



Bilaga 1

Vattenbalansmodell

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/Johan Larsson
Granskare: Johan Larsson

INNEHÅLL

1 Inledning	4
2 Beräkningsmetoder och antaganden	4
3 Verifiering av vattenbalansmodell	6
4 Referenser	15

1 Inledning

Vattenbalansen i ett avrinningsområde kan beskrivas som förhållandet mellan nederbörd, avdunstning och avrinning. Detta förhållande bestämmer storleken på grundvattenbildning och magasinering. Detta kan uttryckas med vattenbalansekvationen:

$$P=E+Q+\Delta S \quad (1)$$

P = nederbörd [mm]

Q = avrinning [l/s]

E = avdunstning [l/s]

ΔS = förändring av lagring [-]

ΔS kan delas upp i interception, snötäcke, markvatten, grundvatten och ytvatten. Över långa tidsperioder kan lagringen antas vara försumbar (Grip & Rodhe, 1994). Om lagringen (ΔS) antas vara försumbar under ett helt år ges:

$$F=\frac{Q}{PA} \quad (2)$$

F = fördelning mellan avrinning och potentiell avrinning [%]

A = avrinningsområdets area [m²]

PA = potentiell avrinning [l/s]

Nederbörd multiplicerat med avrinningsområdesstorlek ger potentiell avrinning, dvs. hur mycket avrinning som kan ske om all nederbörd avrinner och ingen nederbörd evapotranspirerar eller magasineras. Uppmätt avrinning (Q) dividerat med potentiell avrinning (PA) ger fördelningen F. F beskriver alltså den procentuella fördelningen mellan uppmätt avrinning och uppmätt nederbörd inom ett avrinningsområde.

2 Beräkningsmetoder och antaganden

Cirka två km sydväst om File hajdar-täkten har SMHI en vattenföringsstation, benämnd Orgvätar, som är i drift. Vattenföringsdata från mätstationen finns tillgänglig från år 1979 (SMHI, 2023). Mätstationen är belägen i Vikeåns avrinningsområde. I och med att mätstationen är lokaliserad nära berörda avrinningsområden har dess representativitet för berörda avrinningsområden studerats genom att jämföra bl.a. markanvändning, se Tabell 1.

Tabell 1. Jämförelse mellan markanvändningen för olika avrinningsområden. Den procentuella fördelningen har hämtats från SMHI:s modell S-HYPE.

	Anerån	Spillingsån	Vikeån (Bandshagån)	Orgvätar	Hörsne	Liffedarve
Avrinningsområdesstorlek [km ²]	21,5	16,5	26,5	3,07	349	95,8
Markanvändning						
Sjö och vattendrag	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Skogsmark	64 %	61 %	58 %	77 %	45 %	57 %
Hedmark och övrig mark	9 %	9 %	2 %	2 %	7 %	8 %
Kalfjäll och tunna jordar	1 %	1 %	1 %	1 %	0 %	0 %
Glaciär	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Myr- och våtmarker	0 %	1 %	4 %	2 %	1 %	1 %
Jordbruksmark	22 %	25 %	35 %	17 %	46 %	32 %

Meteorologiska data från SMHI:s mätstationer Hejnum (nederbörd) och Ar (temperatur) antas vara representativa för både vattenföringsstationens avrinningsområde och berörda avrinningsområden. Avståndet från File hajdar-täkten till mätstationen Hejnum är ca 5,5 km medan avståndet till mätstationen Ar är ca 25 km. Utifrån jämförelsen i Tabell 1 anses stationens avrinningsområde vara representativ för berörda avrinningsområden med avseende på markanvändning, växtlighet, våtmarker och nederbörd. Detta innebär att evapotranspirationen inom mätstationens avrinningsområde kan antas vara densamma som i berörda avrinningsområden. Ovanstående antaganden innebär att den procentuella fördelningen mellan uppmätt avrinning i Orgvätars vattenföringsstation och uppmätt nederbörd i Hejnums mätstation kan antas gälla även för berörda avrinningsområden. I Tabell 2 har månadsmedelvärdet för uppmätt vattenföring (mätstation Orgvätar), nederbörd (mätstation Hejnum), potentiell avrinning samt fördelning mellan uppmätt avrinning och potentiell avrinning sammanställts för perioden 1991–2020.

Tabell 2. Fördelning (F) mellan uppmätt avrinning (Q) vid Orgvätar vattenföringsstation och potentiell avrinning (PA) i form av nederbörd över området. Uppmätta respektive beräknade värden gäller som medel över perioden 1991–2020.

Månad	Q [l/s]	P [mm]	PA [l/s]	F (%)
Jan	39,4	55,0	63,1	62 %
Feb	35,5	49,2	62,5	57 %
Mar	33,7	36,6	41,9	80 %
Apr	19,0	32,1	38,0	50 %
Maj	5,8	35,9	41,1	14 %
Jun	3,2	47,1	55,8	6 %
Jul	7,7	65,6	75,2	10 %
Aug	2,5	64,2	73,6	3 %
Sep	6,4	56,0	66,3	10 %
Okt	13,4	65,7	75,3	18 %
Nov	36,4	68,7	81,3	45 %
Dec	42,7	70,5	80,8	53 %

Genom att ansätta fördelningen F på berörda avrinningsområden kan månadsmedel-vattenföring beräknas i önskade beräkningspunkter, detta då den potentiella avrinningen är känd. Beräknad månadsmedelvattenföring i berörda avrinningsområden behöver dock även korrigeras utifrån eventuell vattenhantering som påverkar aktuell beräkningspunkt.

3 Verifiering av vattenbalansmodell

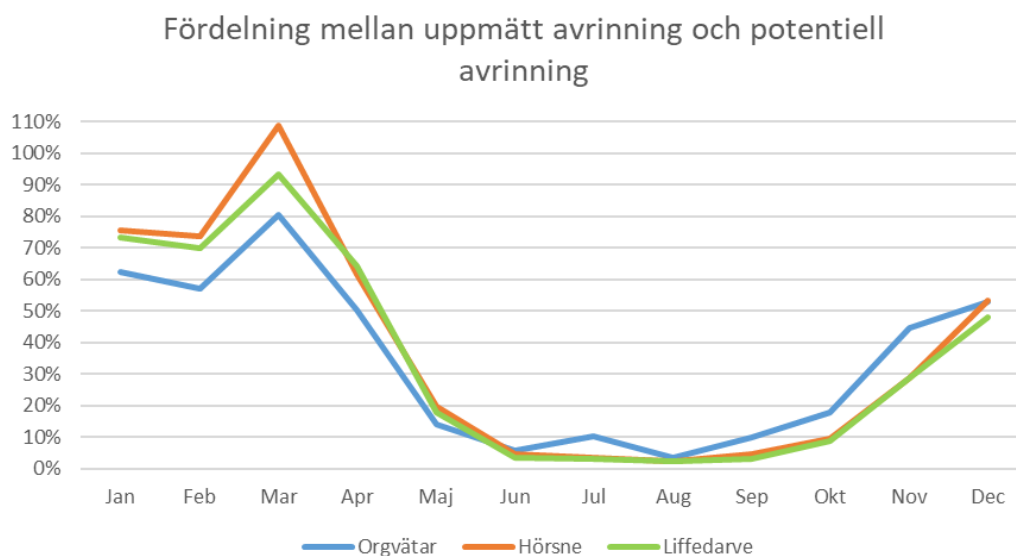
För att verifiera att vattenföringsdata från Orgvätars mätstation kan användas för att beräkna vattenföring i berörda avrinningsområden har mätdata från station Orgvätar jämförts med två andra vattenföringsstationer på nordöstra Gotland. Utöver Orgvätar, mäter SMHI även vattenföring i mätstationen Hörsne (Hörsneån/Gothemån) på nordöstra Gotland. SMHI mätte, fram till ca 2018, också vattenföring i mätstationen Liffedarve (Idån) på västra sidan av mellersta Gotland. Vattenföringsmätningar startade år 1984 i Hörsne och år 1963 i Liffedarve. Avrinningsområdet för mätstation Hörsne uppgår till 349 km² och avrinningsområdet för mätstation Liffedarve uppgår till 95,8 km². Båda avrinningsområden är betydligt större än Orgvätars avrinningsområde som uppgår till ca 3,07 km².

Meteorologiska data från SMHI:s mätstationer Hejnum (nederbörd) och Ar (temperatur) antas i jämförelsen vara representativa även för avrinningsområdena tillförande vattenföringsstationen Hörsne. För vattenföringsstationen Liffedarve, som är belägen på västra Gotland, har ett medelvärde av uppmätt nederbörd vid nederbördsstationerna Sanda och Visby D använts. Jämförelsen mellan mätstationerna har utförts genom att jämföra fördelningen (F) mellan uppmätt

avrinning vid respektive station och potentiell avrinning vid respektive station. I Tabell 3 respektive Figur 1 har månadsmedelvärdet för fördelningen mellan uppmätt avrinning och potentiell avrinning sammanställts för mätperioden 1991–2020 för Orgvätar och Hörsne samt mätperioden 1991–2018 för Liffedarve.

Tabell 3. Fördelning (F) mellan uppmätt avrinning och potentiell avrinning vid vattenföringsstationerna Hörsne, Bångån och Orgvätar.

Månad	Orgvätar F (%)	Hörsne F (%)	Liffedarve F (%)	Medel F (%)
Jan	62 %	75 %	73 %	70 %
Feb	57 %	74 %	70 %	67 %
Mar	80 %	109 %	93 %	94 %
Apr	50 %	62 %	64 %	59 %
Maj	14 %	20 %	18 %	17 %
Jun	6 %	4 %	3 %	5 %
Jul	10 %	3 %	3 %	6 %
Aug	3 %	2 %	2 %	3 %
Sep	10 %	4 %	3 %	6 %
Okt	18 %	9 %	9 %	12 %
Nov	45 %	29 %	29 %	34 %
Dec	53 %	53 %	48 %	51 %

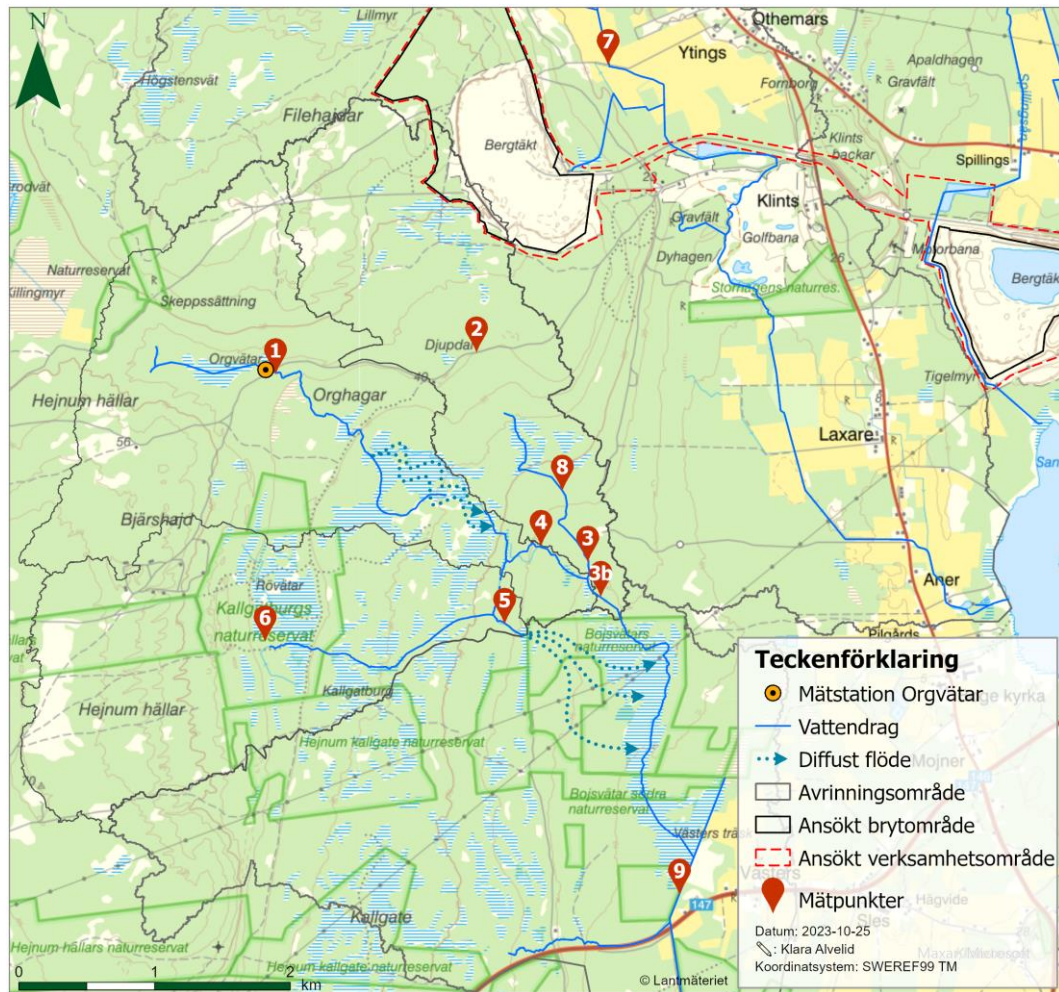


Figur 1. Fördelning (F) mellan uppmätt avrinning och potentiell avrinning vid vattenföringsstationerna Orgvätar, Hörsne och Liffedarve.

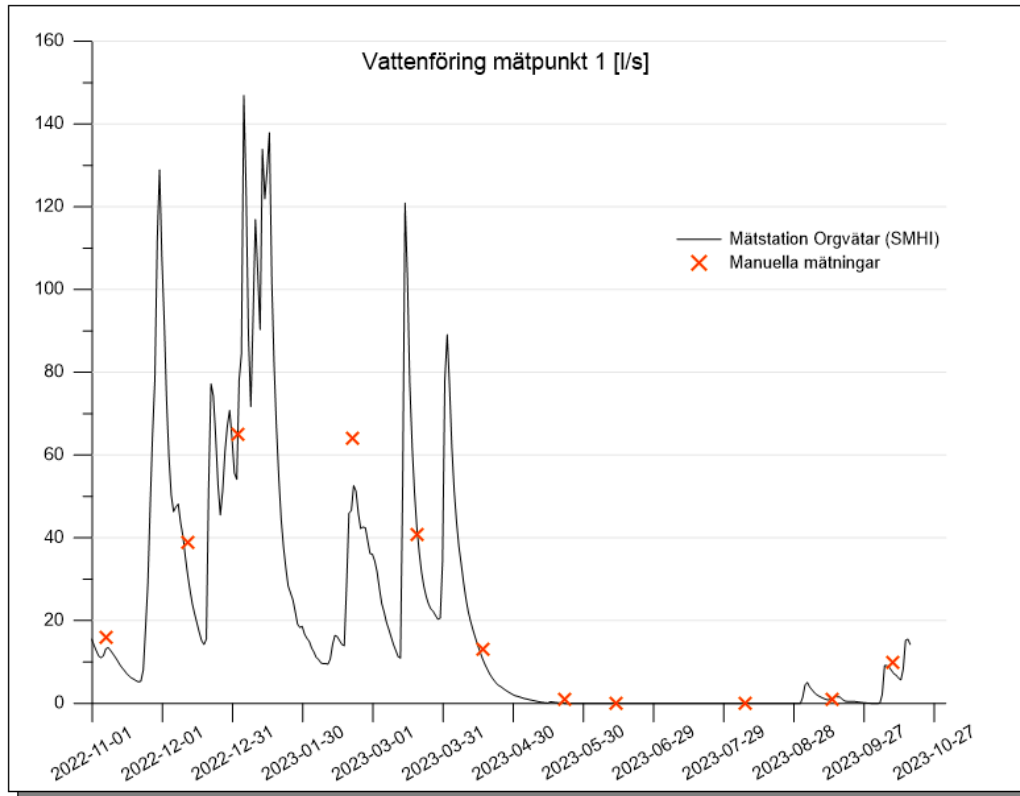
Jämförelsen visar att vattendragen uppvisar liknande årstidsvariationer i uppmätt avrinning relativt potentiell avrinning. Nederbörd och temperatur kan ha lokala avvikelser, jordmäktigheter påverkar möjligheter till grundvattenbildning och därmed lagring av nederbörd, och storleken på avrinningsområdena påverkar transporttiden för nederbörd att nå vattenföringsstationerna. Eventuella avvikelser bedöms dock vara av storleksordningen att endast mindre skillnader i samvariation uppkommer.

Vattenbalansmodellen har också verifierats genom att jämföra beräknade flöden med SMHI:s beräknade flöden i S-HYPE. I S-HYPE finns beräknade medelflöden vid Spillingsåns och Aneråns mynningar i Bogeviden samt Vikeåns mynning i Bandshagån. Genom att i vattenbalansmodellen ansätta de avrinningsområdesareor som SMHI angett, samt ändra nederbördsperioden till 2004–2020 (den period som S-HYPE utfört beräkningar för), kan vattenbalansmodellens årsmedelflöden jämföras med S-HYPE:s årsmedelflöden i samma punkter. Resultaten från denna jämförelse visar att skillnaden mellan beräknade årsmedelflöden i vattenbalansmodellen och S-HYPE är -3 – +8 %.

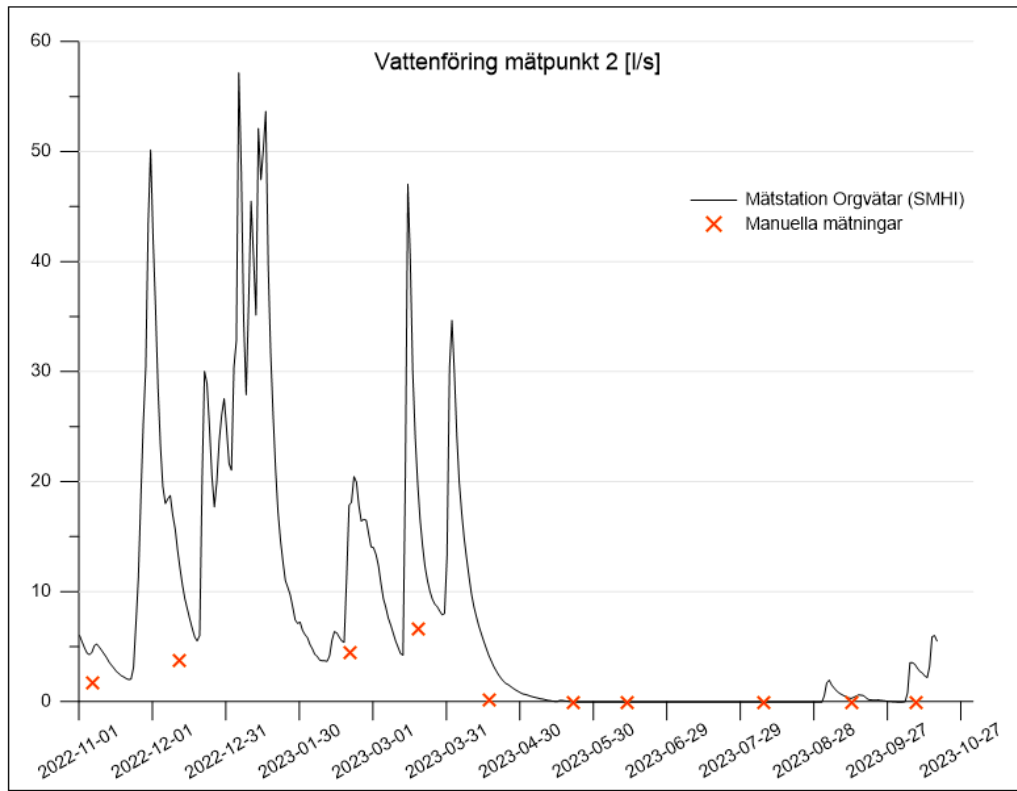
Ytterligare ett sätt att verifiera vattenbalansmodellen på ett lokalt plan är att jämföra beräknade flöden med manuellt uppmätta flöden i lokala delavrinningsområden. Manuella flödesmätningar har genomförts 1 gång/månad under perioden november 2022-oktober 2023 genom mätning med saltutspädning, flygel och hink/klocka. Resultaten av de manuella flödesmätningarna redovisas i *Rapport flödesmätningar*, bilaga 3 till Hydrogeologisk utredning (Bergab, 2023). Mätpunkternas lägen kan ses i Figur 2 och en jämförelse av resultat från manuella flödesmätningar med areaviktade flöden från SMHI:s station i Orgvåtar kan ses i Figur 3–Figur 11. Resultat från manuella mätningar utförda i punkt 6 redovisas ej i föreliggande rapport.



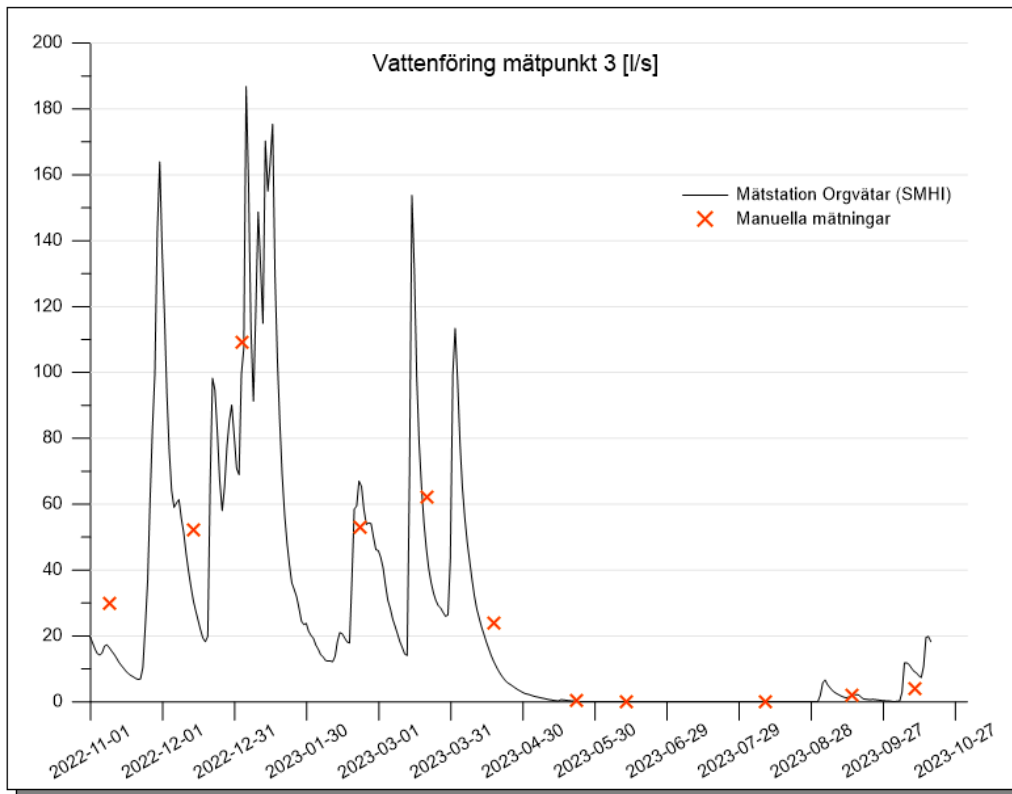
Figur 2. Mätpunkter för manuella flödesmätningar.



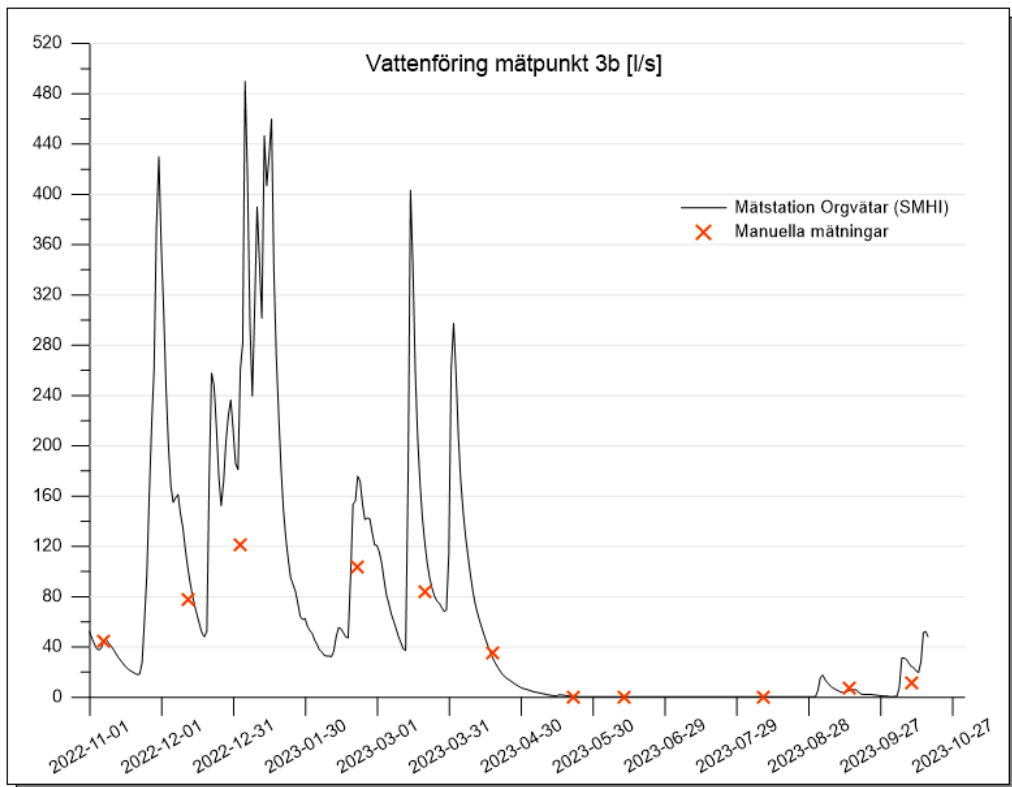
Figur 3. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 1. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvåtar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.



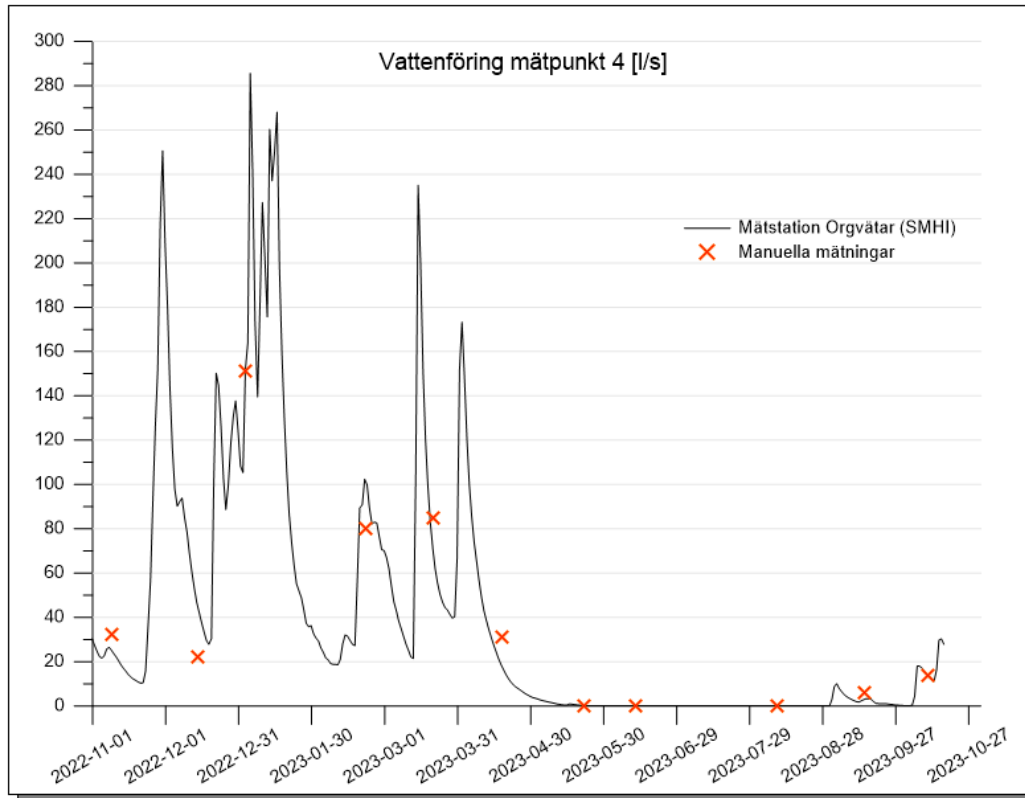
Figur 4. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 2. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvåtar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.



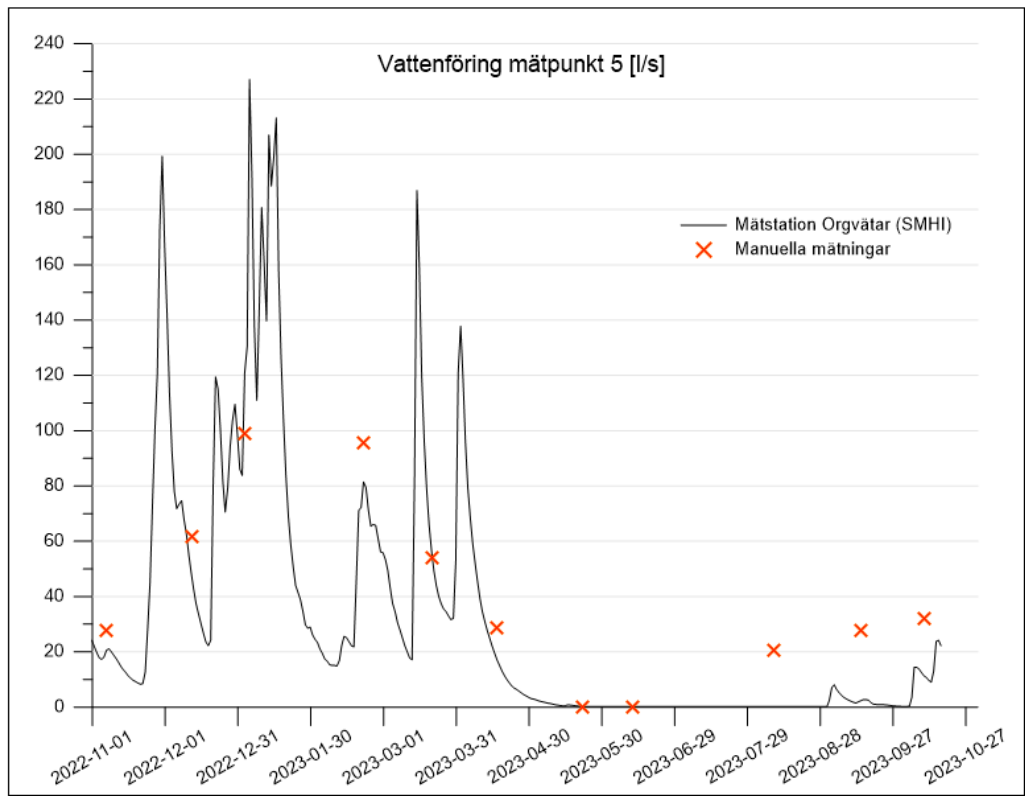
Figur 5. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 3. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvåtar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.



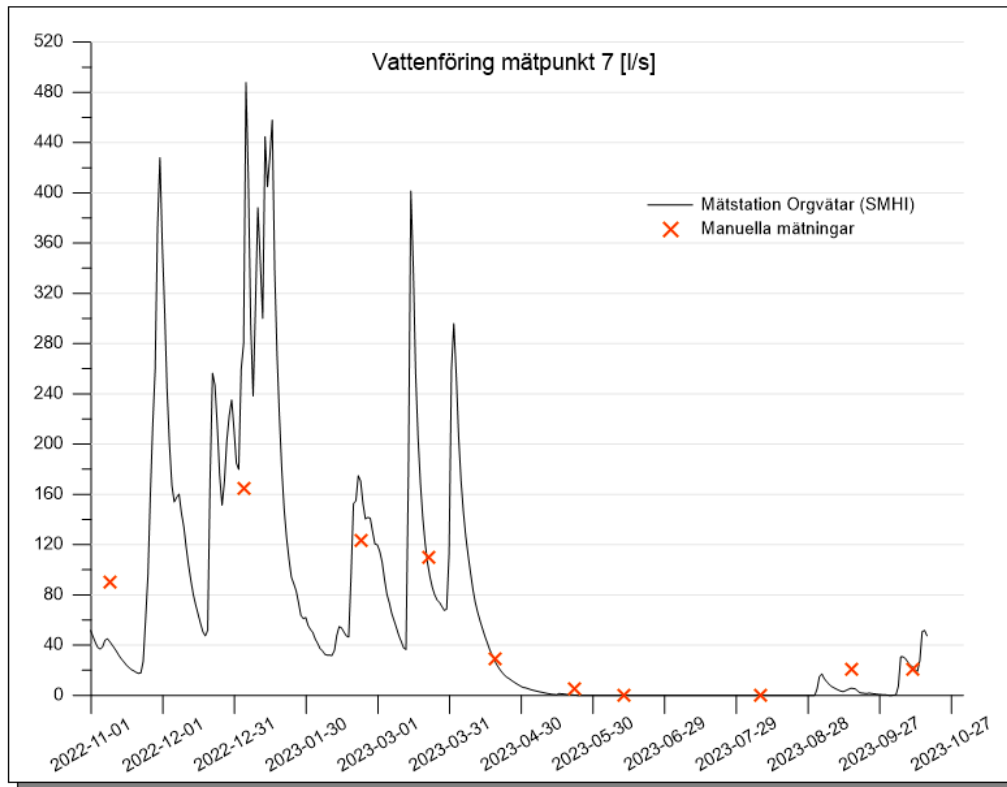
Figur 6. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 3b. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvåtar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.



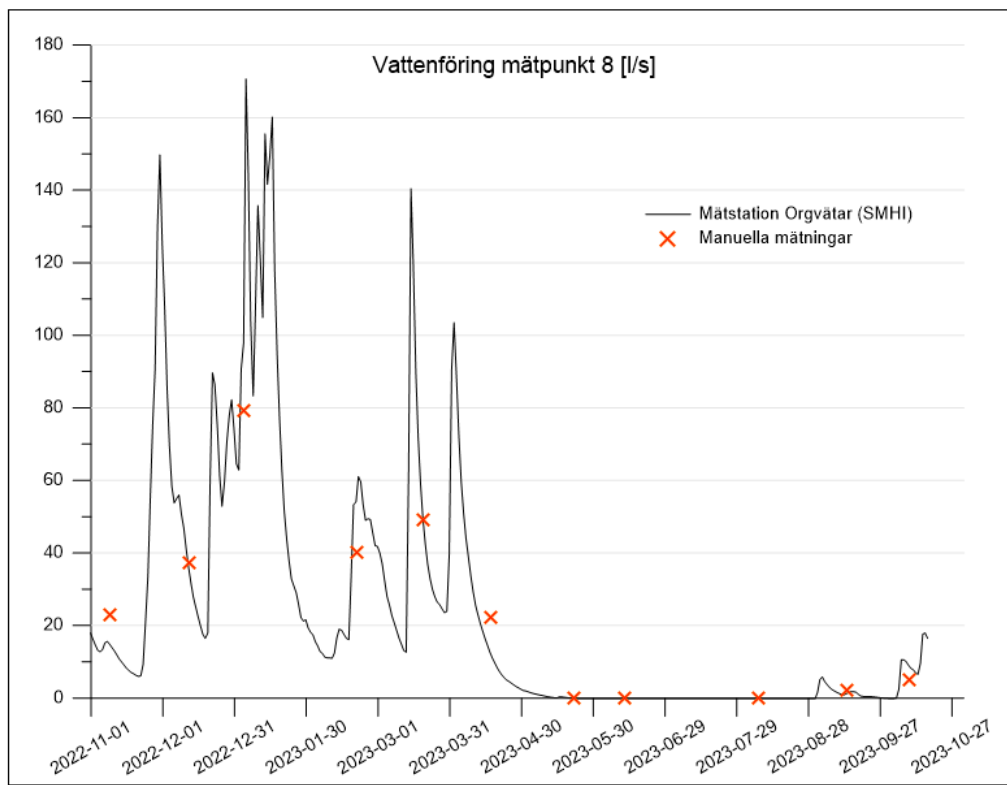
Figur 7. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 4. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvåtar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.



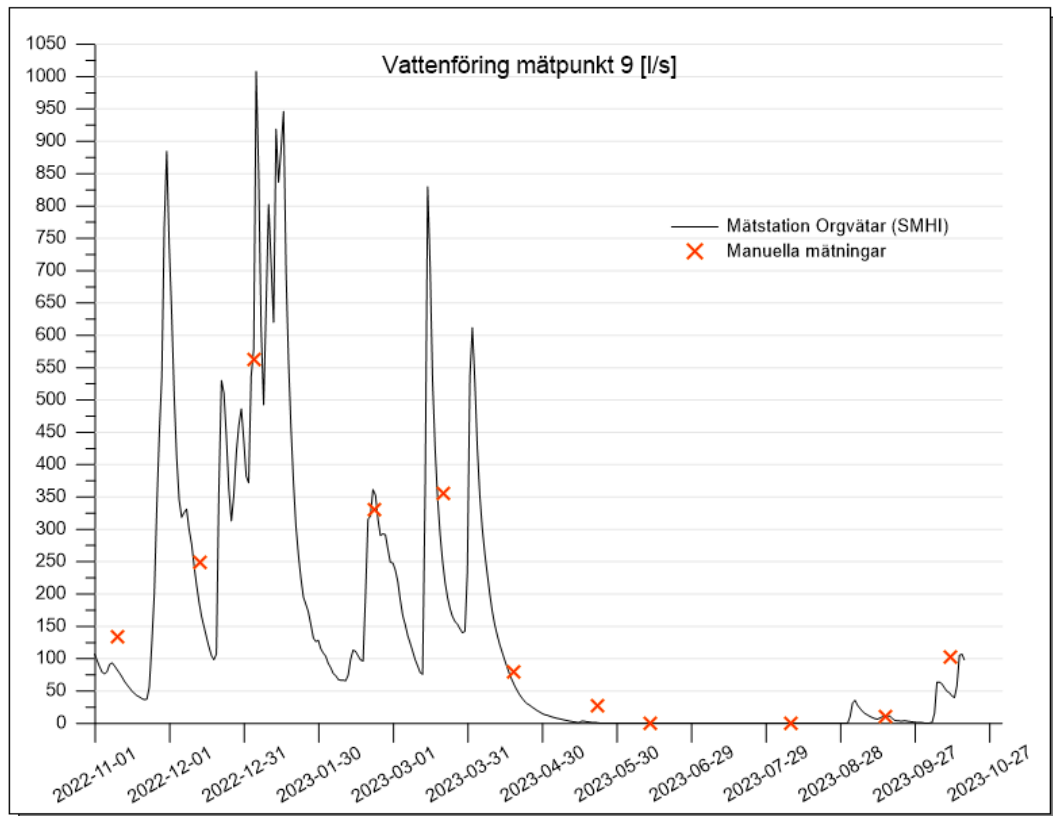
Figur 8. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 5. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvåtar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.



Figur 9. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 7. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvåtar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.



Figur 10. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 8. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvåtar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.



Figur 11. Manuella flödesmätningar i mätpunkt 9. Kontinuerlig linje är areaviktat flöde från SMHI:s station i Orgvätar. Röda kryss är manuella mätningar med saltutspädning, flygel eller hink och klocka.

Jämförelserna visar att de areaviktade flödena från Orgvätar mätstation stämmer väl överens med de manuella mätningarna i de flesta mätpunkterna och vid de flesta mättillfällena.

Sammantaget bedöms fördelningen mellan uppmätt och potentiell vattenföring från Orgvätars mätstation vara representativ för att beräkna vattenföring i berörda avrinningsområden.

4 Referenser

Bergab (2023). Hydrologisk utredning för ansökan om tillstånd till fortsatt och utökad täkt- och vattenverksamhet i Slite, Gotlands kommun. Uppdragsnummer US21124.

Grip, H. & Rohde, A. (1994). *Vattnets väg: från regn till bäck*. Hallgren & Fallgren Studieförlag.

SMHI. (2023). *Mätdata via vattenwebb*. [https://vattenweb.smhi.se/station/\[2023-10-04\]](https://vattenweb.smhi.se/station/[2023-10-04]).