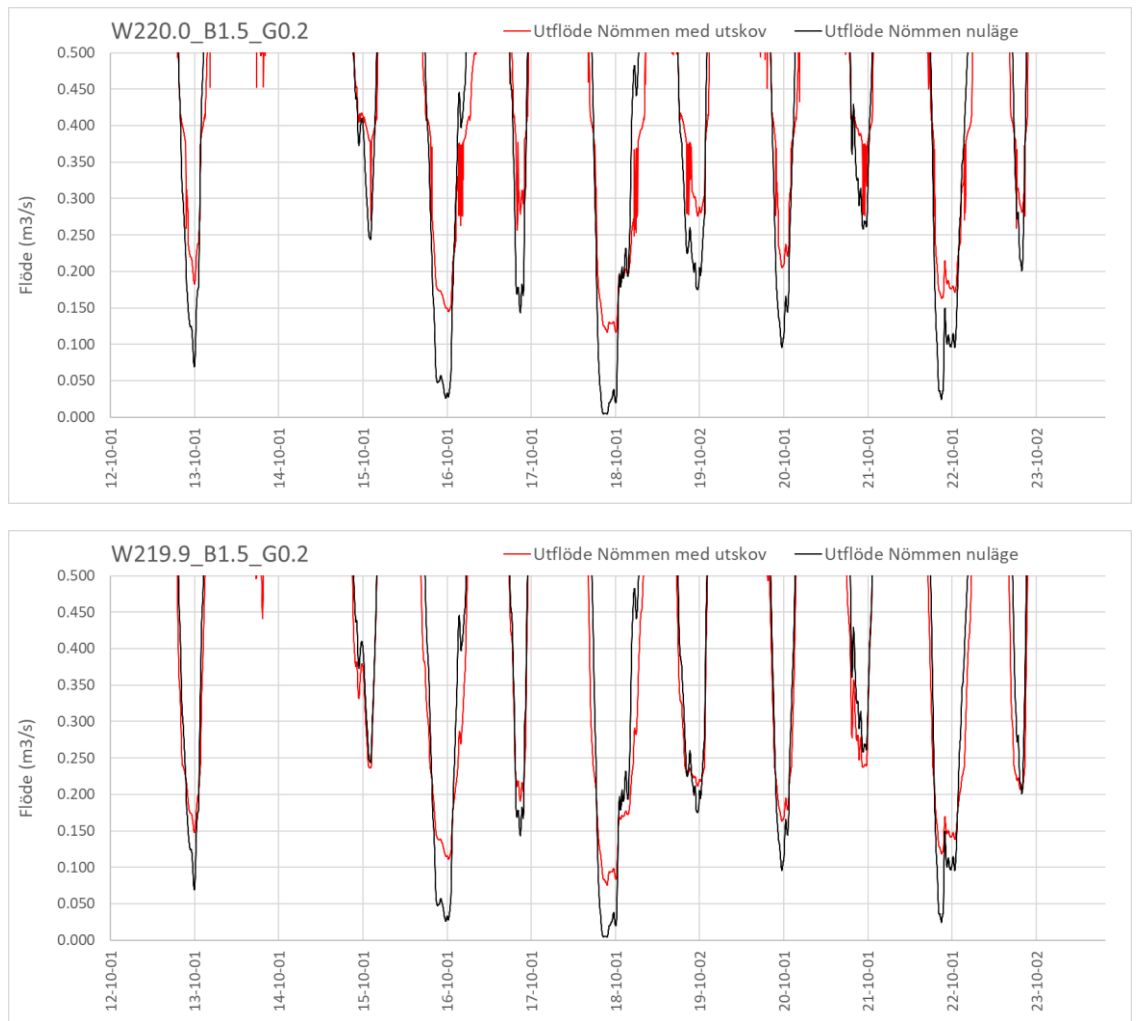
skibordsnivån +219.9 m blir hastigheten 0.4–1.3 m/s genom bottenutskovet och 0.2–0.4 m/s längst ner i lågflödesvägen.



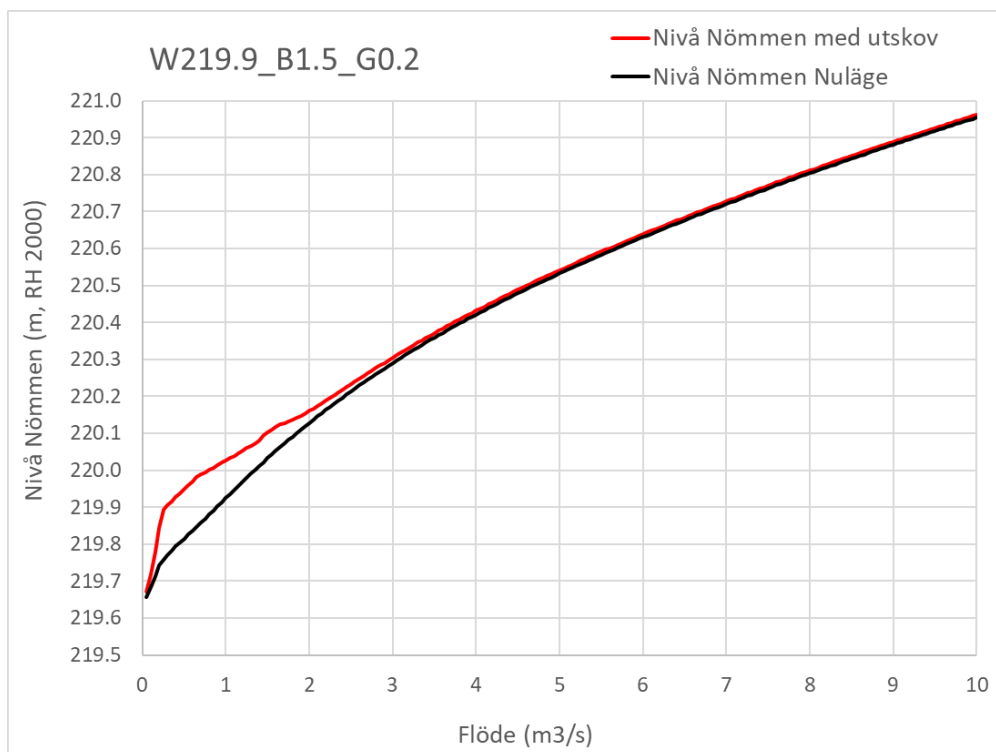
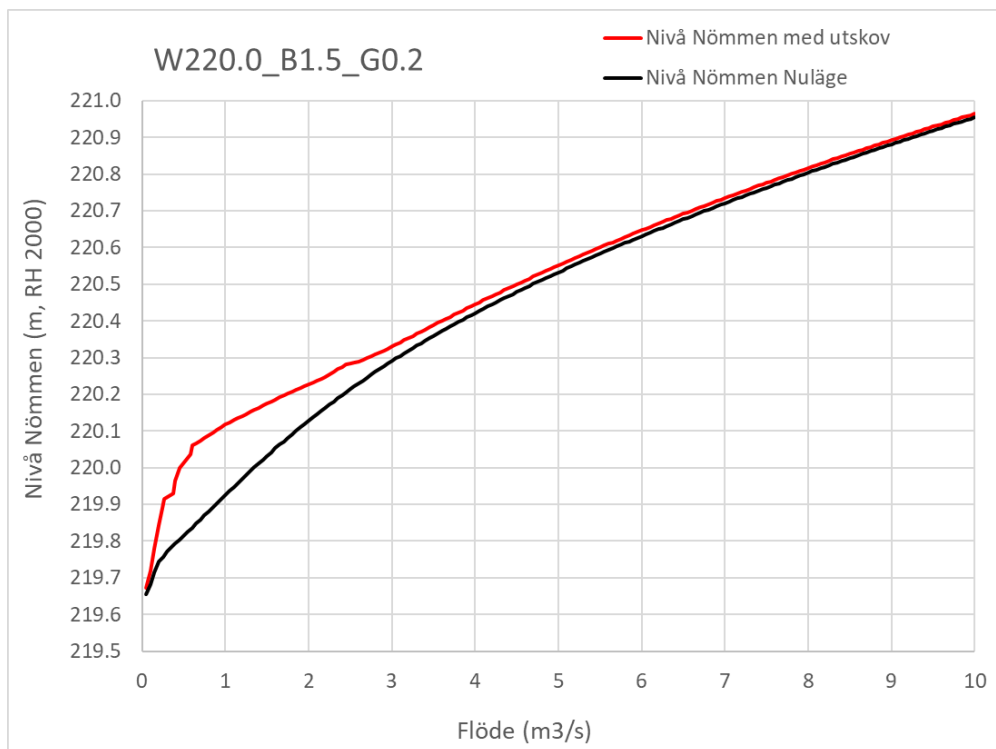
Figur 21. Beräknade nivåer i Nömmen med skibordsnivå +220.0 m (överst) och +219.9 m (underst), i båda fallen med 1.5 m bred lågflödesväg och bottenutskov med 0.2 m öppningshöjd.



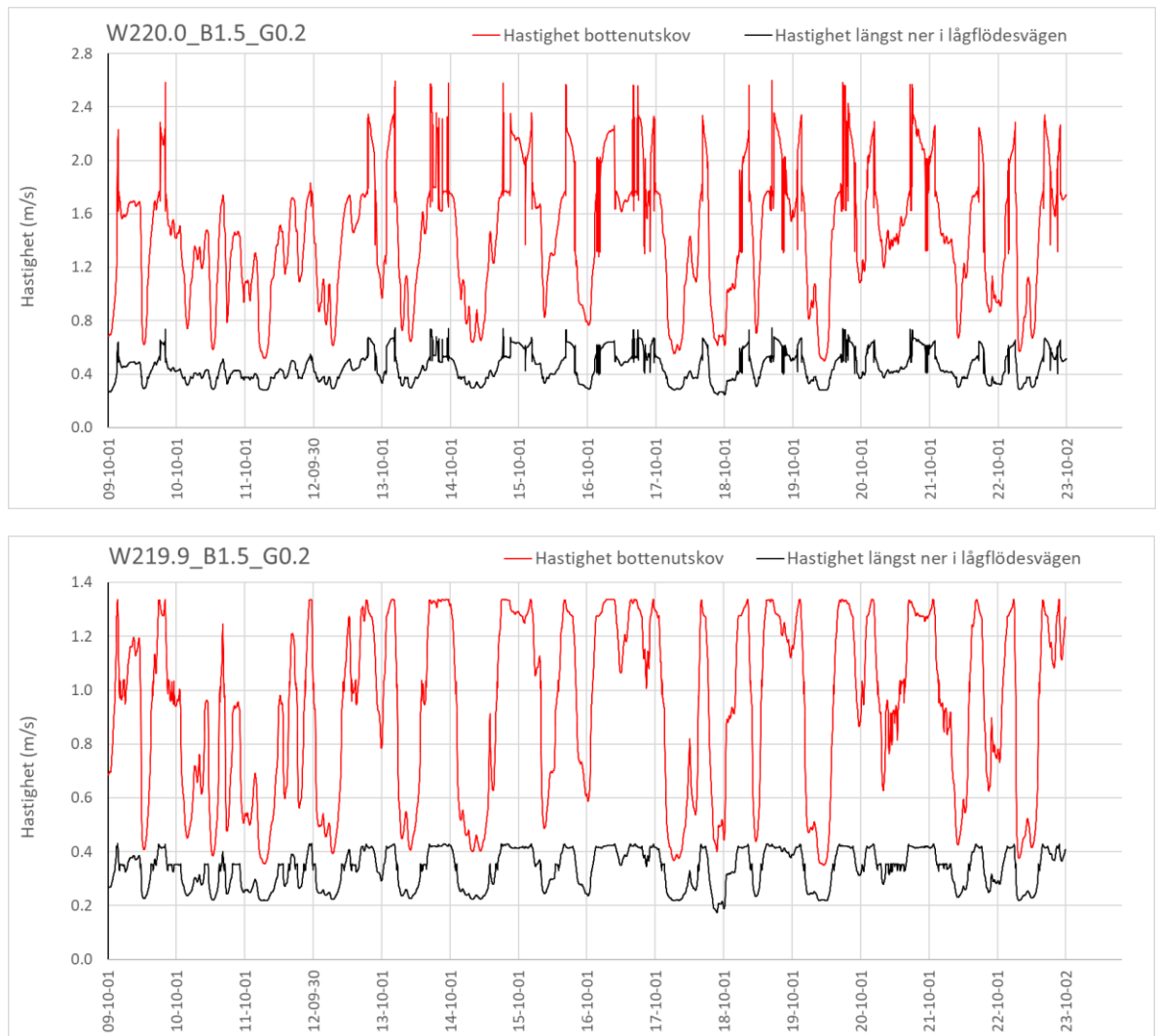
Figur 22. Beräknade flöden vid Nömmens utlopp med skibordsnivå +220.0 m (överst) och +219.9 m (underst), i båda fallen med 1.5 m bred lågflödesväg och bottenutskov med 0.2 m öppningshöjd.



Figur 23. Beräknade flöden vid Nömmens utlopp med skibordsnivå +220.0 m (överst) och +219.9 m (underst), i båda fallen med 1.5 m bred lågflödesväg och bottenutskov med 0.2 m öppningshöjd.

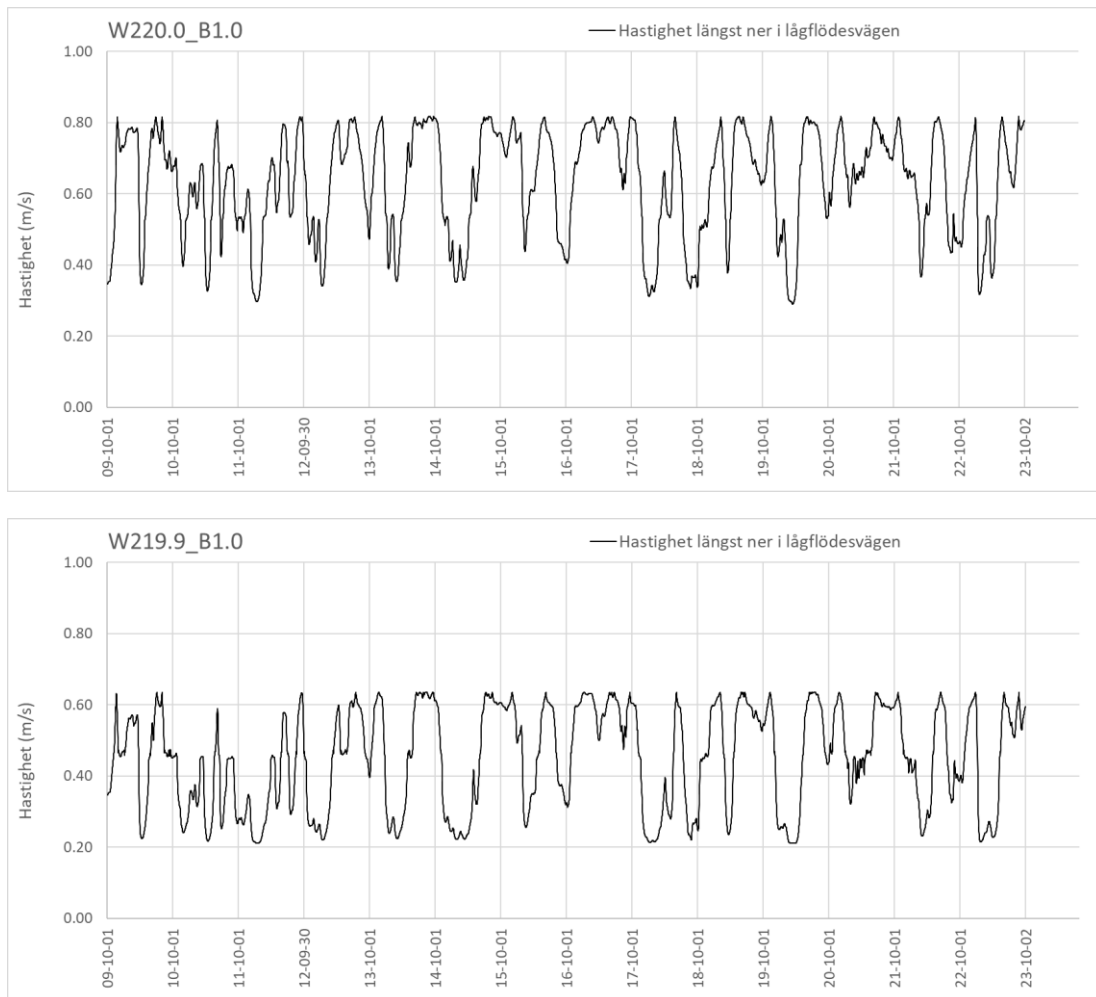


Figur 24. Beräknat Q-H-samband för Nömmens utlopp med skibordsnivå +220.0 m (överst) och +219.9 m (underst), i båda fallen med 1.5 m bred lågflödesväg och bottenutskov med 0.2 m öppningshöjd.



Figur 25. Beräknade vattenhastigheter genom bottenutskovet och genom ett tvärsnitt längst ner i lågflödesvägen för skibordsnivån +220.0 m (överst) och +219.9 m (underst), i båda fallen med 1.5 m bred lågflödesväg och bottenutskov med 0.2 m öppningshöjd. Hastighetsskalan är olika i diagrammen.

Motsvarande resultat för alternativet utan bottenutskov blir snarlika när det gäller nivåer i Nömmen och utflöden och redovisas därför inte. Den smalare lågflödesvägen (1.0 m) utan bottenutskov ger alltså praktiskt taget samma totala strömningsmotstånd som den bredare lågflödesvägen (1.5 m) med bottenutskov. Vattennivåer och hastigheter i lågflödesvägen skiljer dock i de två alternativen eftersom strömningsförlusterna i lågflödesvägen fördelas på olika sätt. För den smalare lågflödesvägen utan bottenutskov blir medelhastigheten i lågflödesvägen högre, se Figur 26, men samtidigt undviks de höga hastigheter som uppstår i bottenutskovet (jämför med Figur 25).



Figur 26. Beräknade medelhastigheter längst ner i lågflödesvägen för skibordsnivå +220.0 m (överst) och +219.9 m (underst). I båda fallen med 1.0 m bred lågflödesväg utan bottenutskov.

Resultaten för samtliga modellerade scenarier sammanfattas med karakteristiska nivåer och flöden i Tabell 6 och Tabell 7. Som framgår av tabellerna blir resultaten praktiskt taget desamma för de två alternativa lågflödesvägarna. Skillnaden i åtgärdseffekten på lågflödena före och efter 2013 tar delvis ut varandra, vilket gör att förändringen av medellågflödet (MLQ) blir liten. Højningen av det lägsta flödet (LLQ) under perioden blir desto större.

Tabell 6. Karakteristiska nivåer i Nömmen (m, RH 2000) för nuläget och åtgärdsscenarioerna enligt modellberäkningar för perioden 2009-10-01 till 2023-10-01.

Scenario	Skibordsnivå (m)	MHW	MW	MLW	LLW	Kommentar
Nuläge	-	220.30	219.98	219.71	219.62	Före åtgärd
W220.0_B1.5_G0.2	220.0	220.39	220.11	219.85	219.74	Med bottenutskov
W219.9_B1.5_G0.2	219.9	220.35	220.06	219.80	219.69	Med bottenutskov
W220.0_B1.0	220.0	220.39	220.11	219.85	219.75	Utan bottenutskov
W219.9_B1.0	219.9	220.35	220.06	219.80	219.70	Utan bottenutskov

Tabell 7. Karakteristiska utflöden från Nömmen (m³/s) för nuläget och åtgärdsscenarioerna enligt modellberäkningar för perioden 2009-10-01 till 2023-10-01.

Scenario	Skibordsnivå (m)	MHQ	MQ	MLQ	LLQ	Kommentar
Nuläge	-	3.22	1.35	0.22	0.02	Före åtgärd
W220.0_B1.5_G0.2	220.0	3.55	1.34	0.25	0.12	Med bottenutskov
W219.9_B1.5_G0.2	219.9	3.39	1.35	0.23	0.08	Med bottenutskov
W220.0_B1.0	220.0	3.54	1.34	0.24	0.11	Utan bottenutskov
W219.9_B1.0	219.9	3.39	1.35	0.22	0.07	Utan bottenutskov

6.3 Känslighetsanalys med avseende på motståndet i lågflödesvägen

En känslighetsanalys med Mannings tal inom intervallet 0.05–0.10 s/m^{1/3} visar att såväl lågflöden som högflöden påverkas i relativt liten grad av strömningsmotståndet i lågflödesvägen. Ett Mannings tal på 0.05 motsvarar att inga extra stenar placeras i lågflödesvägen. Med minskat motstånd blir avsänkningen av Nömmen något större och de lägsta flödena något högre. Samtidigt ökar strömhastigheten i lågflödesvägen. För skibordsnivån +220.0 m (jfr. Figur 26, överst) ökar maxhastigheten från 0.8 m/s till 0.9 m/s med Mannings tal, $n = 0.05$. Med Mannings tal, $n = 0.1$, minskar maxhastigheten till 0.7 m/s.

6.4 Åtgärdseffekter med fokus på högflöden

För att undersöka åtgärdseffekten vid extrema flöden har beräkningar gjorts med en tillrinning till Nömmen hämtad från vårfloden 1966. Det är den högsta tillrinningen under hela perioden från 1961 och fram till idag och beräknas ha en återkomsttid på omkring 200 år.

Beräkningar har i detta fallet enbart gjorts för nuläget och för alternativet utan bottenutskov i lågflödesvägen. Beräkningarna tar hänsyn till att nivån i Nömmen är högre före vårflodens början i åtgärdsscenarierna jämfört med nuläggsscenarioet. Resultaten i Figur 27 visar att utskovet höjer maxnivån med 3 cm för skibordsnivån +220.0 m, respektive med 1.5 cm för skibordsnivån +219.9 m.



Figur 27. Beräknade nivåer i Nömmen före och efter åtgärd (fallet utan bottenutskov) med en tillrinning hämtad från vårfloden 1966 (överst). Inzoomning till flödestoppen (underst).

7 Modellering av åtgärder för ökad avbördningskapacitet

7.1 Åtgärdsscenarioer för ökad avbördningskapacitet

Resultaten i föregående avsnitt visar att det flödesutjämnande utskovet skulle höja de högsta nivåerna i Nömmen med som mest några centimeter för skibordsnivå +220.0 m för en händelse motsvarande vårfloden 1966. I detta avsnitt undersöks i vilken utsträckning det är möjligt att öka avbördningskapaciteten vid höga nivåer i Nömmen för att i första hand kompensera för påverkan av det flödesutjämnande utskovet, i andra hand sänka de högsta nivåerna jämfört med nuläget.

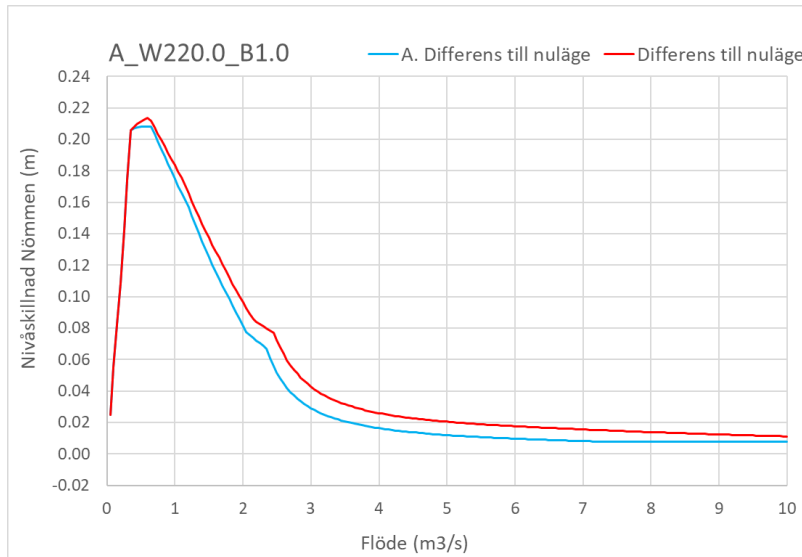
Nio olika varianter av kompensåtgärder (A–G) har testats tillsammans med skibordsnivån +220.0 m och fallet med 1.0 m bred lågflödesväg utan bottenutskov (beteckning W_220.0_B1.0):

- A. Skibordet i högflödesvägen förlängs med 1.5 m
- B. Marknivån på slänterna vid sidan av åfåran sänks till +220.5 m inom 5 m från åkanten på vardera sidan av utskovet utmed en sträcka på 15 – 20 m
- B2. Som ovan men slänterna vid sidan av åfåran sänks till +220.1 m
- C. Båda åtgärderna A + B
- C2. Båda åtgärderna A + B2
- D. Strömningsmotståndet minskas med ett värde som motsvarar att större stenar och block tas bort på sträckan från betongbron och ca 150 m nedströms
- E. En extra öppning görs i stenvälsbron med samma storlek som de övriga 4 öppningarna för att simulera en extra flödesväg vid sidan av bron
- F. Åtgärderna A+B+D
- G. Åtgärderna B2+D

Åtgärdseffekten för varje scenario har undersökts genom stationära beräkningar (konstanta flöden) i flödesintervallet 0–10 m³/s och redovisas med Q–H-samband relativt nuläget. Syftet är att med enkla beräkningar välja ut de scenarier som ger önskad effekt. Fokus ligger på höga flöden (>HQ10 = 5.3 m³/s). I varje figur visas grundscenariot med enbart flödesutjämnande utskov (scenariot W_220.0_B1.0) tillsammans med scenariot med både flödesutjämnande utskov och åtgärd för ökad avbördningskapacitet.

7.2 Åtgärd A. Skibordet i högflödesvägen förlängs med 1.5 m

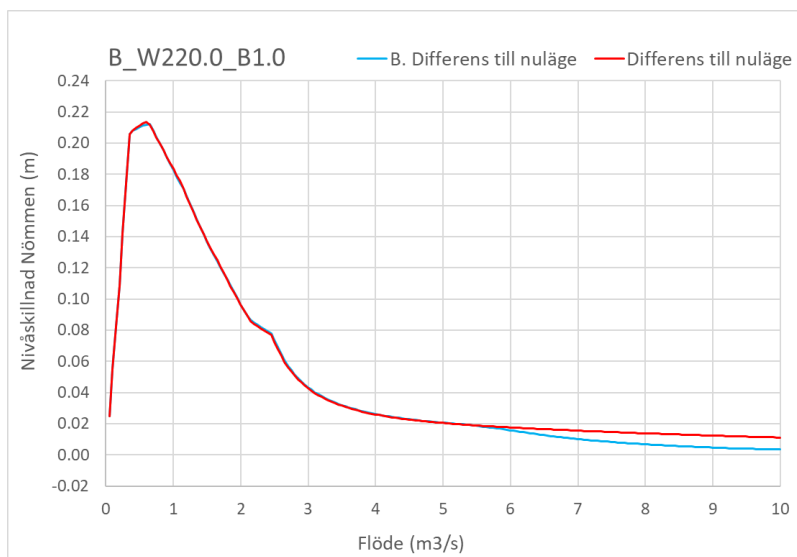
Figur 28 visar hur en förlängning av skibordet med 1.5 m påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen med någon cm vid höga flöden. Nivåhöjningen minskar dock redan vid flöden omkring medelflödet, vilket även skulle minska den positiva effekten på lågflödena.



Figur 28. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd A (blå linje).

7.3 Åtgärd B. Marknivån vid sidan av åfåran sänks till +220.5 m

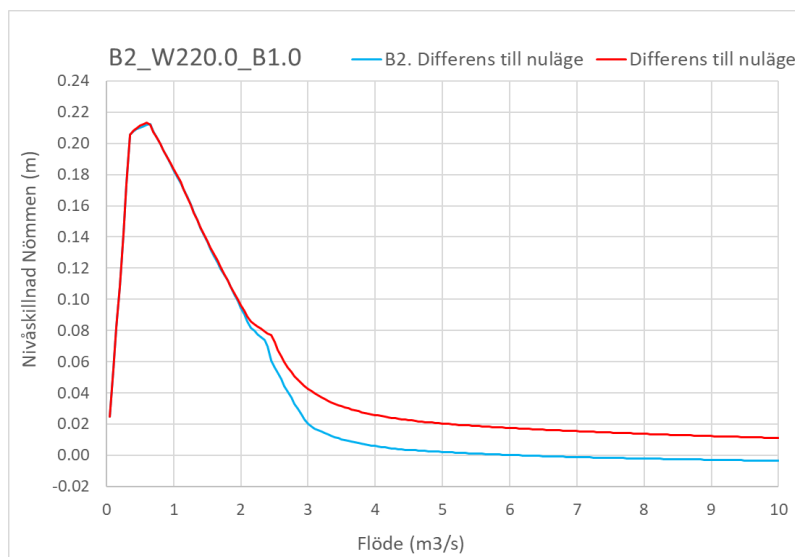
Figur 29 visar hur en sänkning av marknivåerna vid sidan av åfåran till nivån +220.5 m påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen först vid flöden över ca 6 m³/s, vilket är för sent för att den ska kunna ge någon märkbar effekt på de högsta nivåerna.



Figur 29. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd B (blå linje).

7.4 Åtgärd B2. Marknivån vid sidan av åfåran sänks till +220.1 m

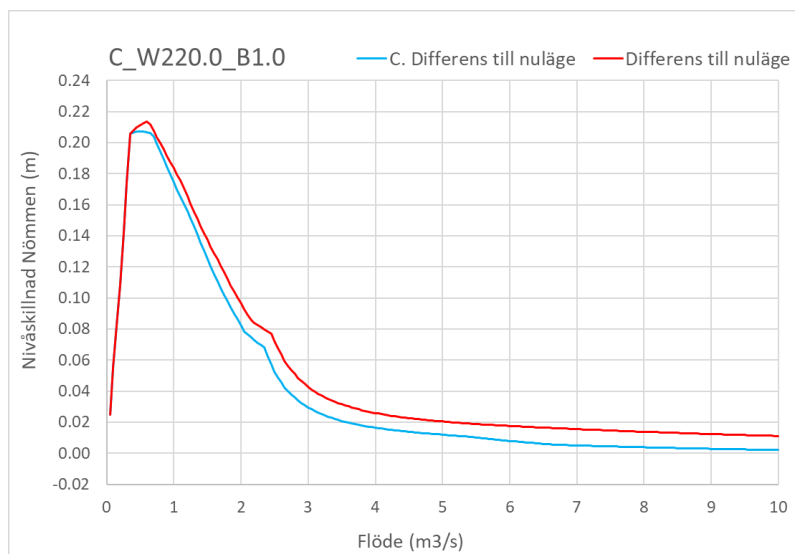
Figur 30 visar hur en sänkning av marknivåerna vid sidan av åfåran till nivån +220.1 m påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen vid flöden över 2 m³/s och når ner till noll (fullständig kompensation) ungefär vid 4 m³/s. Detta alternativ har potentialen att kunna kompensera för utskovets påverkan på de högsta nivåerna.



Figur 30. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd B2 (blå linje).

7.5 Åtgärd C. Båda åtgärderna A + B

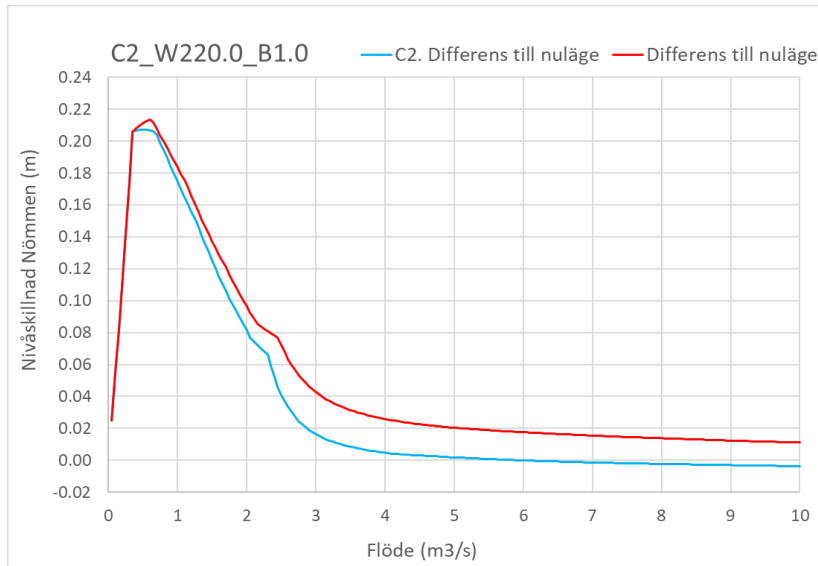
Figur 31 visar hur en kombination av åtgärderna A och B påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen redan vid flöden omkring medelflödet enligt tidigare, vilket riskerar att minska den positiva effekten på lågflödena.



Figur 31. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd C (blå linje).

7.6 Åtgärd C2. Båda åtgärderna A + B2

Figur 32 visar hur en kombination av åtgärderna A och B2 påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen redan vid flöden omkring medelflödet enligt tidigare, vilket riskerar att minska den positiva effekten på lågflödena.

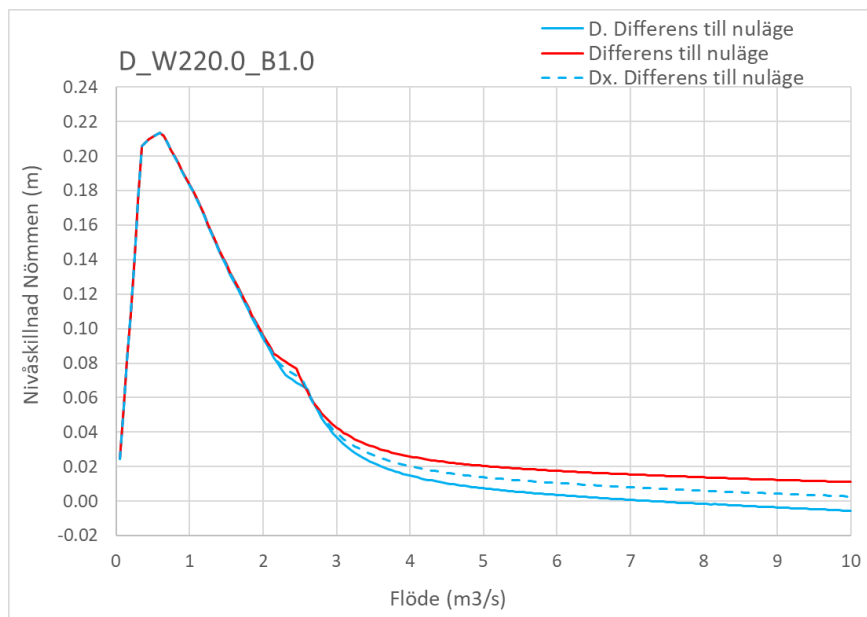


Figur 32. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd C2 (blå linje).

7.7 Åtgärd D. Strömningsmotståndet minskas på en sträcka av 150 m nedströms betongbron

Figur 33 visar hur en minskning av strömningsmotståndet på sträckan från betongbron och ca 150 m nedströms påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Minskningen av strömningsmotståndet har gjorts genom att justera friktionsparametern i modellen (Mannings tal) med ett värde som motsvarar att större stenar och block tas bort.

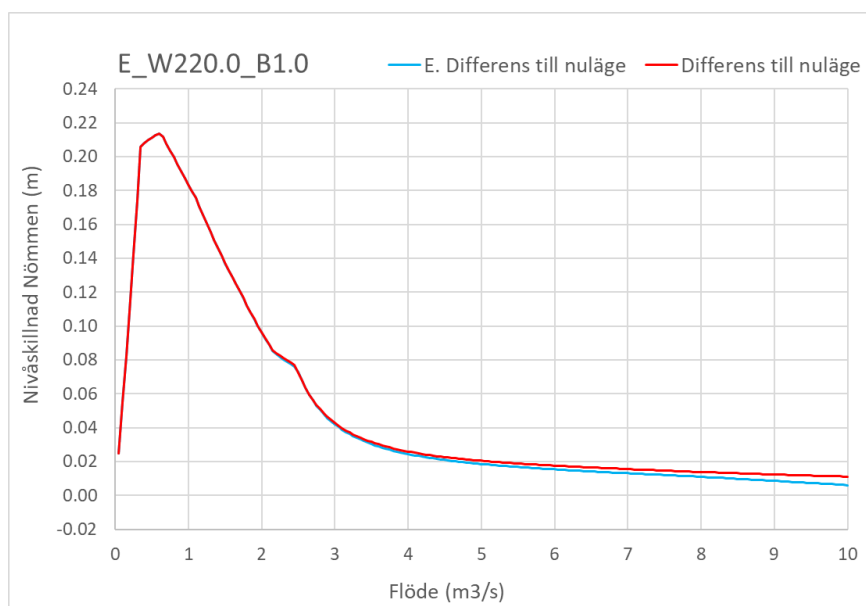
Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen vid flöden över 3 m³/s och når ner till noll (fullständig kompensation) ungefär vid 6 m³/s. Detta alternativ har potentialen att kunna kompensera för utskovets påverkan på de högsta nivåerna. Den uppskattade minskningen av strömningsmotståndet är dock osäker och därför har en beräkning gjorts med ett försiktigare antagande om effekten av minskat friktionsmotstånd (streckad blå linje).



Figur 33. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd D (blå linje). Streckad blå linje visar ett försiktigare antagande om effekten av minskat friktionsmotstånd.

7.8 Åtgärd E. Extra öppning i stenvälsbron

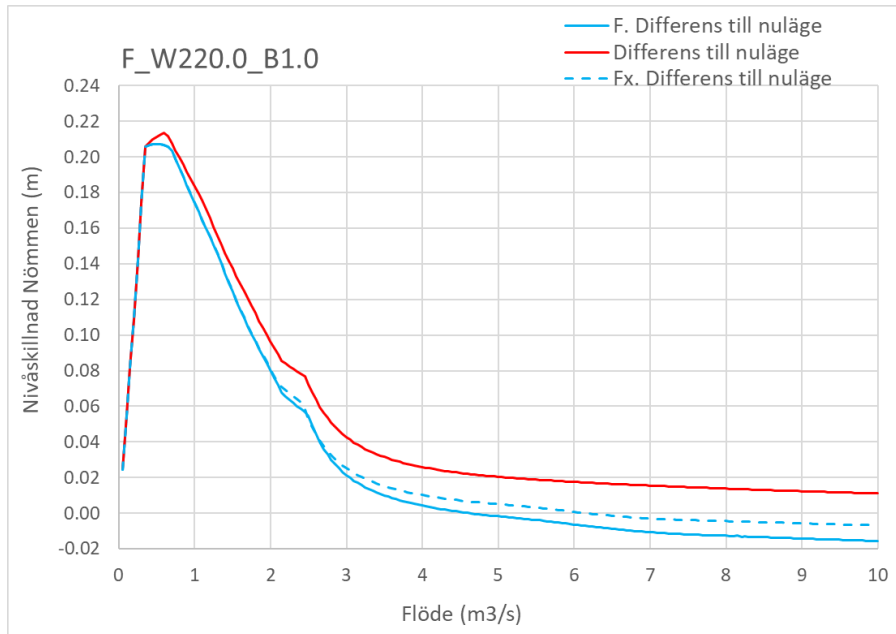
Figur 34 visar hur en parallell flödesväg med en extra öppning vid stenvälsbron påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen för sent och effekten blir för liten för att åtgärden ska kunna ge någon märkbar effekt på de högsta nivåerna.



Figur 34. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd E (blå linje).

7.9 Åtgärd F. Åtgärderna A+B+D

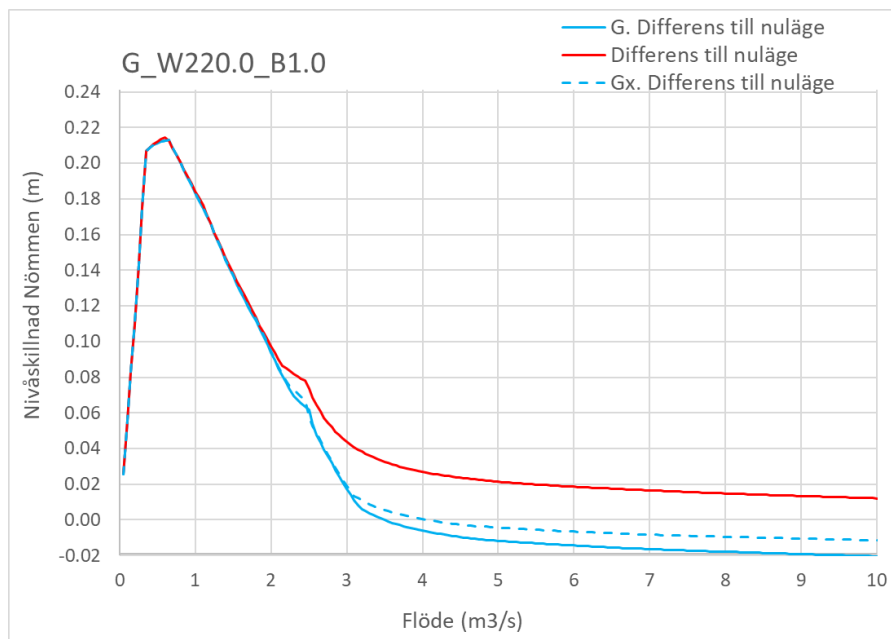
Figur 35 visar hur en kombination av åtgärderna A, B och D påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen redan vid flöden omkring medelflödet enligt tidigare, vilket riskerar att minska den positiva effekten på lågflödena.



Figur 35. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd F (blå linje). Streckad blå linje visar ett försiktigare antagande om effekten av minskat friktionsmotstånd.

7.10 Åtgärd G. Åtgärderna B2+D

Figur 36 visar hur en kombination av åtgärderna B2 och D påverkar nivåerna i Nömmen vid olika flöden relativt nuläget. Med kompensationsåtgärd (blå linje) minskar nivåhöjningen vid flöden över 2 m³/s och når ner till noll (fullständig kompensering) vid 3,5 m³/s. Detta alternativ har potential att kunna kompensera för utskovets påverkan på de högsta nivåerna. Den uppskattade minskningen av strömningsmotståndet nedströms stenvälsbron är dock osäker, vilket betyder att åtgärdseffekten är osäker. En extra beräkning med ett försiktigare antagande om effekten av minskat strömningsmotstånd (streckad blå linje) indikerar detta.



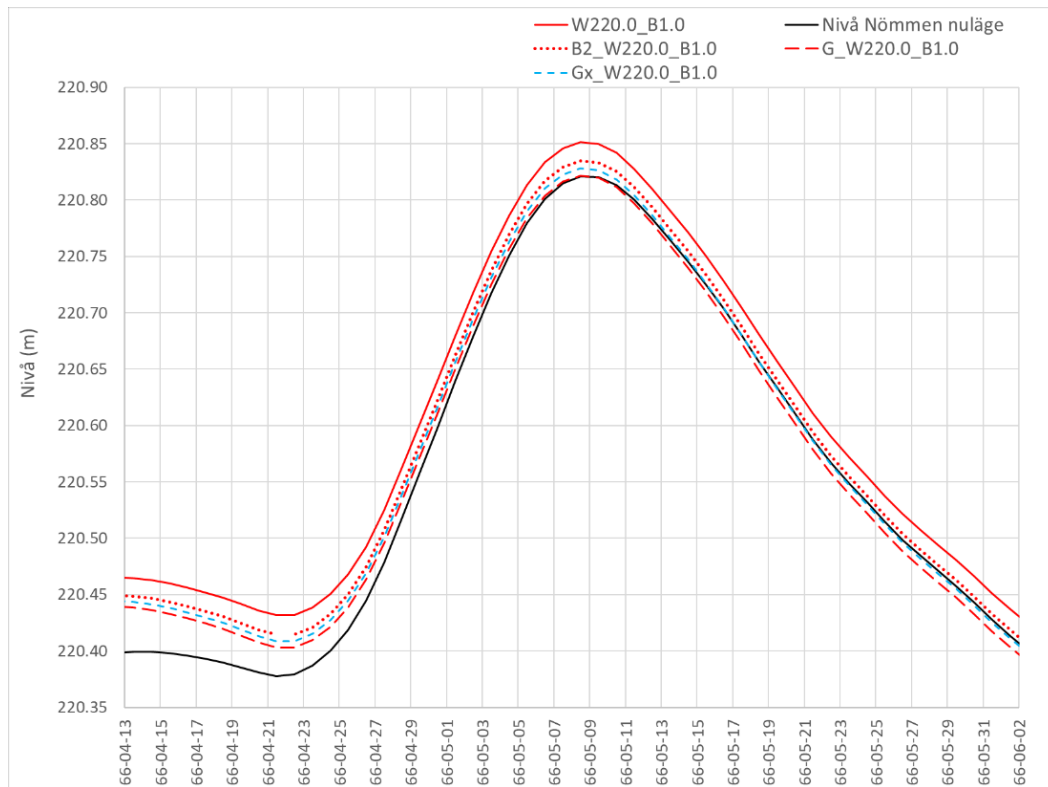
Figur 36. Beräknad nivåskillnad i Nömmen med och utan flödesutjämnande utskov i fallet utan kompensationsåtgärd (röd linje), respektive med kompensationsåtgärd G (blå linje). Streckad blå linje visar ett försiktigare antagande om effekten av minskat strömningsmotstånd.

7.11 Modellering av kompensationsåtgärd B2 och G för vårfloden 1966

De kompensationsåtgärder som bedöms vara mest effektiva när det gäller att öka flödeskapaciteten vid höga nivåer utan att påverka flödeskapaciteten vid låga nivåer är B2 och G (=B2 + D). För att undersöka hur stor effekten blir på maxnivån i Nömmen har beräkningar gjorts med en tillrinning hämtad från vårfloden 1966 i likhet med tidigare. Beräkningarna tar hänsyn till att nivån i Nömmen är högre före vårflodens början i åtgärdsscenerierna jämfört med nulägesscenariot.

Figur 37 visar att utan kompensationsåtgärd ger utskovet en höjning av maxnivån med 3 cm från +220.82 m (nuläget) till +220.85 m. Med kompensationsåtgärder sänks maxnivån med 1.5 cm (åtgärd B2), respektive 3 cm (åtgärd G).

Kompensationsåtgärd G har alltså potential att kompensera för utskovets höjning av maxnivån för ett högflöde motsvarande vårfloden 1966. Osäkerheter kring effekten av minskat strömningsmotstånd gör dock att 100 % kompensation inte kan garanteras. Någon överkompensation, det vill säga sänkning av maxnivån jämfört med nuläget, verkar inte vara möjligt i något av de undersökta fallen.



Figur 37. Beräknade nivåer i Nömmen med en tillrinning hämtad från vårfloden 1966 före åtgärd (svart linje), med enbart flödesutjämnande utskov (röd heldragen linje), med kompensationsåtgärd B2 (röd prickad linje) och med kompensationsåtgärd G (röd och blå streckad linje).

7.12 Kontroll av påverkan på lågflöden med kompensationsåtgärder

Som kontroll har en beräkning gjorts av nivåer och flöden för perioden 2009-2023 med kompensationsåtgärd G för att verifiera att kompensationsåtgärden inte minskar den positiva effekten på lågflödena. Resultaten visar att det blir samma höjning av lågflödena även med kompensationsåtgärd G. Motsvarande gäller kompensationsåtgärderna B2 och D.

8 Sammanfattning och slutsatser

Följande slutsatser kan dras när det gäller påverkan på vattennivåerna i Nömmen och flödena i Fuseån vid anläggning av ett flödesutjämnande utskov nedströms järnvägsbron med utformning enligt avsnitt 5.2. Slutsatserna bygger på modellberäkningar med tillrinning till Nömmen hämtad från perioden 2009–2023, samt från vårfloden 1966.

- Det blir praktiskt taget samma påverkan på flöden och nivåer med en 1.5 m bred lågflödesväg med bottenutskov (0.2 m öppning) som med en 1.0 m bred lågflödesväg utan bottenutskov. Alternativet utan bottenutskov är en enklare lösning och antas kräva mindre underhåll. Det är också mindre risk för att lågflödesvägen utan bottenutskov ska utgöra ett vandringshinder eftersom man undviker de höga vattenhastigheter som periodvis uppstår i bottenutskovet.
- För skibordsnivån +220.0 m ökar medellågflödet (MLQ) från 220 l/s för nuläget till 240 l/s efter åtgärd. Det lägsta flödet under perioden (LLQ) ökar från 20 l/s till 110 l/s. För skibordsnivån +219.9 m blir höjningen av lågflödena något mindre: MLQ ökar till 220 l/s och LLQ till 70 l/s.
- För skibordsnivån +220.0 m höjs de karakteristiska nivåerna i Nömmen (LLW, MLW, MW, MHW) med 10–15 cm. För skibordsnivån +219.9 m blir höjningen 5–10 cm.
- För en tillrinning motsvarande vårfloden 1966 höjs maxnivån i Nömmen med 3 cm för skibordsnivån +220.0 m, respektive med 1.5 cm för skibordsnivån +219.9 m (utan kompensationsåtgärder).

Följande slutsatser kan dras när det gäller möjligheterna att minska risken för extrema högvattennivåer i Nömmen genom kompensationsåtgärder:

- De effektivaste kompensationsåtgärderna av de som ingick i studien var att sänka marknivåerna till +220.1 m inom 5 m från åkanten på vardera sidan av utskovet utmed en sträcka på 15–20 m (kompensationsåtgärd B2), samt att minska friktionsmotståndet i åfåran genom att ta bort större stenar och block på sträckan från betongbron och ca 150 m nedströms (kompensationsåtgärd D).
- Kompensationsåtgärd B2 och D har tillsammans (G) potentialen att kompensera för utskovets höjning av maxnivån för en tillrinning motsvarande vårfloden 1966, men verkar inte kunna överkompensera effekterna av utskovet, det vill säga sänka maxnivån jämfört med nuläget.
- Kompensationsåtgärderna B2, D och G minskar inte utskovets positiva effekt på lågflödena.
- En extra förlängning av skibordet (kompensationsåtgärd A) behövs inte i kombination med kompensationsåtgärd B2.
- En extra flödesväg vid stenvalvsbron (kompensationsåtgärd E) bedöms inte vara en effektiv åtgärd.

9 Referenser

- /1/ Emåförbundet (2022). *Flödesutjämning Nömmen. Förstudie av vattenuppehållande åtgärd vid Nömmens utlopp. 2019-2022.*

