

Bilaga 5B

PM – Våtenståndsberäkningar vid bro 25-132-1 i Skaulo

E10, Avvakko – Lappeasuando

Gällivare kommun, Norrbottens län

Datum: 2022-01-24

Objektnummer: 880950

BYGGHANDLING



Trafikverket

Postadress: Box 809, 971 25, Luleå

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: PM – Vattenståndsberäkningar vid bro 25-132-1 i Skaulo

Författare: Lisa Carlsson, Sweco

Dokumentdatum: 2022-01-24

Dokumenttyp: PM

Objektnummer: 880950

Kontaktperson: Jöran Gärtner, Trafikverket

Konsult: Sweco

Bilder: Trafikverket och Sweco, där inget annat anges.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

BAKGRUND OCH SYFTE	4
METOD.....	5
Flöden	5
Höjdmodell.....	5
Inmätningar.....	6
Hydraulisk modell	6
Omfattning och tvärsektioner	6
Bro 25-132-1	8
Randvillkor	9
Hydraulisk resistans	9
Översiktlig kalibrering.....	11
RESULTAT.....	13
Osäkerheter	13
Vattennivåer vid broläget	14
Vattenutbredning vid broläget.....	14
DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	15
REFERENSER	16

Bakgrund och syfte

Ca 3,5 mil nordöst om Gällivare tätort passerar väg E10 genom byn Skaulo, mellan sjöarna Sulajärvi och Soutujärvi. Sjöarna förbinds med vattendraget Moskojoki. Knappt 20 m nedströms bron över Moskojoki (ID-nummer 25-132-1) planeras byggnationen av en gång- och cykelbro. Syftet med föreliggande utredning var att beräkna medelvattennivån (MW), medelhögvattennivån (MHW) samt 50-årsnivån (HHW_{50}) vid läget för bro 25-132-1 samt vid läget för den planerade gång- och cykelbron. Beräknade vattennivåer avser att utgöra underlag vid projektering av den nya gång- och cykelbron.

Samtliga nivåer i föreliggande utredning redovisas i höjdsystem RH2000 om inget annat anges.



Figur 1. Väg E10 som passerar mellan sjöarna Sulajärvi och Soutujärvi. Läget för bro 25-132-1 är markerat med röd rektangel. Kartunderlag: Lantmäteriet, 2022.

Metod

Flöden

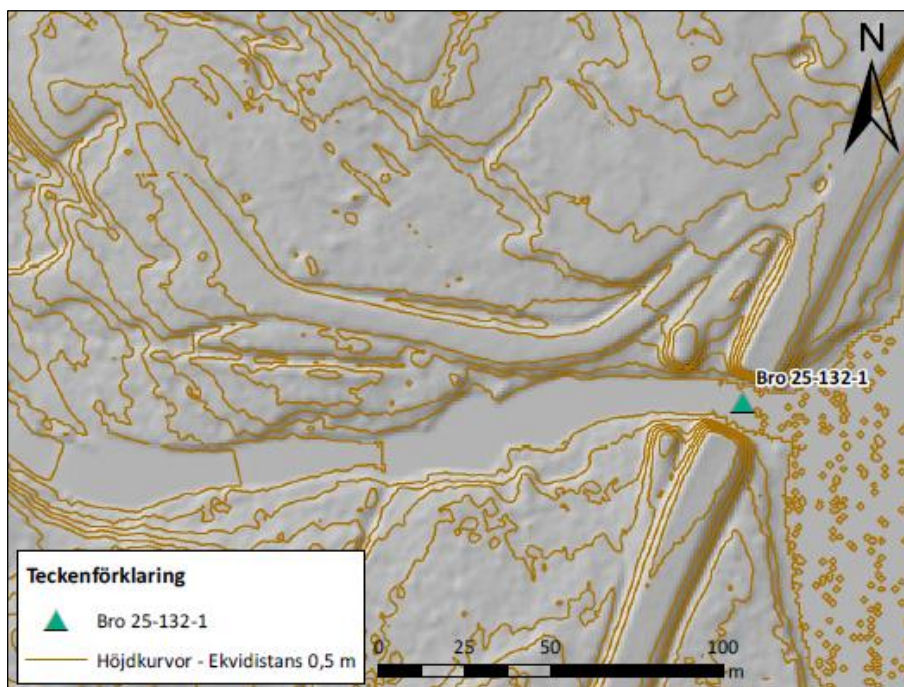
Inom ramen för huvuduppdraget (d.v.s. projektering av den nya gång- och cykelbron i Skaulo) beräknades medelvattenföringen (MQ), medelhögvattenföringen (MHQ) och 50-årsflödet (HQ_{50}) vid läget för bro 25-132-1 av SMHI (SMHI, 2021). Avrinningsområdet storlek och sjöandelen uppgår, enligt SMHI, till 159 km² respektive 8,9 %. SMHI beräknade MQ med hjälp av areell avrinningskarta för perioden år 1963-2018 och stationsuppgifter från jämförbara områden. MHQ respektive HQ_{50} togs fram hjälp av medelvärdesberäkningar och statistisk analys av tidserier från vattenföringsstationerna Skabram (lokaliserad ca 2 km väster om Jokkmokk), Metajärvi (lokaliserad 10 mil norr om Kiruna) och Kukkasjärvi (lokaliserad ca 5 mil nordväst om Haparanda). Beräknade dygnsmedelflöden (i m³/s) redovisas i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Beräknade dygnsmedelflöden vid läget för bro 25-132-1 (SMHI, 2021).

Flödesscenario	Dygnsmedelflöde [m ³ /s]
MQ	1,7
MHQ	10
HQ_{50}	21

Höjdmodell

En höjdmodell över det studerade området laddades ner från SCALGO Live (SCALGO, 2022). Höjdmodellen baseras på högupplöst laserskannad höjddata från Lantmäteriet och har en upplösning om 1,0*1,0 m (Figur 2).



Figur 2. I grått visas en terrängskuggning av höjdmodellen för ett utsnitt av det studerade området. De bruna linjerna representerar höjdkurvor med ekvidistansen 0,5 m.

Laserskannad höjddata innefattar bara information om höjder ovan den nivå som vattenytan låg på vid tillfället för laserskanningen. I höjdmodellen saknas således information om vatten-

dragets batymetri. Batymetri beskriver terrängen under vattenytan och är motsvarigheten till topografi på land. För att beskriva vattendragets batymetri utfördes en manuell bearbetning av den hydrauliska modellens tvärsektioner utifrån inmätningar av bottennivåer (se avsnitt *Inmätningar* och avsnitt *Hydraulisk modell*).

Inmätningar

Inom ramen för föreliggande utredning utfördes inmätningar av bottennivåer (tvärsektioner) i vattendraget samt inmätning av bro 25-132-1. Inmätningarna utfördes den 5:e oktober 2021 av mättekniker Robert Rachwalski, Sweco Polen. Inmätningarna utfördes med ett satellit-baserat positionsbestämningssystem (GPS). Totalt mättes 12 tvärsektioner in utmed vattendragssträckan mellan sjön Sulajärvi och sjön Soutujärvi (Figur 3).



Figur 3. De gula punkterna representerar platserna där inmätningar av bottennivåer utfördes den 5:e oktober 2021.

Hydraulisk modell

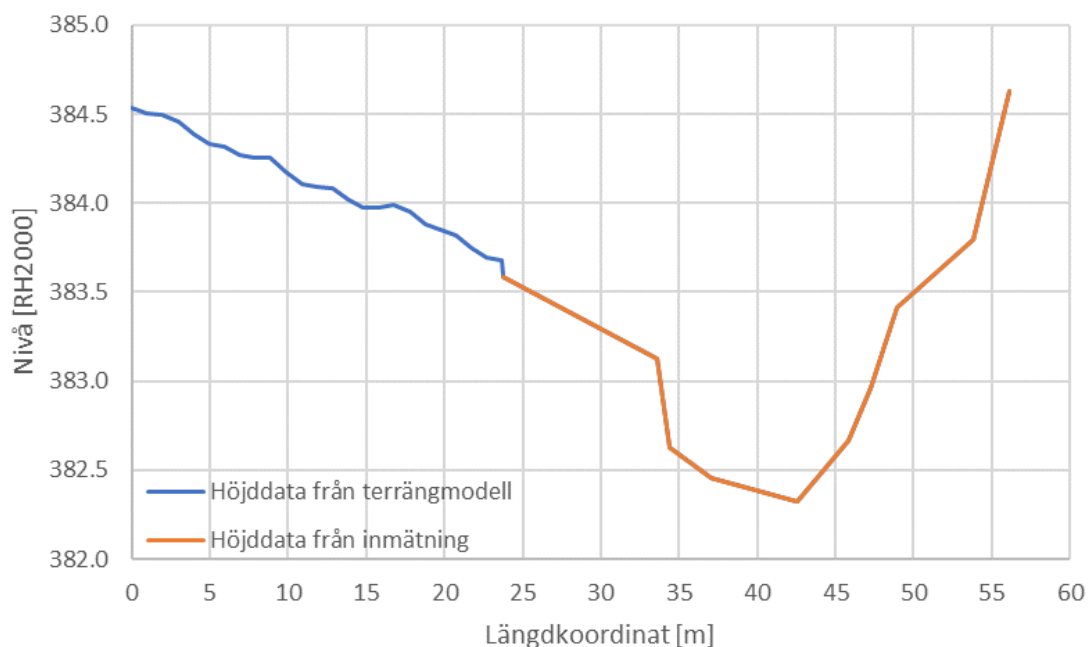
Omfattning och tvärsektioner

I syfte att beräkna vattennivåerna vid läget för bro 25-132-1 och läget för den planerade gång- och cykelbron upprättades en endimensionell hydraulisk modell längs en sträcka av ca 500 m, från precis uppströms bro 25-132-1 ner till inloppet i sjön Soutujärvi. Den hydrauliska modellen upprättades i det endimensionella beräkningsprogrammet MIKE11, programversion 2019. Den studerade vattendragssträckan beskrivs av 19 st. tvärsektioner (Figur 4). Det är i tvärsektionerna som vattennivå beräknas.



Figur 4. Den blå linjen visar den hydrauliska modellens sträckning, från precis uppströms bro 25-132-1 ner till inloppet i sjön Soutujärvi. De svarta linjerna visar de 19 st. tvärsektioner som beskriver vattendraget.

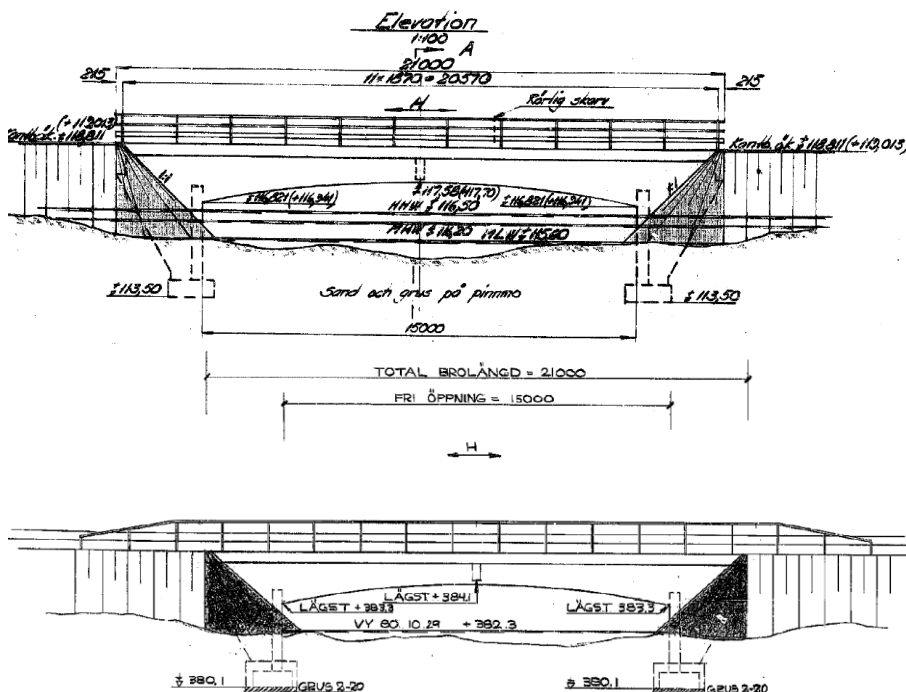
Höjdinformationen i tvärsektionerna baserades på inmätta nivåer i vattendragsfåran (batymetri) och kompletterades i vissa fall med högupplöst laserskannad höjddata, d.v.s. höjdmodellen, på vattendragets stränder (topografi) (Figur 5). Inmätning av bottennivåer utfördes, såsom tidigare nämnts, år 2021 inom ramen för föreliggande utredning (se avsnitt *Inmätning*). Inmätta bottennivåer fanns att tillgå i 12 st. av de totalt 19 st. tvärsektioner som bygger upp den hydrauliska modellen. I de sektioner där inmätningar saknades uppskattades bottennivån baserat på ortofoto samt närliggande inmätningar.



Figur 5. En av sektionerna som beskriver vattendragssträckan. Väster strand (blå linje) baseras på höjdmodellen, d.v.s. högupplöst laserskannad höjddata. Vattendragsfåran och höger strand (orange linje) baseras på inmätningar.

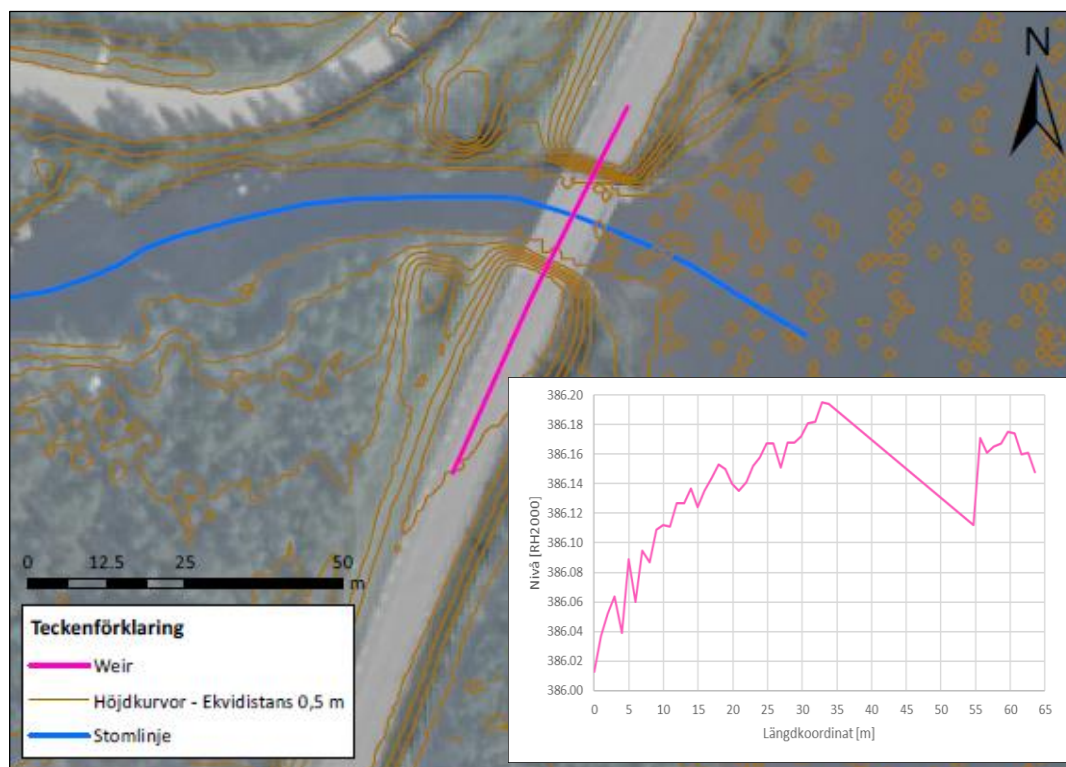
Bro 25-132-1

Den enda struktur som inkluderades i den hydrauliska modellen var den befintliga bron över vattendraget Moskojoki, d.v.s. bro 25-132-1 (Figur 6). Baserat på inmätningar (se avsnitt *Inmätningar*) kunde bottennivå, nivå för underkant brobana och genomströmningsarea bestämmas.



Figur 6. Broritningar över bro 25-132-1 från år 1949 (övre bild) respektive år 1982 (nedre bild). I den övre bilden anges nivåer i ett lokalt höjdsystem och i den nedre bilden i höjdsystem RH00.

Själva broöppningen lades in i den hydrauliska modellen som en s.k. *culvert*, där strömningsbredden vid ett antal nivåer definierades. Vid händelse av höga flöden i vattendraget så begränsas eventuellt flödet inte endast till själva broöppningen utan vatten kan även komma att strömma över vägbanan. För att ta hänsyn till eventuell överströmning av vägbanan representerades väg E10 och brobanan av en s.k. *weir* i den hydrauliska modellen (Figur 7).



Figur 7. Den rosa linjen visar var vägbanan/brobanans profil drogs. Det är denna profil som i den hydrauliska modellen representeras av en s.k. weir. Den rosa linjen i grafen längst ner till höger visar väg- och brobanans nivå i höjdsystem RH2000.

Randvillkor

Såsom tidigare nämnts studerades tre olika flödesscenarier inom ramen för föreliggande utredning; MQ, MHQ och HQ₅₀. SMHI:s beräknade dygnsmedelflöden vid läget för bro 25-132-1 ansattes som uppströms randvillkor i den hydrauliska modellen (Tabell 2).

Tabell 2. Uppströms randvillkor (d.v.s. flöde vid broläget) i den hydrauliska modellen.

Flödesscenario	Uppströms randvillkor [m ³ /s]
MQ	1,7
MHQ	10
HQ ₅₀	21

Nedströms randvillkor utgjordes av en konstant vattennivå i sjön Soutujärvi. För flödesscenariot MQ ansattes vattennivån +378,8 m [RH2000] som nedströms randvillkor och för flödes scenarierna MHQ och HQ₅₀ ansattes vattennivån +379,1 m [RH2000] som nedströms randvillkor. Den hydrauliska modellens nedströms rand är belägen så pass långt nedströms den befintliga bron och den planerade gång- och cykelbron att valet av nedströms randvillkor, d.v.s. vattennivå, ej påverkar beräknade vattennivåer vid brolägena.

Hydraulisk resistans

Den hydrauliska resistansen i vattendraget beskrevs med Mannings tal. Höga värden på Mannings tal beskriver vattendrag med slät botten och låga värden på Mannings tal beskriver vattendrag med tät vegetation eller skrovlig botten, d.v.s. att råheten och därmed flödesmotståndet är stort.

I de sektioner som är lokaliserade närmast upp- och nedströms bro 25-132-1 ansattes Mannings tal till $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Mellan längdkoordinat 170 m (ca 130 m nedströms bro 25-132-1) och längdkoordinat 380 m, där vattendraget är mer forsande och det är mer stenar och vegetation, ansattes Mannings tal till $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Valet av Mannings tal baserades på foton över vattendraget (se exempel i Figur 8 och Figur 9) och referensvärden för Mannings tal (US Army Corps of Engineers, 2016).



Figur 8. Vattendragssträckan nedströms bro 25-132.1. Det övre fotot är taget i riktning uppströms och det nedre fotot är taget i riktning nedströms. Längs denna sträcka ansattes Mannings tal i tvärsektionerna till $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Foto: Robert Rachwalski, Sweco Polen.



Figur 9. Fotot är taget i de nedre delarna av forssträckan lokaliserad mellan längdkoordinat 170 m (ca 130 m nedströms bro 25-132-1) och längdkoordinat 380 m. I tvärsektionerna lokaliserade i det här området ansattes Mannings tal till $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Foto: Robert Rachwalski, Sweco Polen.

Översiktlig kalibrering

Vid tillfället för inmätningen av tvärsektionerna så mättes även vattenytan in i läget för varje sektion. Medelvattenhastigheten mättes därtill översiktligt in, med hjälp av den s.k. apelsinmetoden, på två platser utmed vattendraget; under bron och precis nedströms bron. Enligt inmätningarna uppgick medelvattenhastigheten vid de olika platserna till 1,0 m/s respektive 1,43 m/s. För att möjliggöra en översiktlig kalibrering av den hydrauliska modellen uppskattades flödet i vattendraget med hjälp av de inmätta vattennivåerna och medelvattenhastigheterna (Ekvation 1).

$$Q = v * A \quad (1)$$

där

Q = vattenflödet [m^3/s]

v = medelvattenhastigheten [m/s]

A = våta arean [m^2]

Baserat på den inmätta medelvattenhastigheten under bron (1,0 m/s) uppskattades vattenflödet vid läget för bron till ca $10,2 \text{ m}^3/\text{s}$ och baserat på den inmätta medelvattenhastigheten precis nedströms bron uppskattades vattenflödet vid läget för bron till ca $13,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Stora variationer i flöde framräknades således beroende på vilken av de inmätta medelvattenhastigheterna som användes. Vid kalibrering med flödet $10,2 \text{ m}^3/\text{s}$ låg beräknade vattennivåer lite lågt, ca 0,1 m lägre än uppmätta vattennivåer och vid kalibrering med flödet $13,9 \text{ m}^3/\text{s}$ låg beräknade vattennivåer lite högt, ca 0,1 m högre än uppmätta vattennivåer (Tabell 3).

Tabell 3. Inmätta vattennivåer i tvärsektionerna upp- och nedströms bro 25-132-1 samt beräknade vattennivåer vid kalibrering med flödet 10,2 m³/s respektive 13,9 m³/s. Samtliga nivåer anges i höjdsystem RH2000. I tabellen redovisas därtill skillnaden mellan inmätt och beräknad vattennivå. De två fetmarkerade raderna representerar tvärsektionerna precis upp- och nedströms bron, d.v.s. sektionerna med längdkoordinat 137 m respektive 147 m.

Längdkoordinat [m]	Inmätt vattennivå	Beräknad vattennivå Q = 10,2 m ³ /s	Skillnad [m]	Beräknad vattennivå Q = 13,9 m ³ /s	Skillnad [m]
25	383.45	383.42	-0.03	383.54	0.10
31	383.42	383.40	-0.03	383.52	0.09
37	383.35	383.35	-0.01	383.46	0.10
47	383.39	383.33	-0.07	383.43	0.04
60	383.22	383.24	0.02	383.34	0.13
79	383.18	383.16	-0.02	383.25	0.07
101	383.16	383.10	-0.06	383.20	0.04
138	382.98	382.93	-0.05	383.02	0.04
172	382.76	382.67	-0.08	382.76	0.01
212	382.12	382.08	-0.04	382.18	0.05
298	380.79	380.73	-0.06	380.82	0.03
377	379.44	379.33	-0.11	379.42	-0.02

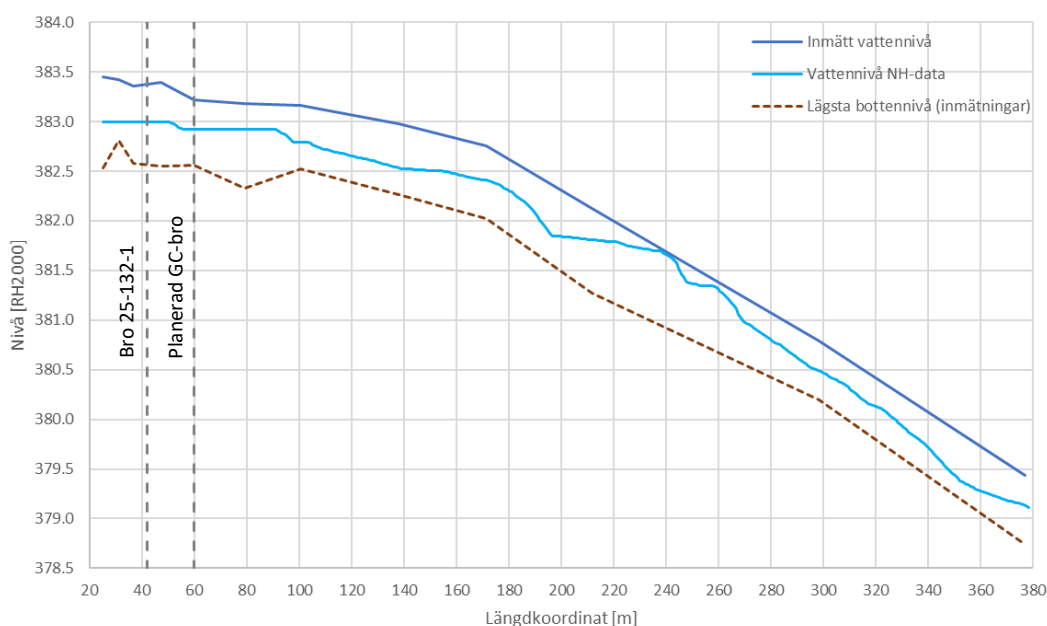
Resultat

Osäkerheter

Eftersom kalibreringsunderlag i form av uppmätta flöden, med t.ex. flygelmätningar, saknades var det svårt att med säkerhet fastställa hur stort flöde som gick i Moskojoki vid tillfället för inmätningarna av vattennivå (d.v.s. den 5:e oktober 2021). Den översiktliga kalibreringen visar emellertid att beräknade vattennivåer är i ungefär samma storleksordning som uppmätta vattennivåer. Avvikelsen mellan beräknade och uppmätta vattennivåer är ca $\pm 0,1$ m.

Vid beräkning av MW, MHW och HHW₅₀ simulerades, som tidigare nämnts, SMHI:s beräknade flöden (Tabell 2). De av SMHI beräknade flödena är konstanta och utgörs av dygnsmedelvärden. Det går således ej att utesluta att 50-årsflödet i Moskojoki momentant kan vara större än det flöde som simulerades i föreliggande utredning.

Vid jämförelse av den inmätta vattenståndsprofilen och vattenståndsprofilen extraherad ur höjdmodellen (d.v.s. den laserskannade vattenytan) kan det konstateras lutningen på den inmätta och den laserskannade vattenytan skiljer sig åt (Figur 10). Det här beror troligtvis på att mätteknikerna har missat att identifiera och mäta in ett par forsnackar/begränsade sektioner utmed forssträckan lokaliserad mellan längdkoordinat 170 m och 380 m. Forssträckan är emellertid lokaliserad så pass långt nedströms bro 25-132-1 och den planerade gång- och cykelbron att detta inte bör påverka beräknade vattennivåer vid de båda brolägena i någon nämnvärd utsträckning.



Figur 10. I mörkblått visas den inmätta vattennivån (2021-10-05) och i ljusblått visas den laserskannade vattenytan. Den bruna streckade linjen representerar inmätt bottennivå.

Vattennivåer vid broläget

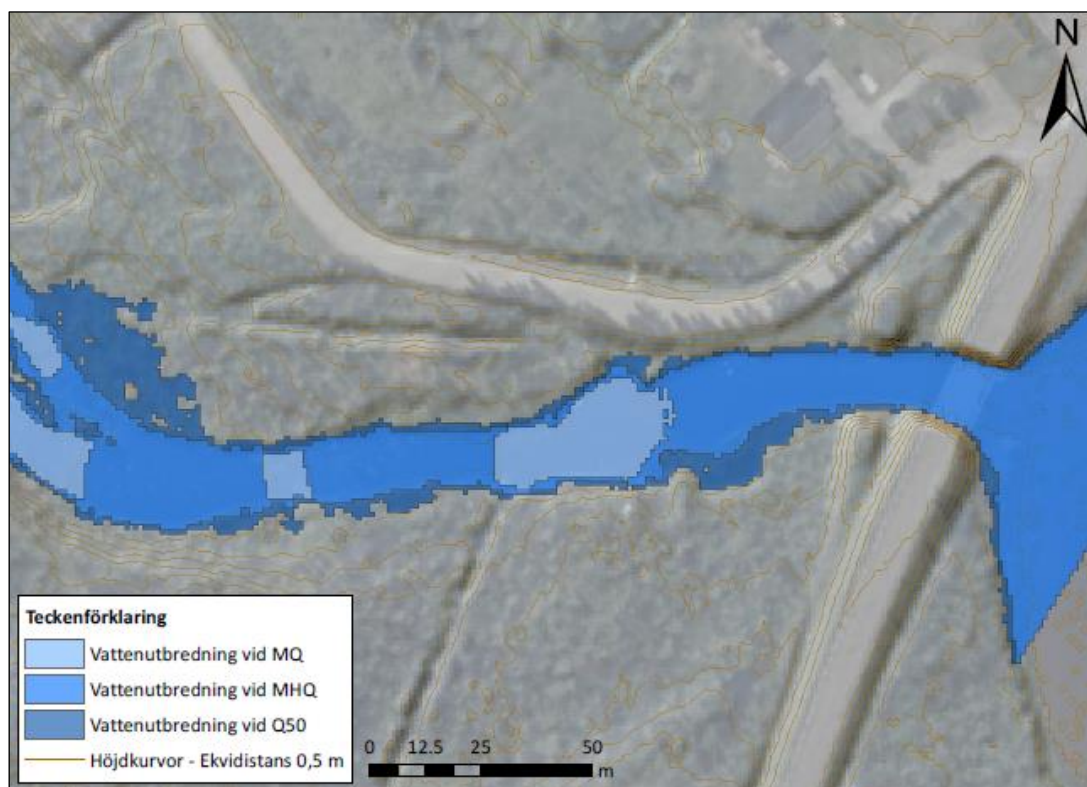
I Tabell 4 nedan redovisas beräknade vattennivåer, i höjdsystem RH2000, vid läget för den befintliga vägbron över Moskojoki (ID-nummer 25-132-1) samt vid läget för den planerade gång- och cykelbron vid flödesscenarierna MQ, MHQ och HQ₅₀.

Tabell 4. Beräknade vattennivåer, i höjdsystem RH2000, vid läget för bro 25-132-1 samt vid läget för den planerade gång- och cykelbron (GC-bron).

Flödesscenario	Beräknad vattennivå vid läget för bro 25-132-1 [RH2000]	Beräknad vattennivå vid läget för den planerade GC-bron [RH2000]
MQ	+382,8	+382,8
MHQ	+383,3	+383,2
HQ ₅₀	+383,6	+383,5

Vattenutbredning vid broläget

I Figur 11 nedan redovisas den karterade vattenutbredning precis upp- och nedströms bro 25-132-1 vid flödesscenarierna MQ, MHQ och HQ₅₀. Att vattenutbredningen inte karteras ut fullständigt vid MQ beror på att vattennivån vid tillfället för laserskanningen låg högre än medelvattennivån (MW).



Figur 11. Vattenutbredningen precis upp- och nedströms bro 25-132-1 vid flödesscenarierna MQ, MHQ och Q50.

Diskussion och slutsatser

Beräknad HHW_{50} , +383,6 m respektive +383,5 vid bro 25-132-1 samt vid läget för den planerade gång- och cykelbron, ligger lägre än den HHW som anges i ritningarna från år 1949 och år 1982 (Figur 6). Fribord mellan underkant brobana och HHW är i ritningen från år 1949 ca 1,1 m och i ritningen från år 1982 ca 0,7 m, medan fribordet enligt simuleringarna genomförda inom ramen för föreliggande utredning uppgår till ca 1,5 m.

I föreliggande utredning baseras den hydrauliska modellen på bästa tillgängliga underlag (inmätta sektioner och laserskannad höjddata) och kalibreringen utfördes med hjälp av inmätta vattennivåer och uppskattade flöden. Till skillnad från tidigare nivåangivelser är det i och med föreliggande utredning därtill nu känt vilket flöde i Moskojoki som ger upphov till HHW_{50} . Det är också känt vilket underlag som har använts, vilka antaganden som har gjorts samt vilken metod som har använts för att beräkna MW, MHW och HHW_{50} .

Nivån för underkant brobana för bro 25-132-1 är enligt inmätningar ca +385,1 m i höjdsystem RH2000. Beräknad HHW_{50} ligger, såsom tidigare nämnts, ca 1,5 m under nivån för underkant brobana och det är följaktligen god marginal mellan beräknad högvattennivå och underkant brobana.

Referenser

Lantmäteriet, 2022. *Min karta*. Tillgängligt på: <https://minkarta.lantmateriet.se/>. Hämtat: 2022-01-20.

SCALGO, 2022. *SCALGO Live*. Tillgängligt på: https://scalgo.com/live/sweden?res=1024&ll=15.993575%2C62.444473&lrs=lantmateriet_topowebb_nedtonad&tool=zoom.

SMHI, 2021. *Dimensioneringsunderlag för tre brolägen E10*. 2021-11-23.
Referensnummer: 2021/2289/9.5

US Army Corps of Engineers, 2016. *HEC-RAS River Analysis System - Hydraulic Referens Manual*. Version 5.0. February 2016.



TRAFIKVERKET

Trafikverket, Box 809, 971 25 Luleå. Besöksadress: Sundsbacken 2-4.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se