

Bilaga 3

Rapport flödesmätningar vid Slite, Gotland

BERGGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR AB
org.nr. 556173–2396

STOCKHOLM: Vretenvägen 12 • 171 54 Solna
www.bergab.se • 08-564 855 00

GÖTEBORG: Stampgatan 15 • 416 64 Göteborg
www.bergab.se • 08-564 855 00

KONTAKT

KUND

Företag: Heidelberg Materials Cement Sverige AB
Kontaktperson: Jon Hallgren

BERGAB

Uppdragsnr: US21124
Uppdragsledare: Johan Larsson
Handläggare: Klara Alvelid/Ella Myr/Joanna Ghaderidosst
Granskare: Johan Larsson

INNEHÅLL

1 Inledning	4
1.1 Syfte	4
1.2 Områdesbeskrivning	4
1.3 Mätpunkter	5
2 Metodbeskrivning och utförande	6
2.1 Flödesmätningar	6
2.1.1 Saltutspädning	6
2.1.2 Hydrologisk flygelmätning	8
2.1.3 Hink och klocka	8
2.2 Vattenståndsmätning	9
3 Resultat och diskussion	10
3.1 Flödesmätningar	10
3.1.1 Saltutspädning	10
3.1.2 Flygelmätning	13
3.1.3 Hink och klocka	14
3.1.4 Sammanställning av resultat	15
3.2 Vattenståndsmätning	21
4 Slutsats	22
5 Referenser	23

BILAGOR

Bilaga A. Foton av mätpunkter för flödesmätningar

1 Inledning

Som en del av Heidelberg Materials ansökan om tillstånd till fortsatt och utökad täktvattenverksamhet i Slite, har Bergab fått i uppdrag att utföra flödesmätningar i vattendrag belägna kring File hajdar-täkten. Flödesmätningar har utförts genom saltutspädning, flygelmätning samt hink och klocka i totalt tio mätpunkter. Tryckgivare (divers) har installerats vid sju mätpunkter med syfte att mäta vattennivåer i specifika vattendrag. Föreliggande rapport redovisar metodik och resultat från fältarbetet. Resultaten utgör en serie av flödesmätningar som utförts under en 1-årsperiod, med start i november 2022.

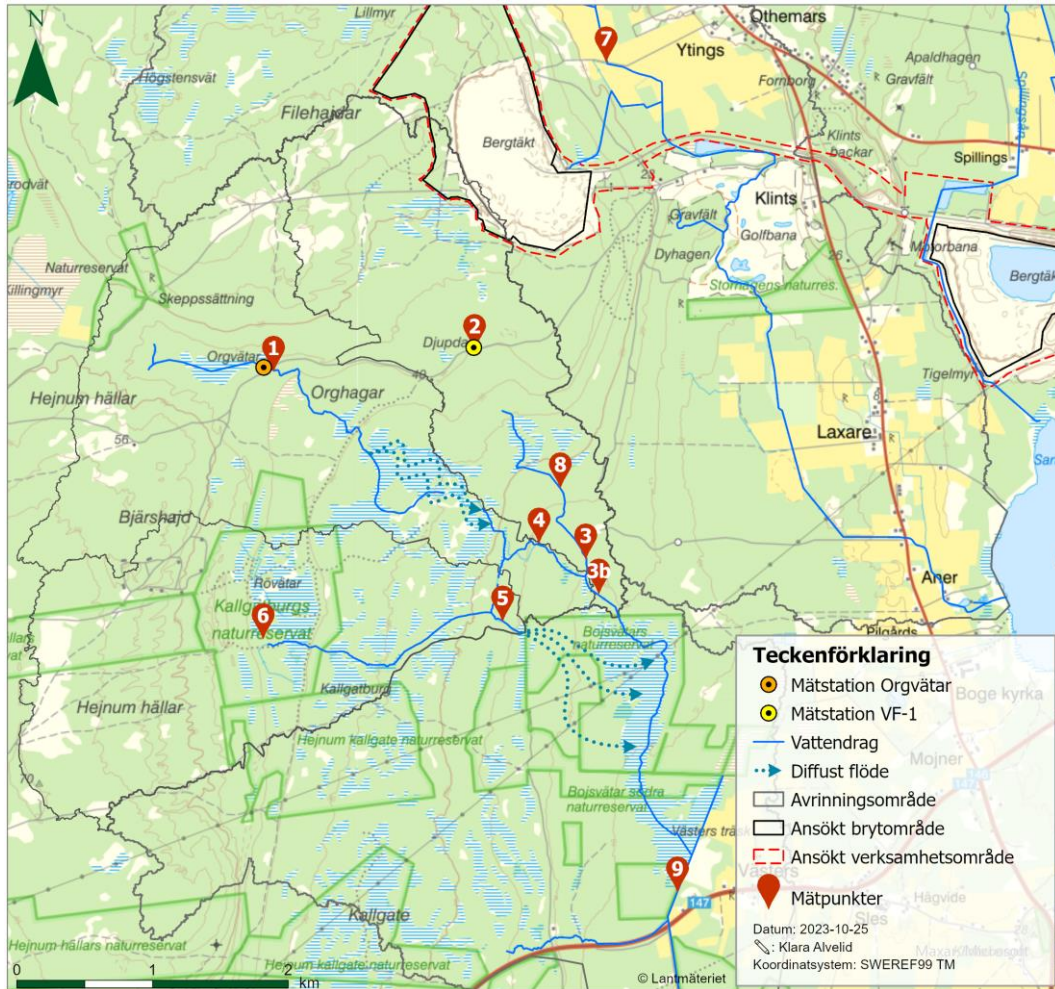
1.1 Syfte

Mätningarna har som syfte att öka kunskapen om flödesförhållanden och den generella hydrologin i delavrinningsområden kring File hajdar-täkten. Insamlade data kommer bland annat att användas i hydrologiska modeller.

1.2 Områdesbeskrivning

Flödesmätningarna utfördes i vattendrag belägna sydväst, söder samt öster om File hajdar-täkten. Den generella flödesriktningen i avrinningsområdena är sydostlig i riktning mot Bogeviden och Östersjön. Landskapet är relativt flackt och flödesriktningarna bedöms lokalt kunna variera mellan säsonger med lägre och högre vattenstånd. Under vinter och vår är vattenflödet som störst och våtmarkerna välfyllda. Vid höga vattennivåer är det inte ovanligt att vattnet hittar andra flödesvägar genom landskapet, t.ex. genom att vatten flödar över strandvallar som vid lägre vattennivåer utgör ytvattendelare. På våren – när växtligheten och avdunstningen ökar, samtidigt som nederbörden normalt sett minskar – minskar ytvattenflödena kraftigt. Flödet i vattendragen rinner då främst i de större bäckfåror, som även dessa torkar ut under sommarperioden.

I Figur 1 redovisas lägen för mätpunkterna avseende flödesmätningar. Högst upp i respektive delavrinningsområde i Figur 1 (uppströms mätpunkterna) karaktäriseras landskapet av hållmark med gles barrskog. I hållmarksområdena saknas större ytvattenmagasin. Jordlagren i området är generellt mycket små och berg i dagen är vanligt förekommande. Mindre våtmarksområden förekommer i området, men dessa torrläggs tidigt under sommarperioden. Ytvatten rinner i ett diffust flöde i sydöstlig riktning, eller infiltrerar i bergets spricksystem.



Figur 1. Mätpunkter för flödesmätningar.

Nedströms hållmarkerna löper flertalet strandvallar som har stor influens på den lokala hydrologin nedströms. Strandvallarna och andra strandbildningar härrör från senglaciala och postglaciala Östersjöstadier. Magasineringskapaciteten i de större strandvallarna är relativt stor sett till områdets generellt tunna jordlager. Delar av det vatten som kommer från området uppströms strandvallarna infiltrerar och magasineras i vallarna för att sedan strömma ut på nedströms sida. Det är inte ovanligt att det i detta område skapas mindre fåror nedströms vallarna som leder vattnet vidare nedströms i avrinningsområdena. Vissa strandvallar saknar genomskärningar för vattenfåror vilket medför att vallarna fungerar som barriärer och hindrar vattnet från att rinna vidare. Detta skapar våtmarker av dämmetyp på uppströmssidan av vallarna. Genomskärningar och vägtrummor förekommer dock på flera håll.

1.3 Mätpunkter

Mätpunkterna är belägna både i skogsmiljö och intill jordbruksmark. En majoritet av vattendragen passerar igenom en eller flera av Natura 2000-områdena Bojsvåtar, Hejnum Kallgate eller Kallgatburg.

Samtliga vattendrag är relativt raka till formen och har en bredd på 0,5–4 meter. Mätpunkterna 1, 2, 3, 3b, 4 och 8 är belägna i skogsmiljö och har en hårdgjord botten (kalkhäll) med ingen eller begränsad växtlighet i vattendraget. Även mätpunkt 6 är lokaliserad i skogen, men bedöms till viss del försörjas av grundvatten. Vid mätpunkt 6 finns mycket växtlighet i vattnet, vilket tyder på att det vid denna mätpunkt förekommer vatten under en större del av året än vid andra mätpunkter. Mätpunkterna 7 och 9 är båda belägna i kanaliserade åar intill jordbruksmark där botten består av lerjordar. Foton från mätpunkterna redovisas i Bilaga A.

2 Metodbeskrivning och utförande

Följande avsnitt redovisar flödesmätningens metodik samt utsättning av tryckgivare (divers). Flödesmätningarna har genomförts under en period av tre–fem dagar, varje månad, med start i november 2022.

2.1 Flödesmätningar

Flödesmätningar utfördes i tio mätpunkter. De metoder som användes var saltutspädning, flygelmätning samt hink och klocka. I Tabell 1 redovisas vilka metoder som användes vid respektive mätpunkt. Mätpunkt 1 är belägen vid SMHI:s mätstation Orgvåtar och mätpunkt 2 är belägen vid ett Thomsonöverfall. Resultaten från flödesmätningarna vid mätpunkt 1 och 2 har kontrollerats mot uppmätta flöden vid respektive mätstation (SMHI, u.å.).

Tabell 1. Mätpunkter och metoder applicerade vid respektive punkt.

Mätpunkt	Läge	Metod
1	Nedströms SMHI:s station Orgvåtar	Saltutspädning, flygelmätning
2	VF1, vid Thomsonöverfall	Hink och klocka
3	Bäckfåra	Saltutspädning, flygelmätning
3b	Bäckfåra, efter sammanflödespunkt	Saltutspädning, flygelmätning
4	Bäckfåra	Saltutspädning, flygelmätning
5	Bäckfåra	Saltutspädning, flygelmätning
6	Bäckfåra, grundvattenuppträngning	Saltutspädning, flygelmätning
7	Anerån, uppströms sammanflödespunkt	Saltutspädning, flygelmätning
8	Bäckfåra, nedströms myren i genomskärning av strandvall	Saltutspädning, flygelmätning
9	Vikeån, norr om väg147	Saltutspädning, flygelmätning

2.1.1 Saltutspädning

Saltutspädning är en vanlig mätmetod för att beräkna vattenföring och lämpar sig bäst i vattendrag med medelstora flöden med bra lateral omblandning (Moore, 2005). Metoden innefattar mätning av elektrisk konduktivitet (EC) i ett vattendrag efter att en omedelbar puls med känd volym saltlösning tillförts vattendraget. För att saltlösningen ska spridas i hela vattenkolumnen bör avståndet mellan tillförelse av saltlösning och avläsning vara cirka 25 gånger bäckfårens bredd, enligt Moore (2005). Utifrån vattendragets morfologi och vattenföring kan det dock krävas att avståndet

minskas eller ökas för att uppnå tillräcklig lateral omblandning av saltlösningen i vattenkolumnen.

Flödet Q beräknas enligt Ekvation (a) och är baserad på Moore (2005). Från en sekundär kalibreringslösning erhålls kalibreringsvärdet k som beräknas enligt Ekvation (b) och Ekvation (c) (Moore, 2004). Kalibreringsmetoden innefattar en stegvis injicering av utspädd saltlösning i en behållare med en känd volym V_c bäckvatten. En mindre volym saltlösning X , som hämtats från den blandning som hållts i vattendraget, blandas med en volym V_0 . Den utspädda saltlösningen injiceras sedan stegvis i behållaren med volym V_c . Den relativa konduktiviteten RC ökar således stegvis, och kalibreringsvärdet erhålls från lutningen på det linjära sambandet mellan beräknat RC och dess motsvarande elektriska konduktivitet EC .

Ekvation (a)

$$Q = \frac{V}{k \times \Delta t \times [\sum EC(t) - EC_{bg}]}$$

Där Q är vattendragets flöde, V motsvarar volym saltlösning hållt i bäcken, k är kalibreringsvärdet, Δt är tidsintervall på konduktivitetmätaren, EC motsvarar uppmätt elektrisk konduktivitet vid specifik t , och EC_{bg} är bakgrundskonduktiviteten i aktuellt vattendrag.

Ekvation (b)

$$RC_{sec} = \frac{X}{V_0 + X}$$

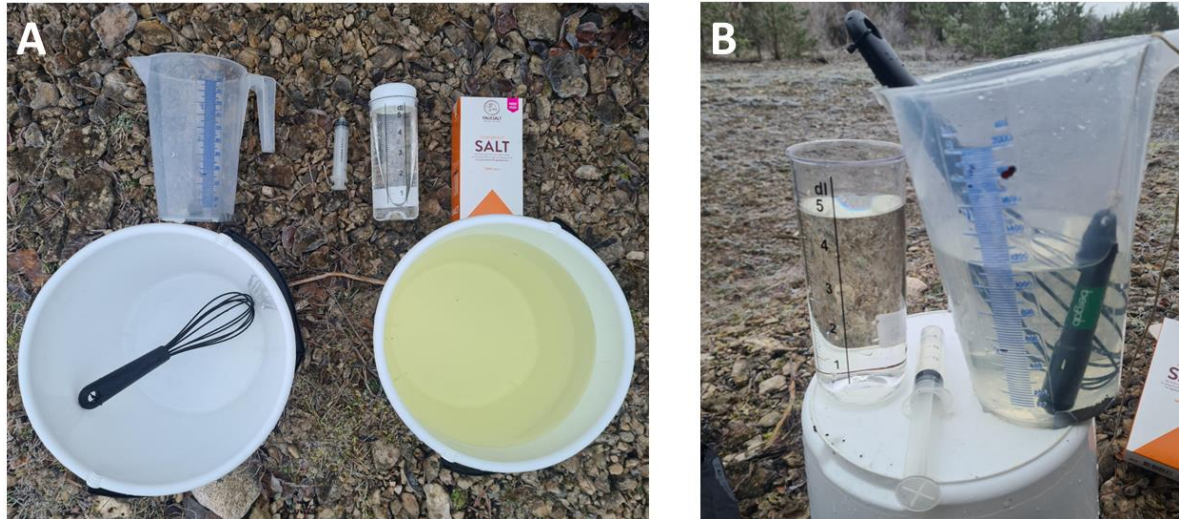
Där RC_{sec} motsvarar den relativa konduktiviteten i kalibreringslösningen, X är mängden saltlösning från behållaren innehållande V , och V_0 är volym bäckvatten.

Ekvation (c)

$$RC = \frac{RC_{sec} \sum y}{V_c + \sum y}$$

RC motsvarar den relativa konduktiviteten beräknat för varje steg i kalibreringsprocessen, y är den kumulativa volymen av saltlösning som tillförts i kalibreringsbehållaren med en volym, V_c , bäckvatten.

Saltutspädningsmetoden utfördes i nio mätpunkter. Konduktivitetmätaren placerades mitt i vattendraget på rekommenderat avstånd från punkt för tillsats av pulser. Två pulser innehållande 4,5 L bäckvatten med cirka 120 g upplöst NaCl hölls i bäcken. Kalibreringslösningen blandades utifrån Moores (2004) beskrivning, med 10 ml saltlösning (X) och 0,5 L bäckvatten (V_0). Volymen utspädd saltlösning tillfördes sedan en 1-liters behållare (V_c). Detta steg upprepades sex gånger. Material använt för beredning av saltlösning och kalibreringslösning visas i Figur 2a och Figur 2b.



Figur 2a. Material använt vid saltutspädningsförsök och kalibrering: 2 x 10 L kärl, 5 L måttkanna, 20 ml pipett/spruta, 0,5 L behållare, bordssalt och konduktivitetsmätare (syns ej i bild).

Figur 2b. Material för kalibreringslösning: måttkanna, behållare med saltlösning, pipett och konduktivitetsmätare.

2.1.2 Hydrologisk flygelmätning

Hydrologisk flygelmätning är en metod för mätning av vattenföring i både större och mindre vattendrag. Mätinstrumentet består av en propeller som genererar elektriska signaler till en processor som beräknar flödeshastigheten i en specifik punkt. För att beräkna vattendragets totala flöde krävs det även att arean för tvärsektionen mäts ut.

Flygelmätningar utfördes i nio mätpunkter med mätinstrumentet Global Water Flow Probe FP111. Mätinstrumentet beräknar ett medelvärde av mätvärden insamlade med en sekunds frekvens. Vid framtagning av tvärsektionen delades vattendraget in i flera mindre sektioner med jämna avstånd. Antalet sektioner valdes utifrån vattendragets storlek samt hur homogent eller heterogent vattenflödet bedömdes vara vid den specifika mätpunkten. Flödeshastigheten var i regel lägre längs bäckfårans ytterkant och som högst i mitten av vattendraget. Vid ett fåtal platser var flödet vid ytterkanten under detektionsgräns ($<0,1$ m/s).

En genomsnittlig flödeshastighet (m/s) uppmättes i varje sektion. Enligt medföljande instruktioner förflyttades flygen långsamt runt inom sektionen med syfte att inkludera även vertikala skillnader i flödeshastighet.

2.1.3 Hink och klocka

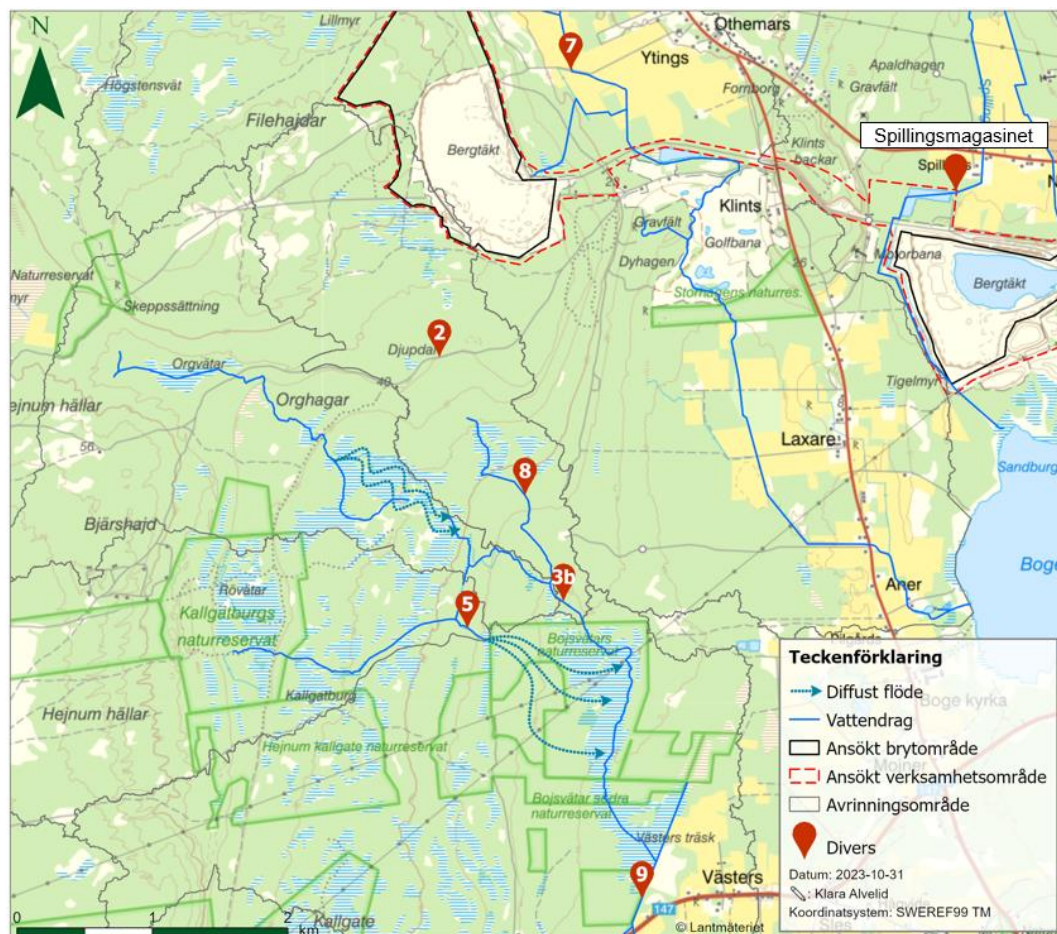
Hink och klocka är en enkel mätmetod i vattendrag med litet flöde och en avsatts som skapar ett mindre vattenfall. Vattenflödet beräknas genom att mäta volymen vatten som samlas upp under en viss tid.

Denna metod applicerades vid mätpunkt 2 och utfördes under ett Thomsonöverfall (triangulärt mätöverfall). Ingen annan mätmetod användes vid denna punkt då vattenflödet bedömdes vara för litet, samtidigt som hink och klocka har låg mätosäkerhet vid låga flöden. Resultatet kontrollerades mot beräknat flöde från den automatiska tryckgivaren som finns installerad vid mätöverfallet.

2.2 Vattenståndsmätning

Tryckgivare (divers) har placerats i sju mätpunkter, se Figur 3. Syftet med vattenståndsmätningar var att identifiera perioder med och utan förekomst av vatten, samt på en relativ skala avgöra när det är *mer* eller *mindre* vatten i de aktuella vattendragen. I två av mätpunkterna, punkt 2 och inloppet till Spillingsmagasinet, finns även mätöverfall som gör det möjligt att beräkna vattenföring.

För att hålla tryckmätarna på plats i mätpunkterna placerades de i PEH-rör med 40 mm i diameter. Rören perforerades och fastgjordes sedan till fasta punkter i eller invid vattendragen.



Figur 3. Placering av tryckgivare (divers).

3 Resultat och diskussion

I följande avsnitt presenteras resultaten från respektive flödesmätningsslag samt från vattenståndsmätningar. De sammantagna resultaten diskuteras sedan i relation till osäkerheter i mätmetoderna.

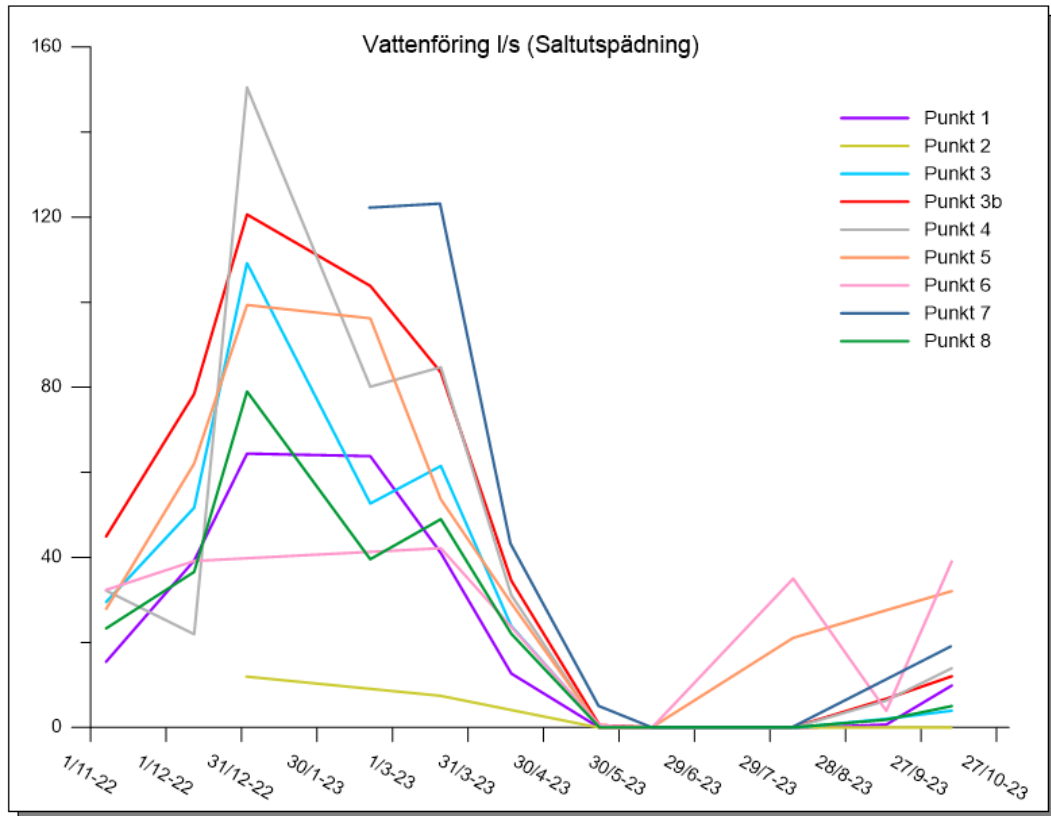
3.1 Flödesmätningar

3.1.1 Saltutspädning

Resultaten från saltutspädningsförsöken redovisas i Tabell 2 och Figur 4. Pulserna från saltutspädningsförsöken varade i cirka 2–3 minuter och var mycket tydliga i en majoritet av mätpunkterna och mättillfällena. Vid vissa mättillfällen vid mätpunkterna 6, 7 och 9 erhöles missvisande resultat. Dessa resultat har således strukits i Tabell 2, Figur 4 och samtliga grafer i avsnitt 3.1.4.

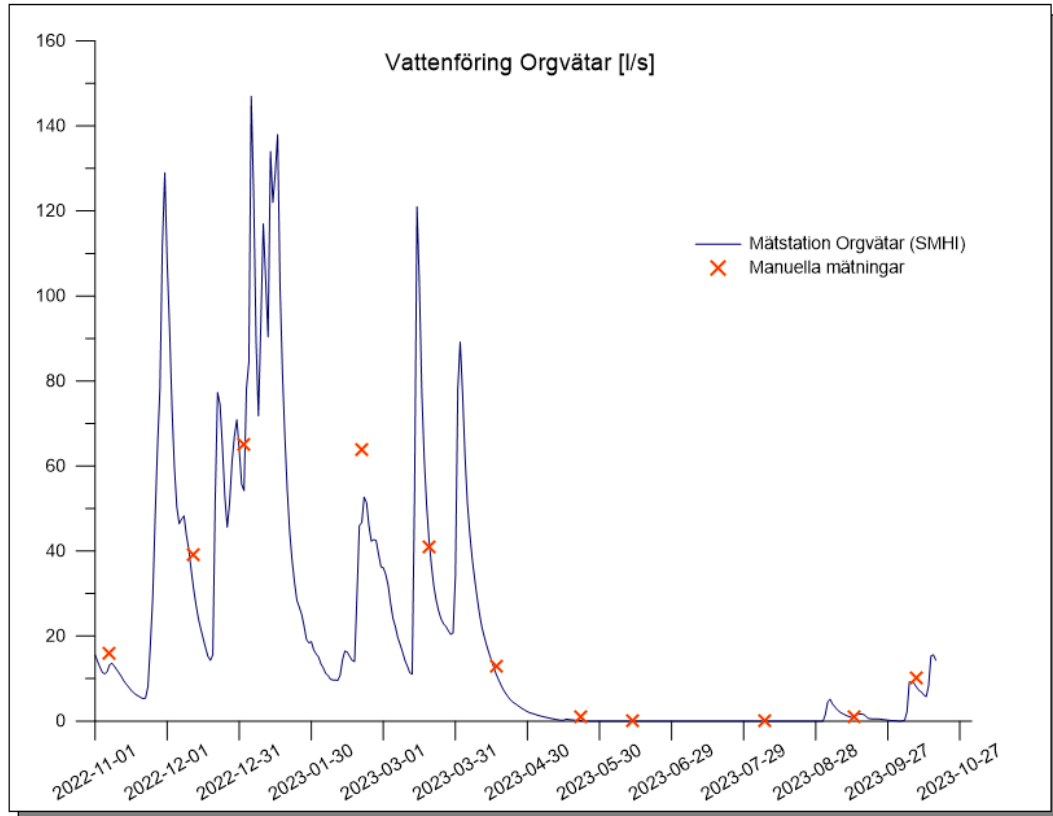
Tabell 2. Medelvattenföring (l/s) beräknat från två saltutspädningsförsök i samtliga mätpunkter. Brunmarkerade områden visar försök vilka gav missvisande resultat. *Uppskattat flöde. – Flöde fanns, men saltutspädning var ej genomförbart.

Datum	1	2	3	3b	4	5	6	7	8	9
7/11 2022	16	-	30	45	32	28	32	-	23	
12/12 2022	39	-	52	78	22	62	39	-	37	
2/1 2023	65	12	109	121	151	99			79	
20/2 2023	64		53	104	80	96		122	40	
20/3 2023	41	7	62	83	85	54	42	123	49	
17/4 2023	13	-	24	34	31	29	-	43	22	138
22/5 2023	0,1*	0	<1*	<1*	0	0	<1*	5	<0,1*	-
12/6 2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<1*
7/7 2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/8 2023	0	0	0	0	0	21	35	0	0	0
13/9 2023	1	0	2	7	6	28	4	-	2	11
9/10 2023	10	0	4	12	14	32	39	19	5	45



Figur 4. Uppmätt vattenföring (l/s) med saltutspädning i samtliga mätpunkter 1–8.

Precis uppströms mätpunkt 1 ligger SMHI:s vattenföringsstation Orgvätar som har använts i syfte att verifiera resultaten. De manuella flödesmätningarna som utförts stämmer väl in i tidserien som uppmätts vid SMHI:s station, se Figur 5.



Figur 5. Jämförelse mellan uppmätta flöden vid SMHI:s vattenföringsstation Orgvåtar och manuella mätningar genom saltutspädningsförsök.

Mätpunkterna som är belägna i skogsbäckar lämpade sig bra för flödesmätning genom saltutspädning då flödes hastigheten och turbulensen bidrog till jämn lateral omblandning av vattenkolumnen. Många av vattendragen är grunda och har större stenar i fåror vilket ger bra förutsättningar för omblandningen av vattenkolumnen.

Att saltutspädningsförsöken i mätpunkter 6, 7 och 9 inte gav ett lika tydligt resultat kan bero på vattendragens utformning och flödes hastighet. Bäckfåran vid mät punkt 6 är bred och rak samt saknar inslag av sten eller andra objekt som kan bidra till en lateral omblandning. Vid mät punkterna 7 och 9 är vattendragens fåror raka och djupa. Flödet vid dessa mät punkter är högre än i andra mät punkter samtidigt som lutningen är liten, vilket ger låga flödes hastigheter. Dessa faktorer begränsar den laterala omblandningen. Kyla och salinitet kan också påverka stratifiering av vattenkolumnen. Den troliga förklaringen till att metoden inte gav ett representativt resultat är att saltlösningen inte fördelades i hela vattenkolumnen och således inte påverkade vattnets konduktivitet i tillräckligt stor utsträckning.

Andra kända felkällor som påverkar vattnets flödes hastighet och riktning i samtliga vattendrag är bottenvegetation och föremål, som exempelvis grenar och stenar, som kan hindra vattnets framfart. Att saltet i saltlösningen inte löst upp sig tillräckligt kan också påverka resultatet.

Vattnets hårdhet kan influera konduktiviteten i vattendragen. Berggrund och mineralrikt vatten påverkar andelen fria vätejoner. Då Gotlands berggrund består av

kalksten, samt att jordlagren även innehåller kalksten, kan detta påverka resultaten från flödesmätningarna.

Blandningen av kalibreringslösningen kan också orsaka fel vid beräkningen av flöde. Vid vissa tillfällen stabiliserades inte konduktiviteten innan nästa injektion av saltlösning i kalibreringsbehållaren. Dessa punkter har då uteslutits från beräkningen av kalibreringsvärdet.

3.1.2 Flygelmätning

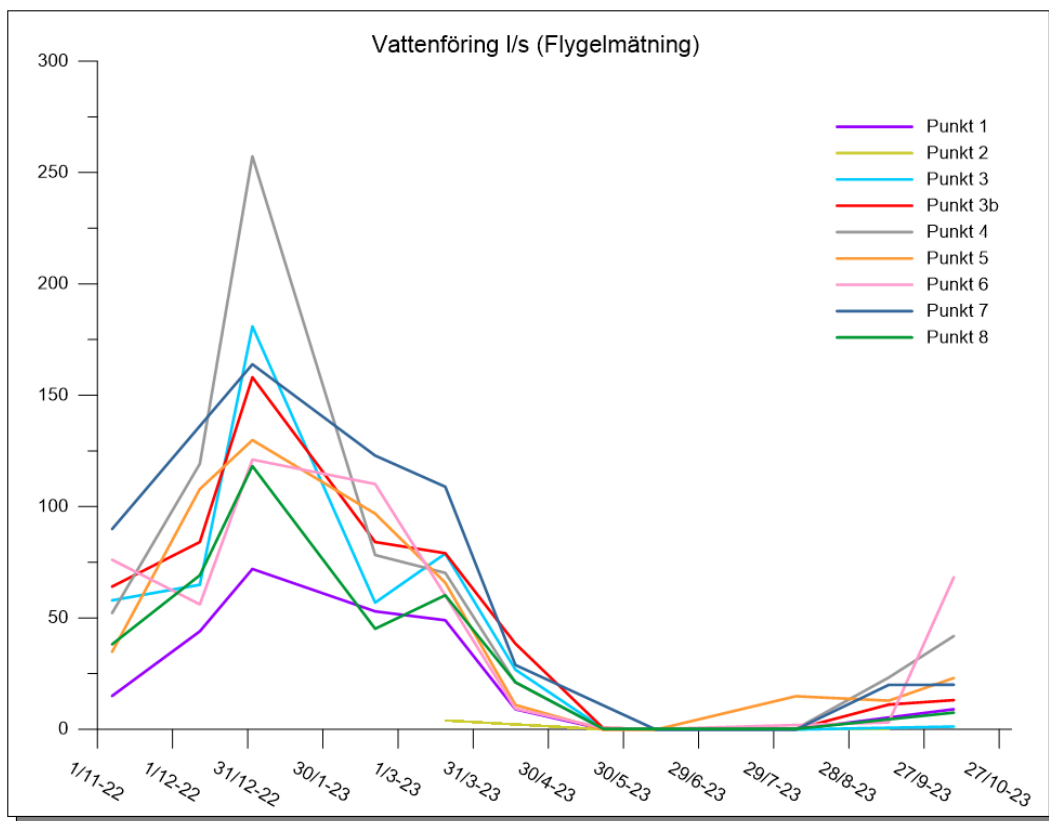
Resultaten från flygelmätningarna redovisas i Tabell 3. Högst vattenföring uppmättes i punkt 7 och 9, som också har högre flöde än övriga mätpunkter.

Då mätinstrumentet som användes har en relativt grov uppskattning av flöde-hastighet (0,1 m/s intervall) har detta en stor påverkan på resultatet. Detta medför troligtvis en överskattning av vattenföringen i mindre vattendrag med hög flöde-hastighet. En inte tillräckligt noggrant uppmätt tvärsektion kan även ha viss påverkan på den beräknade vattenföringen.

Under månaderna maj till augusti 2023 kunde ingen mätning göras i flertalet punkter på grund av för litet eller inget flöde.

Tabell 3. Vattenföring (l/s) från flygelmätning i samtliga mätpunkter. Brunmarkerade områden visar försök vilka gav missvisande resultat. *Uppskattat flöde. - Flöde fanns, men flygelmätning var ej genomförbart.

Datum	1	2	3	3b	4	5	6	7	8	9
7/11 2022	15	-	58	64	52	35	76	90	38	134
12/12 2022	44	-	65	84	119	108	56	-	69	249
2/1 2023	72	-	181	158	257	130	121	164	118	563
20/2 2023	53	-	57	84	78	97	110	123	45	331
20/3 2023	49	-	79	79	70	66	60	109	60	356
17/4 2023	9	4	38	38	21	11	9	29	21	80
22/5 2023	0,1*	0	<1*	<1*	0	0	<1*	-	<0,1*	29
12/6 2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<1*
7/7 2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/8 2023	0	0	0	0	0	16		0	0	0
13/9 2023	-	0	-	11	23	13	3	20	-	21
9/10 2023	9	0	1	13	42	23	68	20	7	104



Figur 6. Uppmätt vattenföring (l/s) med flygelmätning i mätpunkterna 1–8.

3.1.3 Hink och klocka

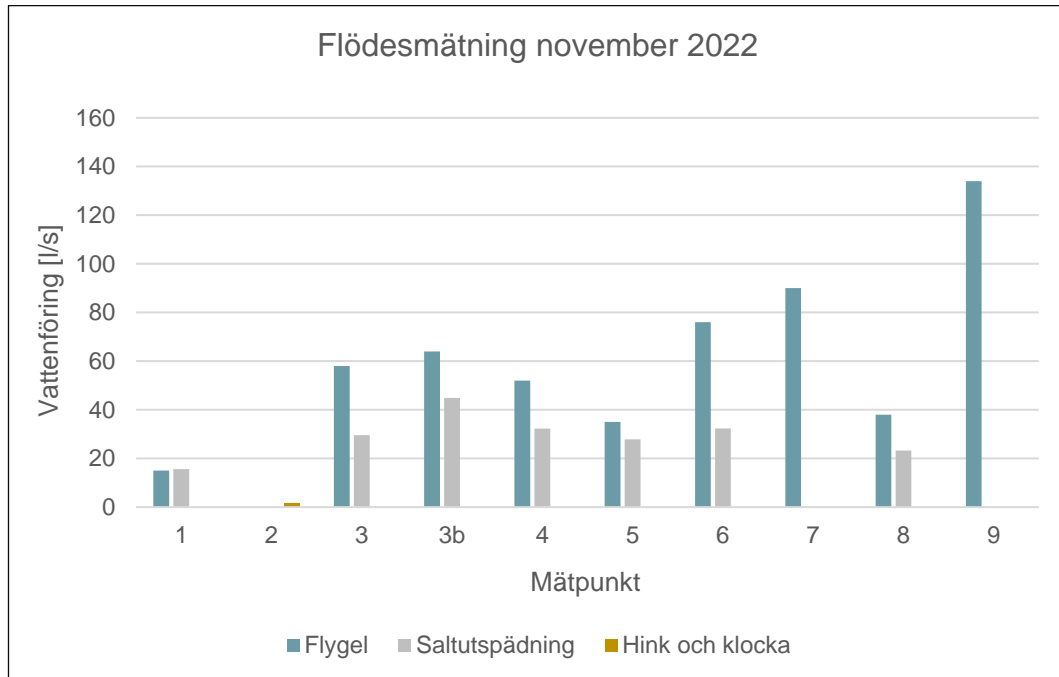
Resultatet från flödesmätningarna med hink och klocka i mätpunkt 2 kan ses i Tabell 4. Under månaderna maj till augusti 2023 var det torrt i vattendraget vid mätpunkten. Redovisade flöden utgör beräknade medelvärden utifrån tre mätningar per mättillfälle.

Tabell 4. Resultat från flödesmätning med hink och klocka i mätpunkt 2. Redovisade flöden är ett medelvärde av uppmätta flöden vid tre mätningar per mättillfälle.

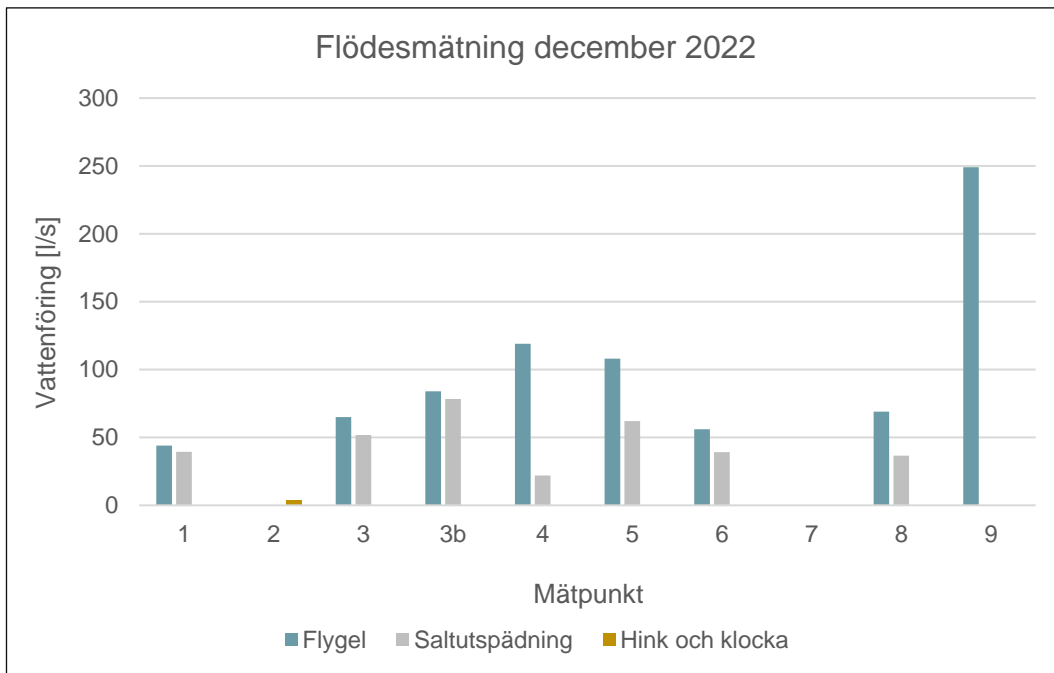
Datum	Flöde (l/s)
7/11 2022	1,69
12/12 2022	3,82
2/1 2023	-
20/2 2023	4,52
20/3 2023	6,60
17/4 2023	0,17
22/5 2023	0
12/6 2023	0
7/7 2023	0
7/8 2023	0
13/9 2023	0
9/10 2023	0

3.1.4 Sammanställning av resultat

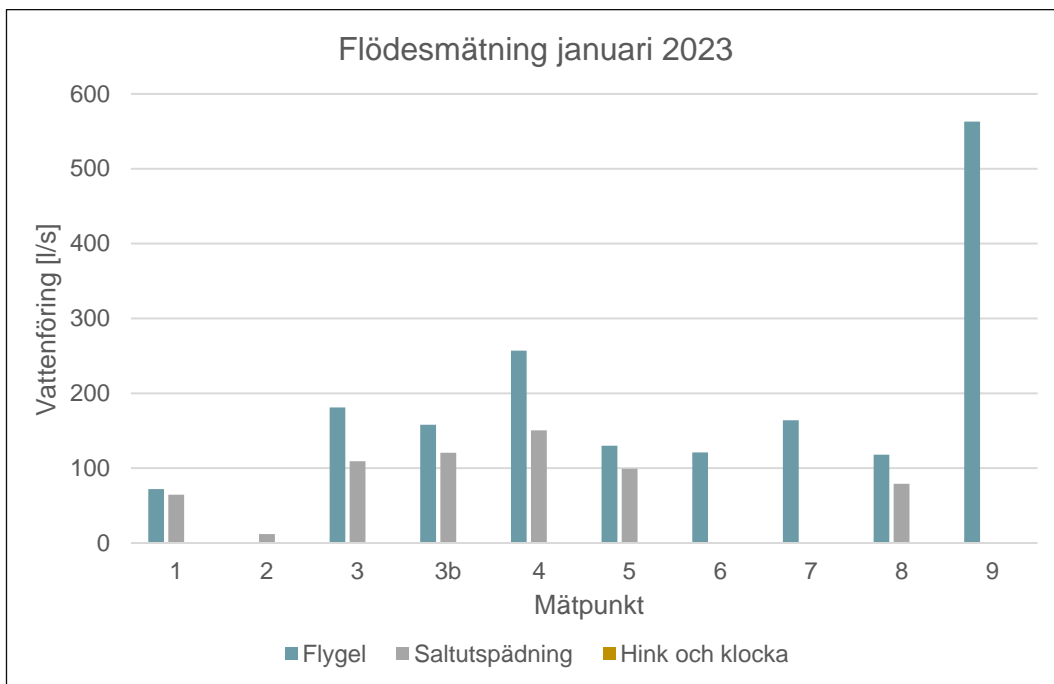
En sammanställning av resultaten från samtliga mätmetoder från november 2022 till oktober 2023 illustreras i Figur 7 till Figur 18. Här tydliggörs skillnaden mellan saltutspädningsmetoden och mätning med hydrologisk flygel. Flygelmätningen uppvisar konsekvent högre vattenföring under månaderna november, december och januari. Från och med februari är skillnaden mellan de två mätmetoderna betydligt mindre, även om vissa skillnader fortfarande förekommer. Att metoderna skiljer sig åt beror, som tidigare nämnts, troligtvis på att flygeln överskattar flödes hastigheten i de mindre vattendragen. Detta har även observerats i en studie av Soupier et al. (2009) som analyserat och jämfört flera olika metoder för flödesmätningar och dess noggrannhet. Från och med februari användes enheten ft/s för att mäta vattnets flödes hastighet. Ändringen av flödesenhet gjorde det möjligt att mäta lägre flöden än det tidigare minimivärdet 0,1 m/s, och följaktligen erhöles ett mer representativt värde där flödet vanligtvis är lågt, exempelvis vid kanterna av fåran. Ändringen av flödesenhet är med stor sannolikhet anledningen till att skillnaderna mellan de två mätmetoderna reducerades.



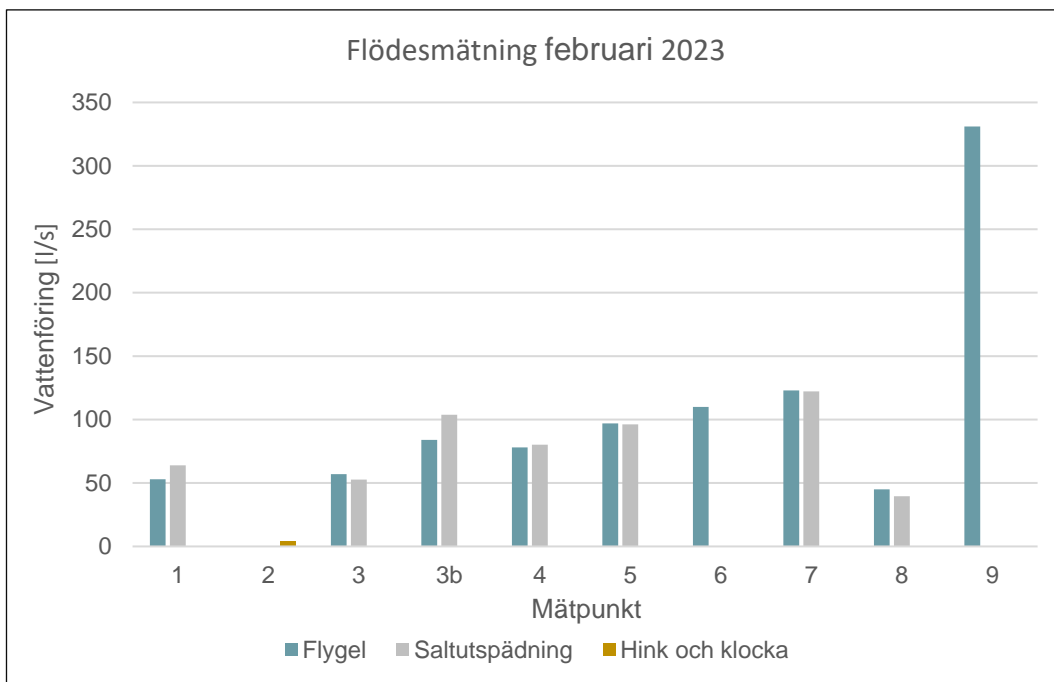
Figur 7. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under november 2022.



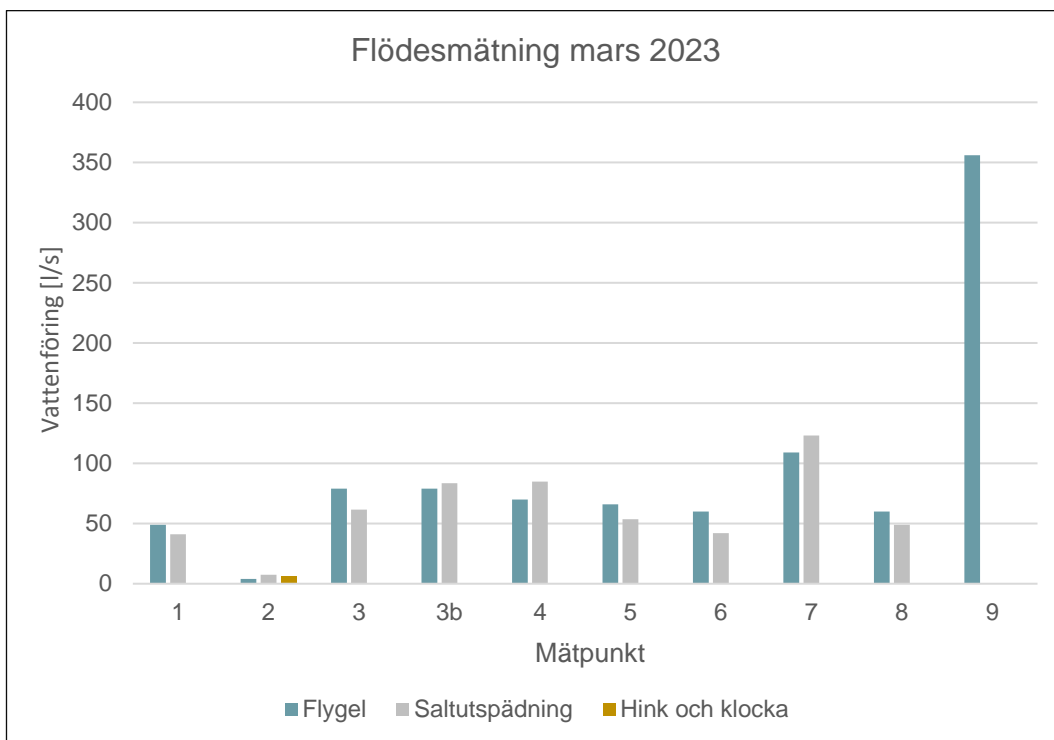
Figur 8. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under december 2022.



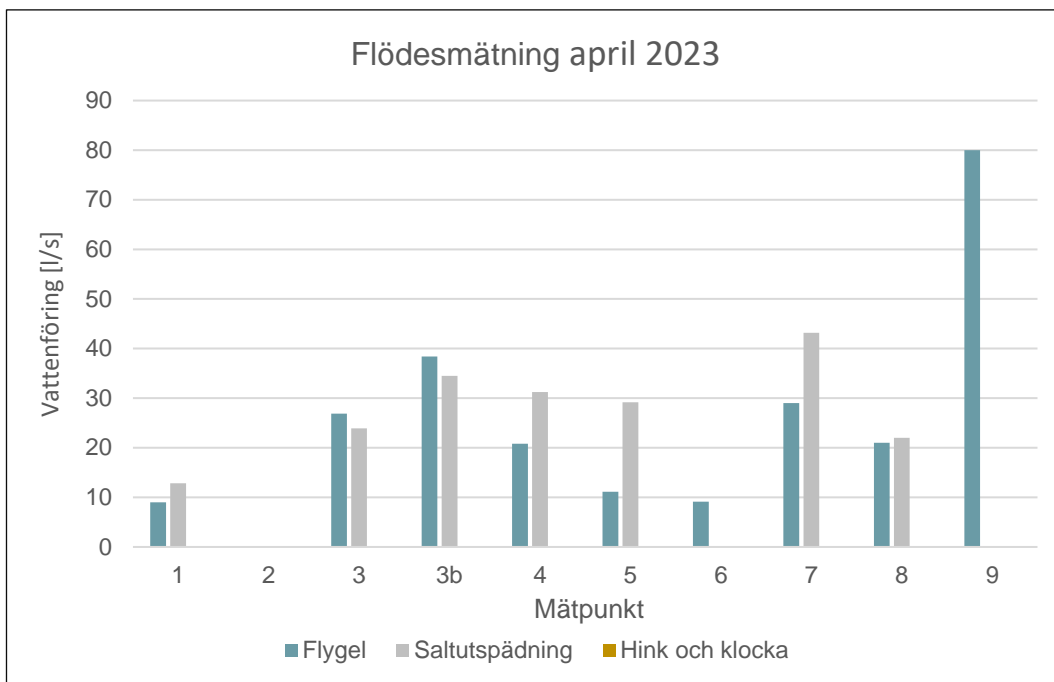
Figur 9. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under januari 2023.



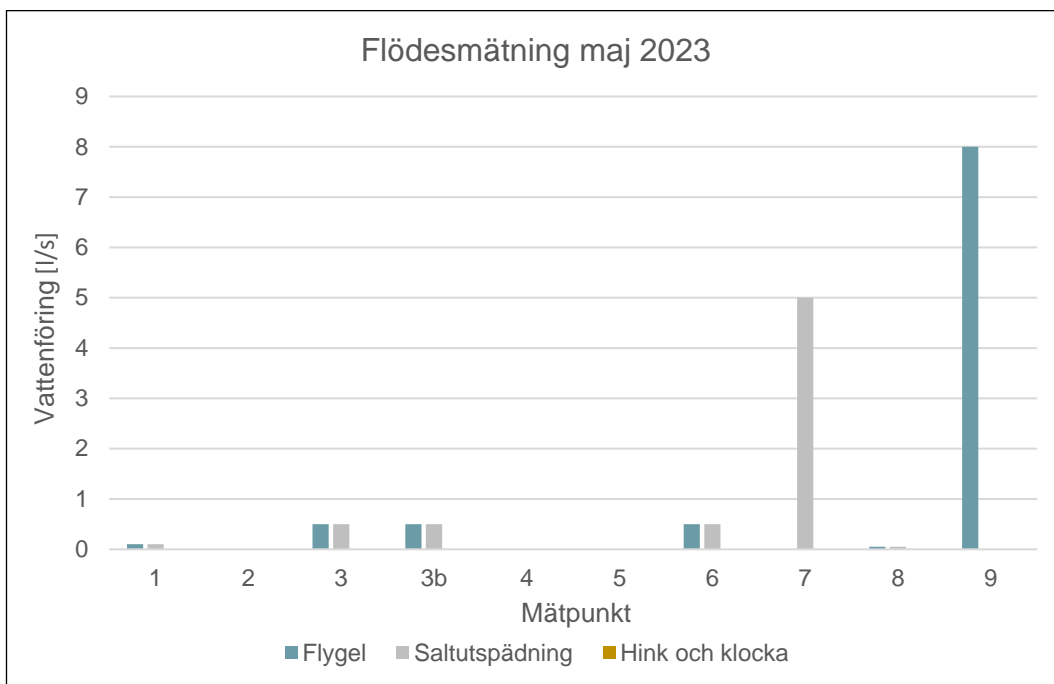
Figur 10. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under februari 2023.



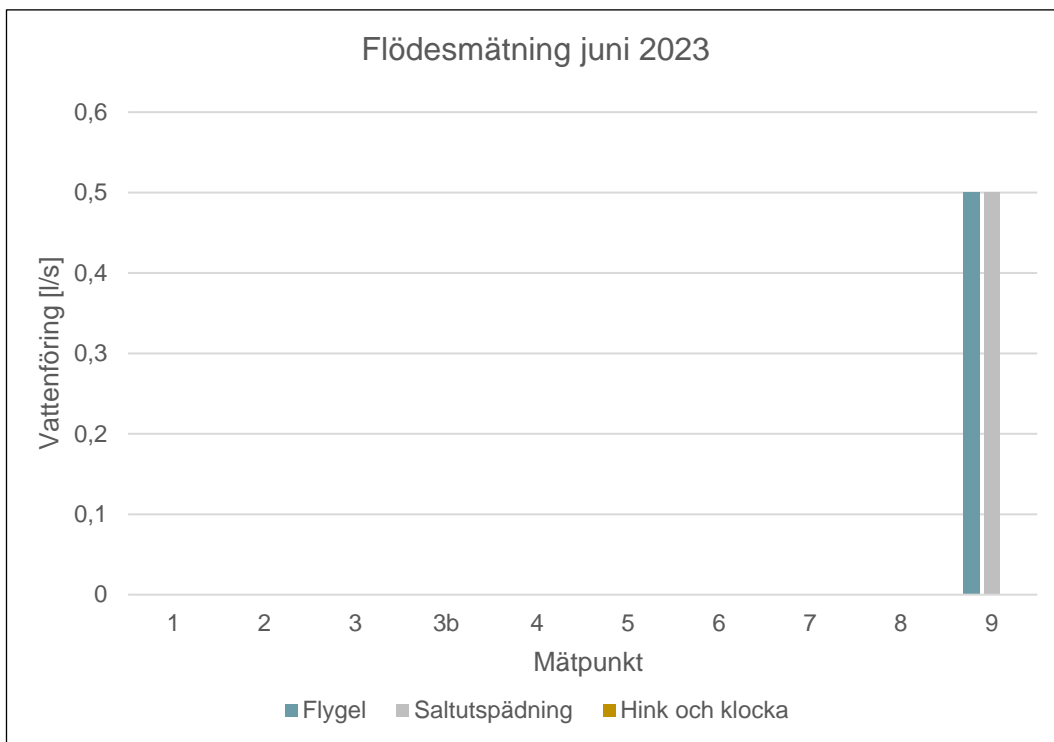
Figur 11. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under mars 2023.



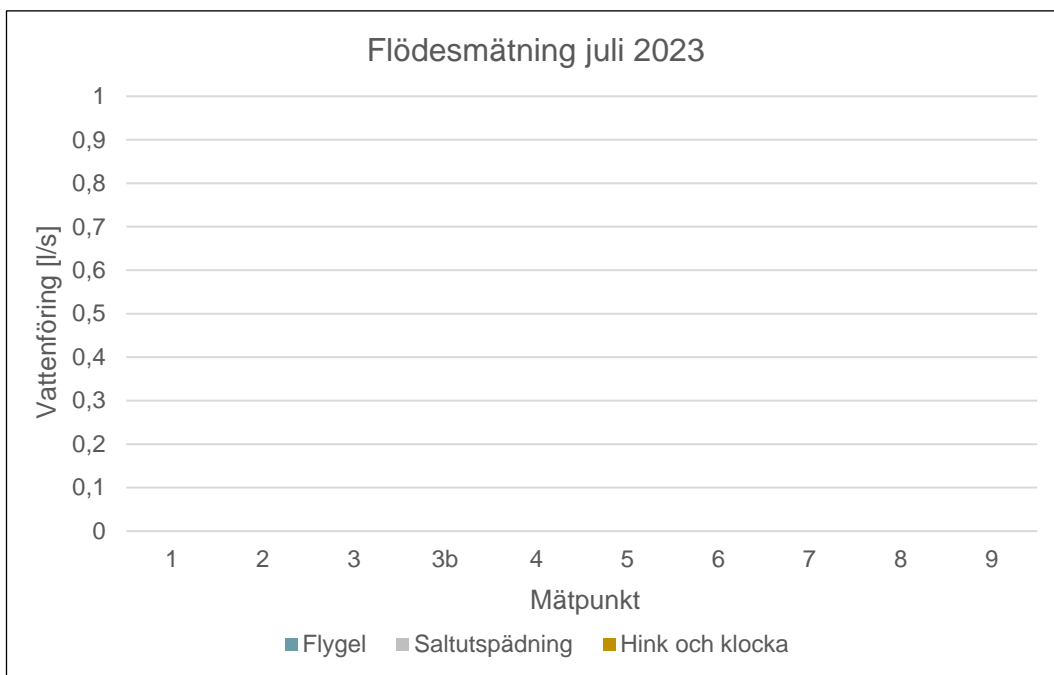
Figur 12. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under april 2023.



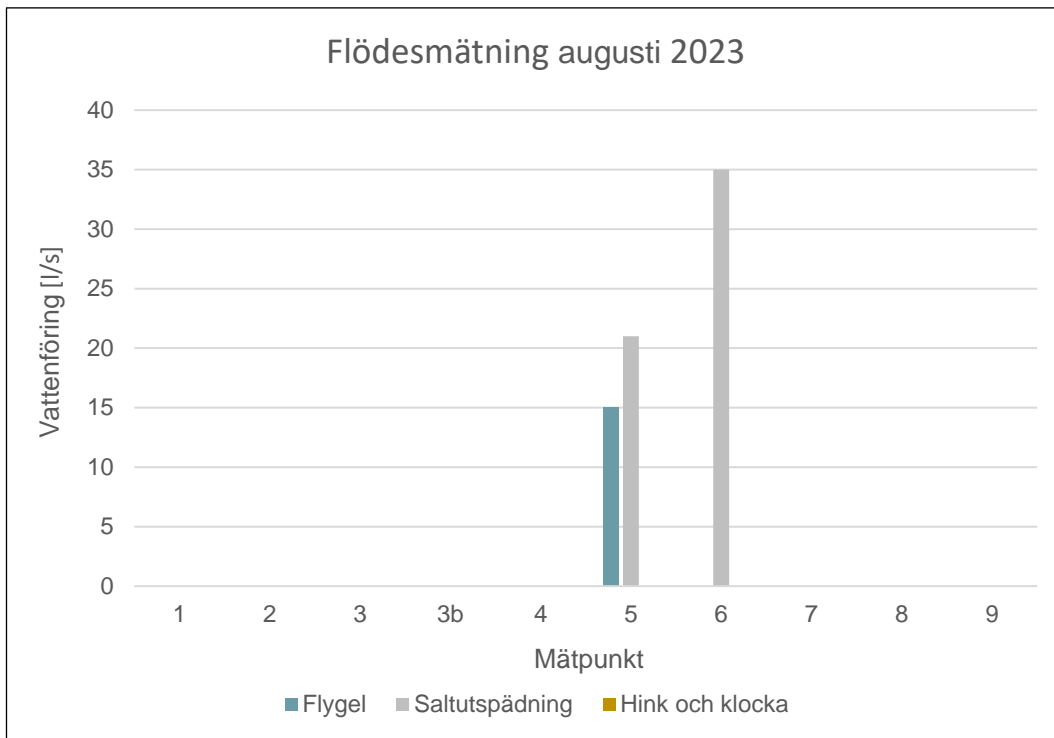
Figur 13. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under maj 2023. Flödena i mätpunkt 1, 3, 3b, 6 och 8 är uppskattade värden då flödet var för lågt för att genomföra flygelmätning och saltutspädning.



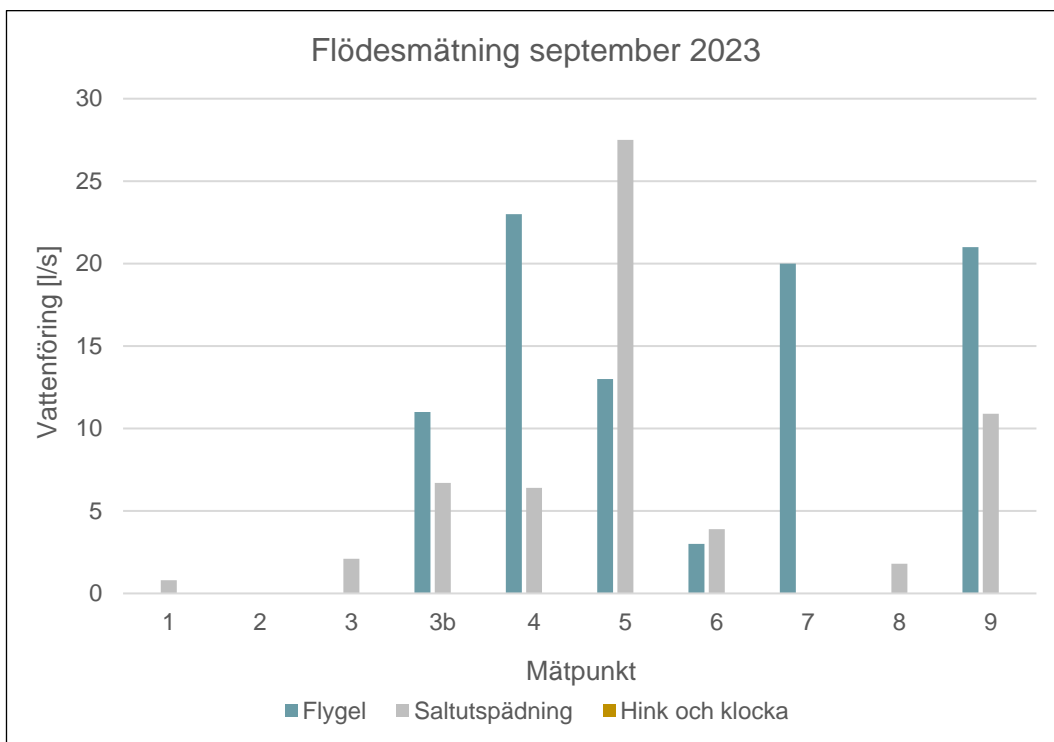
Figur 14. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under juni 2023. Flödena i mätpunkt 9 är uppskattade värden då flödet var för lågt för att genomföra flygelmätning och saltutspädning.



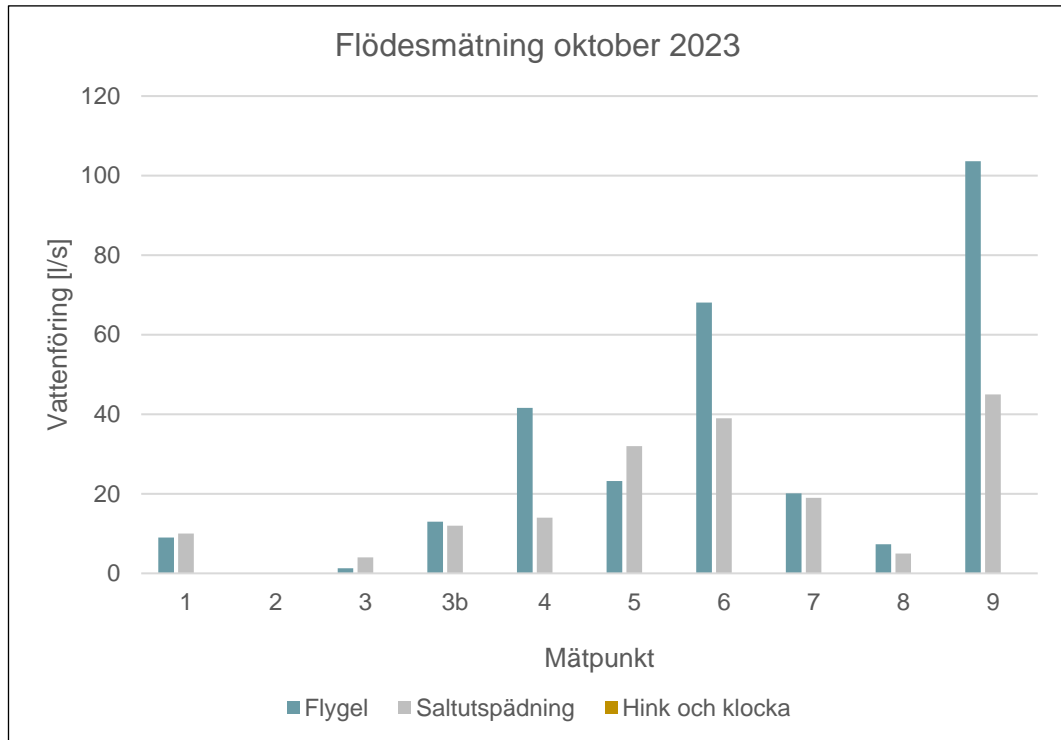
Figur 15. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under juli 2023.



Figur 16. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under augusti 2023.



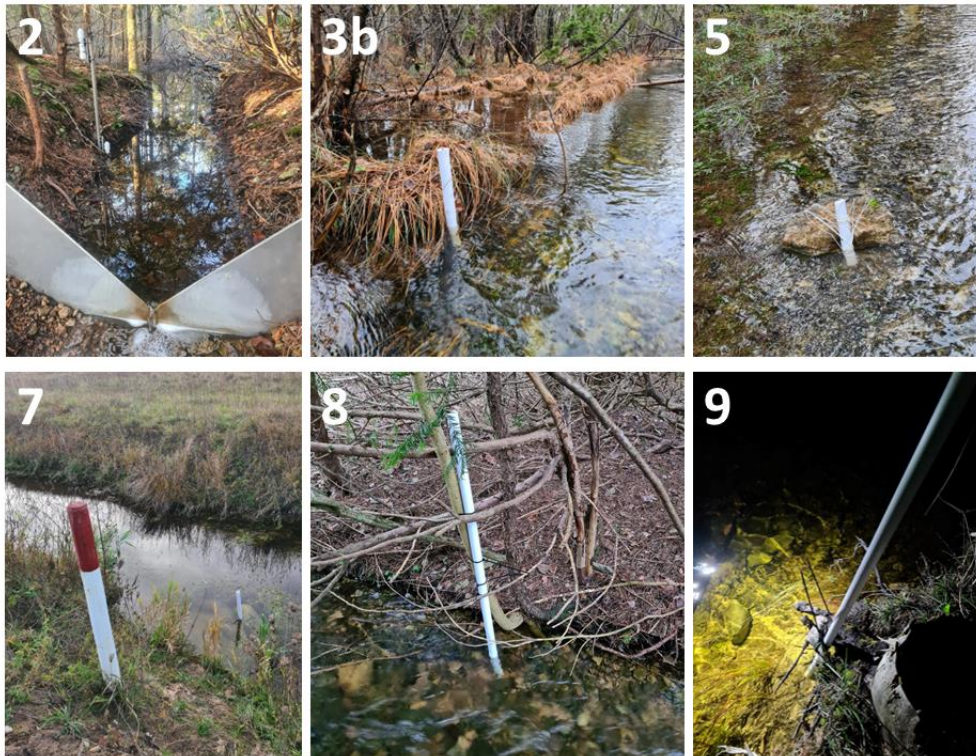
Figur 17. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under september 2023.



Figur 18. Sammanställning av resultaten från genomförda flödesmätningar under oktober 2023.

3.2 Vattenståndsmätning

I Figur 19 redovisas foton av installerade tryckgivare (divers) vid respektive mätpunkt. Diverinstallationen vid Spillingsmagasinet saknas i Figur 19 men installerades under samma period.



Figur 19. Diverplaceringar vid angivna mätpunkter.

4 Slutsats

Sammantaget bedöms saltutspädningsmetoden vara en mer tillförlitlig mätmetod i mätsektioner med jämn lateral omblandning och högre flödes hastighet. Detta gäller framför allt mätpunkterna 1, 3, 3b, 4, 5, 6 och 8, som gemensamt har en hög flödes hastighet, hårdgjord botten och heterogen morfologi i skogsmiljö. Saltutspädning lämpade sig sämre i mätpunkterna 7 och 9 där flödes hastigheten var låg och omblandningen begränsad. Däremot bedömdes mätmetod med hydrologisk flygel vara mer tillförlitlig vid dessa mätpunkter med anledningen av just dess homogena utformning. I de andra mätpunkterna bedöms flygeln överskatta vattenföringen. Vattenföringen i punkt 2, som beräknades med hink och klockametoden, bedöms rimlig i förhållande till uppmätt flöde vid mätöverfallet.

5 Referenser

Fogg, S.K., O'Daniel, S.J., Poole, G.C., Reinhold, A.M., Hyman, A.A. 2020. A simple, reliable method for long-term, in-stream data logger installation using rock-climbing hardware. *Methods Ecol Evol.*; 11: 684–689. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13367>

Moore, R.D. 2004. Introduction to Salt Dilution Gauging for Streamflow Measurement Part 2: Constant-rate Injection. *Streamline Watershed Management Bulletin*. 8(1): 11–15.

Moore, R.D. 2005. Introduction to salt dilution gauging for streamflow measurement part 3: Slug Injection Using Salt in Solution. *Streamline Watershed Management Bulletin*. 8(2): 1–6.

SMHI. (u.å.). *Vattenföring: mätdata via vattenwebb*.

<https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenforing>. (hämtad 2022-11-20)

Soupir, M.L., Mostaghimi, S. and Mitchem, Jr., C.E. 2009. A Comparative Study of Stream-Gaging Techniques for Low-Flow Measurements in Two Virginia Tributaries. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 45: 110–122. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2008.00264.x>

Bilaga A

Mätpunkter

