

FÄLTRAPPORT 2023

HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR RUNT FILE HAJDAR-TÄKTEN



2023-11-14

FÄLTRAPPORT 2023

HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR RUNT FILE HAJDAR-TÄKTEN

Uppdragsnamn	Fältrapport Slite 2023
Uppdragsnummer	10330449
Författare	Gustav Tennby, Ida Kling Jonasson, Robert Müller
Datum	2023-11-14
Ändringsdatum	
Granskad av	Anna Vickman
Godkänd av	Jakob Eng

KUND

Heidelberg Materials Cement Sverige AB

KONSULT

WSP

Box 13033

402 51 Göteborg

Besök: Fabrikstorget 1

Tel: +46 10-722 50 00

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

wsp.com

KONTAKTPERSONER

INNEHÅLL

1	Bakgrund, syfte och Avgränsning	1
2	Metodik	1
2.1	Nya borrhål.....	1
2.2	Undersökningpunkter	2
2.3	Slugtester	6
2.4	Infiltrationsförsök	6
2.4.1	Infiltrationsförsök 2022	6
2.4.2	Infiltrationsförsök 2023	8
2.5	Spårämnesförsök	10
2.6	Pumptester	13
2.7	Borrhålsloggning	18
2.7.1	Processen för borrhålsloggning	18
2.7.2	Kalibrering och tolkning av data	18
2.7.3	Beräkning av transmissivitet	18
2.7.4	Högfrekvenstemperatur, elektrisk konduktivitet och beräkning av salthalt.....	19
2.8	Enhålpumptest	20
2.9	Vattenprovtagning för analys av vattenkemi inklusive stabila isotoper.....	20
2.10	Grundvattennivåobservationer	24
2.11	Ringinfiltrometertertester	25
2.12	Undersökningar för Grodvät.....	27
3	Resultat	30
3.1	Jordlagerföljd.....	30
3.2	Slugtester	31
3.2.1	Slugtester i grundvattenrör installerade i jord	31
3.2.2	Slugtester i ytliga bergborrhål	32
3.2.3	Slugtester i djupa borrhål i berg	32
3.2.4	Jämförelse hydraulisk konduktivitet i bergarter	35
3.3	Infiltrationsförsök	37
3.3.1	Infiltrationsförsök 2022	37
3.3.2	Infiltrationsförsök 2023	41
3.4	Spårämnesförsök	46
3.5	Pumptester	49
3.5.1	Pumptest BH86	49
3.5.2	Pumptest SGU2017	51
3.5.3	Pumptest BH2102	54
3.5.4	Pumptest BH2255	55

3.6	Borrhålsloggning	57
3.6.1	Kalibrering av spinner-flödeslogger	57
3.6.2	Identifierade vattenförande strukturer	58
3.6.3	Beräknad transmissivitet utifrån spinner-flödesloggning ..	63
3.6.4	Spinner-flödesloggning vid injekteringsborrhål	67
3.6.5	Uppmätt temperatur och elektrisk konduktivitet	68
3.6.6	Geometrisk korrelation av vattenförande lager	69
3.7	Enhålpumptest	70
3.8	Vattenprovtagning	71
3.8.1	Stabila isotoper	71
3.8.2	Vattenkemi	74
3.9	Ringinfiltrometer	89
3.10	Grundvattennivåobservationer	90
3.11	Observationer vid nya borrhål	91
3.12	Konceptualisering av strandvall vid Grodvät.....	91
4	Slutsatser	93
4.1	Spridning av hydraulisk konduktivitet	93
4.2	Nya borrhål.....	93
4.3	Infiltrationsförsök	94
4.4	Pumptester	94
4.5	Spårämnesförsök	95
4.6	Identifierade vattenförande lager	95
4.7	Sonderingsresultat	95
4.8	Karakterisering av vatten	96
4.9	Hydraulisk konduktivitet för bleke	96
4.10	Konceptualisering av strandvall vid Grodvät.....	96
5	Referenser	97

Bilagor

BILAGA A - Översiktskarta - Alla borrhål

BILAGA B - Borrprotokoll

BILAGA C - Sonderingsprotokoll

BILAGA D – Utvärderade hydraultester

BILAGA E – Fältprotokoll borrhålsloggning

BILAGA F – Utvärderade borrhålsloggar

BILAGA G - Grundvattennivåer

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1: Data för nya och/eller testade borrhål.	4
Tabell 2: Samtliga parametrar som samtliga vattenprover analyseras på i laboratorium.	22
Tabell 3: Samtliga parametrar som mäts i fält med en YSI ProDSS samband med provtagning i samtliga provpunkter.	23
Tabell 4: Utvärderad hydraulisk konduktivitet för enhålstester genomförda i grundvattenrör installerade i jord med en motsvarande jordart för den hydrauliska konduktiviteten.	31
Tabell 5: Utvärderad hydraulisk konduktivitet från slugtestet i ytliga bergborrhål.	32
Tabell 6: Utvärderad hydraulisk konduktivitet och transmissivitet för utförda slugtester i djupa borrhål i berg.	33
Tabell 7: Uppdelning av borrhål för utvärdering av pumptestdata.	51
Tabell 8: Loggade nivåer i borrhålen under påverkade förhållanden samt pumpat flöde under påverkade förhållanden.	58
Tabell 9: Nivåintervall för identifierade flödesriktningar i påverkade förhållanden och beräknade flöden (% av totalflödet) i påverkade förhållanden.	59
Tabell 10: Beräknade totala transmissiviteter för borrhål baserat på ekvation 1 och ekvation 2, se avsnitt 2.7.3.	64
Tabell 11: Transmissivitet för enskilda sprickor eller sprickzoner identifierade med flödesloggning och beräknade med ekvation 3, se avsnitt 2.7.3.	64
Tabell 12: Djupintervall (m) för identifierade vattenrörelser och deras uppmätta temperatur och elektriska konduktivitet i opåverkade och pumpade förhållanden.	68
Tabell 13: Utvärderad transmissivitet och magasinskoefficient från enhålpumptester.	70
Tabell 14: Utvärderad hydraulisk konduktivitet i ringinfiltrationstester.	89
Tabell 15: Ingående siffror i beräkningar av lagrad vattenvolym och utströmmande vattenvolym i strandvallen öster om Grodvät.	93

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Ungefärlig utbredning av undersökningsområdet inom röd cirkel.	2
Figur 2: Borrhål som har borrats och/eller testats mellan juli 2022 och juli 2023.	3
Figur 3: Fokusområde nordväst om File hajdar-täkten för att visa borrhål som nyttjades för hydrauliska tester under 2022 och 2023.	3
Figur 4: Observationsbrunnar som användes för att observera påverkan vid infiltrationsförsöken under lågvattensäsong 2022.	7
Figur 5: Den vattendamm som anlades som vattentillgång för infiltrationsförsöket i BH2212 under lågvattensäsong 2023. I bakgrunden syns slangen som går från täktbotten till infiltrationsbrunnen BH2212 uppe på File hajdar.	9
Figur 6: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar vid infiltrationsförsöken i SGU2017 och BH2212 som genomfördes under lågvattensäsong 2023.	10
Figur 7: Brunnar där provtagning för spårämne genomförs.	12
Figur 8: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar vid pumptestet som genomfördes i BH86 under högvattensäsong 2022.	14
Figur 9: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar under pumptest i brunnen SGU2017 under högvattensäsong 2023.	15
Figur 10: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar under pumptest i brunnen BH2102 under högvattensäsong 2023.	16
Figur 11: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar under pumptest i brunnen BH2255 under högvattensäsong 2023.	17
Figur 12: Provpunkter för vattenprovtagning avseende isotopanalyser.	21
Figur 13: Provtagningspunkter av vatten avseende analyser av vattenkemi inom avgränsat område för denna rapport.	24
Figur 14: Schematisk skiss av en installation av en permanentmanschett som möjliggör mätning i två djupsektioner av borrhål.	25
Figur 15: Dubbelringinfiltrometern installerad och under test med vattenfylld inre och yttre ring.	26
Figur 16: De två våtmarkerna, Lillmyr och Orghagar, där ringinfiltrometertester genomfördes.	27
Figur 17: Natura 2000-området Grodvät markerat med grön streckad linje och den sonderade strandvallen markerad med röd linje. De geologiska sonderingarna är markerade med gröna cirklar och grundvattenrören med röda cirklar.	28
Figur 18. Röda stjärnor markerar SGU:s jorddjupsobservationer med avslut i berg och gröna markeringar visar sonderingsprofilen i strandvallen. Rödmarkerat område är den del av strandvallen varifrån vatten anses nå Grodvät, och är den area som använts i beräkningarna. Arealen av	

avrinningsområdet som ingått i beräkningarna för Grodvät syns markerat med ljusblått.	29
Figur 19: Sonderingsprofilen tillsammans med SGU:s jordartskarta. Orange-prickat fält utgörs av svallsediment, grus. Röd rektangel i infälld karta visar ungefärlig position för sonderingsprofilen.	31
Figur 20: De hydrauliskt testade djupa borrhålen BH2251–BH2283 med dess utvärderade hydrauliska konduktivitet.	34
Figur 21: Uppmätt spridning av hydraulisk konduktivitet för undersökta djupa bergborrhål där antalet bergborrhål för respektive bergart anges för varje stapel. Lådagrammet visar hydraulisk konduktivitet inom 25e – 75e percentilen med median hydraulisk konduktivitet, samt den högsta och lägsta uppmätta hydrauliska konduktiviteten.	35
Figur 22: Uppmätt spridning av hydraulisk konduktivitet för undersökta ytliga bergborrhål där antalet bergborrhål för respektive bergart anges för varje stapel. Lådagrammet visar hydraulisk konduktivitet inom 25e–75e percentilen med median hydraulisk konduktivitet, samt den högsta och lägsta uppmätta hydrauliska konduktiviteten.	36
Figur 23: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsöket i BH2212. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Kriging-metoden.	38
Figur 24: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsöket i BH2212. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Natural-Neighbour-metoden.	38
Figur 25: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsök i BH2213. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Kriging-metoden.	40
Figur 26: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsök i BH2213. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Natural-Neighbour-metoden.	40
Figur 27: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsöket i SGU2017. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Kriging-metoden.	42
Figur 28: Interpolering utav påverkansområde av infiltrationsförsöket i SGU2017. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Natural-Neighbour-metoden.	43
Figur 29: Interpolering utav påverkansområde av infiltrationsförsöket i BH2212. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Kriging-metoden.	44
Figur 30: Interpolering utav påverkansområde av infiltrationsförsöket i BH2212. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Natural-Neighbour-metoden.	45
Figur 31: Halt Rhodamine WT i kolpåsar. Halten är normaliserad utifrån tiden provtagningspåsen suttit i brunnen och plottas på mittpunkten för respektive provtagningsperiod.	47
Figur 32: Halt Rhodamine WT i vattenprover vid provtagningsstillfällena.	48
Figur 33: Medelpumpflöden 2013–2022 fördelat per brunn.	49
Figur 34: Observationsbrunnar som användes under pumptest i BH86 med observerad trycknivåförändring.	50
Figur 35: Observerad trycknivåsänkning i observationsbrunnar under pumptest i SGU2017 med observation i sektion över manschett i dubbelinstrumenterade borrhålen BH2007 och BH2277.	52

Figur 36: Observerad trycknivåsänkning i observationsbrunnar under pumpptest i SGU2017 med observation sektioner under manschett i de dubbelinstrumenterade borrhålen BH2007 och BH2277.	53
Figur 37: Observerad trycknivåsänkning i observationsborrhål under pumpptest i BH2102. Påverkan observerades varken i övre eller undre sektion i BH2007 och BH2277.	55
Figur 38: Observerad trycknivåsänkning i observationsborrhål under pumpptest i BH2255.	56
Figur 39: Graferna visar hur "Counts per second" (CPS) på x-axeln varierar med loggningshastighet på y-axeln.	58
Figur 40: Den hydrauliska trenden (blå och röd streckad linje) i BH1104 vid tiden som loggning genomfördes i BH1104 och BH2005 (blå och röd linje).	66
Figur 41: Den hydrauliska trenden (röd streckad linje) i BH1104 vid tiden som loggning genomfördes i BH85 (röd linje).	66
Figur 42: Borrhålens läge i teststräckorna för ridåinjektering vid File hajdar-täkten.	67
Figur 43: Resultaten av stabila isotopanalyser av väte och syre ($\delta^2\text{H}$ och $\delta^{18}\text{O}$) utförda på olika typer av vatten mellan juli 2022 och april 2023.	72
Figur 44: Isotopsammansättningen för ytligt grundvatten jämfört djupare grundvatten i berg mellan februari och april ej går att särskilja.	73
Figur 45: Avdunstningseffekter på ytligt grundvatten under sommaren och likartad isotopsammansättning under vintern jämfört med djupare liggande grundvatten.	74
Figur 46: Haltvariationer av strontium och bor mellan januari och juni 2023 i ytligt grundvatten jämfört mot djupare berggrundvatten.	75
Figur 47: Haltvariation för strontium och bor i ytligt grundvatten, förstorat från figur 46.	76
Figur 48: Uppmätt medelhalt av bor och strontium i olika typer av provtagningsmiljöer för varje månad under 2023.	77
Figur 49: Uppmätt medelhalt av natrium och sulfat i olika typer av provtagningsmiljöer för varje månad under 2023.	77
Figur 50: Uppmätt medelhalt av magnesium och fluorid i olika typer av provtagningsmiljöer för varje månad under 2023.	78
Figur 51: Uppmätt medelhalt av organiskt material (COD-Mn) i olika provtagningsmiljöer för varje månad under 2023.	78
Figur 52: Medelvärde av bor/strontium för samtliga analyserade prover i bergborrhål, grundvattentrör i jord, ytvatten och källa. BH2102 har enbart ett prov under högvattenssäsong.	79
Figur 53: Medelvärde av sulfat och natrium för samtliga analyserade prover i bergborrhål, grundvattentrör i jord, ytvatten och källa. BH2102 har enbart ett prov under högvattenssäsong.	80
Figur 54: Medelvärde av magnesium och fluorid för samtliga analyserade prover i bergborrhål, grundvattentrör i jord, ytvatten och källa. BH2102 har enbart ett prov under högvattenssäsong.	80

Figur 55: Medelvärde av organiskt material (COD-Mn) samtliga analyserade prover i bergborrhål, grundvattenrör i jord, ytvatten och källa. BH2102 har enbart ett prov under högvattensäsong.	81
Figur 56: Variation av magnesium- och fluoridhalt för varje månad under 2023 i utvalda borrhål.	82
Figur 57: Variation av natrium- och sulfathalt för varje månad under 2023 i utvalda borrhål.	83
Figur 58: Variation av bor- och strontiumhalt för varje månad under 2023 i utvalda borrhål.	84
Figur 59: Medelhalten av bor och kalcium i samtliga provtagna punkter under 2023.	85
Figur 60: Medelhalten av kalcium och sulfat i samtliga analyserade provtagningspunkter. I flertalet av analyserat ytvatten och grundvattenrör i jord är analyserad sulfathalt under detektionsgränsen för metoden på laboratoriet (<0,2 mg/l).	86
Figur 61: Medelvärdehalt av bor/syre för prover i bergbrunnar, grundvattenrör i jord, ytvatten och källa.	87
Figur 62: Jämförelse av jordvatten och bergvatten från borrhål i nära anslutning Natura 2000-områdena Hejnum Kallgate, Bojsvätar, och Grodvät.	88
Figur 63: Jämförda av bor- och strontiumhalter av alla analysresultat från olika våtmarker under vinter- och vårperiod.	89
Figur 64. Mätserier över grundvattennivå i rören BH2232J och BH2210J vilka är installerade i strandvallen öster om Grodvät. Utströmningen av vatten sker periodvis under året, men merparten av det vatten som strömmar ut gör så från början av april.	92

1 BAKGRUND, SYFTE OCH AVGRÄNSNING

Inför Heidelberg Materials Cement Sverige AB:s (tidigare Cementsa och hädanefter benämnt "Heidelberg Materials") ansökan om tillstånd till fortsatt och utökad täkt- samt vattenverksamhet i Slite har WSP Sverige AB (WSP) genomfört hydrogeologiska undersökningar.

Undersökningarna har genomförts som kompletterande undersökningar till tidigare genomförda undersökningar inför historiska och nuvarande täktillstånd (tillståndsansökan 2017, 2021 och 2022). Syftet med de hydrogeologiska undersökningarna har varit att stärka den konceptuella hydrogeologiska modellen och verifiera områdets hydrogeologiska egenskaper.

Denna fältrapport beskriver de hydrogeologiska undersökningarna som har genomförts under juli 2022 fram till juli 2023. Rapporten redovisar resultatet av de utförda hydrogeologiska undersökningarna och är ämnad som en bilagerapport till den hydrogeologiska huvudrapporten. Övriga relevanta utredningar såsom tTEM (geofysik), injektering, tolkning av lineament m.m. redovisas inte i denna rapport utan återfinns i separata PM/rapporter.

Koordinater i denna rapport anges i koordinatsystemen Sweref 99TM och höjdsystem RH2000 enligt $\pm X$ m.

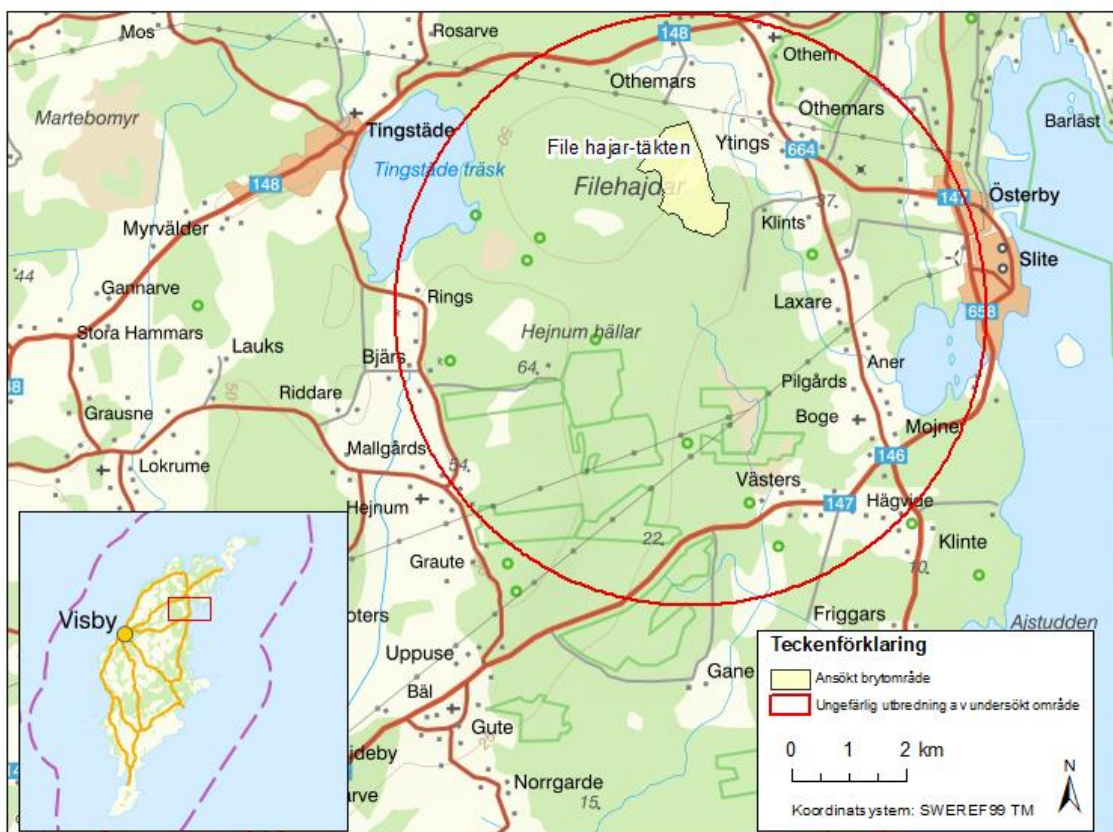
2 METODIK

2.1 NYA BORRHÅL

Under perioden juni 2022 till mars 2023 har totalt 55 nya brunnar borrats, utav dessa har 32 stycken använts som observationspunkter. Av dessa 32 är 20 stycken borrade i berg och 12 stycken är installerade i jord. De resterande 33 borrhålen är etablerade i prospekteringssyfte för Heidelberg Materials egen nytta inom utökningsområdet vid File hajdar-täkten och har nyttjats för enklare hydrauliska tester. Vid flera av de bergborrade brunnarna installerades det brunnar som ett rörpar, med en djup brunn mellan 25 och 72 meter under markytan (m.u.my.) och en kort brunn, ner ca 2,5 m.u.my. Ett rörpar installerades vid BH2205, BH2206, BH2207 och BH2208. Dessa ytliga borrhål användes för att undersöka om det finns en koppling mellan vattenförande zoner på djupet och i ytberget genom interferenstester. Borrhålen har etablerats av Ahlqvists brunnsborring med \emptyset 115 mm hammarborring och prospekteringsborrhålen etablerades av Drillcon med \emptyset 95 mm kärnborring. Totalt har 43 stycken av de nya borrhålen testats hydrogeologiskt för att få en utökad förståelse av områdets hydrogeologi. En översiktskarta över samtliga borrhål i området redovisas i Bilaga A.

Av de 12 grundvattenrör som är installerade i jord är 4 stycken installerade med skruvsondering och 8 grundvattenrör installerades i syfte för vattenkemiprovtagning (generellt grundare rör). Totalt 11 stycken av jordgrundvattenrören har installerats av WSP:s fältpersonal, ett av dem installerades av AB Pentacon. Ett av grundvattenrören, BH2231J, fick installeras om av Ahlqvist brunnsborring p.g.a. felaktig installation.

Av de totalt 55 nya brunnarna, borrades i februari 2023 3 nya borrhål i berg i utkanterna av undersökningsområdet, BH2220, BH2301 och BH2302 (figur 1). Vidare fördjupades 2 borrhål, BH1701 och BH1702, med 20 m respektive 15 m. BH2220 borrades ner 50 m.u.my. intill Tingstäde träsk för att få en ökad förståelse av genomsläppligheten i berget intill sjön. BH2301 och BH2302 borrades ner ca 60 m.u.my. respektive 40 m.u.my.



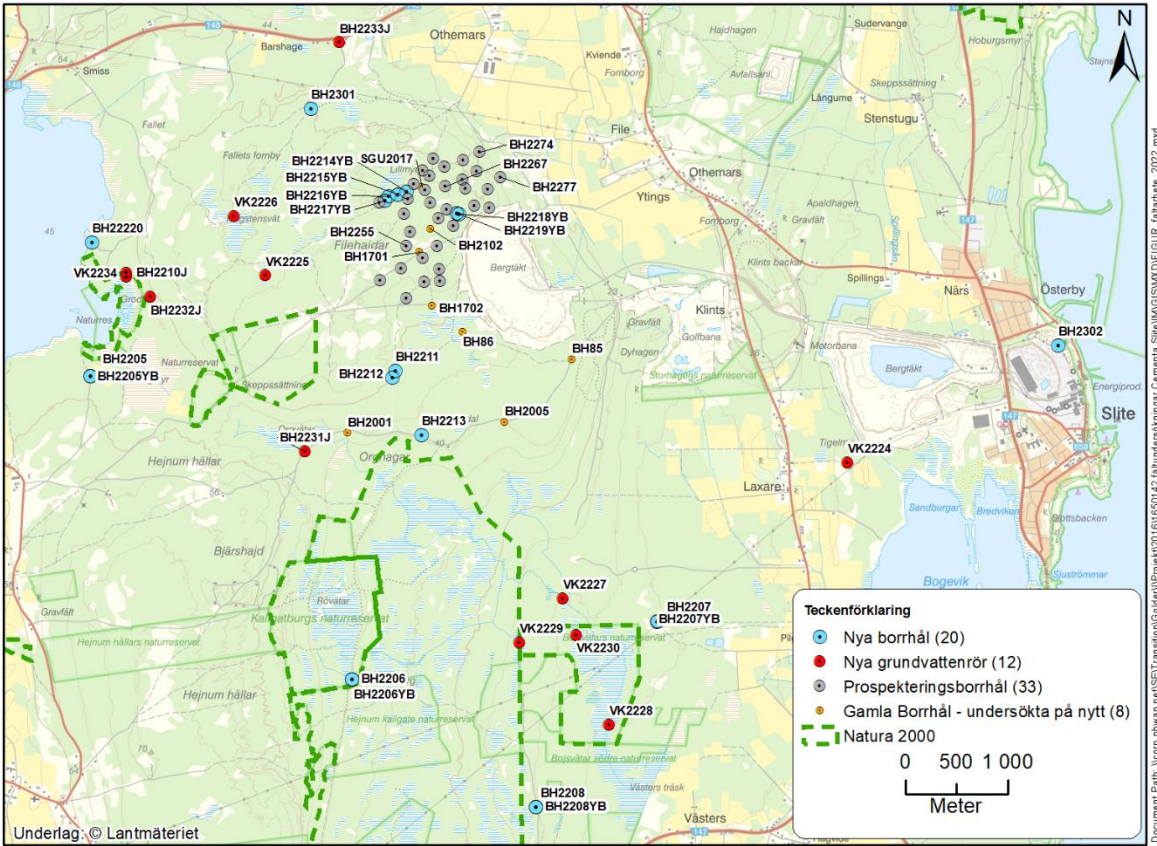
Figur 1: Ungefärlig utbredning av undersökningsområdet inom röd cirkel.

Borrhålen som borrades utan prospekterings syfte syftade till att få en utökad förståelse för hydrogeologin i området, samt att kunna verifiera den konceptuella och numeriska hydrogeologiska modellen.

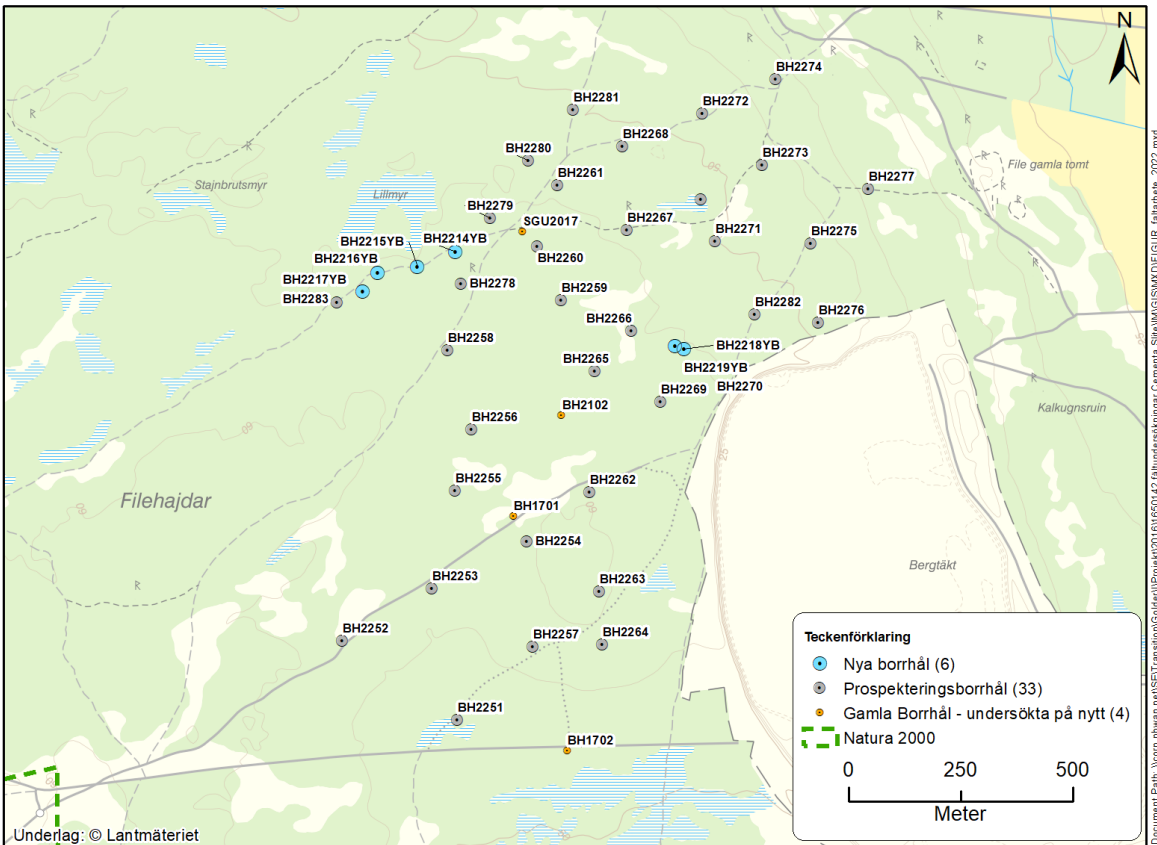
Samtliga borrhprotokoll redovisas i Bilaga B och Bilaga C.

2.2 UNDERSÖKNINGSPUNKTER

Runt File hajdar-täkten och Västra brottet har flera olika typer av undersökningar genomförts i flertalet borrhål, både gamla och nya borrhål. De borrhål som har testats under 2022 och 2023 redovisas i figur 2, figur 3 och tabell 1.



Figur 2: Borrhål som har borrats och/eller testats mellan juli 2022 och juli 2023.



Figur 3: Fokusområde nordväst om File hajdar-täkten för att visa borrhål som nyttjades för hydrauliska tester under 2022 och 2023.

Tabell 1: Data för nya och/eller testade borrhål.

ID	Northing	Easting	Nivå (RÖK)	Borrat djup (m.u.my)	Nivå (Botten)
BH85	6403187,040	721750,810	42,07	62	-19,93
BH86	6403455,752	720685,195	49,34	60	-10,66
BH1104	6402861,394	721561,018	44,04	63	-18,96
BH1701	6404232,608	720268,408	59,48	80	-20,52
BH1702	6403709,640	720389,032	52,2	75	-22,8
BH2001	6402469,190	719568,080	42,66	42	0,66
BH2005	6402574,615	721094,663	39,4	40	-0,6
BH2205	6403022,697	717066,135	47,59	23	24,59
BH2205YB	6403021,579	717064,792	47,87	2,4	45,47
BH2206	6400071,266	719607,637	36,88	42	-5,12
BH2206YB	6400072,707	719606,835	36,98	5	31,98
BH2207	6400634,329	722582,239	11,57	27	-15,43
BH2207YB	6400632,704	722581,577	11,65	2,2	9,45
BH2208	6398827,722	721397,216	16,68	25	-8,32
BH2208YB	6398829,354	721397,145	16,72	3	13,72
BH2210J	6404029,628	717415,217	49,09	3	46,09
BH2211	6403075,210	720030,756	50,10	72	-21,9
BH2212	6403010,410	720002,012	49,87	72	-22,13
BH2213	6402449,943	720286,272	41,19	62	-20,81
BH2214YB	6404822	720140	57*	2,2	54,8
BH2215YB	6404788	720054	57*	2,2	54,8
BH2216YB	6404776	719966	57*	2,2	54,8
BH2217YB	6404733	719933	57*	2,2	54,8
BH2218YB	6404605	720648	55*	2,2	52,8
BH2219YB	6404613	720628	56*	2,2	53,8
BH2220	6404325,47	717079,543	45,74	50	-4,26
VK2224	6402179	724433	4*	0,66	3,34
VK2225	6404004	718764	55*	0,8	54,2
VK2226	6404581	718463	54*	0,4	53,6

ID	Northing	Easting	Nivå (RÖK)	Borrat djup (m.u.my)	Nivå (Botten)
VK2227	6400856	721662	14,15	0,46	13,69
VK2228	6399626	722114	10*	0,42	9,58
VK2229	6400430	721243	19,2	0,4	18,8
VK2230	6400500	721791	13*	0,28	12,72
BH2231J	6402291,240	719150,510	44,58	3,48	41,1
BH2232J	6403828,605	717693,844	48,99	2,33	46,66
BH2233J	6406274,084	719486,261	48,15	2,74	45,41
VK2234	6403992,815	717412,841	45,51	0,34	45,17
BH2251	6403777,920	720143,610	52,206	60,2	-7,99
BH2252	6403954,921	719887,557	56,129	60,3	-4,17
BH2253	6404070,654	720086,829	56,298	60,3	-4,00
BH2254	6404175,935	720298,500	59,49	60,3	-0,81
BH2255	6404289,841	720138,683	58,279	60,3	-2,02
BH2256	6404426,550	720176,345	58,693	60,2	-1,5
BH2257	6403943,158	720315,485	58,574	60,2	-1,63
BH2258	6404603,000	720122,000	59	60,2	-1,2
BH2259	6404714,485	720374,845	55,814	56,1	-0,28
BH2260	6404834,465	720321,556	56,277	56,8	-0,52
BH2261	6404969,906	720367,364	54,371	54	0,37
BH2262	6404285,929	720438,472	59,651	60,3	-0,65
BH2263	6404064,050	720461,321	60,313	60,3	0,01
BH2264	6403947,000	720468,000	59	60,2	-1,2
BH2265	6404556,000	720451,000	56	56,1	-0,1
BH2266	6404645,000	720533,000	56	56	0
BH2267	6404866,575	720514,986	54,438	57	-2,56
BH2268	6405057,437	720512,694	51,255	52	-0,74
BH2269	6404487,224	720597,229	55,772	56,1	-0,33
BH2270	6404932,814	720686,150	50,162	51,1	-0,94
BH2271	6404846,109	720719,041	50,042	50,1	-0,06
BH2272	6405129,673	720690,860	47,378	48,3	-0,92

ID	Northing	Easting	Nivå (RÖK)	Borrad djup (m.u.my)	Nivå (Botten)
BH2273	6405014,762	720823,180	46,928	50,2	-3,27
BH2274	6405200,426	720853,601	42,177	40	2,17
BH2275	6404840,820	720932,342	47,219	50,5	-3,28
BH2276	6404663,525	720948,990	48,44	50,3	-1,86
BH2277	6404965,001	721044,336	39,429	40,8	-1,371
BH2278	6404750,201	720152,926	57,546	60,2	-2,65
BH2279	6404896,543	720216,939	56,184	57	-0,81
BH2280	6405024,448	720302,360	53,794	54,1	-0,30
BH2281	6405138,931	720402,733	50,696	51,2	-0,50
BH2282	6404681,780	720806,623	51,424	57,1	-5,67
BH2283	6404708,788	719876,483	57,09	60,2	-3,11
BH2301	6405629,271	719208,244	50,03	60	-9,97
BH2302	6403316,981	726480,883	15,91	40	-24,09

*uppskattad marknivå från Lantmäteriets höjdmödel.

2.3 SLUGTESTER

Den hydrauliska konduktiviteten har testats i totalt 43 av de nya bergborrhålen, de ytligt borrade bergborrhålen, de jordborrade grundvattenrören samt prospekteringsborrhålen som installerats under hösten 2022 till vintern 2023, se figur 2 och figur 3. De borrhål som inte har testats hydrauliskt är de grundare vattenkemirören (beteckning VKXXXX), BH2302 och BH2259.

Genom att tillsätta en känd volym vatten i brunnen eller genom att pumpa upp/ner vatten med en dränkbar pump skapas en hydraulisk puls (förändring i grundvattennivån). Den återhämtning som sedan sker av grundvattennivån kan användas för att räkna ut den hydrauliska konduktiviteten. Nivåförändringen har registrerats med hjälp av en tryckgivare och manuella mätningar med ljuslod.

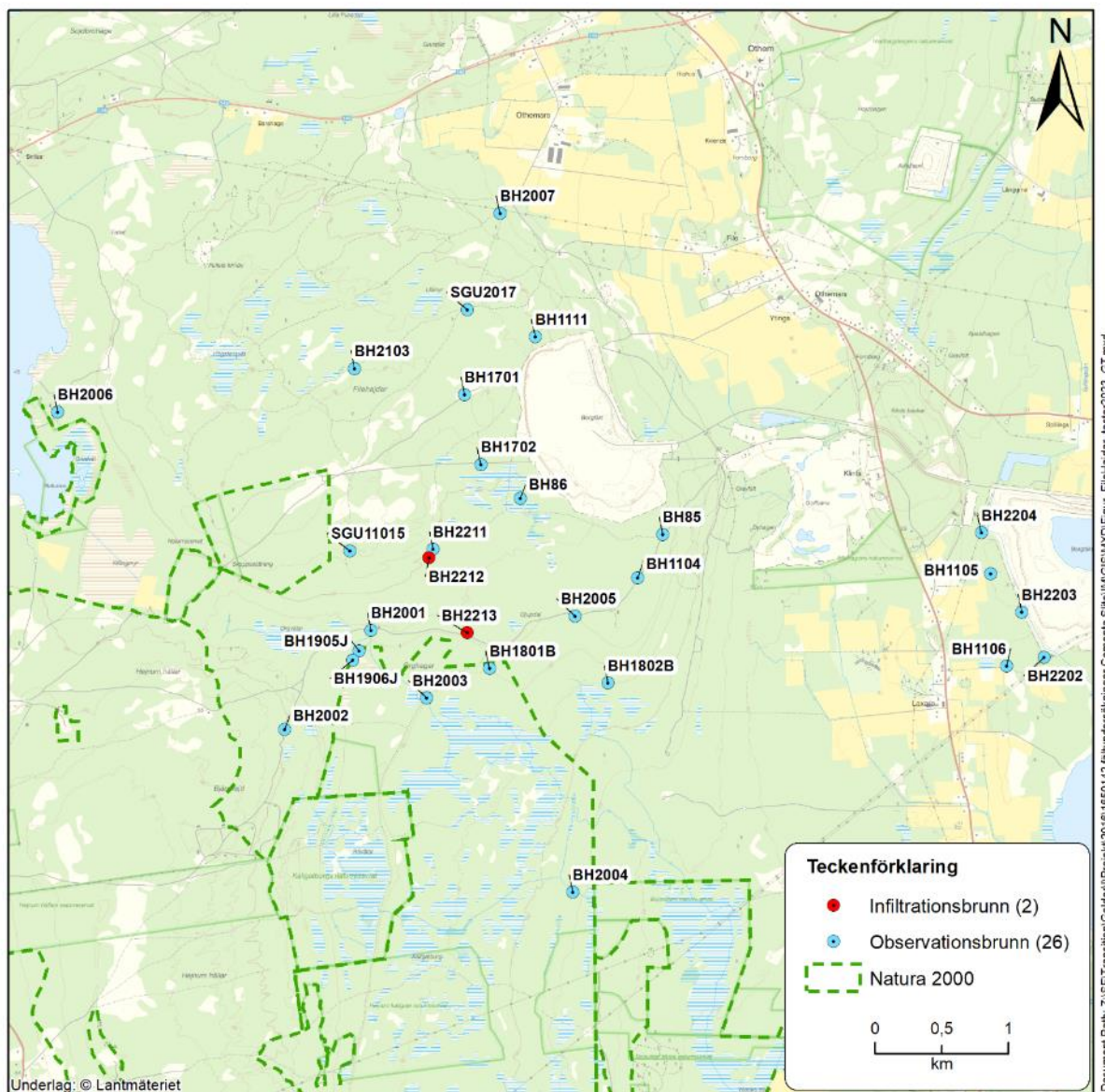
Utvärderingen av hydrauliska parametrar från slugtesterna har gjorts i AQTESOLV 4.50 Professional genom att matcha trycknivådata till typkurvor från teoretiska modeller. Den teoretiska utvärderingsmetoden som användes för att matcha trycknivådata var Hvorslev (1951) som används vid utvärdering av enhålstester i både slutna och öppna akviferer.

2.4 INFILTRATIONSFÖRSÖK

2.4.1 Infiltrationsförsök 2022

Under sommaren 2022 genomfördes två infiltrationsförsöken under 10-12 timmar i BH2212 och BH2213 (nedan kallade infiltrationsbrunnarna). Då infiltrationsbrunnarna är belägna utan tillgång till vatten användes två vattentankar som kunde hålla totalt 28 m³ vatten. Detta begränsade det maximala infiltrationsflödet till 3 l/s då det inte var praktiskt möjligt att fylla på vattentankarna snabbare. Vattnet som infiltrerades var av dricksvattenkvalitet.

Tryckgivare placerades i infiltrationsbrunnarna, i en referensbrunn (BH2211) samt ytterligare 25 (befintliga) observationsbrunnar för att automatiskt logga tryckförändringar i kalkstenen, se figur 4. Av dessa observationsbrunnar var 26 stycken installerade i berg och 2 stycken i jord.



Figur 4: Observationsbrunnar som användes för att observera påverkan vid infiltrationsförsöken under lågvattenssäsong 2022.

För att filtrera ut de trycknivåökningar som under testets gång skett pga. lufttrycksförändringar har all trycknivådata barometerkompenserats med barometerdata som samlats in på Heidelberg Materials kontor i Slite.

Därefter har en utvärdering av den barometerkompenserade trycknivådatan från infiltrationsförsöken gjorts i programvaran AQTESOLV 4.50 Professional genom passning av typkurvor mot teoretiska modeller. Utvärderingen görs för att beräkna transmissiviteten och magasinkoefficienten inom påverkat område. Metoden som har använts vid utvärdering är Dougherty-Babu (1984) vilken används för tester med konstant flöde i en anisotropisk, sluten akvifer med ett antagande om eventuellt "skin" i brunnen, men med en första ansats utan "skin" i brunnen.

2.4.2 Infiltrationsförsök 2023

Under juni–juli 2023 genomfördes två infiltrationsförsök i infiltrationsbrunnen SGU2017 och i infiltrationsbrunnen BH2212. Då infiltrationsbrunnarna är belägna utan tillgång till vatten användes vatten från tankbilar.

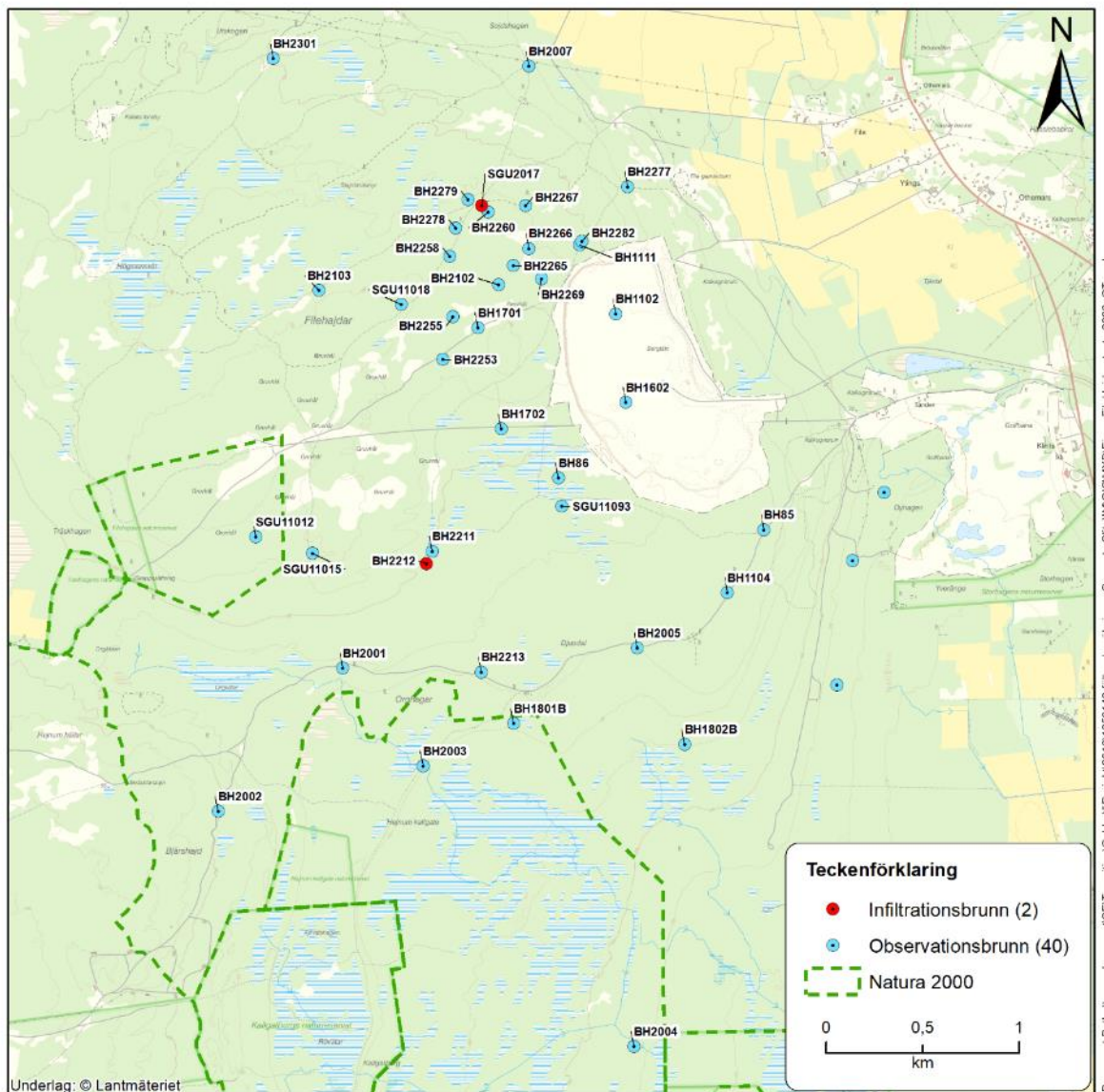
För infiltrationsförsöket i SGU2017 som planerades pågå under 48 timmar, användes två vattentankar om totalt 28 m³ som placerades 900 m norr om infiltrationsbrunnen som vattentillgång. Likt infiltrationsförsöken under 2022 begränsade vattentillgången det maximala infiltrationsflödet till 3 l/s, då det praktiskt inte var möjligt att fylla på snabbare, men resultatet av tidigare hydrauliska tester i borrhålet visade att infiltrationskapaciteten i borrhålet begränsade flödet till ca 1,5 l/s. Det hydrauliska testet för SGU2017 beskrivs senare, i avsnitt 3.5.2. Vattnet som infiltrerades var av dricksvattenkvalitet.

För BH2212 planerades ett infiltrationsförsök som skulle pågå under 7 dagar. Infiltrationsflödet planerades till liknande flöde som användes under infiltrationsförsöket 2022, på 3 l/s. För att ha en större vattentillgång under testet 2023, som planerades pågå betydligt längre än testet som genomfördes 2022, anlades i File hajdar-täkten, på ett avstånd av ca 1 200 m från infiltrationsbrunnen, en vattendamm som kunde hålla 200 m³ vatten, se figur 5. Vattnet som infiltrerades var av dricksvattenkvalitet.



Figur 5: Den vattendamm som anlades som vattentillgång för infiltrationsförsöket i BH2212 under lågvattensäsong 2023. I bakgrunden syns slangen som går från täktbotten till infiltrationsbrunnen BH2212 uppe på File hajdar.

För att observera påverkan av infiltrationsförsöken placerades 19 tryckgivare i observationsbrunnar samt en i respektive infiltrationsbrunn för de enskilda infiltrationsförsöken. Ytterligare 23 befintliga loggers i observationsbrunnar i berg programmerades om med en ökad mätfrekvens, för att logga tryckförändringar i kalkstenen och se hur långt påverkansområdet sprider sig, se figur 6. Totalt användes 40 observationsbrunnar i berg för att observera påverkansområdet.



Figur 6: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar vid infiltrationsförsöken i SGU2017 och BH2212 som genomfördes under lågvattensäsong 2023.

För att filtrera ut de trycknivåökningar som under testets gång skett på grund av lufttrycksförändringar har all trycknivådata barometerkompenserats med barometerdata som samlats in på Heidelberg Materials kontor i Slite. Den naturliga hydrauliska trenden räknades ut och inkluderades i beräkningar för brunnarnas naturliga trycknivåförändringar. Det gäller endast brunnar som uppvisade en negativ hydraulisk trend, d.v.s. en naturligt sjunkande trycknivå innan infiltrationsförsöken startade.

En utvärdering av barometerkompenserade trycknivådata från infiltrationsförsöken har gjorts i programvaran AQTESOLV 4.50 Professional genom passning av typkurvor mot teoretiska modeller. Utvärderingen görs för att beräkna transmissiviteten och magasinkoefficienten inom påverkat område. Metoden som har använts vid utvärdering är Dougherty-Babu (1984) vilken används för tester med konstant flöde i en anisotropisk, slutet akvifär med ett antagande om eventuellt "skin" i brunnen, men med en första ansats utan "skin" i brunnen.

2.5 SPÅRÄMNESFÖRSÖK

I samband med infiltrationsförsöken 2023 i SGU2017 och BH2212 genomfördes även två spårämnesförsök med spårämnena Fluorescein (neongult) och Rhodamine WT (neonrött) för att identifiera och få utökad förståelse för flödesvägarna i området, samt för att få kunskap om

transporttider och bergets effektiva porositet. Olika spårämnen har använts för att kunna skilja mellan flöden från SGU2017 (Fluorescein) och BH2212 (Rhodamine WT).

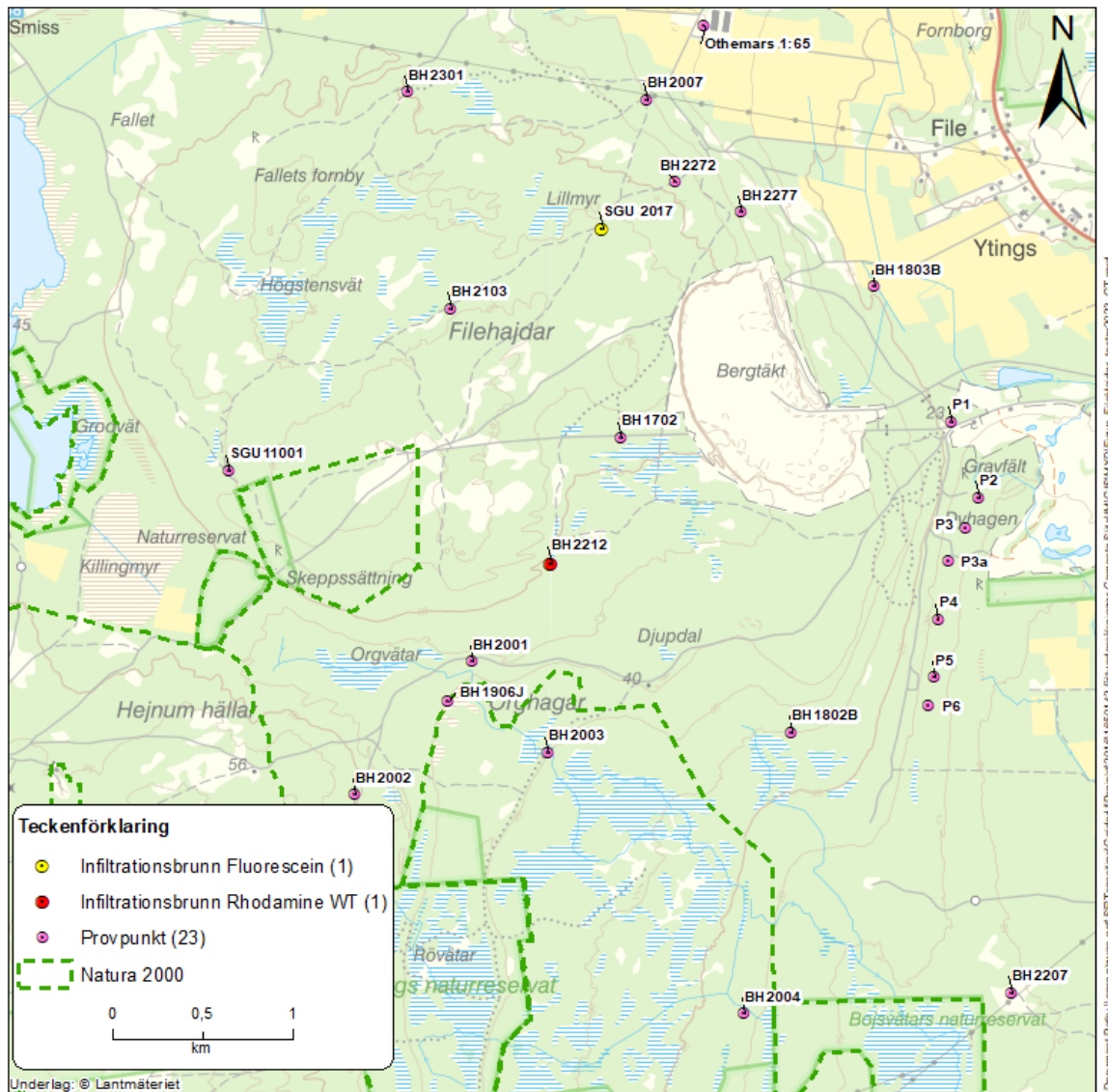
Spårämnesförsöket har gjorts med spårämne och provtagningsmaterial från Ozark Underground Laboratory (OUL), och utformningen av testet har byggts på deras rekommendationer. Metoden har utifrån resultat av tidigare undersökningar bedömts vara pålitlig.

Spårämnena planerades att hållas i borrhålen SGU2017 och BH2212 som en "slug" innan infiltrationsförsöken startades. Den här metoden har använts av OUL i tidigare undersökningar. Däremot pågick fortfarande diskussioner med myndigheterna hur spårämnesförsöket skulle genomföras och följas upp inför infiltrationsförsöket i SGU2017. Därför tillsattes inget spårämne i samband med infiltrationsförsöket, vilket hade varit att föredra då infiltrationen ökar flödeshastigheten som i sin tur ökar dispersionen av spårämnet ut i flödessystemet.

Fluoresceinet, som var ett pulver, blandades ut med ca 8 liter vatten per kilogram fluorescein. Blandningen genomfördes utomhus och för att undvika kontaminering av testområdet utfördes blandningen utanför Heidelberg Materials kontor i Slite som är nedström och långt ifrån infiltrationsbrunnarna SGU2017 och BH2212. Stora försiktighetsmått vidtogs mot korskontaminering. Pulvret löstes i ca 1 timme innan det hölls i injektionsbrunnen. Totalt 4,5 kg fluorescein (bestående av 70 % färgämne och 30 % spädningssämne) tillsattes i SGU2017 den 29/6 runt lunchtid, vilket var 8 dagar efter avslutat infiltrationstest. I samband med injektionen av spårämne infiltrerades det en volym av drygt 1,2 m³ vatten. OUL har i tidigare spårämnestester visat att tillsats av spårämne innan infiltration av vatten ger den mest trovärdiga data.

Rhodamine WT säljs i flytande form och ingen blandning är därför nödvändig innan injektion av spårämnet. När infiltrationstestet i BH2212 hade pågått i ca 20 timmar tillsattes 13,6 kg rhodamine WT (bestående av ca 21 % färgämne) som en slug. Infiltrationstestet pågick därefter i ytterligare ungefär 6 dagar.

Grundvattnets flödesriktning på File hajdar har huvudsakligen en östlig riktning, med signifikant stora säsongsmässiga fluktuationer i grundvattennivåerna. Öster om File hajdar-täkten finns sju kommunala dricksvattenbrunnar som är intressanta för det här projektet, en påvisning av spårämnen från infiltrationsförsöken i dessa brunnar skulle betyda att brunnarna är kopplade till samma hydrogeologiska spricksystem som infiltrationsbrunnarna. I figur 7 nedan ses placeringen av de brunnar som ingår i provtagning av spårämne.



Figur 7: Brunnar där provtagning för spårämne genomförs.

Kontrollprovtagning genomfördes i ovan redovisade 23 brunnar på File hajdar, både genom provtagning med kolpåsar och vattenprovtagning. Innan spårämnesförsöket i BH2212 påbörjades genomfördes 2 omgångar med provtagning vid alla 23 platser, som en bakgrundsprovtagning. Provtagningen är viktig eftersom det kvantifierar bakgrundshalten av spårämne i vattnet innan testet påbörjas. Därmed ökar möjligheten att upptäcka spårämnet.

Provtagning efter tillsatsen av spårämnena har sedan pågått i fem månader efter avslutat infiltrationsförsök i BH2212. Eftersom transporttiden av spårämnet i grundvattnet är ett viktigt resultat av undersökningen, följdes ett provtagningsschema som innebar veckovisa provtagningar tills dess att detektionstoppen nåddes. Provtagning utfördes således 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 och 63 dagar efter injektion av spårämnet. Dag 0 motsvarar dagen då spårämnet tillsattes i brunnarna. Den veckovisa provtagningen utfördes i alla brunnar. Från och med oktober 2023 ändrades provtagningsfrekvensen till varannan vecka och på månadsbasis.

För att analysera flödesvägarna i området installerades även provtagningsutrustning i de 24 observationsbrunnarna. Provtagningsutrustningen består av glasfiberpåsar fyllda med aktivt kol som har en yta på 1150 m²/g, som kontinuerligt adsorberar spårämnena som passerar genom provtagningsbrunnarna (OUL, 2019). I varje provtagningsbrunn hängdes även en bailer ut i mitten av vattenpelaren för uttag av vattenprover. I de kommunala dricksvattenbrunnarna placerades en

flödescell där en andel av vattnet avleddes genom flödescellen när produktionsbrunnarna pumpades. I dessa flödesceller placerades påsar med aktivt kol.

Kolpåsarna har en låg detektionsgräns (0,1 µg/l) och mäter den samlade halten under tiden de befinner sig i vattnet. Vattenproven ger en exakt halt i vattnet vid provtagningstillfället och ögonblicksbilder för de olika provtagningstidpunkterna. Vid provtagningen samlades de aktiva kolpåsarna in och nya placerades ut i samband med detta, för att fortsätta mäta. I samband med inhämtning av kolpåsarna uttogs även vattenprov ur observationsbrunnarna för att mäta koncentrationen av spårämne på provtagningsdagen.

Analyserna sker med en spectrofluorofotometer i OUL:s laboratorium i Protem, USA enligt metoden synkron scanning. Metoden synkron scanning är utformad för att extrahera information från komplexa fluorescerensspektra som uppstår från flera fluorescerande komponenter. Mer detaljerad information om analysmetoden återges i OUL:s manual (OUL, 2019).

För att kunna tolka spårämnenas koncentrationer i vattnet och för att kunna jämföra resultatet mot uppmätt koncentration spårämne i uttagna vattenprover, krävdes det att analysresultatet från kolpåsarna normaliserades. Normaliseringen gjordes genom att dividera den påvisade koncentrationen av spårämne i kolpåsarna mot antalet dagar som kolpåsarna hängde ute för adsorption av spårämne. Detta ger en ackumulationskvot av spårämne i ppb/dag (µg/l/dag).

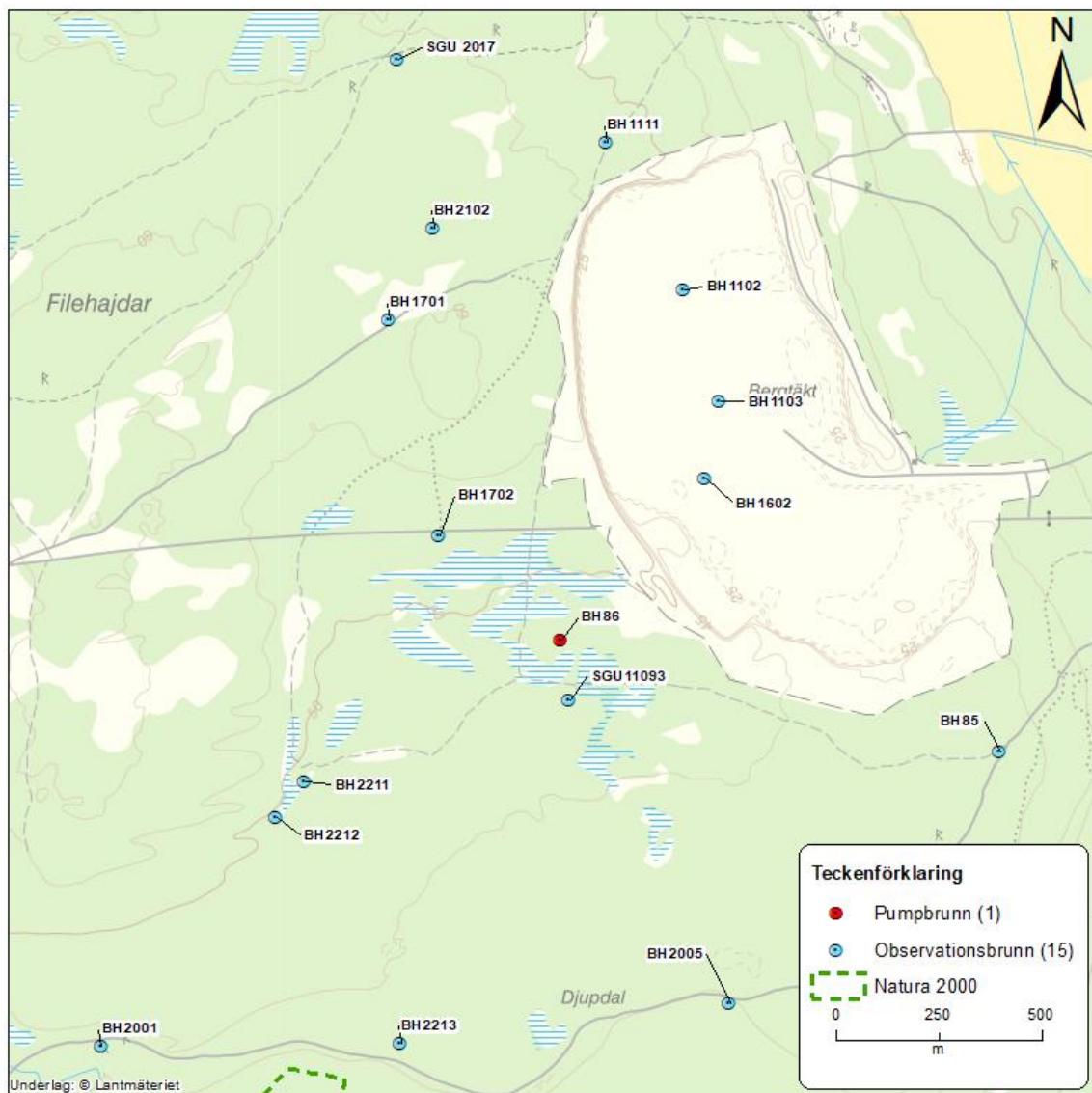
Resultaten från vattenprovtagningen utgör grunden för att plotta genombrottskurvor från vilka en kvantitativ analys av transporthastigheten kan göras. Samtliga analyser har genomförts av OUL. Initialt analyserades bara kolpåsarna och vid ett positivt analyssvar analyserades också motsvarande vattenprov.

Provtagningen av spårämne är planerad att pågå till och med att båda spårämnenas högsta värde har upptäckts och passerat. En exakt tidpunkt för detta är svårt att förutse.

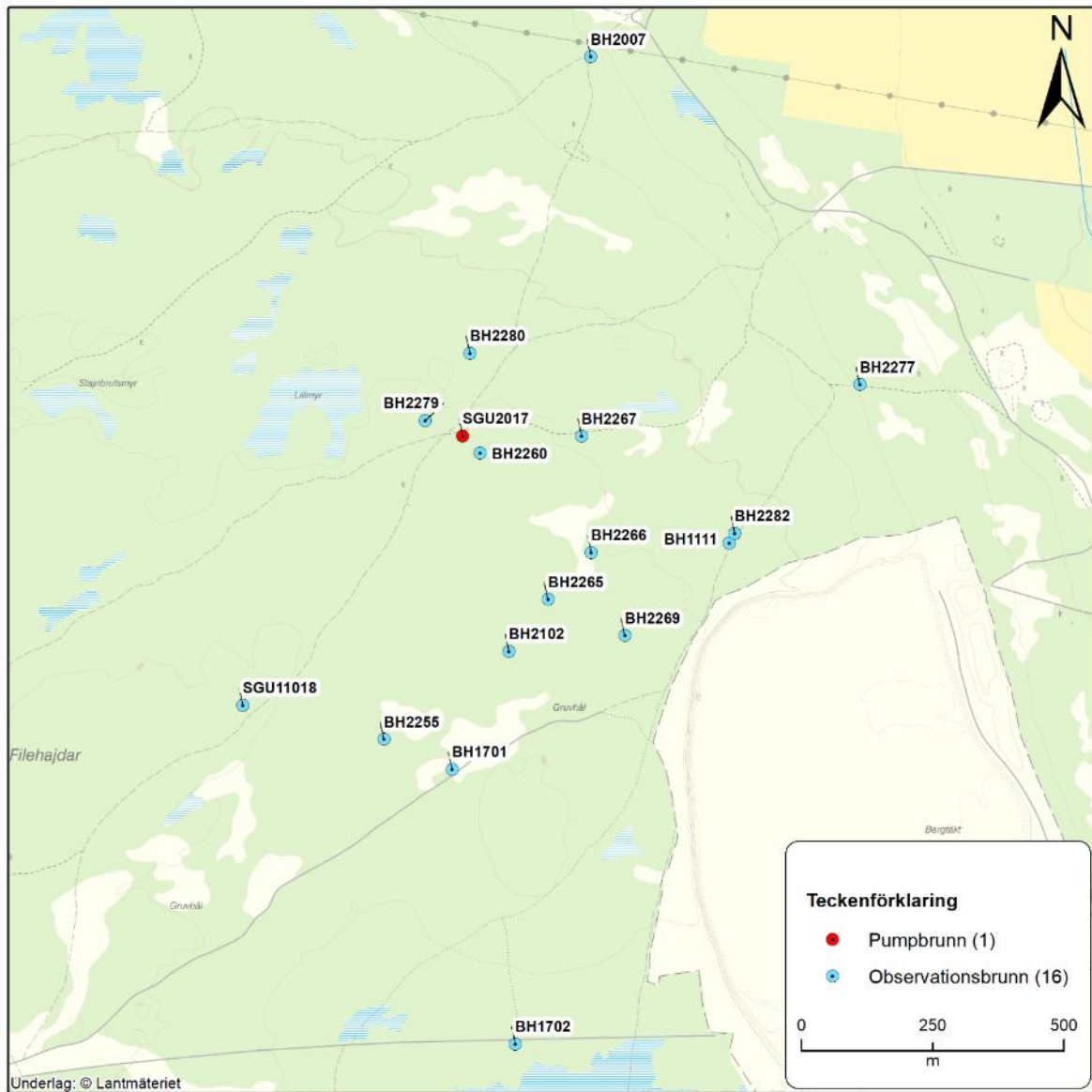
2.6 PUMPTESTER

Under perioden december 2022 till mars 2023, under högvattenssäsongen, har fyra pumptester genomförts i borrhålen BH86, SGU2017, BH2102 och BH2255. Pumptesterna har utförts för att få en bättre förståelse för den hydrauliska funktionen i den lagrade kalkstenen och revkalkstenen samt kontakten med underlagrande mangelsten genom att studera påverkansområdenas utbredning.

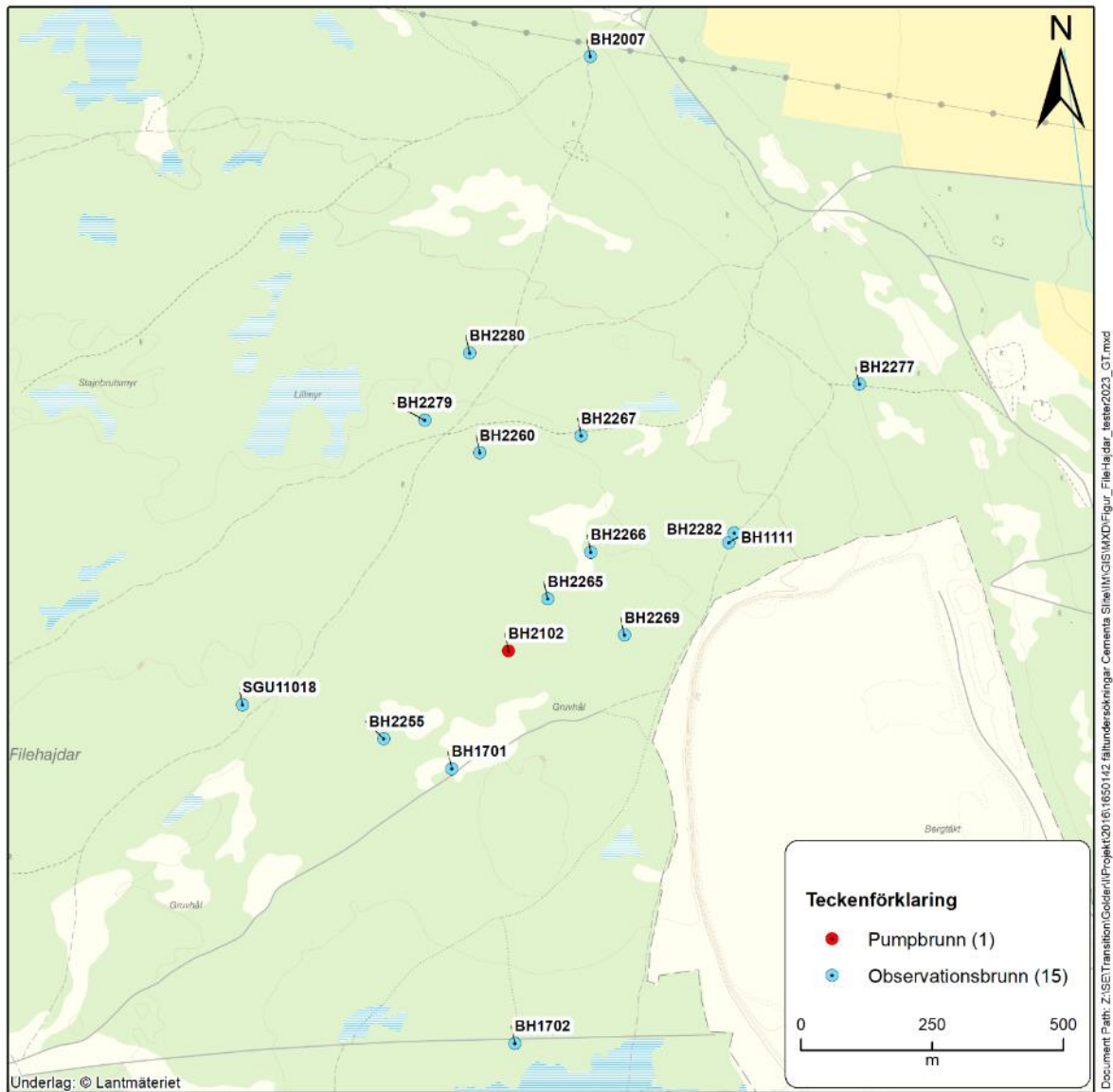
Urvalet av borrhål för pumptester gjordes med avseende på geografiskt läge runt File hajdar-täkten, bottennivå på borrhålen och en indikerad hög transmissivitet efter utförda hydrauliska tester relativt andra undersökta borrhål. Urvalet skedde på detta sätt eftersom strukturer med hög transmissivitet är av störst betydelse för vattenflödena. Samtliga tester genomfördes med en enfaspump, Grundfos SQ5-70. Tryckgivare installerades i pumpbrunnarna och i ytterligare observationsborrhål för att automatisk logga tryckförändringar. I observationsborrhål där tryckgivare redan var installerade, programmerades mätintervallet om till tätare mätning. I figur 8 till figur 11 redovisas observationsborrhålen som instrumenterades för att övervaka tryckförändringar av grundvattnet vid respektive pumptest.



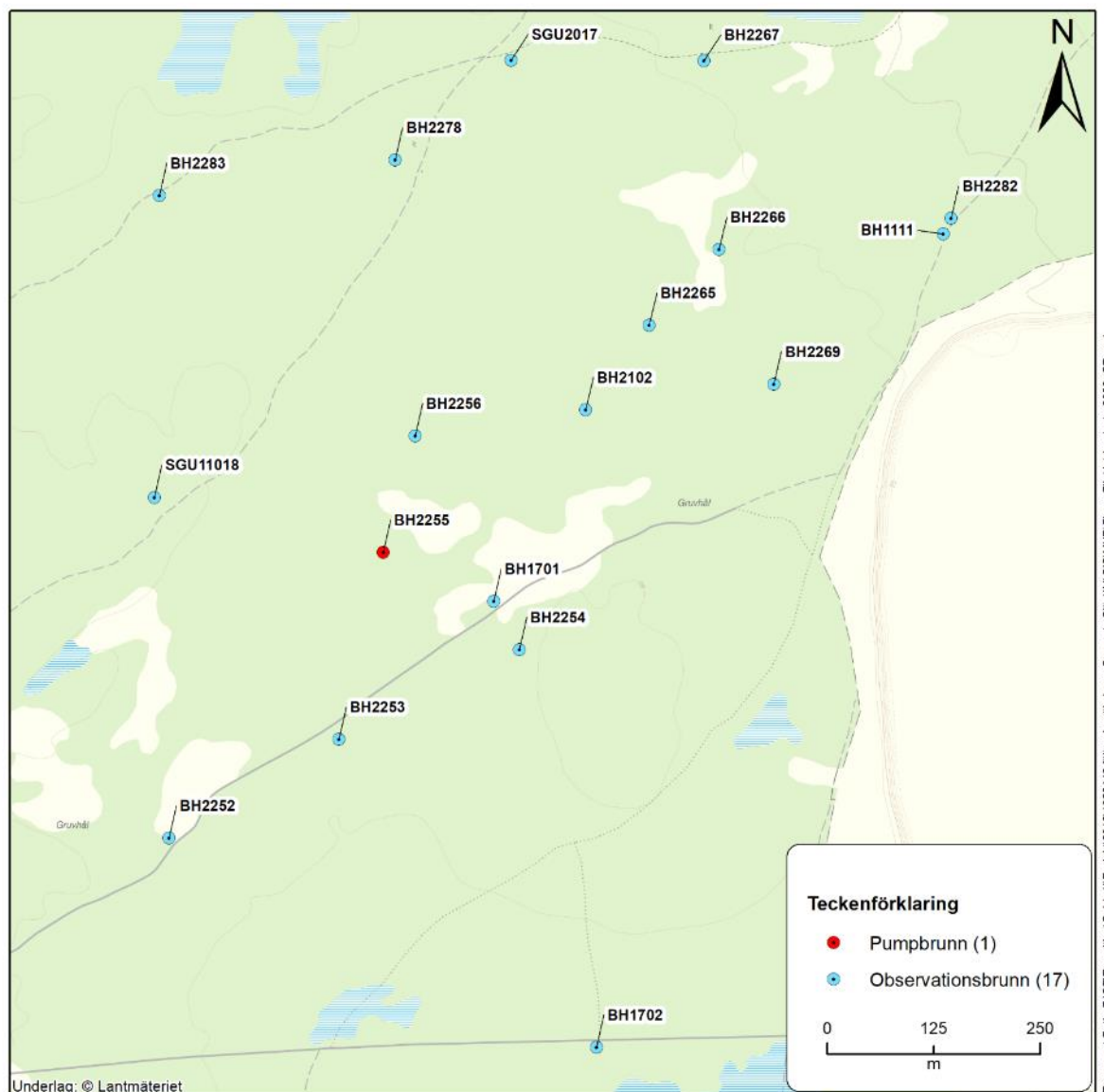
Figur 8: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar vid pumptestet som genomfördes i BH86 under högvattensäsong 2022.



Figur 9: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar under pumptest i brunnen SGU2017 under högvattensäsong 2023.



Figur 10: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar under pumpstest i brunnen BH2102 under högvattensäsong 2023.



Figur 11: Observationsbrunnar som användes för att observera trycknivåförändringar under pumpstest i brunnen BH2255 under högvattensäsong 2023.

Då samtliga pumpstesteter pågick under 4–5 dagar med varierat väder barometerkompenserades trycknivådata mot lufttryck. Detta görs för att undersöka vilka observationsbrunnar som faktiskt påverkats av tryckförändringar som en följd av pumpning, och i vilka tryckförändringar berott på lufttrycksförändringar.

För att beräkna transmissivitet och magasinkoefficienten utvärderades sedan den barometerkompenserade trycknivådatan från pumpstesteterna i programvaran AQTESOLV 4.50 Professional genom passning av typkurvor mot teoretiska modeller. Metoden som har använts vid utvärdering är Dougherty-Babu (1984) som tar hänsyn till icke konstant flöde i en anisotropisk, slutet akvifär med antagande om eventuellt "skin" i brunnen, men med en första ansats utan "skin" i brunnen.

I den trycknivådata som påverkats av nederbörd och snösmältning, som resulterat i en kraftig grundvattenbildning, har endast opåverkade (av nederbörd/snösmältning) delar av testförloppet kunnat användas i utvärderingen. Detta beskrivs mer i respektive utvärdering av pumpstesteterna.

2.7 BORRHÅLSLOGGNING

Om ett borrhål borrats i en heterogen bergmassa förekommer det ofta flöden i olika vattenförande strukturer som står i kontakt med borrhålet. Genom att mäta strömning under opåverkade (ej pumpade) och påverkade (pumpade) förhållanden samt vattentemperatur, elektrisk konduktivitet, kan en bättre bild av borrhålets olika egenskaper och vattenförande strukturer erhållas.

Borrhålsloggning med spinner-flödeslogger i opåverkade förhållanden identifierar de huvudsakliga in- och utflödeszonerna i borrhålet och ger en bild av hur vattnet flödar naturligt i borrhålet. Genom att logga under pågående pumptest (påverkade förhållanden) kan även transmissiviteten för vattenförande strukturer kvantifieras, se avsnitt 2.7.3.

De borrhål som borrhålloggades under 2022 och 2023 var BH2205–BH2213, BH2220, BH2267, BH2274, BH2277, BH1702, BH2301 och BH2302 och kan utläsas ur figur 2.

2.7.1 Processen för borrhålsloggning

Proceduren för att genomföra en borrhålsloggning kan summeras enligt följande:

- Steg 1 – Innan borrhålsloggningen genomförs testas om eller hur stor del av borrhålets djup som är åtkomligt. Detta görs genom att en så kallad "dummy probe" sänks ned i borrhålet tills det tar stopp.
- Steg 2 – Mätning av vattnets parametrar konduktivitet och temperatur (Fluid Temperature and Conductivity, FTC) genomförs och spinner-flödesloggning (SFL) genomförs under opåverkade förhållanden. Nivåer för huvudsakliga in- och utflöden längs borrhålsprofilen identifieras i detta steg.
- Steg 3 – Mätning av vattnets parametrar med FTC samt SFL genomförs under påverkade förhållanden. Genom att pumpa ut vatten med ett flöde som ger "steady-state" förhållande med ca 1–2 m avsänkning, skapas ett inflöde till borrhålet och på så sätt kan transmissiviteten (genomsläppligheten) för olika sprickor/zoner kvantifieras.

2.7.2 Kalibrering och tolkning av data

Värden uppmätta med flödesloggning påverkas av borrhålsgeometri såväl som av viskositet och densitet för borrhålsvätskan, vilket i detta fall är vatten.

För att ta fram spinner-flödesloggerns responskurva sänks och hissas spinner-flödesloggern med 3 olika konstanta hastigheter ned och upp i grundvatten i foderrör med en känd diameter. Detta görs för att få fram responsen på impellern vid valda hastigheter utan påverkan av vattenförande sprickor. Det genomsnittliga värdet för varv per sekund plottas mot varje vald hastighet. Genom enkel linjär regression tas funktionen för hur sondens hastighet påverkar det uppmätta CPS (counts per second) fram som sedan används för att räkna bort påverkan av sänk- och hisshastigheten på spinner-flödesloggern.

För att utvärdera borrhålsloggningsdata användes mjukvaran WellCAD 5.6. där vi erhåller t.ex. djupangivelser för vattenförande sprickor, och hur stor del av pumpflödet som kan härledas till identifierade sprickor.

2.7.3 Beräkning av transmissivitet

Transmissiviteten för hela borrhålet T_{bh} kan beräknas med hjälp av data från de pumpade förhållandena (steg 3). Transmissiviteten beräknades med hjälp av två olika formler: Thiems (eller Deputies) formel (Thiem 1906, Marsily 1986) och Moyes formel (Moye 1967). Båda dessa formler bygger på antagandet att radiellt (cylindriskt) flöde råder samt att flöden kring "brunnen" (borrhålet) är konstanta för den avsedda perioden (steady-state).

Thiems formel (ekvation 1) skrivs:

$$T_{bh} = \frac{Q}{2\pi(h_0 - h_1)} \ln\left(\frac{R}{r_0}\right) \quad (1)$$

Där:

Q är det flöde som pumpas ur borrhålet (m^3/s).

h_0 är grundvattentrycknivån före pumpning påbörjas (m ö.h.).

h_1 är grundvattentrycknivån vid stabila (steady state) pumpade förhållanden (m ö.h.).

R är radien för borrhålets influensarea (m).

r_0 är brunnens (borrhålets) radie (m).

Kvoten (R/r_0) valdes till 500, vilket innebär ett värde för R på cirka 30 m.

För Moyes formel antas cylindriskt flöde nära borrhålet (till avståndet $r = L/2$, där L är längden för testsektionen) och sfäriskt längre bort. Med testsektionen avses här avståndet från grundvattentrycknivån vid opåverkade förhållanden ner till botten på borrhålet.

Moyes formel (ekvation 2) skrivs:

$$T_{bh} = \frac{Q}{2\pi(h_0 - h_1)} \left[1 + \ln\left(\frac{L}{2r_0}\right) \right] \quad (2)$$

Där:

L är längden på testsektionen (m).

Transmissiviteten för en individuell vattenförande spricka eller sprickzon kan beräknas givet att flödet från sprickan eller sprickzonen är känt. Flödet (liter per minut) från varje identifierad transmissiv vattenförande spricka eller sprickzon, Q_i beräknades baserat på flödesloggningsresultaten. Beräkningar av vattenförande sprickor och sprickzoners transmissivitet baseras på Thiems (eller Depuits) formel (ekvation 3)

$$T_i = T_{bh} \left(\frac{Q_i}{Q_{bh}} \right) \quad (3)$$

Där:

T_i är transmissiviteten för en individuell spricka eller sprickzon (m^2/s).

Q_i är flödet från en individuell spricka eller sprickzon.

För beräkning av flöden görs ett antagande om en konstant borrhålsdiameter.

Som en första kontroll och rimlighetsbedömning har testerna även utvärderats genom att beräkna specifik kapacitet (Q/dh). Beräkning av transmissivitet för pumptester görs därefter med programvaran AQTESOLV 4.50 Professional genom passning av typkurvor mot teoretiska modeller. Metoden som har använts vid utvärdering är Dougherty-Babu (1984), som används för tester med konstant flöde i en anisotropisk sluten akvifär med antagande om eventuellt "skin" i brunnen. Med "skin" avses att i direkt anslutning till borrhålet finns en zon där permeabiliteten är antingen försämrade (positivt skin) eller förbättrad (negativt skin) genom antingen igensatta sprickor eller öppnade sprickor vid borring. Att en akvifär är anisotrop, betyder förhållande av skillnaden i hydraulisk konduktiviteten mellan olika riktningar.

2.7.4 Högfrequenstemperatur, elektrisk konduktivitet och beräkning av salthalt

För att identifiera potentiella in- och utflöden söks efter plötsliga avvikelser i temperatur, så kallad högfrequenstemperatur. För att finna dessa avvikelser i temperatur, medelvärdesfiltreras temperaturdata med ett 2,0 m löpande medelvärdesfilter.

Därefter subtraheras det löpande medelvärdet för aktuell djupangivelse från uppmätt temperatur vid aktuell djupangivelse och enligt ekvation 4 kan temperaturavvikelsen utvärderas:

$$HFT = T_L - T_{ML} \quad (4)$$

Där:

HFT (°C) är högfrekvenstemperatur (HFT).

T_L (°C) är temperaturen på djupet L (m).

T_{ML} (°C) är medelvärdet för temperatur för det intervall som sträcker sig från djupet $L - 1,0$ till $L + 1,0$.

För den översta metern under grundvattennivån i borrhålet kommer HFT innehålla temperaturvärden från ovan vattenytan och kommer därför bli missvisande och kan därmed inte användas.

Genom att mäta elektrisk konduktivitet kan mängden salt i vattnet beräknas genom en linjär regressionsanalys (Lundmark, A., Envall, M. & Gunnarson, A., 2007), enligt ekvation 5:

$$Y = 2.51X - 3.75 \quad (5)$$

Där:

Y är halten klorid i mg/l.

X är aktuell elektrisk konduktivitet i mS/m (25 °C).

2.8 ENHÅLSPUMPTEST

Mindre pumptester har utförts i näst intill samtliga bergborrhål som spinner-flödesloggades under 2022 och 2023, undantaget var BH2302 som p.g.a. väldigt låg genomsläpplighet i borrhålet efter borrhålling inte kunde pumpas. Syftet med pumptesterna var att utvärdera borrhålens transmissivitet. Pumpningarna har varierat i omfattning mellan ca 15 och 60 minuter. Återhämtningsfasen har studerats minst lika länge. Nivåförändringarna har registrerats med hjälp av en tryckgivare och manuella mätningar med ljuslod. Pumpflödet mättes antingen manuellt med hink och klocka eller med en digital flödesmätare.

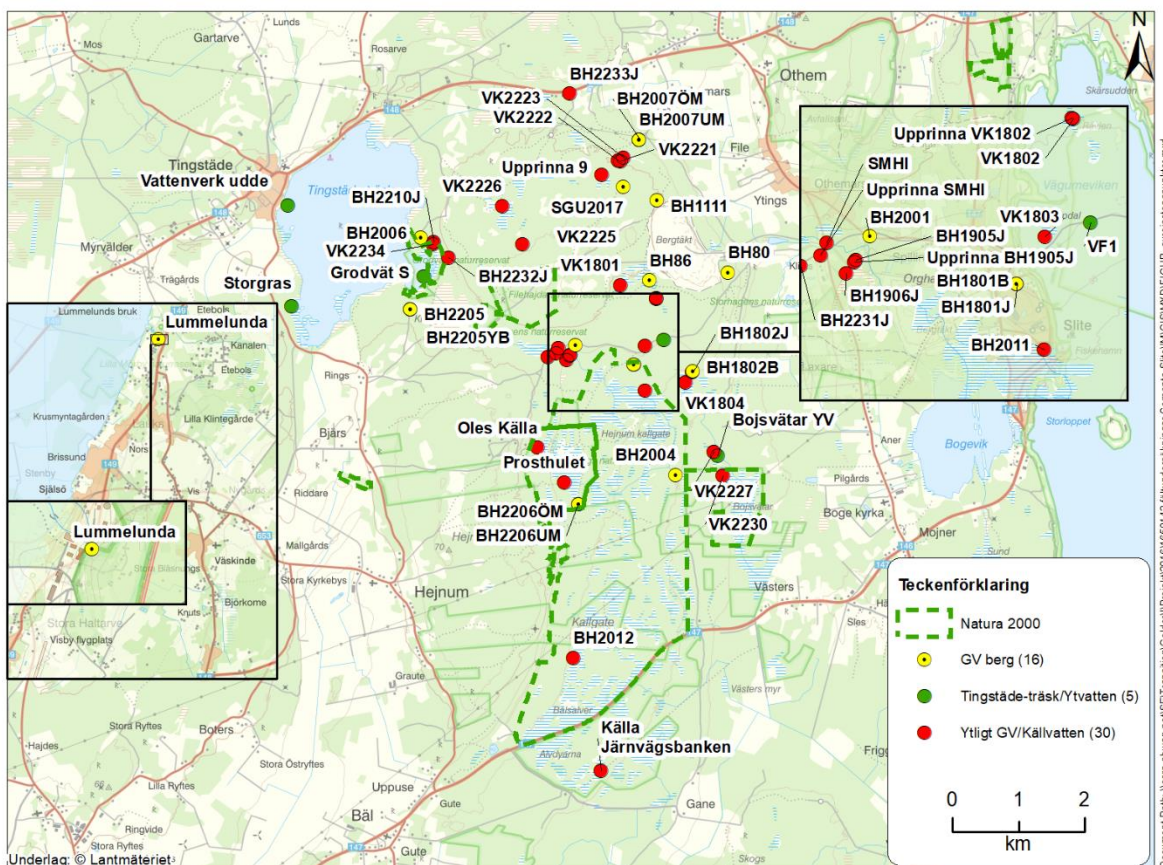
Ingen barometerkompensation har gjorts av trycknivådata, då tester med en varaktighet minuter – fåtal timmar knappast påverkas av lufttrycksförändringar, d.v.s. lufttrycksförändringar kan anses vara en försumbar felkälla i dessa sammanhang.

Som en första kontroll och rimlighetsbedömning har testerna utvärderats genom en beräkning av specifik kapacitet (Q/dh). Trycknivådata utvärderades därefter i programvaran AQTESOLV 4.50 Professional genom passning mot typkurva för att få fram transmissivitet och magasinskoefficient. Passning av typkurva har gjorts enligt metoden Dougherty-Baby (1984) för tester med konstant flöde i en anisotropisk sluten akvifär med antagande om ett eventuellt "skin" i brunnen, men med en första ansats utan "skin" i brunnen.

2.9 VATTENPROVTAGNING FÖR ANALYS AV VATTENKEMI INKLUSIVE STABILA ISOTOPER

Med syftet att identifiera vattnets ursprung har grund- och ytvattnets kemiska parametrar provtagits.

Provtagning av olika typer av vatten för analys av stabila isotoper av väte och syre har utförts vid 9 tillfällen sedan sommaren 2022 fram till och med september 2023. Provtagning kommer fortgå månadsvis under minst hela 2023. Provtagningen har genomförts för att undersöka möjligheten att bestämma vattnets ursprung med hjälp av denna metod. Provtaget vatten utgörs av grundvatten i berg, grundvatten i jord, källvatten och ytvatten, se figur 12. Proverna har skickats för analys på forskningsinstitutet *Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ* i Tyskland.



Figur 12: Provpunkter för vattenprovtagning avseende isotopanalyser.

Isotoper av ett grundämne har lika många protoner, alltså samma atomnummer, men ett annat antal neutroner. Detta innebär att olika isotoper av samma grundämne har olika massa, vilket ger upphov till fysikaliska skillnader för till exempel en vattenmolekyl. Det vill säga, skillnaden i vikt mellan olika isotoper gör att samma grundämne ibland reagerar olika på förändringar i omgivningen. Mätningar av förhållandet mellan isotoper av syre och väte kan därför användas för att tolka olika meteorologiska och hydrologiska förhållanden i naturen.

Många undersökningar har bekräftat att andelen ^{18}O (syre med 8 protoner och 10 neutroner) i naturligt vatten minskar med avståndet från kusten, samt med ökande höjd över havet och med sjunkande temperatur. Anledningen till detta är att det sker en fraktionering vid förångning av vatten, där det lättare ^{16}O avgår i vattenångan och i det kvarvarande vattnet i flytande fas anrikas ^{18}O .

En kvot för halten av ^{18}O jämfört med ^{16}O betecknas $\delta^{18}\text{O}$ och beräknas enligt ekvation 6:

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{^{18}\text{O} - ^{16}\text{O}}{^{18}\text{O}} \quad (6)$$

För till exempel ett marknära ytligt grundvatten betyder detta att ^{16}O lättare avdunstar under sommarhalvåret jämfört ^{18}O , vilket ger grundvattnet en syreisotopsammansättning ($\delta^{18}\text{O}$) som är mindre negativ. Resultatet av syreisotopanalys är ett negativt värde som ju mer vattnet utsätts för avdunstning, går mot noll.

Motsvarande som för syre gäller för isotoper av väte i det vatten som analyseras. Analysresultatet för $\delta^2\text{H}$ plottas mot $\delta^{18}\text{O}$ för att, om möjligt, identifiera vattnets ursprung.

Utöver provtagning för analys av isotoper, analyseras vattenprover på 49 olika parametrar. Inom Heidelberg Materials egna kontrollprogram för miljöövervakning provtas totalt 75 punkter i olika omfattning. De parametrar som analyseras i samtliga prov redovisas i tabell 2, med kompletterande mätningar av fys/kem-parametrar med en handhållen YSI ProDSS i tabell 3 nedan.

Tabell 2: Samtliga parametrar som samtliga vattenprover analyseras på i laboratorium.

Analyserade Parametrar
Alkaninitet
Aluminium (Al)
Ammonium (NH ₄)
Ammonium-kväve
Antimon (Sb)
Arsenik (As)
Barium (Ba)
Bly (Pb)
Bor (B)
DOC
Fluorid
Fosfat (PO ₄)
Fosfatfosfor
Färg (410 nm)
Järn (Fe)
Kadmium (Cd)
Kalcium (Ca)
Kalium (K)
Kemisk syreförbrukning (COD-Mn)
Kisel (Si)
Klorid i vatten
Kobolt (C) i vatten
Konduktivitet
Koppar (Cu)
Krom (Cr)
Kvicksilver (Hg)
Lukt vid 20 °C
Magnesium (Mg)
Mangan (Mn)
Natrium (Na)
Nickel (Ni)
Nitrat (NO ₃)
Nitrat-kväve
Nitrit (NO ₂)

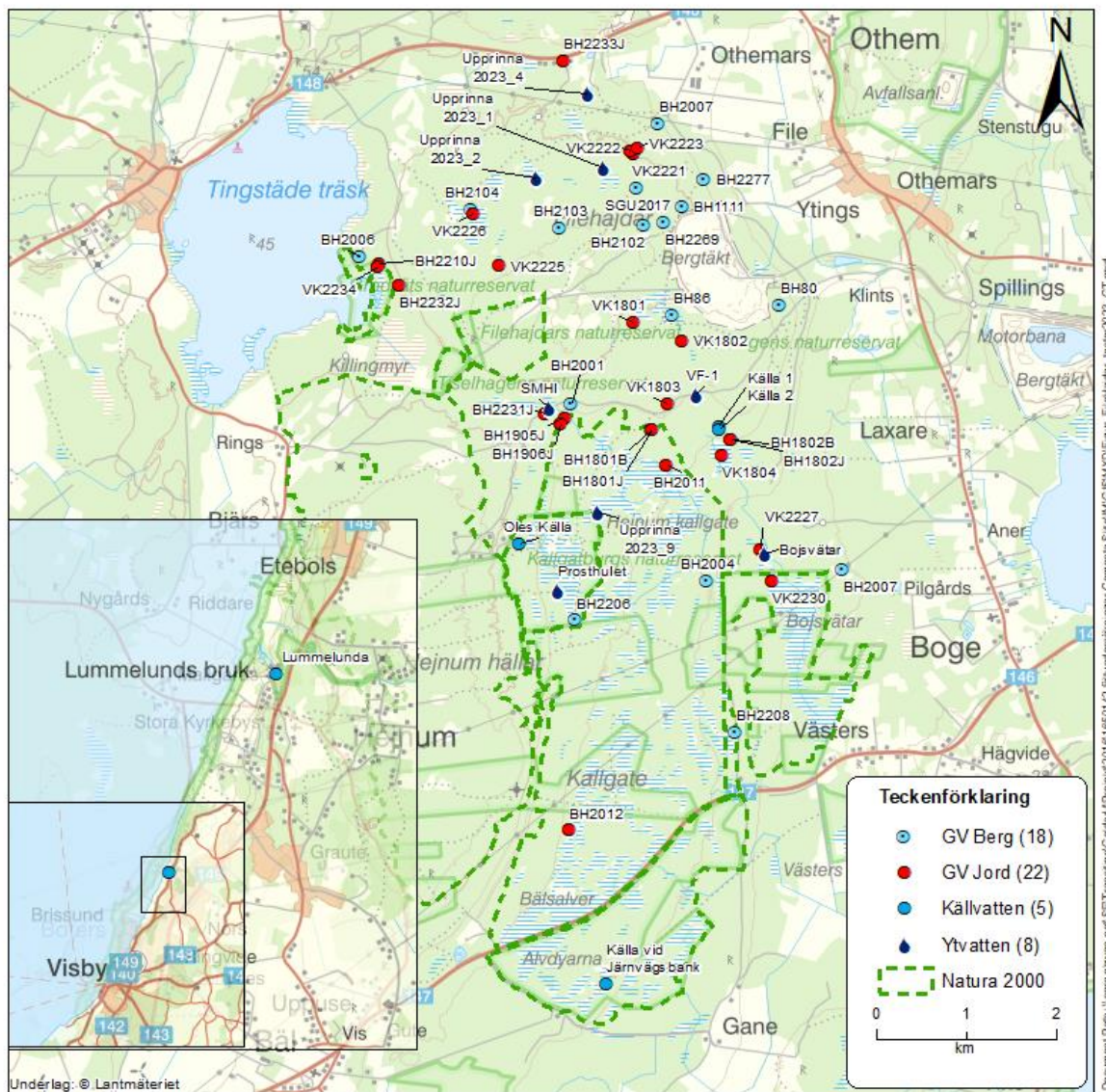
Analyserade Parametrar
NO ₃ /50 + NO ₂ /0,5
pH
Selen (Se)
Strontium (Sr)
Sulfat
Totalfosfor
Totalhårdhet
Totalkväve
Turbiditet
Uran (U)
Vanadin (V)
Vattentemperatur (°C)
Zink (Zn)
Deuterium ($\delta^2\text{H}$)
Syre-18 ($\delta^{18}\text{O}$)

Tabell 3: Samtliga parametrar som mäts i fält med en YSI ProDSS samband med provtagning i samtliga provpunkter.

Analyserade parametrar
Vattentemperatur i fält (°C)
Syre (mg/l)
Redox (mV)
Konduktivitet i fält ($\mu\text{S/cm}$)
Specifik konduktivitet ($\mu\text{S/cm}$)
pH i fält

För att särskilja och karakterisera olika typer av vatten finns hundratals ämnen och föreningar att analysera. Sveriges geologiska undersökning har i en studie av bergborrade dricksvattenbrunnar påvisat tydligt förhöjda halter av bor och strontium på Gotland (Ek, B.-M., Thunholm, B., Östergren, I. & Mjönes, L., 2007:13). Dessa halter har sitt ursprung i den sedimentära berggrunden.

Denna rapport avgränsas till de bergborrhål och grundvattenrör som är på och nära File hajdar enligt figur 13. Genom att kvalitativt analysera parametrarna som redovisas i tabell 2 och tabell 3 i vattenprover inom det avgränsade området kan samband mellan vattenkemin och geologin identifieras. Syftet med att identifiera samband i vattenkemin är att hitta kemiska parametrar som kan användas för att karakterisera vattnets ursprung; om det finns kemiska parametrar som skiljer sig beroende på om vattnet har ett ursprung från jordgrundvatten eller berggrundvatten och om det går att skilja dem åt.



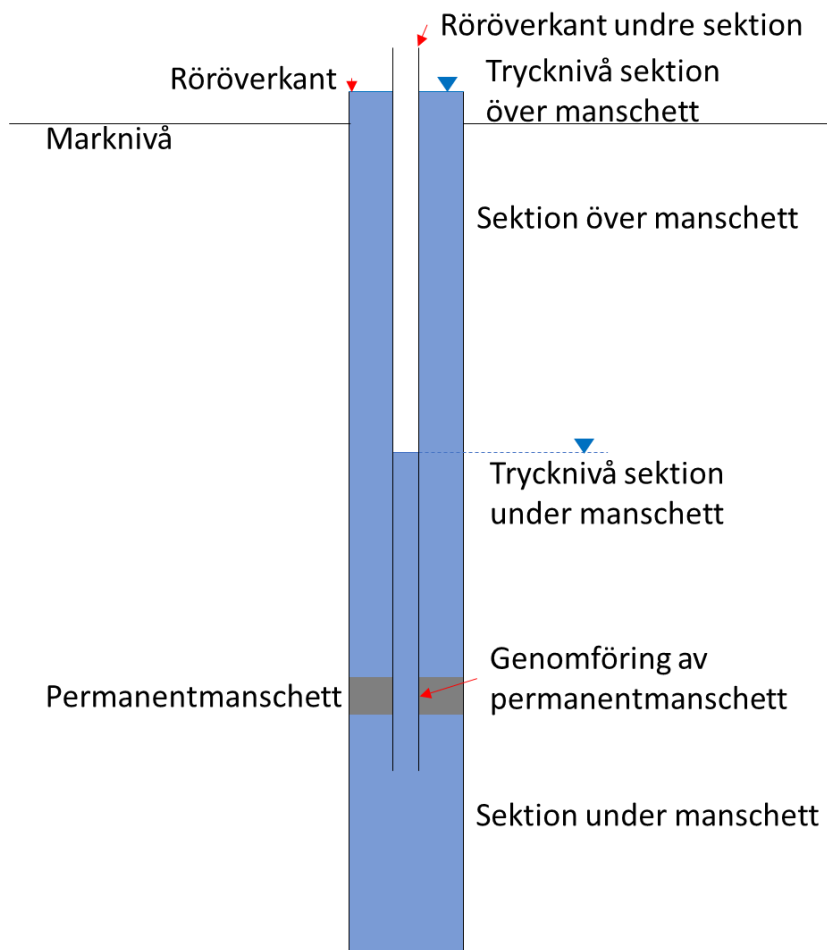
Figur 13: Provtagningspunkter av vatten avseende analyser av vattenkemi inom avgränsat område för denna rapport.

2.10 GRUNDVATTENNIVÅOBSERVATIONER

Inom det aktuella undersökningsområdet finns ett stort antal observationspunkter som kontinuerligt loggar förändringar över tid i grundvattennivåer.

Under åren 2022–2023 har ytterligare 29 tryckgivare installerats för kontinuerlig övervakning av grundvattennivåer. Dessa 29 tryckgivare är fördelade över 24 observationspunkter, 12 bergborrhål och 12 grundvattenrör i jord.

I totalt 5 borrhål inom ramen för denna rapport, där det är intressant att mäta grundvattennivån i olika geologiska enheter, har det gjutits en permanentmanschett på en lämplig nivå efter utförda hydrogeologiska tester. I manschetten gjuts en slanggenomföring som tillåter mätning av grundvattennivåer under manschetten, se figur 14.



Figur 14: Schematisk skiss av en installation av en permanentmanschett som möjliggör mätning i två djupsektioner av borrhål.

2.11 RINGINFILTROMETERTESTER

För att få ett mått på infiltrationskapaciteten på jordarten bleke har ringinfiltrometertester genomförts. Utrustningen består av två ringar, ett uppmärkt stigarrör och en installerad tryckgivare för att logga tryckförändringen, se figur 15. Denna dubbelringinfiltrometer är en vidareutveckling av SGI:s ringinfiltrometer (SGI, 1982) och har utvecklats för att vara mer lättinstallerad samt för att minimera den markskada som kan uppstå vid testerna.

Dubbelringinfiltrometrarna installerades i våtmarker runt File hajdar där jordarten bleke har karterats (Calluna, 2023). Ringarna slogs ner i marken på tillräckligt djup för att sitta i bleken och på sådant sätt att ringarna slöt tätt så att allt vatten infiltrerades genom bleken. Efter installation fylldes den yttre ringen med vatten tills marken ansågs vara mättad för att eliminera läckage mot sidorna. Därefter fylldes den inre ringen med vatten tills marken bedömdes vara mättad och därefter skruvades tryckgivaren fast, sist fylldes stigarröret på med vatten som sjönk undan och hastigheten som det sjönk undan med loggades.

Den hydrauliska konduktiviteten beräknades därefter utifrån utvärdering av utströmmad vattenmängd mot förfluten tid enligt ekvation 7 (Sjöholm, M., Carlsten, P. & Elander, P., 1994).

$$K = F \frac{A_R L}{A_I (t_{(n+1)} - t_n)} \ln \left(\frac{H_{t_n} + L}{H_{t_{n+1}} L} \right) \quad (7)$$

Där:

K är hydraulisk konduktivitet (m/s).

F är korrektionsfaktor, ansatt här till 0,45.

t_n är tidpunkt 1.

t_{n+1} är tidpunkt 2.

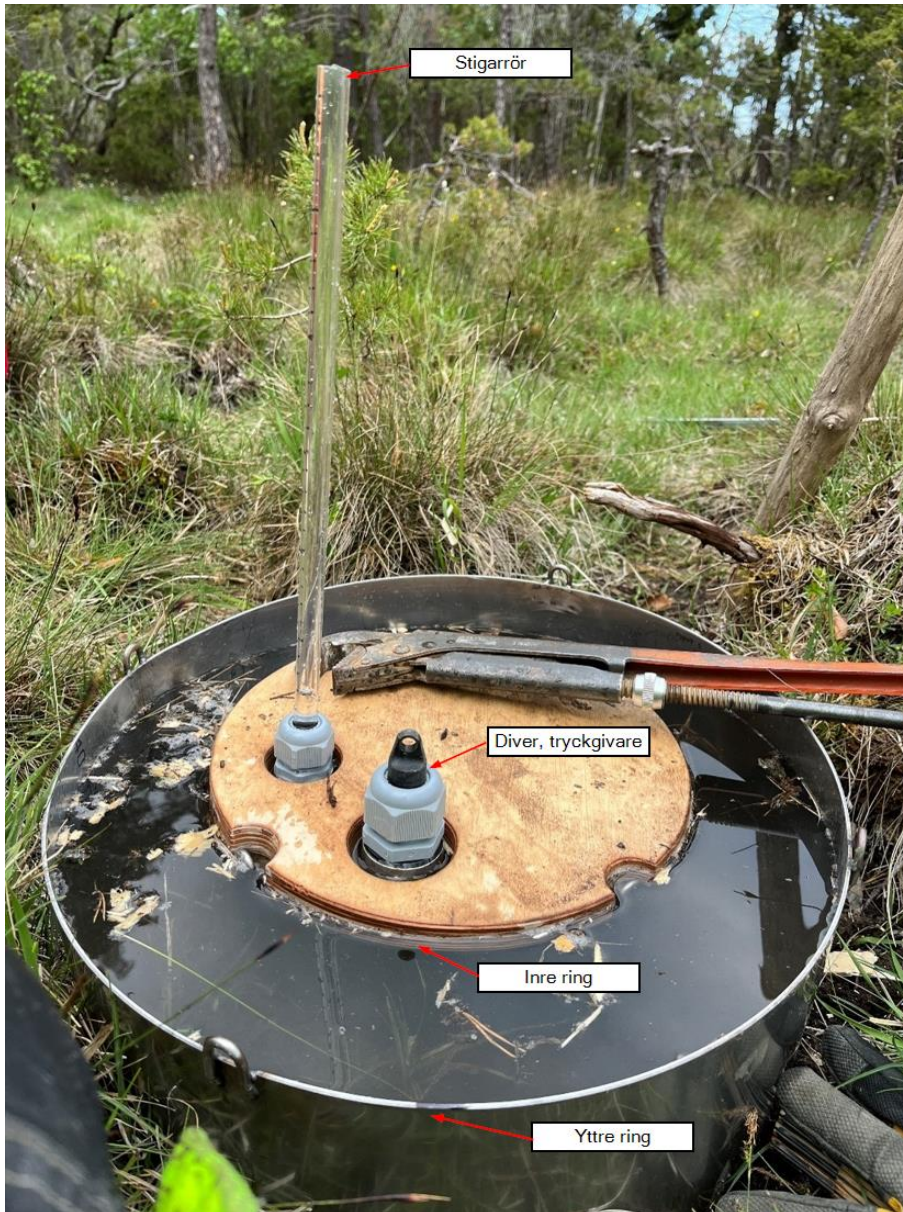
L är tätskiktets mäktighet (djup ner till vilket jorden är vattenmättad) (m).

H_{t_n} är tryckhöjd (vattentryck på markytan, fallande) vid tiden t_n (m).

$H_{t_{n+1}}$ är tryckhöjd (vattentryck på markytan, fallande) vid tiden t_{n+1} (m).

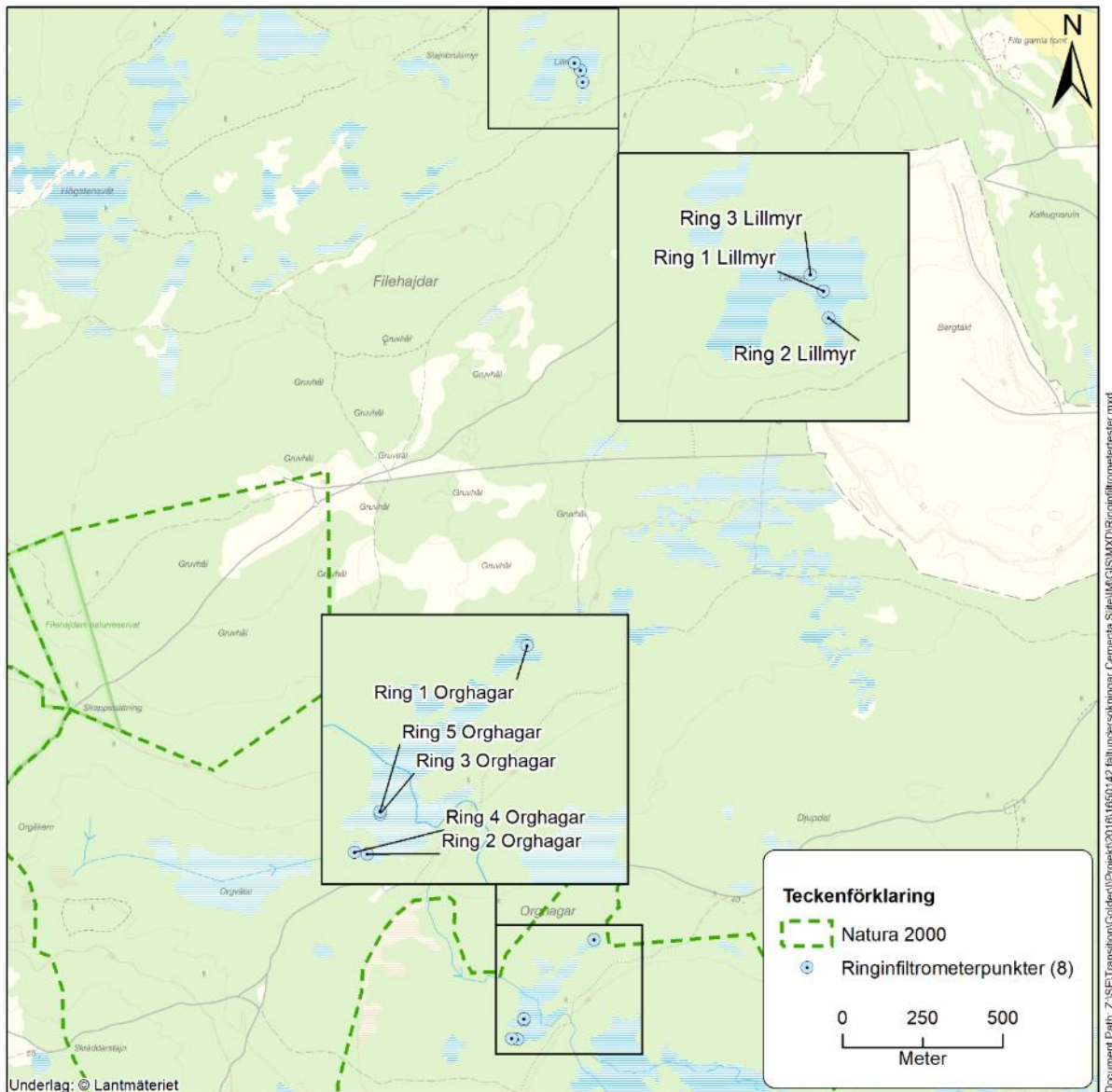
A_I är infiltrometerns area (m²).

A_R är avlösningsrörets area (m²).



Figur 15: Dubbelringinfiltrometern installerad och under test med vattenfylld inre och yttre ring.

Dubbelringinfiltrometrarna installerades i Orghagar (5 punkter) och Lillmyr (3 punkter), se figur 16.

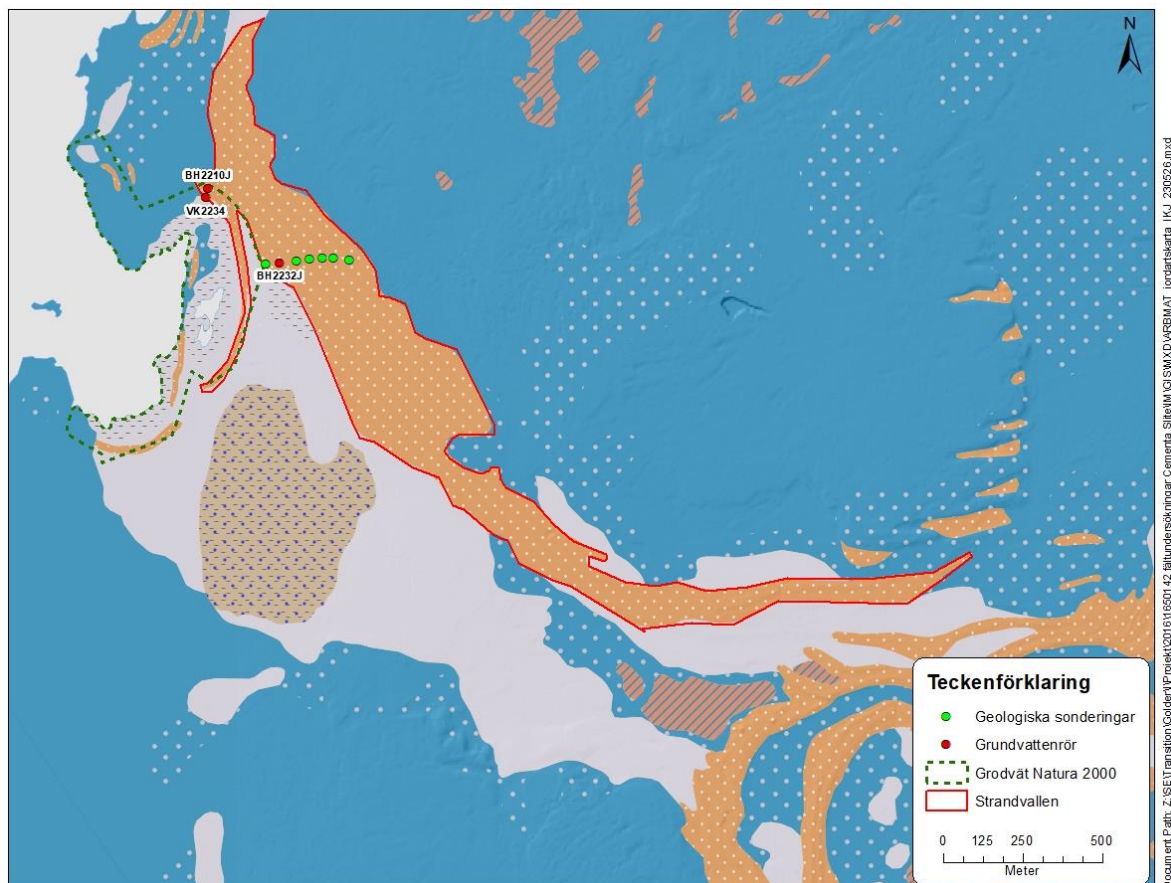


Figur 16: De två våtmarkerna, Lillmyr och Orghagar, där ringinfiltrometertester genomfördes.

2.12 UNDERSÖKNINGAR FÖR GRODVÄT

Grodvät är ett botaniskt värdefullt våtmarksområde intill Tingstäde träsk och utgör ett Natura 2000-område. Med anledning av Grodväts höga skyddsvärde har diverse undersökningar genomförts som syftar till att definiera vattentillförseln till området.

Framförallt har fokus legat på konceptualisering av volymen vatten som lagras i uppströms jordlager bestående av svallsediment (strandvallen) samt den volym som strömmar ut ur strandvallen. För att få en bättre konceptuell modell av strandvallen har det genomförts geologiska sonderingar och installerats två grundvattenrör i strandvallen. Ett grundvattenrör har även installerats i Grodvät, se figur 17.



Figur 17: Natura 2000-området Grodvät markerat med grön streckad linje och den sonderade strandvallen markerad med röd linje. De geologiska sonderingarna är markerade med gröna cirklar och grundvattenrör med röda cirklar.

Utöver de geologiska sonderingarna av strandvallen och installationen av grundvattenrör har det, för att kunna kvantifiera lagringen av vatten, även utförts nivåövervakning av grundvattenytan i installerade grundvattenrör samt i utvalda borrhål (BH2206, BH2205, BH2220ÖM, BH2220UM och SGU11001). Nivådata över vattenytan i Tingstäde träsk har tillhandahållits av Visby kommun som genomför veckovisa nivåmätningar. Utifrån erhållna data från ovan nämnda undersökningar har diverse beräkningar och analyser utförts för att dels definiera mängden vatten som lagras i strandvallen, dels utreda varifrån vattnet härrör.

Volymen vatten som lagras i strandvallen ges av ekvation 8:

$$V = A \cdot d \cdot p \quad (8)$$

Där:

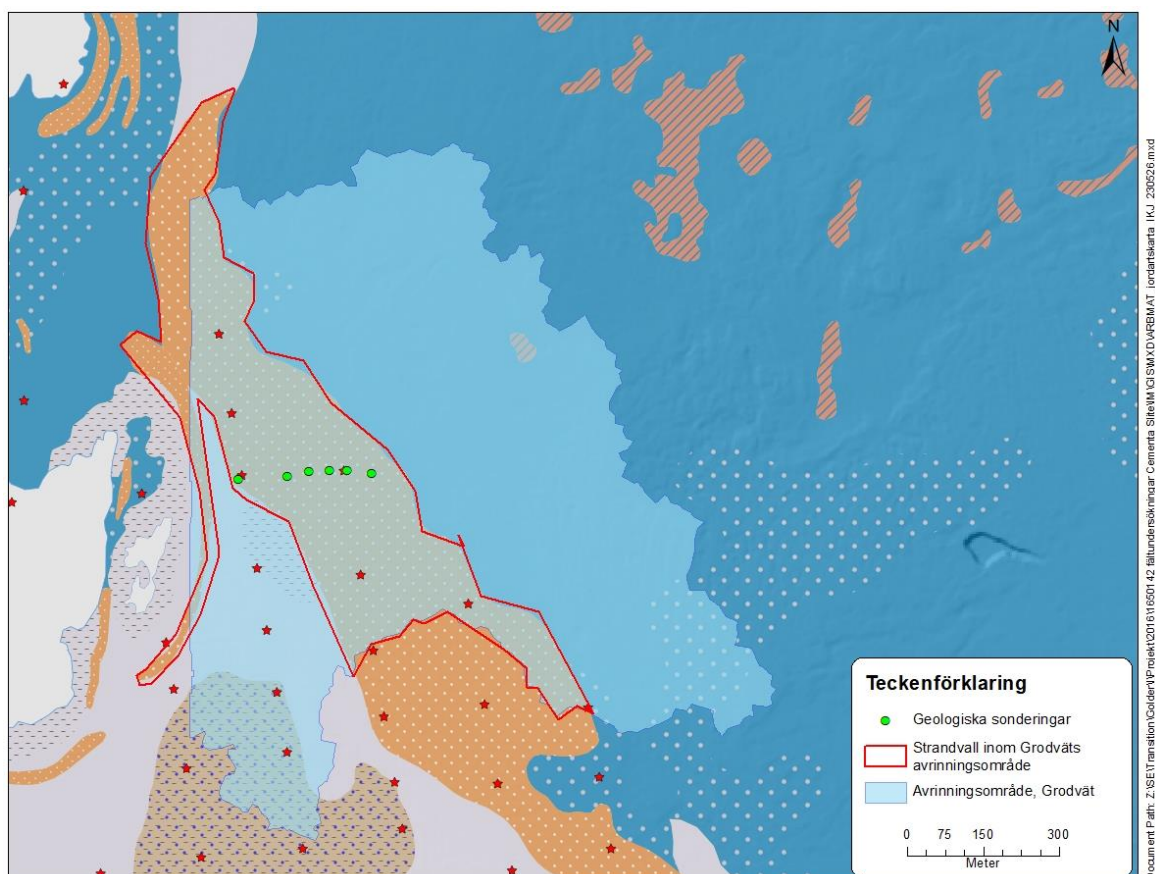
V är volym (m³).

A är area (m²).

d är representativt djup (m).

p är porositet.

För att få den faktiska vattenvolymen som lagras i strandvallen, V1, har trycknivådata från installerade grundvattenrör använts som ett värde på representativt djup. I volymberekningsarna har inte hela arean av strandvallen använts, utan endast den del som ligger inom Grodväts avrinningsområde, se figur 18.



Figur 18. Röda stjärnor markerar SGU:s jorrdjupsobservationer med avslut i berg och gröna markeringar visar sonderingsprofilen i strandvallen. Rödmarkerat område är den del av strandvallen varifrån vatten anses nå Grodvät, och är den area som använts i beräkningarna. Arealen av avrinningsområdet som ingått i beräkningarna för Grodvät syns markerat med ljusblått.

Genom att subtrahera den lägsta uppmätta grundvattennivån från den högsta uppmätta grundvattennivån, och sedan sätta den beräknade skillnaden till d i ekvation 8, fås volymen av det ur strandvallen utströmmande grundvattnet, Q_1 . För grundvattennivån används grundvattenrören BH2232J och BH2210J under mätperioderna 2022-12-02 till 2023-09-19 respektive 2022-08-30 till 2023-09-19.

Vattenbalansen i ett område avgörs av en av andelen grund- och ytvatten som strömmar in i området och beräknas med ekvation 9:

$$Q_{ut} = (P - ET)A + Q_{in} \pm \Delta M \quad (9)$$

Där:

Q_{ut} utgör det sammanlagda flödet av yt- och grundvatten ut från området (m^3/s).

$P-ET$ utgör nederbörd minus evapotranspiration, dvs. nettonederbörd (m/s).

A är områdets area (m^2).

Q_{in} är flödet in mot området från omgivningen (m^3/s).

ΔM är förändringen av vattenmagasinet över tidsintervallet (m^3/s).

Om mätningen på avrinningen görs över ett hydrologiskt år, där grundvatten och ytvatten i början och slutet av året kan antas vara desamma, kan även ΔM anses vara noll. I sådana fall kan ekvation 9 förenklas enligt ekvation 10:

$$Q_{ut} = (P - ET)A \quad (10)$$

För att få en indikation på storleksskillnaden mellan den lagrade vattenvolymen i strandvallen, V_1 , och den utströmmande vattenvolymen ur strandvallen, Q_1 , har kvotberäkningar gjorts mellan lagrad vattenvolym och utströmmande vattenvolym. Beräkningen har gjorts för tidsperioden 2022-08-30 – 2023-07-14 i BH2232J och för tidsperioden 2022-08-30 – 2023-07-14 i grundvattenrör BH2210J.

Kvoten mellan den lagrade vattenvolymen och den utströmmande vattenvolymen beräknas enligt ekvation 11:

$$K = \frac{V_1}{Q_1} \quad (11)$$

Där:

K är kvoten mellan volym grundvattenvatten i strandvallen och volym utströmmande grundvatten från strandvallen.

V_1 är vattenvolymen i strandvallen (m^3).

Q_1 är volymen utströmmande grundvatten från strandvallen och som når Grodvät under aktuell tidsperiod (m^3).

3 RESULTAT

3.1 JORDLAGERFÖLJD

Vid installation av grundvattenrören BH2210J, BH2231J, BH2232J och BH2233J noterades jordlagerföljden i fältprotokoll (se Bilaga C för samtliga noteringar från sondering och installation av grundvattenrör). I figur 2 och figur 19 framgår lokaliseringen av grundvattenrören.

I borrhypunkten BH2231J, som ligger i strandvallen vid Orghagar, utgörs jordlagerföljden av mulljord ned till 0,2 m under markytan (m.u.my.), därunder noterades något stenig grusig sand ned till 0,7 m.u.my. som i sin tur underlagras av finsand ned till 2,3 m.u.my.

Vid borrhypunkten för BH2233J, nära Tingstädeåsen i norra delen av undersökningsområdet, förekommer mulljord ned till 0,1 m.u.my. som underlagras av grusig sand ned till ett djup om 1,5 m.u.my., därunder förekommer finsand ned till 3 m.u.my.

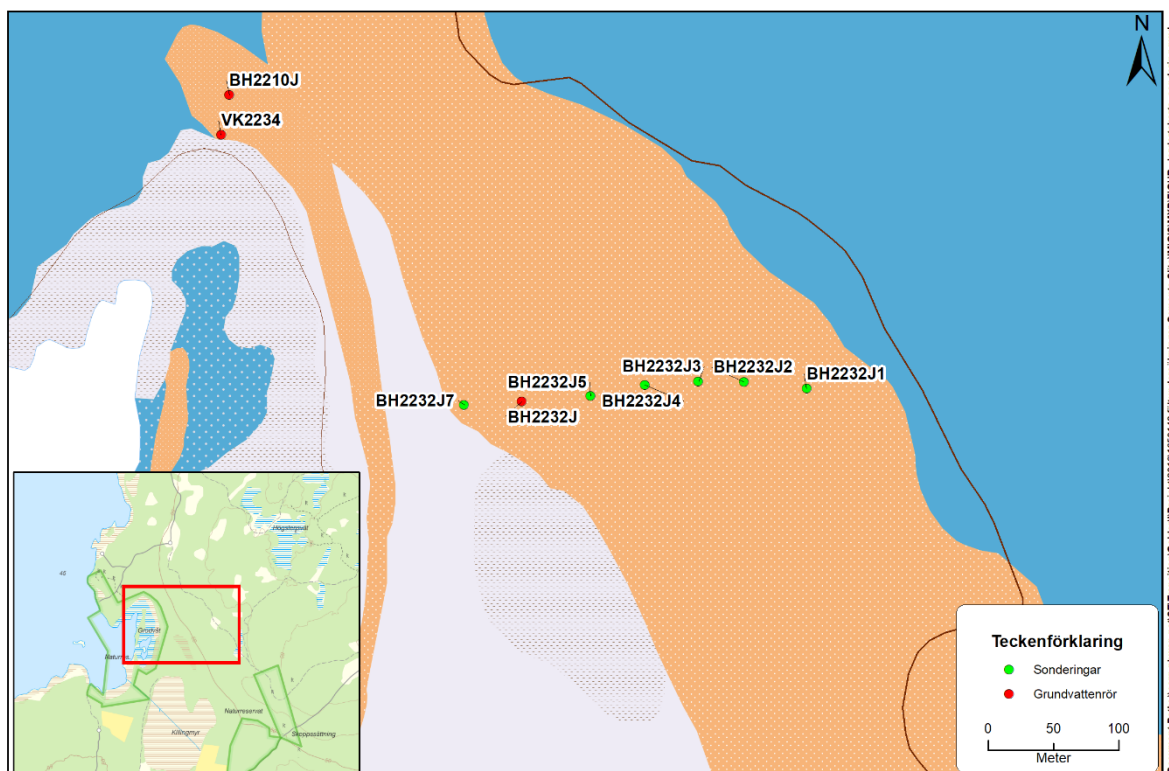
I borrhypunkten BH2210J, nära Grodvät Natura 2000-område, utgörs det översta jordlagret av mulljord ner till 0,2 m.u.my., som underlagras av grusig sand ner till 1,7 m.u.my. Den grusiga sanden underlagras av en mycket fast sandig/grusig morän, ner till 2,3 m.u.my.

I borrhypunkten BH2232J-6, även den nära Grodvät Natura 2000-område i vilket även ett grundvattenrör installerades, utgörs jordlagerföljden av mulljord ned till 0,3 m.u.my. som underlagras av grusig sand ned till 1,2 m.u.my. Under den grusiga sanden utgörs jordarten av sandig morän till ett djup av 1,4 m.u.my.

I samband med installation av grundvattenrör BH2232J (som installerades i sonderingspunkten BH2232J-6) genomfördes flera sonderingar. Sonderingarna genomskär den största sandavlagringen i området (se figur 19). I sandavlagringen lagras grundvatten med en flödesriktning från öst till väst, dvs. från File hajdar mot Grodvät och Tingstäde träsk. Sondering utfördes i punkterna BH2232J-1 till BH2232J-7 där jordlagerföljden generellt utgörs av mulljord ned till ett djup mellan 0,15 och 0,3 m.u.my. som sedan underlagras av grusig sand ned till ett djup om

0,6 till 1,1 m.u.my. Därunder utgörs jordarten antingen av finsand eller sandig morän ned till ett djup om 1,4 till 1,7 m.u.my., i samma jordart som grundvattenröret installerades.

Enligt SGU:s jordartskarta (2023) utgörs jordarten längs sonderingsprofilen av svallat grus (svallsediment) och jorddjupet har skattats till 1–3 m.



Figur 19: Sonderingsprofilen tillsammans med SGU:s jordartskarta. Orange-prickat fält utgörs av svallsediment, grus. Röd rektangel i infälld karta visar ungefärlig position för sonderingsprofilen.

3.2 SLUGTESTER

3.2.1 Slugtester i grundvattenrör installerade i jord

Utvärderingen av data från hydrauliskt testade grundvattenrör installerade i jord visar en hydraulisk konduktivitet mellan $7,1E-05$ och $2,0E-04$ m/s. I BH2231J kunde ett mindre pumptest genomföras vilket tyder på en mycket grovkornig och genomsläpplig jordart. Högst hydraulisk konduktivitet av de testade rören återfinns i detta rör belägen i strandvallen uppströms Natura 2000-området Hejnum Kallgate, nära Orgvät. Utvärderade slugtester av undersökta grundvattenrör installerade i jord för denna rapport redovisas i tabell 4.

Tabell 4: Utvärderad hydraulisk konduktivitet för enhålstester genomförda i grundvattenrör installerade i jord med en motsvarande jordart för den hydrauliska konduktiviteten.

Borrhåls ID	Vattenmättad testsektion vid test (m)	Hydraulisk konduktivitet (m/s)	Jordart som hydraulisk konduktivitet motsvarar
BH2210J	2	$1,5E-06$	Sandig/grusig morän
BH2231J	1,46	$2,0E-04$	Grusig sand
BH2232J	0,7	$1,0E-05$	Finsand/sandig morän
BH2233J	1,24	$7,1E-05$	Grusig sand/Finsand

Både kartering av jordarter och sonderingsborrning stärks av resultatet från utförda slugtester i grundvattenrören.

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se Bilaga D.

3.2.2 Slugtester i ytliga bergborrhål

Utvärdering av slugtesterna i bergborrhål visar på en varierande hydraulisk konduktivitet beroende på vilken geologisk enhet borrhålet är borrar i. Den hydrauliska konduktiviteten varierar mellan $1,1E-03$ och $<1,0E-10$ m/s.

Det är en tydlig skillnad i hydraulisk konduktivitet mellan områden med mörkelsten respektive revkalkstensområden med riklig epikarst. Medelvärdet av den hydrauliska konduktiviteten i mörkelsten är $1,7E-09$ m/s medan medelvärdet av den hydrauliska konduktiviteten i revkalkstenen är $2,1E-04$ m/s. Medelvärdena för den hydrauliska konduktiviteten har beräknats som ett geometriskt medelvärde. Skillnaden blir mindre men allt jämnt stor om man inkluderar äldre tester, se 3.2.4.

Då stora delar av File hajdar-området har betydligt mindre epikarst än det testade området kan det förväntas vara områden med hydrauliska konduktiviteter inom det uppmätta ytterlighetsspannet av hydraulisk konduktivitet från utvärderade slugtester i ytligt berg. Där områden med revkalksten med epikarst visar områden med högst genomsläpplighet och mörkelsten visar områden med lägst genomsläpplighet. Förekomsten av epikarst är tolkad till att vara kopplad till områden med ren kalksten eller revkalksten och bildas när meteoriskt vatten löser upp kalksten i anslutning till sprickor (Erlström, M., Dahlqvist, P., Sopher, D. & Hjerne, C.-E. 2022:04).

Resultaten från utvärderade slugtester i ytligt borrhål redovisas i tabell 5.

Tabell 5: Utvärderad hydraulisk konduktivitet från slugtestet i ytliga bergborrhål.

Borrhåls ID	Hydraulisk konduktivitet (m/s)	Vattenmättad testsektion vid test (m)	Geologisk enhet	Kommentar
BH2205YB	$3,7E-07$	1,2	Otydligt	
BH2206YB	$<1,0E-10$	2	Slite mörkel	Mycket tätt berg
BH2207YB	$<1,0E-10$	1	Slite mörkel	Mycket tätt berg
BH2208YB	$4,7E-07$	2,3	Slite mörkel	
BH2214YB	$2,7E-05$	1,12	Revkalksten	
BH2215YB	$9,4E-05$	1,12	Revkalksten	
BH2216YB	$1,6E-05$	2,1	Revkalksten	
BH2217YB	$3,9E-04$	1	Revkalksten	
BH2218YB	$5,3E-03$	0,1	Revkalksten	
BH2219YB	$1,1E-03$	0,4	Revkalksten	

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se Bilaga D.

3.2.3 Slugtester i djupa borrhål i berg

Prospekteringsborrhålen som testades hydrauliskt för att utvärdera den hydrauliska konduktiviteten redovisas även i tabell 6 och figur 20. I området med revkalksten nordväst om File hajdar-täkten varierar den hydrauliska mellan $4,0E-05$ ner till $2,8E-09$ m/s. I tabell 6 redovisas även en förväntad transmissivitet vilken erhålls genom att multiplicera den hydrauliska konduktiviteten med längden på testsektionen.

Borrhålet BH2220, som borrades intill Tingstäde träsk, uppvisar täta förhållanden då tillrinningen efter borring var väldigt låg. Återhämtningen av grundvattennivån efter borringen utvärderades som ett slugtest och transmissiviteten beräknades för borrhålet, se tabell 6.

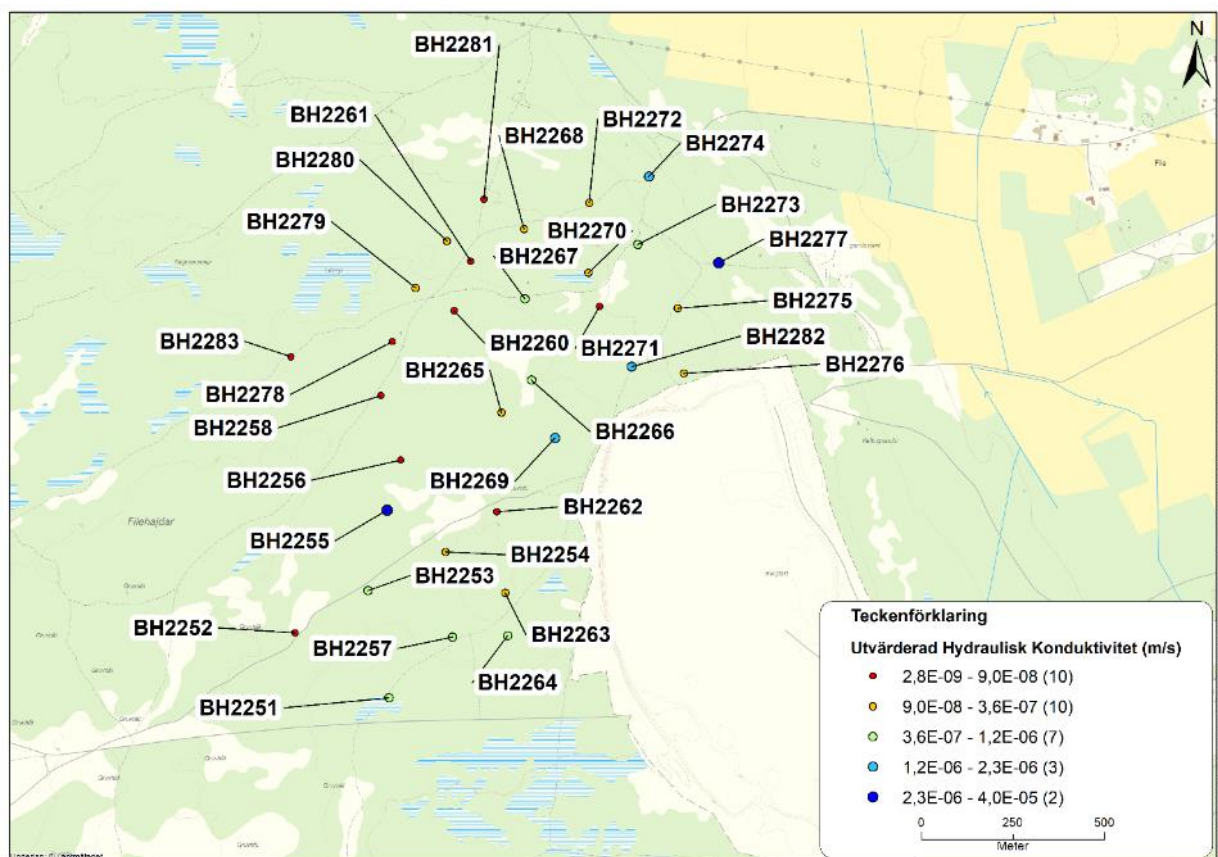
Tabell 6: Utvärderad hydraulisk konduktivitet och transmissivitet för utförda slugtester i djupa borrhål i berg.

Borrhåls ID	Hydraulisk konduktivitet (m/s)	Transmissivitet (m ² /s)	Vattenmättad testsektion vid test (m)	Absolutnivå botten	Kommentar
BH2220	1,5E-10	6,1E-09	40,57	-7,26	Mycket tätt berg
BH2251	7,0E-07	3,9E-05	48,7	-7,99	Inläckage vid foderrör
BH2252	9,0E-08	4,1E-06	45,86	-4,17	
BH2253	6,3E-07	2,7E-05	42,3	-4,0	
BH2254	2,8E-07	1,0E-05	35,92	-0,81	
BH2255	4,0E-05	2,6E-03	37,15	-2,02	
BH2256	3,0E-08	1,1E-06	37,2	-1,51	
BH2257	5,5E-07	2,0E-05	36,33	-1,63	
BH2258	4,4E-08	2,1E-06	47,89	-1,2	
BH2260	2,4E-08	7,9E-07	32,85	-0,52	
BH2261	2,8E-09	1,2E-07	43,99	0,37	
BH2262	6,2E-09	2,1E-07	33,98	-0,65	
BH2263	1,6E-07	5,6E-06	34,78	0,01	
BH2264	1,2E-06	3,1E-05	25,68	-1,2	
BH2265	2,5E-07	8,7E-06	34,4	-0,1	
BH2266	7,9E-07	2,7E-05	34,66	0,0	
BH2267	1,0E-06	3,7E-05	37,01	-2,56	
BH2268	8,5E-08	4,3E-06	50,97	-0,74	
BH2269	2,0E-06	8,7E-05	34,82	-0,33	
BH2270	2,0E-07	5,4E-06	27,22	-0,94	
BH2271	1,4E-08	4,3E-07	30,92	-0,06	
BH2272	2,5E-07	8,4E-06	33,77	-0,92	
BH2273	5,8E-07	1,5E-05	26,48	-3,27	
BH2274	2,3E-06	6,5E-05	28,21	2,18	
BH2275	3,6E-07	1,2E-05	31,9	-3,28	
BH2276	5,9E-08	2,0E-06	33,78	-1,86	
BH2277	2,3E-06	6,7E-05	19,25	-1,37	
BH2278	3,3E-06	1,9E-06	59,3	-2,65	

Borrhåls ID	Hydraulisk konduktivitet (m/s)	Transmissivitet (m ² /s)	Vattenmättad testsektion vid test (m)	Absolutnivå botten	Kommentar
BH2279	2,7E-07	8,2E-06	30,27	-0,82	
BH2280	1,5E-07	5,4E-06	37,03	-0,31	
BH2282	1,9E-06	6,2E-05	33,73	-5,68	
BH2283	2,3E-08	1,3E-06	57,92	-3,11	

Resultatet från de hydrauliska testerna visar att det är en tydlig variation av hydraulisk konduktivitet i revkalkstenen nordväst om File hajdar-täkten. Majoriteten av de testade borrhålen visar på täta förhållanden medan några få borrhål (BH2255 och BH2277) är mer genomsläppliga med hydrauliska konduktiviteteter på 4,0E-05–2,3E-06 m/s. Fördelningen av den hydrauliska konduktiviteten visar att revkalkstenen är heterogen, men ett nordöstligt stråk som är mer genomsläpplig kan tolkas, se figur 20.

Den genomsnittliga hydrauliska konduktiviteten i området för revkalkstenen utifrån prospekteringsborrhålen (BH2251–BH2283) är beräknad till 2,0E-07 m/s. Den medelhydrauliska konduktiviteten har räknats ut som ett geometriskt medelvärde.



Figur 20: De hydrauliskt testade djupa borrhålen BH2251–BH2283 med dess utvärderade hydrauliska konduktivitet.

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se Bilaga D.

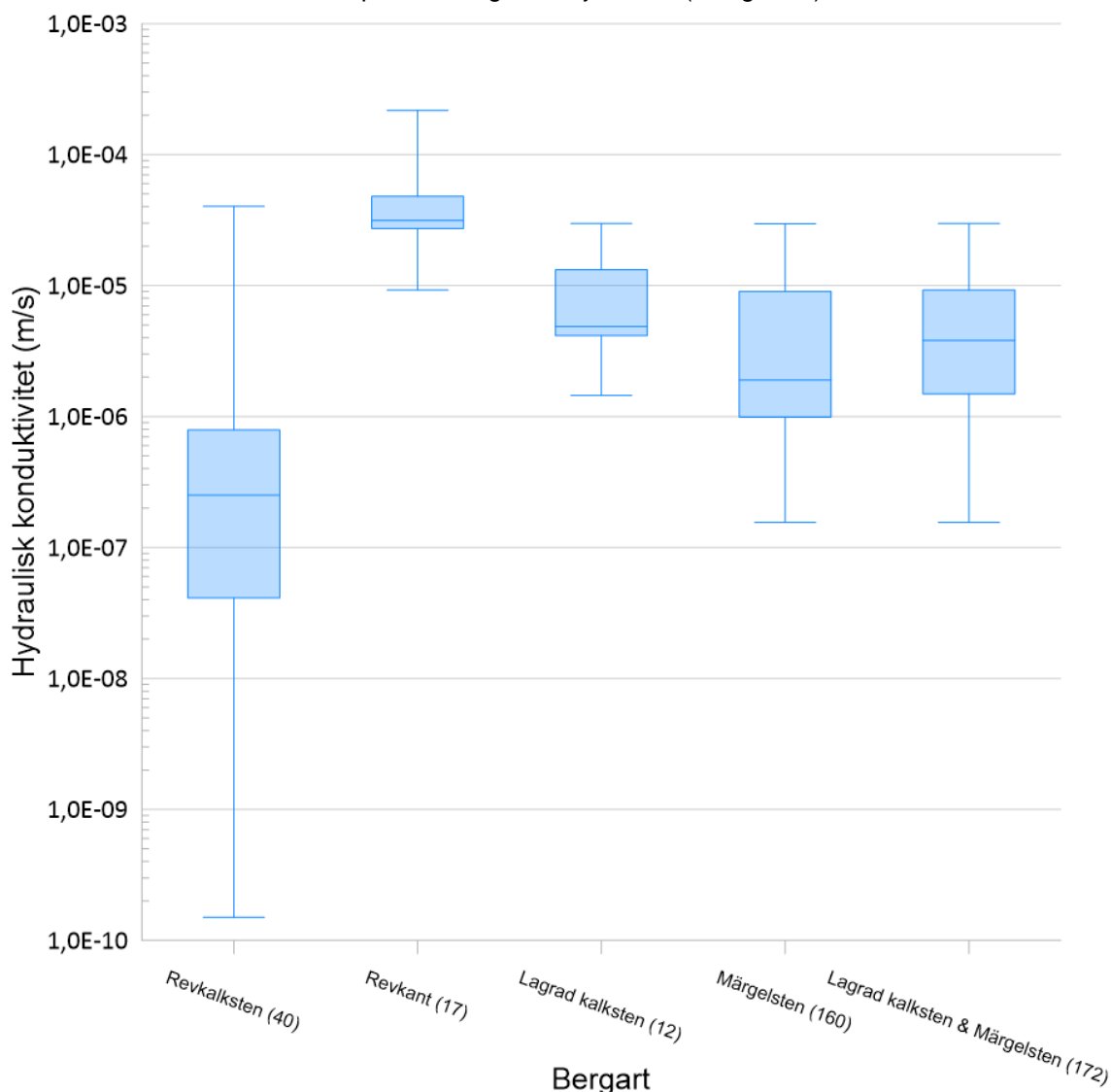
3.2.4 Jämförelse hydraulisk konduktivitet i bergarter

Vid jämförelse av alla utförda enhålstester av bergborrade borrhål har borrhålen delats upp i grupper baserat på den geologiska enhet borrhålen är borrade i. För att göra jämförelsen har även data från tidigare av genomförda undersökningar använts utöver data som redovisas i denna rapport (SGU, 1977; Golder, 2017; Golder, 2020; WSP Golder, 2022; WSP, 2023b).

De djupa bergborrhålen har delats upp i grupper efter den bergart som borrhålen är etablerade i:

- Revkalksten
- Revkant, övergångszon mellan revkalksten och mägersten
- Lagrad kalksten
- Mägersten

Totalt har 229 djupa bergborrhål testats hydrauliskt genom olika undersökningsmetoder, där den hydrauliska konduktiviteten för respektive bergart har jämförts (se figur 21).



Figur 21: Uppmätt spridning av hydraulisk konduktivitet för undersökta djupa bergborrhål där antalet bergborrhål för respektive bergart anges för varje stapel. Lådagrammet visar hydraulisk konduktivitet inom 25e – 75e percentilen med median hydraulisk konduktivitet, samt den högsta och lägsta uppmätta hydrauliska konduktiviteten.

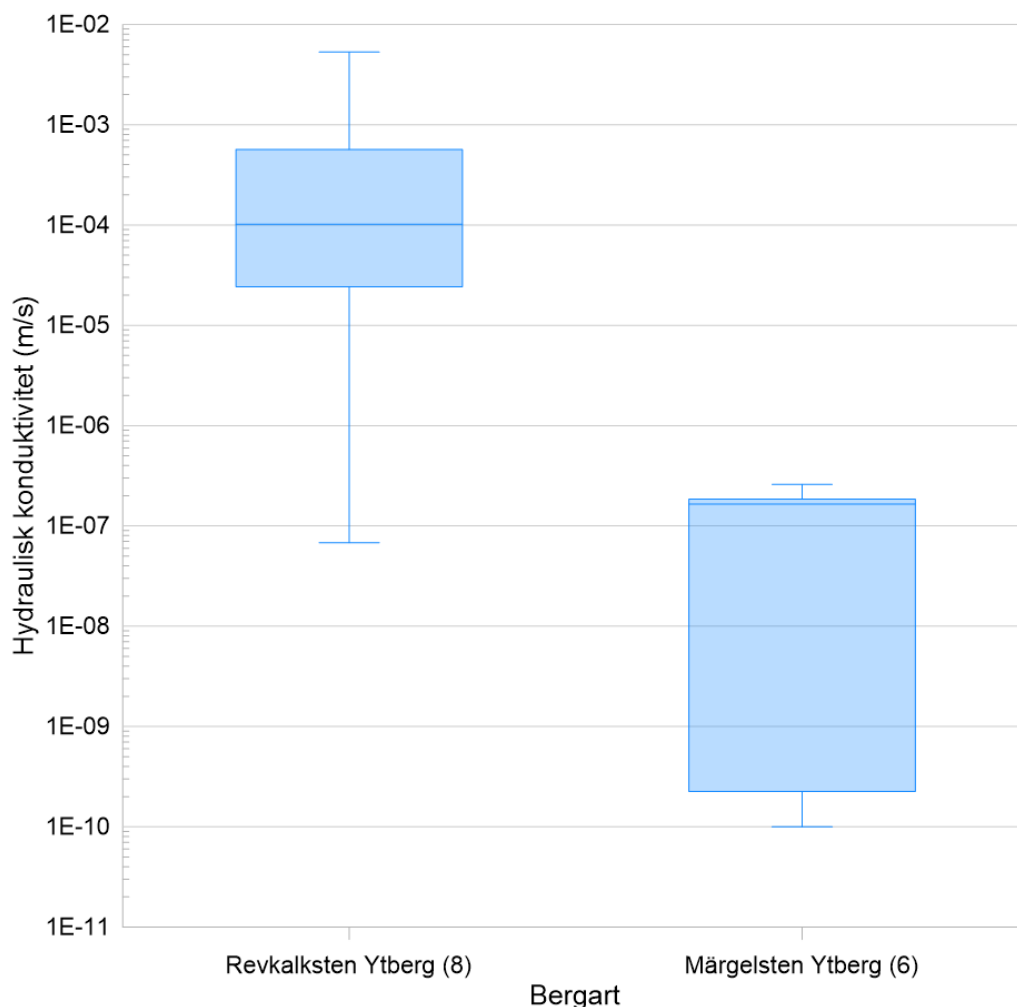
Den hydrauliska konduktiviteten i revkalkstenen varierar mellan 1,5E-10 och 4,0E-05 m/s med ett geometriskt medelvärde på 1,7E-07m/s. Undersökningarna i revkanten visar att den geologiska enheten har en hydraulisk konduktivitet flera storleksordningar högre, där den hydrauliska

konduktiviteten varierar mellan $9,3E-06$ och $5,3E-06$ m/s med ett geometriskt medelvärde på $2,6E-05$ m/s i de undersökta borrhålen.

I den lagrade kalkstenen och mörgelstenen är det även mindre variation i den hydrauliska konduktiviteten gentemot i revkalkstenen. I de undersökta borrhålen i lagrad kalksten varierar den hydrauliska konduktiviteten mellan $1,5E-06$ och $3,0E-05$ m/s, med ett geometriskt medelvärde på $6,6E-06$ m/s. I mörgelstenen varierar den hydrauliska konduktiviteten mellan $1,6E-07$ och $2,4E-05$ m/s, med ett geometriskt medel på $2,0E-06$ m/s. Då de geologiska enheterna lagrad kalksten och mörgelsten är geologiskt snarlika har även en jämförelse gjorts med en sammanslagen grupp, där den hydrauliska konduktiviteten varierar mellan $1,6E-07$ och $3,0E-05$ m/s, med ett geometriskt medelvärde på $1,9E-06$ m/s.

Resultatet tyder på att den lagrade kalkstenen och mörgelstenen är i medel mer genomsläppliga än revkalkstenen med en storleksordning. Revkalkstenen visar däremot mycket större variation i genomsläpplighet. Resultaten av de undersökta borrhålen visar att de borrhål som är i revkanten, som är övergången mellan revkalksten och mörgelsten, har högst hydrauliska konduktivitet och är mest genomsläppliga. Borrhålen som är i revkanten finns i den södra kanten av File hajdar-täkten samt syd-sydöst om File hajdar-täkten.

En separat jämförelse har gjorts för de borrhål som är borrade i ytligt berg. Dessa borrhål har grupperats i bergarterna revkalksten och i mörgelsten där skillnaden i spridning av den hydrauliska konduktiviteten är stor, se figur 22.



Figur 22: Uppmätt spridning av hydraulisk konduktivitet för undersökta ytliga bergborrhål där antalet bergborrhål för respektive bergart anges för varje stapel. Lådagrammet visar hydraulisk konduktivitet inom 25e–75e percentilen med median hydraulisk konduktivitet, samt den högsta och lägsta uppmätta hydrauliska konduktiviteten.

I den ytliga revkalkstenen varierar den hydrauliska konduktiviteten mellan $6,8E-08$ och $5,3E-03$ m/s med ett geometriskt medelvärde på $7,2E-05$ m/s. Den hydrauliska konduktiviteten i mörkelstenen varierar mellan $1,0E-10$ och $6,1E-07$ m/s med ett geometriskt medelvärde på $1,0E-08$ m/s. Resultatet visar att revkalkstenen med mycket epikarst är mycket mer genomsläpplig ytligt med flera storleksordningar. Medan mörkelstenen uppvisar den lägst utvärderade hydrauliska konduktiviteten och icke genomsläppliga förhållanden. Det kan därför förväntas att den hydrauliska konduktiviteten i ytligt berg är inom det uppmätta ytterlighetsspannet, där den hydrauliska konduktiviteten är högst i revkalksten och lägst i mörkelsten.

Jämförelsen mellan ytligt och djupt berg visar att det finns ett djupberoende i den hydrauliska konduktiviteten i både revkalksten och mörkelsten. I ytlig revkalksten är den hydrauliska konduktiviteten hög medan de djupare borrhålen i revkalksten är mindre genomsläppliga med en mycket större spridning i hydraulisk konduktivitet som skiljer med flera storleksordningar. I mörkelstenen är det ytliga berget väldigt tätt med låg hydraulisk konduktivitet, medan i de djupare borrhålen i mörkelstenen ökar genomsläppligheten då borrhålen träffar de djupliggande kontinuerliga vattenförande lagren.

Att revkalkstenen är väldigt genomsläpplig i ytligt berg förklaras genom förekomsten av epikarst som förekommer ner till ca 1 m djup, där epikarsten är kopplad till hydrauliska konduktiva lagringsplan (Erlström, M., Dahlqvist, P., Sopher, D. & Hjerne, C.-E. 2022).

3.3 INFILTRATIONSFÖRSÖK

3.3.1 Infiltrationsförsök 2022

Två infiltrationsförsök genomfördes sommaren 2022. Bägge pågick under ca 12 timmar.

3.3.1.1 Infiltrationsförsök i BH2212

Infiltrationstestet genomfördes i brunnen BH2212, som installerats i lagrad kalksten men sträcker sig ner till den underliggande mörkelstenen. Väster om infiltrationsbrunnen finns en revformation (revkalksten) som sträcker sig i sydvästlig till nordöstlig riktning. Åt sydlig och östlig riktning övergår bergarten till mörkelsten.

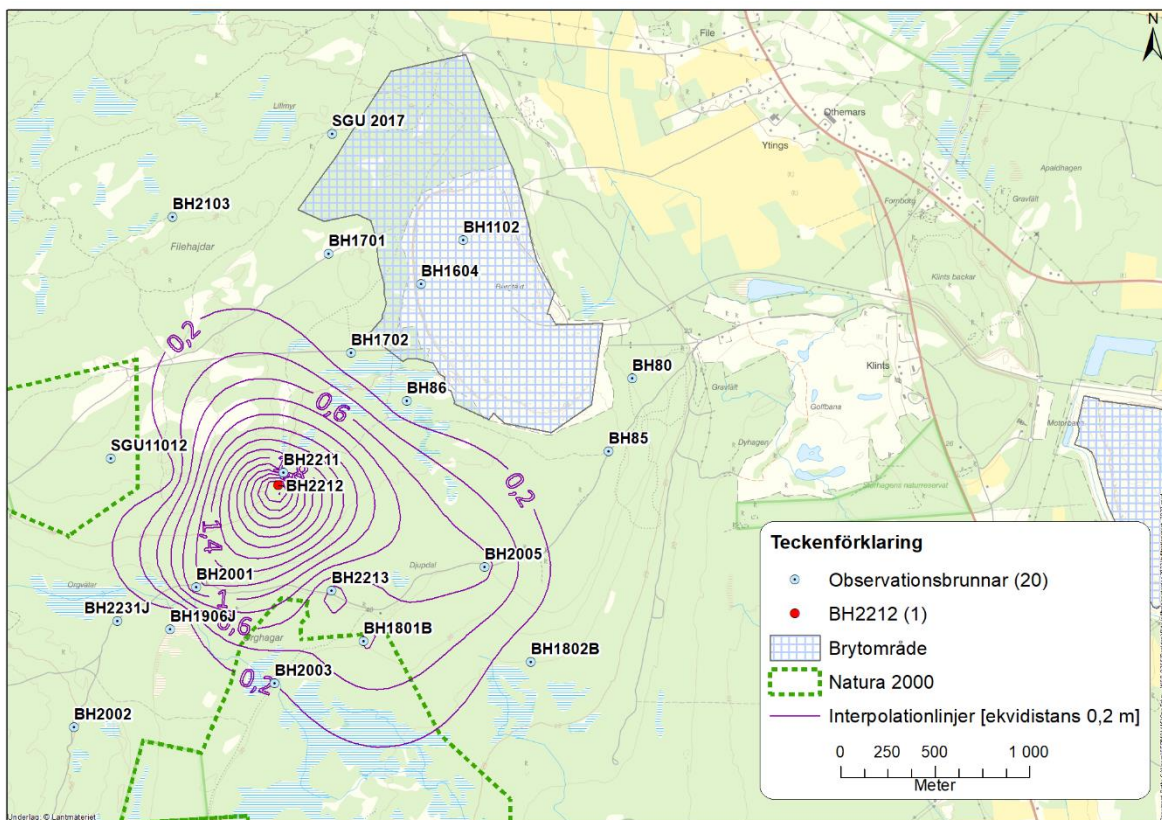
Djupinfiltrationstestet i BH2212 skapade en ökning av grundvattentrycknivån i infiltrationsbrunnen med ca 5,9 m vid infiltrationsflödet 3 l/s. De största trycknivåökningarna, undantaget de 3,9 m i det intilliggande referensborrhålet BH2211, syns i observationsbrunnarna i BH2001 med 1,7 m i BH2005 med och 1,6 m. Dessa brunnar är belägna 700 m syd respektive 900 m sydöst från infiltrationsbrunnen BH2212. Det observerades även en trycknivåökning på 0,52 m i observationsbrunnen BH1802B, som är belägen ca 1 600 m sydöst från infiltrationsbrunnen.

Trycknivåförändringarna observerades redan 25 minuter efter infiltrationsstart i BH2001 och BH2005. I BH1802B syns trycknivåförändringen efter 70 minuter. Infiltrationstestet som pågick under ca 12 timmar hade inte nått "steady-state"-förhållanden utan den hydrauliska trenden var fortfarande positiv, vilket innebär att det fortfarande var stigande trycknivåer när testet avslutades och att en större trycknivåökning skulle kunna uppnås om infiltrationstestet fick pågå under längre tid. Efter ca 20 timmar från att infiltrationstestet hade avslutats hade trycknivån i BH2212 sjunkit med ca 80 % av den tryckförändring som skapades.

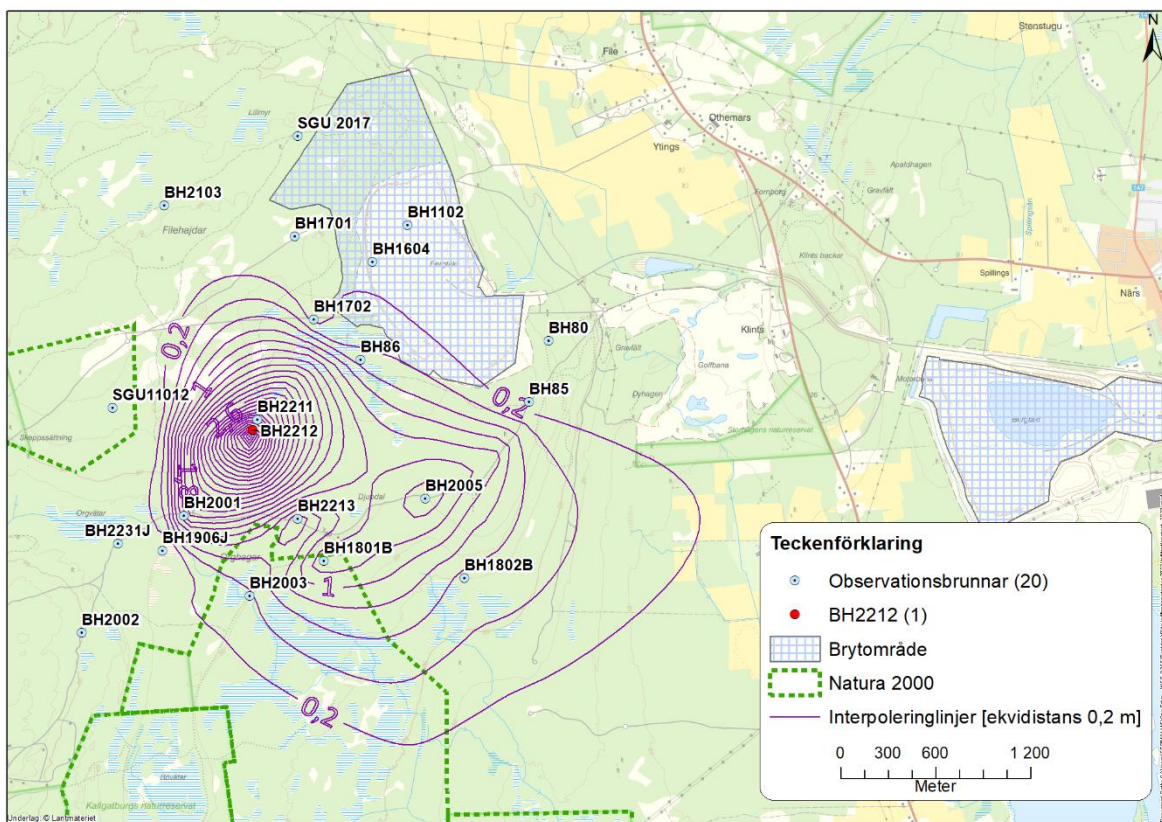
Ingen trycknivåökning kunde observeras i grundvattenrör i jord (BH1905J, BH1906J), inte heller i ytligt borrade bergborrhål (BH2001YB, BH2005YB) som sitter i mörkelsten.

Från trycknivådata utvärderades sedan transmissiviteten till $2E-04$ m²/s och magasincoeffcienten till $9,4E-05$.

Interpolerade påverkansområden för infiltrationstest i BH2212 redovisas i figur 23 och figur 24.



Figur 23: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsöket i BH2212. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Kriging-metoden.



Figur 24: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsöket i BH2212. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Natural-Neighbour-metoden.

Påverkansområdet av infiltrationstestet i BH2212 breder ut sig i en tydlig sydöstlig riktning från infiltrationsbrunnen. Observerad påverkan längst bort i sydöstlig riktning syns på ett avstånd av

1 600 m, medan påverkan i både nordlig och sydvästlig riktning enbart observeras ca 700 m från infiltrationsbrunnen. I sydöstlig riktning dominerar bergarten av mörkgrå kalksten som har tydliga välkonnekterade lager, medan i västlig och nordlig riktning är det revkalksten som är mer oregelbunden där avsaknaden av de välkonnekterade lagren har en stor påverkan på påverkansområdet.

3.3.1.2 Infiltrationsförsök i BH2213

Infiltrationstestet genomfördes i brunnen BH2213, som är installerad i mörkgrå kalksten. Norr om brunnen övergår mörkgrå kalksten till en lagrad kalksten. Väster om infiltrationsbrunnen finns en revformation (revkalksten) som sträcker sig i sydvästlig till nordöstlig riktning. I sydlig riktning återfinns det mörkgrå kalksten och i östlig riktning, mellan brunnen och den kommunala vattentäkten, finns en revkropp som överlagrar mörkgrå kalkstenen.

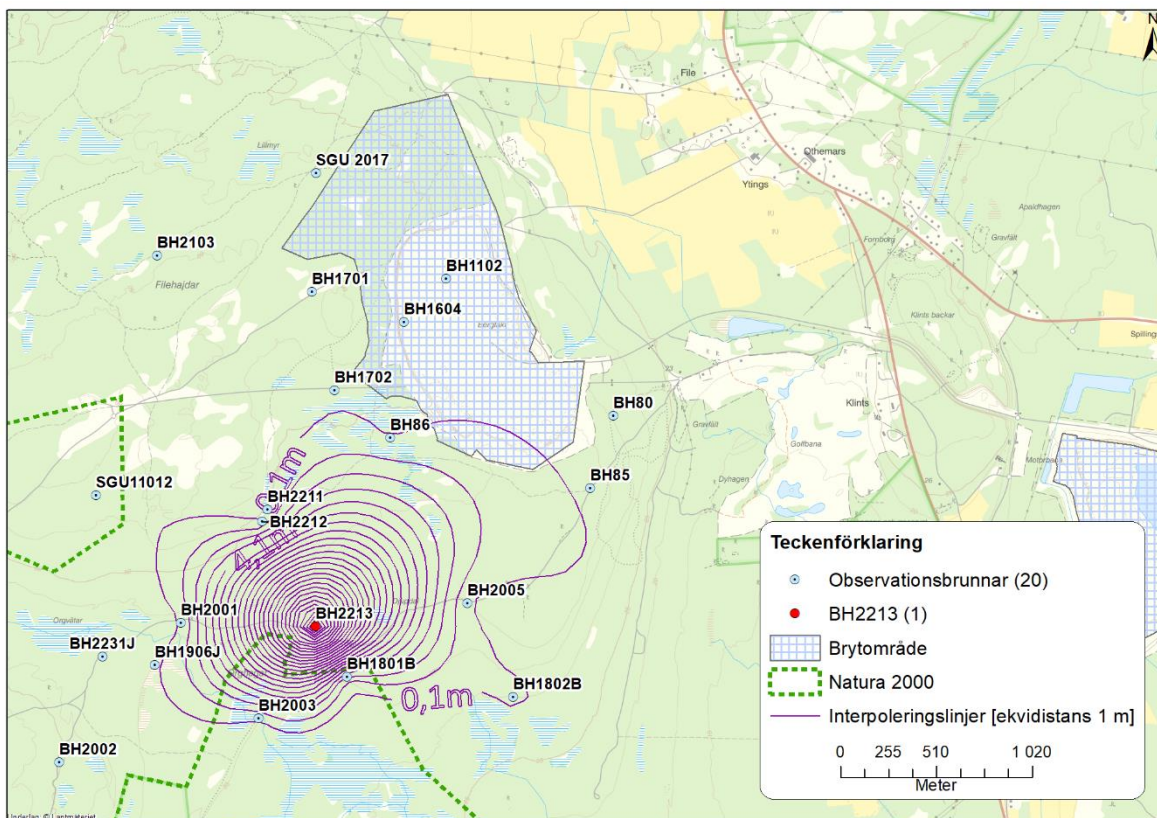
Infiltrationstestet i BH2213 skapade en trycknivåökning på ca 26,9 m i infiltrationsbrunnen med ett infiltrationsflöde på 1 l/s. I observationsbrunnarna observerades den högsta nivåökningen i BH1801B, ca 300 m söder om infiltrationsbrunnen, på 0,93 m. Påverkan längst bort från infiltrationsbrunnen observerades i BH1104, belägen ca 1 350 m öster från infiltrationsbrunnen, med en trycknivåförändring på 0,31 m. I BH1802B, som ligger ca 1 150 m sydöst från infiltrationsbrunnen, observerades en trycknivåförändring på 0,23 m.

Trycknivåförändringar i BH1801B observerades efter 30 minuter och i BH1104 efter 6 timmar. Infiltrationstestet som pågick under ca 12 timmar visade på "steady-state"-förhållanden då den hydrauliska trenden var väldigt flack när infiltrationstestet stängdes av. Efter ca 11 timmar hade trycknivån återgått till samma nivåer som innan infiltrationstestet startade.

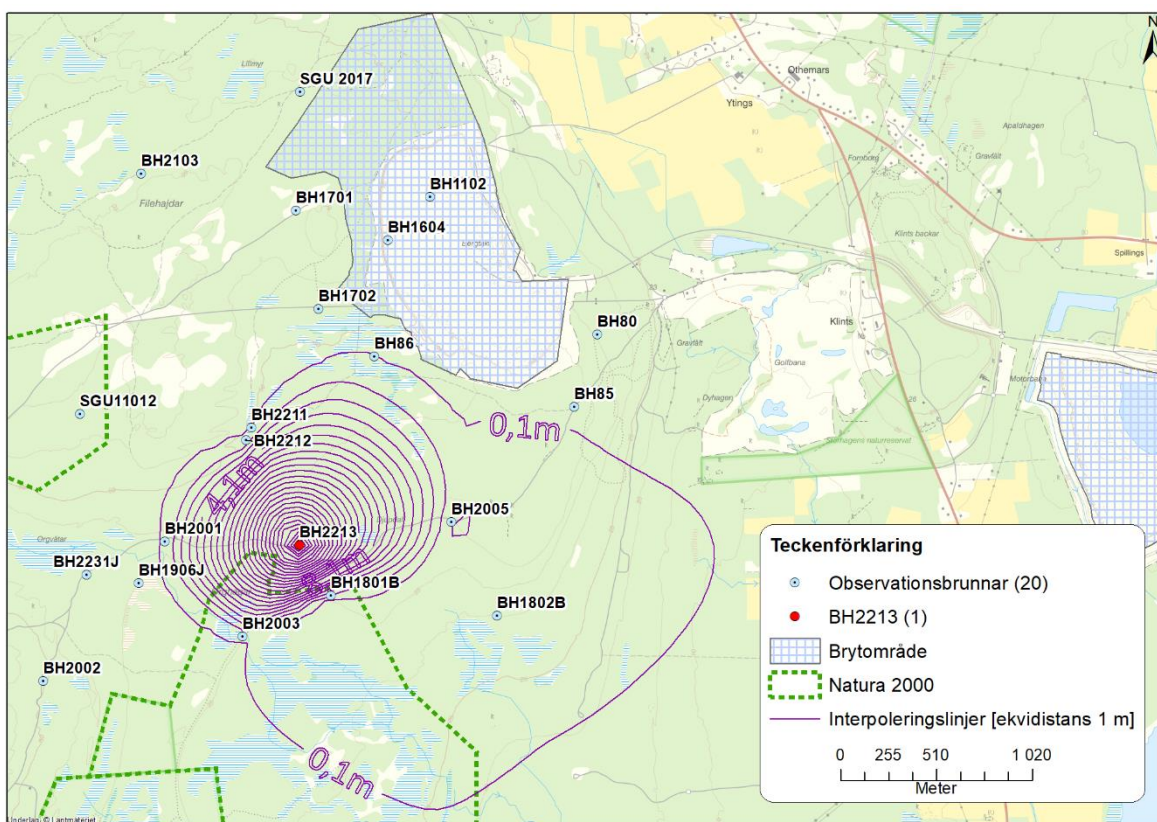
Ingen trycknivåökning kunde observeras i grundvattenrör i jord (BH1905J, BH1906J), inte heller i ytligt borrade bergborrhål (BH2001YB, BH2005YB) som båda sitter i mörkgrå kalksten.

Genom utvärdering av trycknivådata beräknades transmissiviteten för BH2213 till $6E-05$ m²/s.

Påverkansområdet för infiltrationstestet i BH2213 är mer cirkulärt och påverkansområdet sträcker sig mer mot nordost, jämfört med påverkansområdet för infiltrationstestet i BH2212. Observerad påverkan längst bort i nordöstlig riktning från infiltrationsbrunnen syns på ett avstånd av 1 075 m. Öster om infiltrationsbrunnen observerades trycknivåförändring på ett avstånd om ca 1 350 m. I både nordöstlig och östlig riktning dominerar bergarten av mörkgrå kalksten som har tydliga välkonnekterade lager, medan i västlig riktning dominerar bergarten av revkalksten som är mer oregelbunden där avsaknaden av de välkonnekterade lagren har stor påverkan på påverkansområdet. Interpolerade påverkansområden för infiltrationstestet i BH2213 redovisas i figur 25 och figur 26.



Figur 25: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsök i BH2213. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Kriging-metoden.



Figur 26: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsök i BH2213. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Natural-Neighbour-metoden.

3.3.1.3 Bedömning av infiltrationsförsök 2022

Interpoleringen av resultatet från infiltrationsförsöken visar att infiltration i BH2212 har en större utbredning österut än västerut medan infiltrationen i BH2213 har en större utbredning mot nordost och sydsydväst. Brunnen BH2212 är både djupare och har fler identifierade vattenförande sprickor än BH2213. Då det djupare grundvattensystemet kännetecknas av att det är ett välkonnekterat flödesystem, där brunnar långt från varandra ingår i samma flödessystem och snabbt reagerar på en störning. Påverkan observerades främst i sydost vid infiltrationsförsöket i BH2212 och nordost vid infiltrationsförsöket i BH2213. Ingen påverkan observerades vare sig norr eller väster om infiltrationsbrunnarna BH2212 och BH2213. Detta stärker tolkningen att revkalkstenen som är belägen norr och väster om infiltrationsbrunnen BH2212 inte är lika genomsläpplig som den underliggande mörgelstenen, som återfinns i riktningarna som påverkansområdet breder ut sig i, p.g.a. att revkalkstenen inte är lagrad och mer oregelbunden än mörgelstenen. Vid tidpunkten för infiltrationsförsöken fanns det begränsat med djupa observationsborrhål väster om infiltrationsbrunnarna, vilket också ska beaktas. Hade det funnits djupare observationsborrhål, ner i mörgelstenen under revkalkstenen, hade det möjligtvis observerats en trycknivåförändring i den underliggande mörgelstenen, men inte i revkalkstenen.

Infiltrationsförsöken visar att det är fullt möjligt att skapa en trycknivåförändring söderut mot Natura 2000-området Hejnum Kallgate, då vi ser en tydlig nivåökning i de närliggande brunnarna (BH1801B, BH2001 och BH2003) och att påverkansområdena har en dominerande riktning åt sydöst och nordost.

Infiltrationsförsöken visar att det djupare flödessystemet inte karakteriseras av några få stora och tydliga karststrukturer. Om så hade varit fallet hade vissa brunnar i vissa riktningar påverkats mycket snabbt och tydligt, medan andra brunnar i andra riktningar inte skulle ha påverkats alls, eller endast minimalt.

3.3.2 Infiltrationsförsök 2023

Två infiltrationsförsök genomfördes sommaren 2023.

3.3.2.1 Infiltrationsförsök i SGU2017

Infiltrationsförsöket genomfördes i brunnen SGU2017, som installerats i revkalksten men sträcker sig ner till den underliggande mörgelstenen. I alla riktningar runt brunnen återfinns revkalkstenen.

Infiltrationsförsöket i SGU2017 skapade med ett infiltrationsflöde om 1,5 l/s en trycknivåförändring på 20,1 m med påverkan i intilliggande borrhål i revkalksten. Infiltrationstestet pågick i ca 48 timmar, däremot erhöles aldrig "steady-state"-förhållanden under testets gång, vilket betyder att trycknivåerna fortfarande var stigande när testet avslutades och att en större trycknivåökning skulle kunna uppnås om infiltrationstestet fick pågå under längre tid.

Infiltrationsförsöket visade på trycknivåförändringar i närliggande observationsbrunnar inom en radie på ca 100 m runt infiltrationsbrunnen SGU2017. Störst trycknivåförändring observerades i BH2279, 75 m nordväst om infiltrationsbrunnen, med en trycknivåförändring på 4,2 m som uppnåddes bara några minuter efter infiltrationsstart. Samtliga brunnar inom 100 m radie från infiltrationsbrunnen sitter i revkalksten. Påverkan observerades även i det avmanschetterade borrhålet BH2277, med ett brott i den hydrauliska trenden under tiden som infiltrationsförsöket pågick. Efter ca 15 timmar från infiltrationsstart, stagnerade den sjunkande trycknivån som vid testets avslut åter började sjunka. Det manschetterade borrhålet mäter i båda sektioner trycknivåvariation i revkalkstenen mellan nivåerna +40 m och +15,5 m i BH2277ÖM och +15,5 till +0 m i BH2277UM.

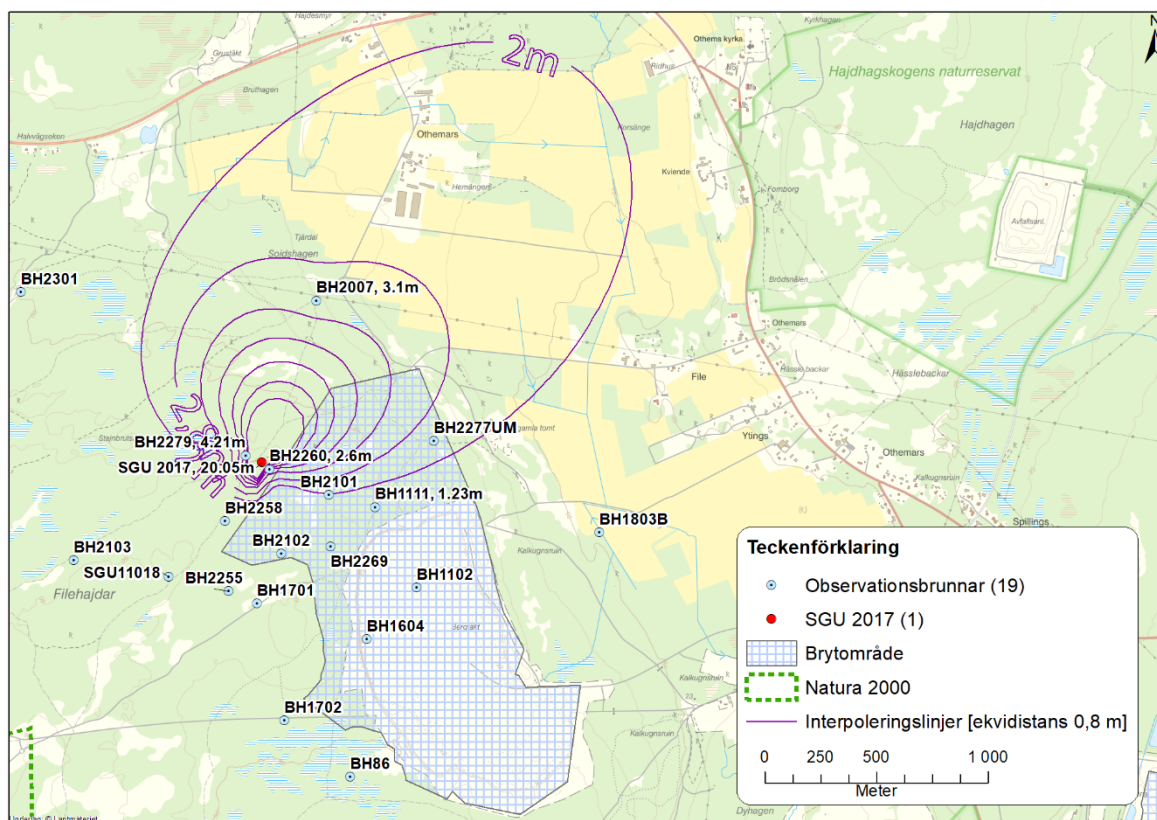
Den trycknivåförändring som observerades längst från infiltrationsbrunnen var i BH2007UM, 800 m norr om infiltrationsbrunnen, med en trycknivåförändring på 3,1 m ca 20 minuter efter infiltrationsstart. BH2007UM är en avmanschetterad brunn och trycknivåförändringen observerades enbart i undre sektion på nivåerna + 0,5 ner till -19,5 m, som är i den underliggande mörgelstenen.

I den ovanliggande sektionen, nivåerna +40,5 till + 0,5 m, observerades ingen trycknivåförändring. I BH2007ÖM mäts trycknivåvariationen i den ovanliggande revkalkstenen.

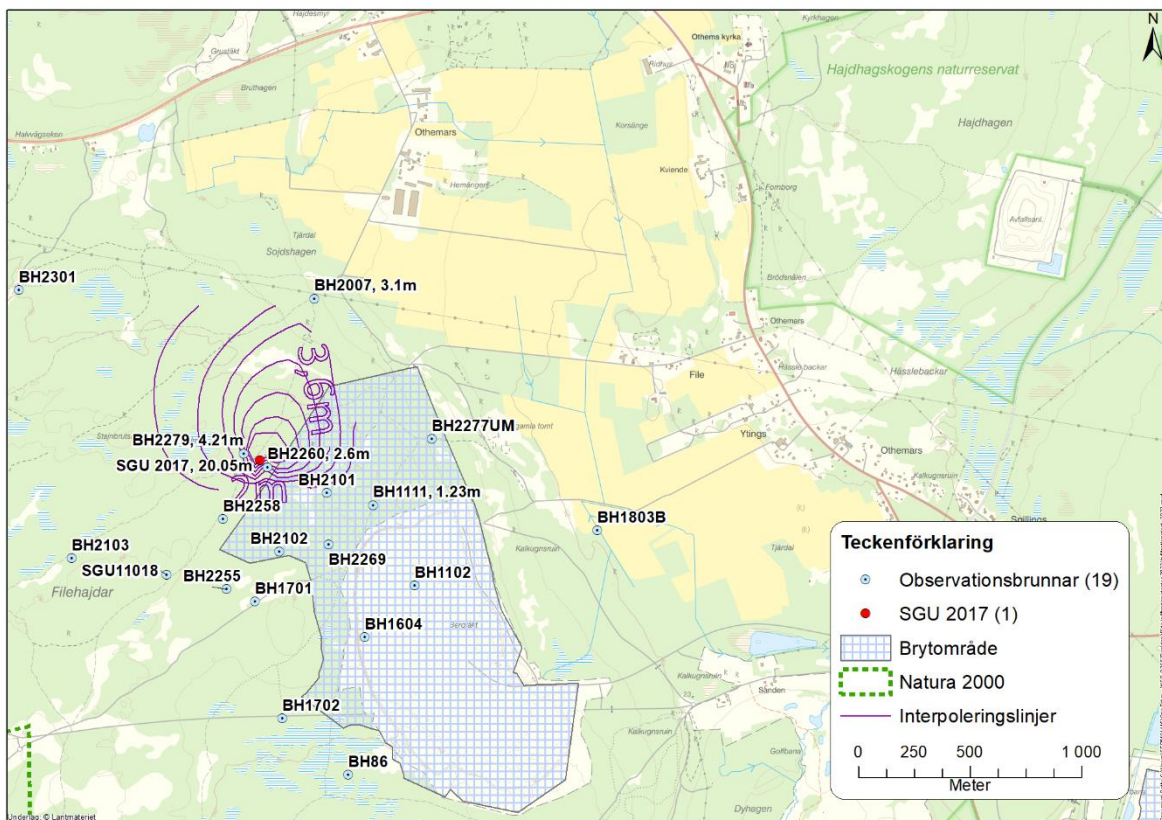
Även i BH1701, som ligger ca 650 m söder om infiltrationsbrunnen, observerades ett trendbrott i de sjunkande trycknivåerna ca 22 timmar efter infiltrationsstart, där trycknivån gick från sjunkande nivåer till stabila förhållanden under tiden som infiltrationsförsöket genomfördes. Den hydrauliska trenden i BH1701 återgick till att sjunka när infiltrationsförsöket avslutades. BH1701 når ner till nivån -20,5, som är i den underliggande mörkelstenen men är inte ett avmanschetterat borrhål.

Ingen trycknivåförändring observerades i grundvattenrör i jord (BH1803J). Cirka 72 timmar efter att infiltrationstestet avslutades hade trycknivåerna i samtliga påverkade observationsbrunnar återhämtat sig till nivåer innan testet startade.

Interpolerade påverkansområden för infiltrationstest i SGU2017 redovisas i figur 27 och figur 28.



Figur 27: Interpolering av påverkansområde av infiltrationsförsöket i SGU2017. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Kriging-metoden.



Figur 28: Interpolering utav påverkansområde av infiltrationsförsöket i SGU2017. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Natural-Neighbour-metoden.

Påverkansområdet av infiltrationsförsöket i SGU2017 visar ett dåligt konnektat flödessystem i revkalkstenen med begränsad påverkan i intilliggande observationsbrunnar. Däremot syns det en tydlig påverkan av trycknivå i underliggande mörkelsten i observationsbrunnen BH2007UM, norr om infiltrationsbrunnen.

Resultaten från utvärderingen av trycknivådatan ger en beräknad transmissivitet på $1,1E-04$ m²/s. Magasinskoefficienten för akvifären beräknades till $1,4E-04$.

3.3.2.2 Infiltrationsförsök i BH2212

Infiltrationsflödet i BH2212 var planerat till 3 l/s efter föregående års infiltrationstest, men på grund av ett långt avstånd (1 200 m) från den uppbyggda vattendammen i File hajdar-täkten till infiltrationsbrunnen, uppstod för stora tryckförluster i slangen. Detta resulterade i att flödet i slutet av slangen blev ca 1,1 l/s. Djupinfiltrationstestet i BH2212 skapade en trycknivåförändring i infiltrationsbrunnen med ca 3,3 m med ett infiltrationsflöde på 1,1 l/s. Efter ca 96 timmar erhöles "steady-state"-förhållanden vilka förblev fram till att infiltrationstestet avslutades. Infiltrationsförsöket skapade en trycknivåökning på 0,8 m i observationsbrunnen BH2005, ca 1 200 m sydöst från infiltrationsbrunnen BH2212.

Den största trycknivåförändringen utöver referensbrunnen BH2211 observeras i BH2001, som ligger ca 700 m sydsydväst om infiltrationsbrunnen, där trycknivån ökade med ca 1,2 m. I BH2001 kunde trycknivåförändringen observeras efter ca 4 timmar. Även i BH2005 observerades trycknivåförändringen ca 4 timmar efter infiltrationsstart. I observationsbrunnen BH1104, som ligger längst bort från infiltrationsbrunnen (ca 1 560 m öster om infiltrationsbrunnen), observerades en trycknivåförändring om ca 0,15 m, bara några timmar efter start. Det är däremot svårt att konstatera exakt då BH1104 står i direkt kontakt med produktionsbrunnarna som ligger öster om BH1104.

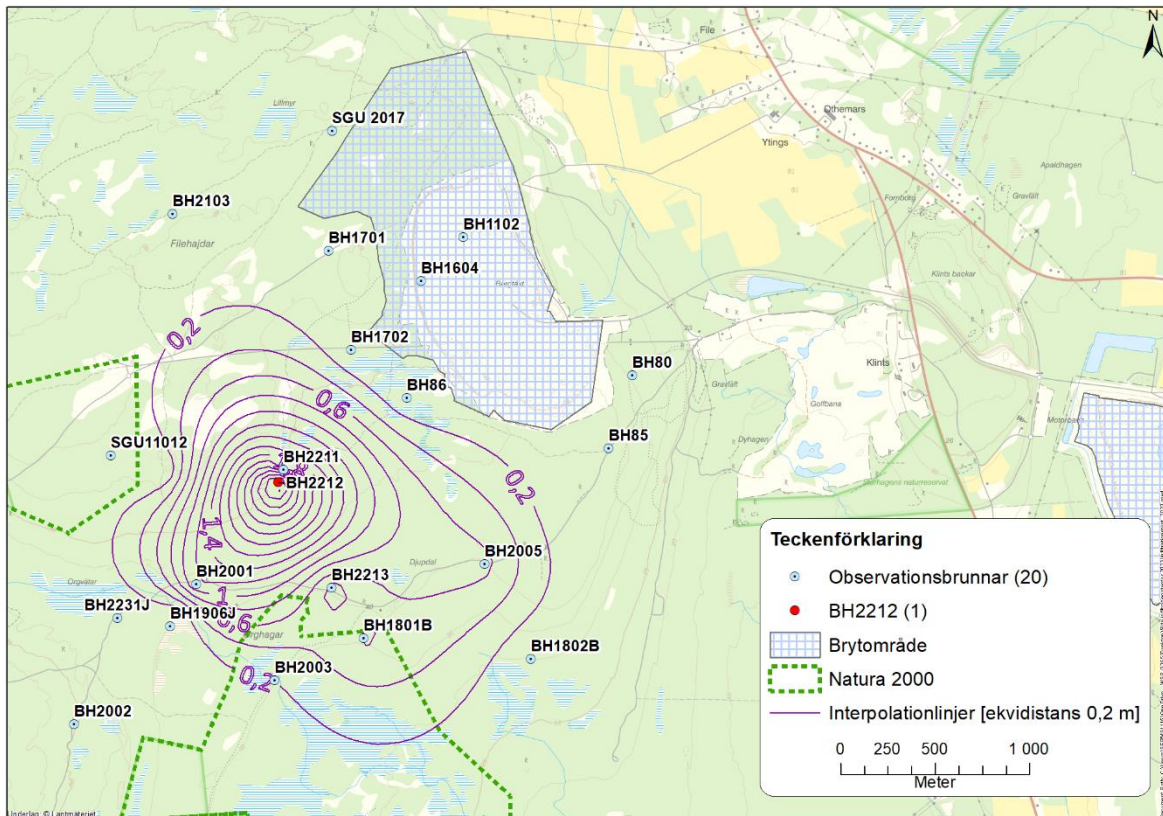
Cirka 24 timmar efter infiltrationsstart observerades en trycknivåförändring i SGU11012, som ligger ca 570 m väster om infiltrationsbrunnen, där enbart en trycknivåförändring om 0,1 m observerades.

I varken grundvattenrör installerade i jord (BH1905J och BH1906J) eller ytliga bergborrhål (BH2001YB och BH2005YB) som sitter i mörkelsten, kunde en trycknivåförändring observeras. Dessa observationer visar att trycknivåförändringarna sker i de djupare lagren i berget med en dålig vertikal kontakt mellan lagren.

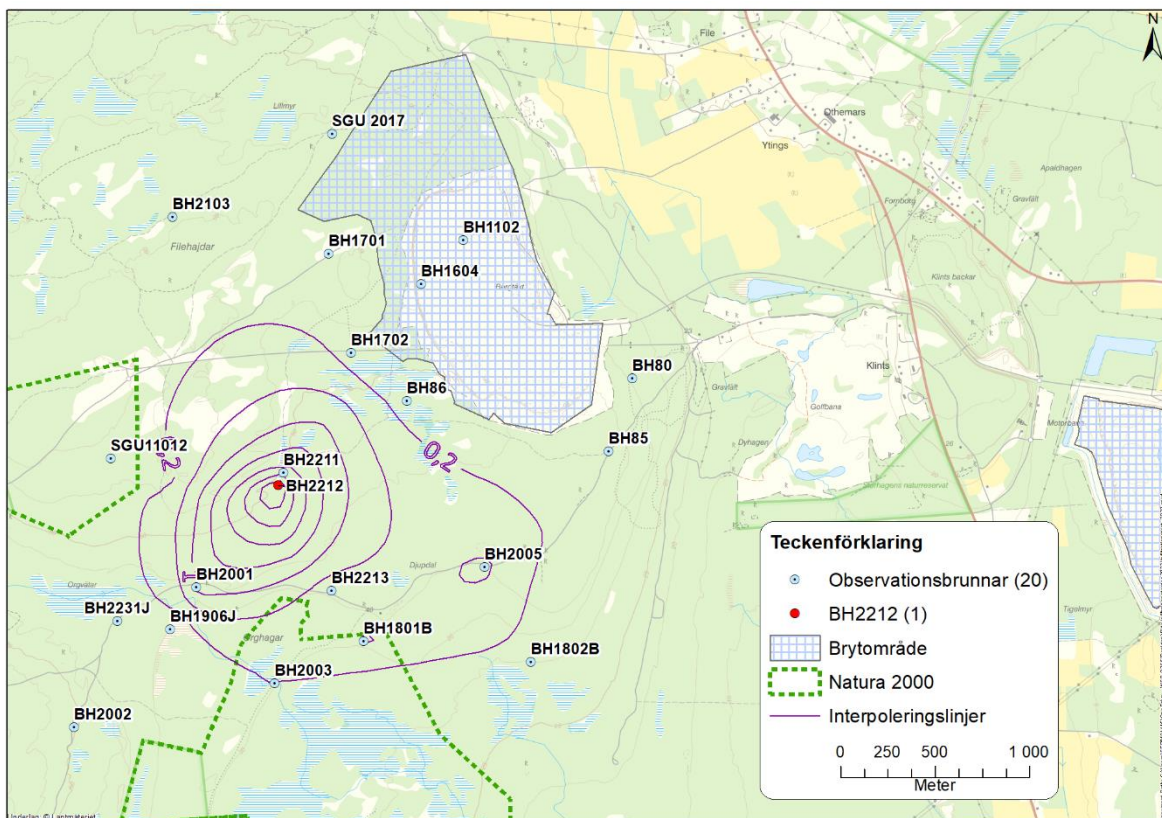
Ca 72 timmar efter att infiltrationsförsöket hade stängts av hade trycknivåerna i alla påverkade observationsbrunnar återhämtat sig till trycknivåer innan testet genomfördes. Samtliga brunnar visar ett enhetligt återhämtningsförlopp.

Resultaten från utvärderingen av trycknivådatan ger en beräknad transmissivitet på $4,2E-04$ m²/s. Magasinskoefficienten för akvifären beräknades till $1,0E-05$.

Interpolerade påverkansområden för infiltrationsförsöket i BH2212 redovisas i figur 29 och figur 30.



Figur 29: Interpolering utav påverkansområde av infiltrationsförsöket i BH2212. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Kriging-metoden.



Figur 30: Interpolering utav påverkansområde av infiltrationsförsöket i BH2212. Påverkansområde (lila linjer) beräknat med Natural-Neighbour-metoden.

Påverkansområdet av infiltrationsförsöket breder ut sig i en tydlig sydöstlig riktning, vilket är likt tidigare genomfört infiltrationsförsök från 2022. Både västerut och norrut från infiltrationsbrunnen syns en begränsad påverkan mot observationsborrhål som sitter i revkalkstenen. Det finns få riktigt djupa observationsbrunnar västerut, men ett djupt borrhål vid Tingstäde träsk, som inte visade någon påverkan av infiltrationsförsöket. Likt infiltrationsförsöket som genomfördes under 2022, stärks tolkningen av att norrut begränsas trycknivåförändringen av den mindre genomsläppliga och mer heterogena revkalkstenen, samtidigt som det åt öst-sydöst finns det välkonnekterade flödessystemet i mörgelstenen där flera brunnar reagerar snabbt och likartat på trycknivåförändringar.

3.3.2.3 Bedömning av infiltrationsförsök 2023

Infiltrationsförsöken från 2023 visar ett dåligt konnekterat system i revkalkstenen med en begränsad cirkulär påverkan och utbredning som syns väldigt tydligt i resultaten från infiltrationen i SGU2017. Dock är påverkan i de undre lagren, gränssytan mellan revkalksten och mörgelsten, tydligt större om vi ökar grundvattentrycknivån i SGU2017 som kan ses i den snabba respons och tydliga trycknivåförändringen i BH2007UM som ligger nordost om SGU2017. Ett likadant resultat skulle ha förväntats av BH1701, som ligger syd om SGU2017, om den också skulle ha varit avmanschetterad.

Resultaten från infiltrationsförsöket i BH2212 visar störst påverkan i brunnar placerade i mörgelsten. Trycknivåökningen är lokalt begränsad i revkalksten som utgör de översta lagren. Mörgelstenen och speciellt gränssytan mellan revkalkstenen och mörgelsten visar en väldigt bra konnektivitet, särskilt mot Natura 2000-områdena i syd-sydöst. Påverkan mot väst är begränsad på grund av att det inte existerar tillräckligt många djupa borrhål för att kunna bedöma påverkansområdet åt det hållet, dock finns det några djupare observationsbrunnar vid Tingstäde träsk som inte visade någon påverkan. Mot norr begränsas revkalkstenen påverkan. Infiltrationsförsöken visar också att det djupare flödessystemet inte karakteriseras av karststrukturer.

Sammanfattningsvis kan sägas att alla infiltrationsförsök under 2022 och 2023 visar att störst trycknivåförändringar sker mot syd och sydöst, d.v.s. i riktning mot Natura 2000-områdena. Däremot visar resultatet av infiltrationsförsöket i SGU2017 att trycknivåförändringar i revkalkstenen är starkt lokalt begränsade och mer oregelbundna än i den underliggande mörkelstenen.

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva för infiltrationstesterna, se Bilaga D.

3.4 SPÅRÄMNESFÖRSÖK

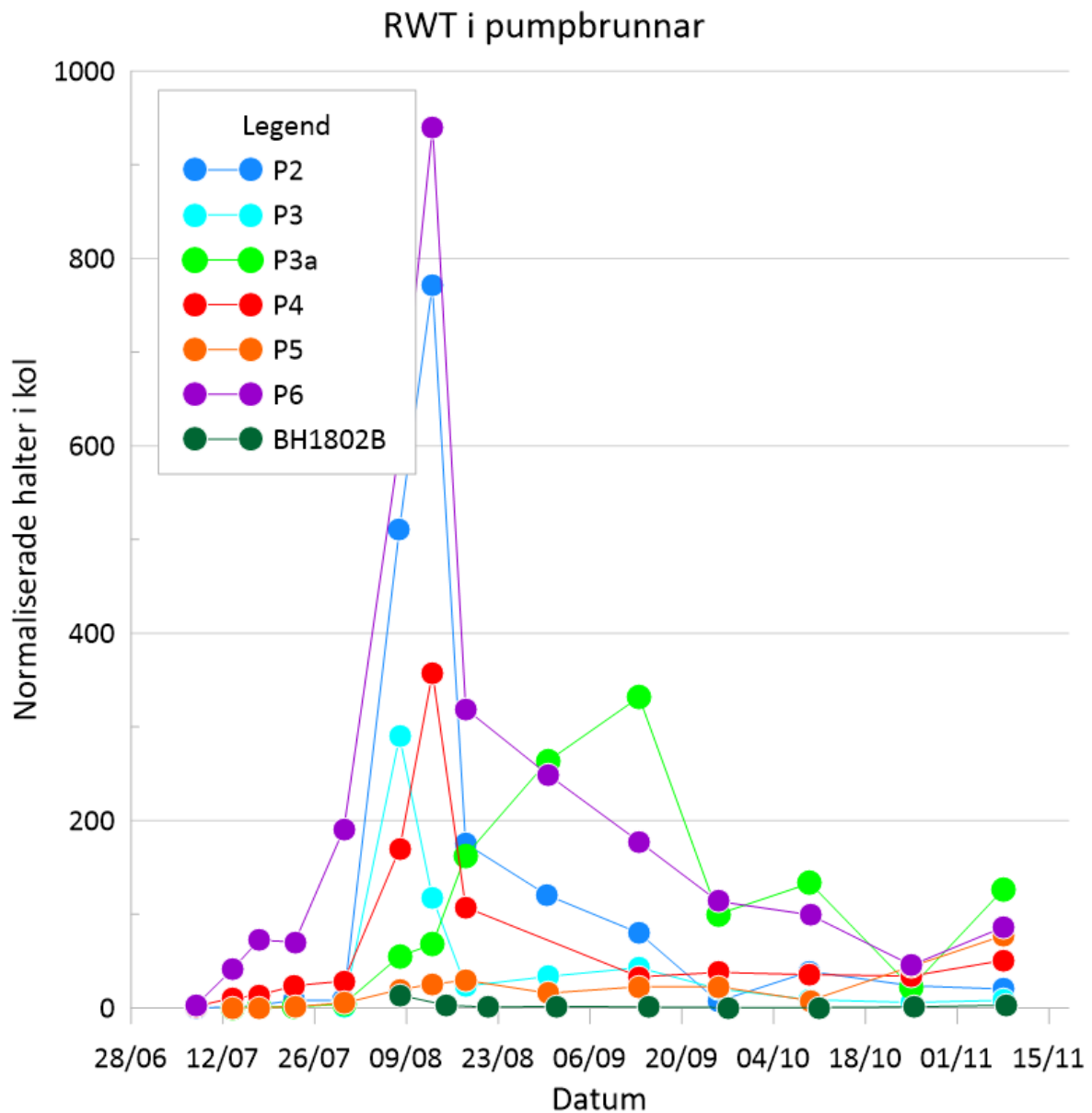
I samband med infiltrationsförsöken under sommaren 2023 genomfördes även två spårämnesförsök med spårämnena Rhodamine WT och Fluorescein. Logistik med transport av prover till laboratorium i USA samt analystider innebär en fördröjning från provtagning till erhållna resultat. Nedan redovisade resultat bygger därför på tillgänglig data från provtagningar t.o.m. 13 november 2023. Ytterligare provtagning har genomförts och provtagningen kommer att fortgå till 2024. Resultatet är därmed preliminärt och kommer att utvecklas.

Som nämnts under avsnitt 2.5 analyseras både påsar med aktiv kol och vattenprover. De båda metodikerna har olika fördelar och nackdelar, resultaten kan ses som kompletterande till varandra. Kolpåsarerna har låg detektionsgräns och mäter den samlade halten under all tid då de befinner sig i vattnet. Vattenproven ger en exakt halt i vatten och ögonblicksbilder för de olika provtagningstidpunkterna.

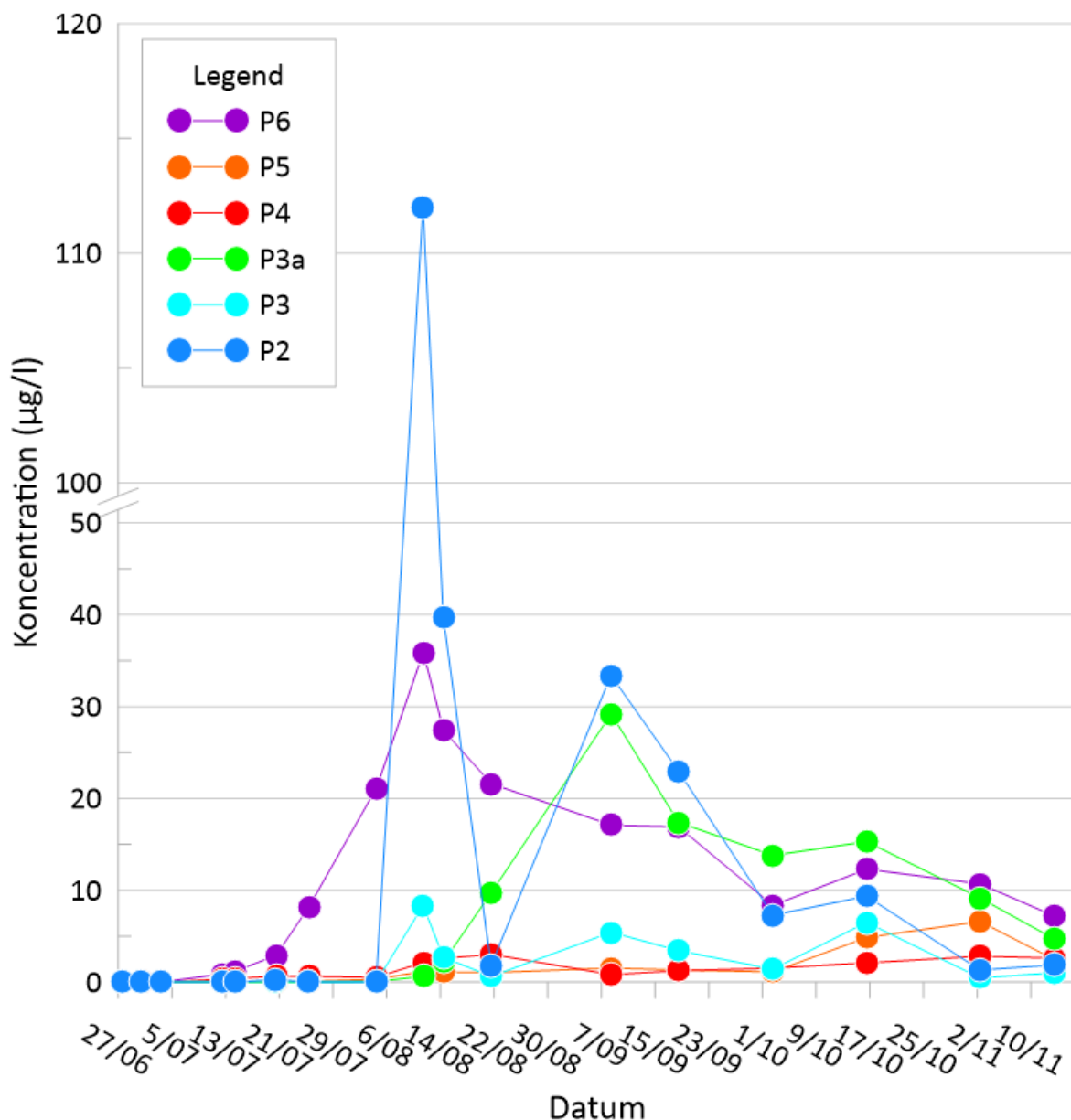
Provtagning har gjorts i 23 brunnar i alla riktningar runt injekteringsbrunnarna, se figur 7.

Rhodamin WT, som injekterades i BH2212, har observerats i de kommunala produktionsbrunnarna belägna ca 2 km öster om injekteringsbrunnen samt i låga halter i BH1802B belägen sydväst om vattentäkten. Rhodamin WT har i övrigt inte återfunnits i någon provtagningspunkt. Avsaknaden av detektion är särskilt noterbart i observationsbrunnar söder om BH2212 i vilka tryckresponsen från infiltrationen är tydlig och mycket snabb, se avsnitt 3.3. Det samlade resultatet från de båda metodikerna med spårämne och tryckrespons visar därmed att infiltrationen kan höja nivån i de norra delarna av Natura 2000-områdena i söder. Men inte i första hand genom en strömning av vatten mot söder, utan främst på grund av ett mothållande tryck för det vatten som naturligt strömmar från väster till öster inom Natura 2000-områdena. Det är ännu för tidigt att säga att inget infiltrerat vatten rör sig mot söder under några hydrologiska situationer men det är tydligt bevisat att den absoluta majoriteten av det infiltrerade vattnet strömmar åt öster och en betydande andel av det når vattentäkten. Flödesvägarna från infiltrationen har även simulerats i upprättad numerisk grundvattenmodell innan spårämnesförsöket genomfördes, med god överensstämmelse, vilket beskrivs i rapporten *Grundvattenmodell för ansökan om utökad täktverksamhet vid Slite, Gotland* (WSP, 2023c).

Rhodamine WT detekterades först i låga halter i pumpbrunnarna P4 och P6 i både kol och vatten vid provtagning 2023-07-12; en genombrottsid på 14 dagar vilket låg väl i linje med vad som prognostiserats. Toppen för högsta halt är, om man utgår från kolprovtagningen (vilken ger en slags kontinuerligt medelvärde), i mitten av augusti, se figur 31. Transporttiden är med andra ord i genomsnitt ca 1,5 månad från BH2212 till den kommunala vattentäkten. För provtagningen av vatten är resultatet något spretigare, se figur 32. Skillnaderna visar att halterna fluktuerar i en kortare tidsskala då spårämnet kommer något stötvis i flera provpunkter vilket skapar skillnaderna mellan metoderna. Men kan även se att det finns en skillnad mellan de olika pumpbrunnarna. P4–P6 har halter som ökar succesivt under ca en månads tid vilket tyder på en spridning av spårämnet genom dispersion. I P2 och P3 kommer däremot de höga halterna mer plötsligt vilket tyder på ett mer advektivt flöde. Intressant är att de ändå når pumpbrunnarna ungefär samtidigt vilket innebär att även det advektiva flödet som traditionellt anses ske i mer definierade flödeskanaler har ett lika stort samlat flödesmotstånd från infiltrationsbrunn till uttagsbrunn.

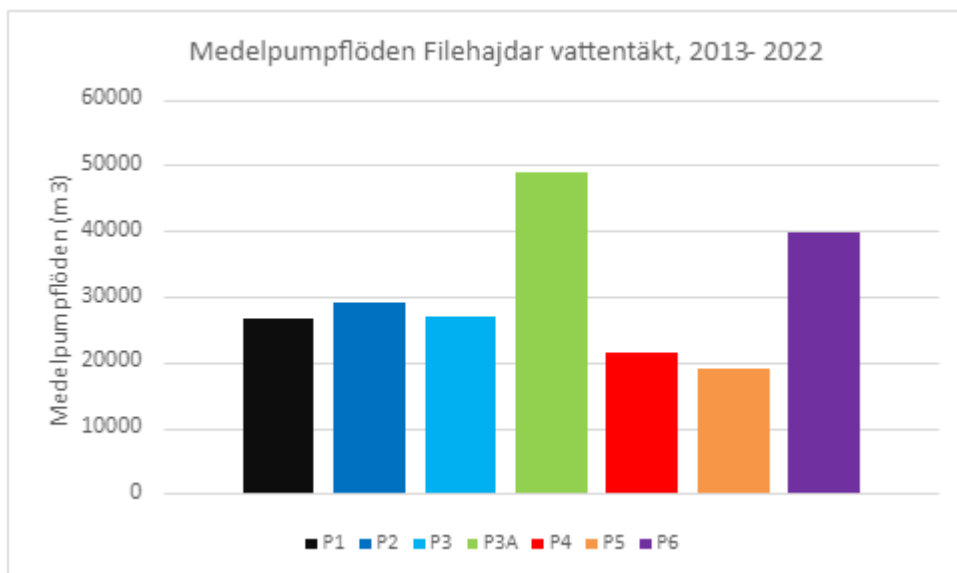


Figur 31: Halt Rhodamine WT i kolvåsar. Halten är normaliserad utifrån tiden provtagningspåsen suttit i brunnen och plottas på mittpunkten för respektive provtagningsperiod.



Figur 32: Halt Rhodamine WT i vattenprover vid provtagningstillfällena.

Halter och genombrottskurvor har även jämförts med pumpvolymen från respektive pumpbrunn. Uttagsvolymerna för den aktuella perioden har ej funnits tillgängliga men enligt T. Gustafsson på Region Gotland (personlig kommunikation, 18 september 2023) har pumpningen varit normal varför medelvärden för de gångna 10 åren har använts, se figur 33. Det går inte att se något uppenbart samband mellan halter och pumpflöden. Noterbart är att inget Rhodamin WT har påträffats i P1 vilket indikerar att denna brunn får sitt vatten från en mer nordlig flödesväg.



Figur 33: Medelpumpflöden 2013–2022 fördelat per brunn.

Fluorescein, som injekterades i SGU2017, har i skrivande stund inte observerats i någon observationsbrunn vilket tyder på längre transporttid i flödessystemet. Provtagning av spårämnet fortgår.

3.5 PUMPTESTER

3.5.1 Pumptest BH86

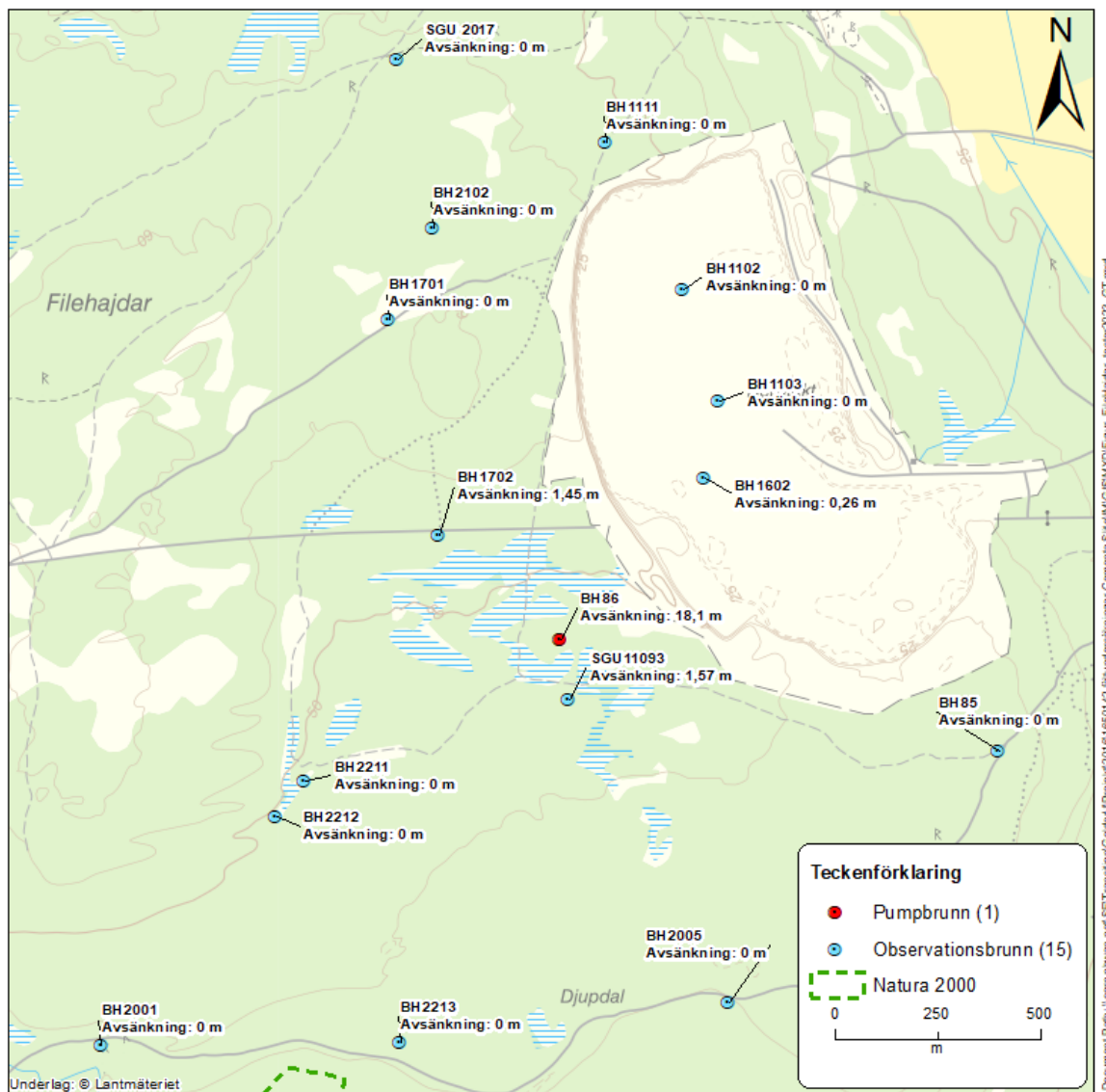
Brunnen BH86 är installerad i lagrad kalksten som sträcker sig ner i den underliggande mägerlstenen. Nordöst om pumpbrunnen återfinns File hajdar-täkten. Norr om pumpbrunnen sträcker sig revformationen (revkalksten) i sydvästlig – nordöstlig riktning. Söder om pumpbrunnen övergår den lagrade kalkstenen till mägerlsten.

Innan pumptestet i BH86 startade var grundvattenytan 20,2 m under rööverkant (m u rök), med ett maximalt pejlbart djup om 42,8 m. Brunnen borrades 60 m djup, vilket indikerar att det vid borrhålsloggning i borrhålet var en blockering i hålet. Det ger en mättad akvifärtjocklek vid testet på 39,2 m, vilket motsvarar en nivå på +29,14 till -10,66 m. Pumpflödet var initialt 73,4 l/min, men sänktes ca en timme efter pumpstart till 53,4 l/min för att upprätthålla ”steady-state”-förhållanden. Detta skapade en maximal avsänkning på 18,1 m i pumpbrunnen som pågick under ca 72 timmar.

Med dess position nära File hajdar-täkten kan det inte uteslutas att borrhålets naturliga tillstånd är påverkat av länshållning i täkten.

Under pumptestets genomförande föll 14,4 mm nederbörd (SMHI:s station Hejnum, 78420), därtill förekom det även mycket snösmältning. Dock påverkades inte trycknivåerna i observationsborrhålen av vare sig nederbörd eller snösmältning under pumptestet.

Störst påverkan noterades i observationsbrunnen SGU11093, 150 m söder om pumpbrunnen, med en avsänkning om 1,57 m med en bottennivå på -12 m. I BH1702, 390 m nordväst om pumpbrunnen, observerades en avsänkning på 1,45 m med en bottennivå på -7,8 m. Även BH1602, ca 520 m nordöst om pumpbrunnen i File hajdar-täkten, påverkades med en avsänkning på 0,26 m med en bottennivå på +4,11 m. Observerat påverkansområde tyder på att pumptestet i BH86 påverkar djupare lager och att det finns vattenförande lager under File hajdar-täkten. I övriga instrumenterade observationsbrunnar observerades ingen trycknivåavsänkning vid pumpning i BH86, se figur 34.



Figur 34: Observationsbrunnar som användes under pumpstest i BH86 med observerad trycknivåförändring.

Påverkansområdet sprider ut sig jämnt i alla riktningar runt pumpbrunnen vilket tyder på kontinuerliga, väl konnekterade genomsläppliga lager och liknar ett mer isotropt förhållande i akvifären. När brunnen undersöktes med borrhålsloggning inför pumptestet blockerades borrhållsönderna från att sänkas ner i borrhålet djupare än nivån +7,9 m i brunnen, däremot visar pumptestet att det inte sektionerats av borrhålet i två sektioner. Utöver blockeringen i borrhålet identifierades ingen vattenförande spricka under borrhålsloggning. Pumptestet visar att borrhålet har en djupt belägen vattenförande spricka som har en hydraulisk kontakt med omkringliggande borrhål under en nivå på +7,9 m.

Vid pumpstest i BH86 var BH1701 och BH1702 inte fördjupningsborrade och hade bottennivåer på ca +0 respektive -5,8 m.

Genom utvärdering av trycknivådata beräknades transmissiviteten till $8,0E-5 \text{ m}^2$ och magasinskoefficienten till $1,6E-04$.

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se Bilaga D.

3.5.2 Pumptest SGU2017

Brunnen SGU2017 är installerad i revkalksten men sträcker sig ner till den underliggande mägerstenen. I alla riktningar runt brunnen återfinns revformationen (revkalksten), i sydöstlig riktning om pumpbrunnen återfinns även File hajdar-täkten.

Innan pumptestet i SGU2017 startades var grundvattenytan 29,85 m u rök, med ett maximalt pejlbart djup i brunnen om 80 m, vilket innebär att den mättade akvifärtjockleken vid testet uppgick till 50,15 m som motsvarar en nivå på +26,83 – -23,82 m. Pumpflödet var initialt 56 l/min vilket skapade en avsänkning på 19,58 m, ca 10 timmar efter pumpstart sänktes pumpflödet till ca 46 l/min för att kunna upprätthålla "steady-state"-förhållande, vilket minskade avsänkningen till 18 m i pumpbrunnen.

Under pumptestets gång föll 0 mm nederbörd (SMHIs station Hejnum, 78420).

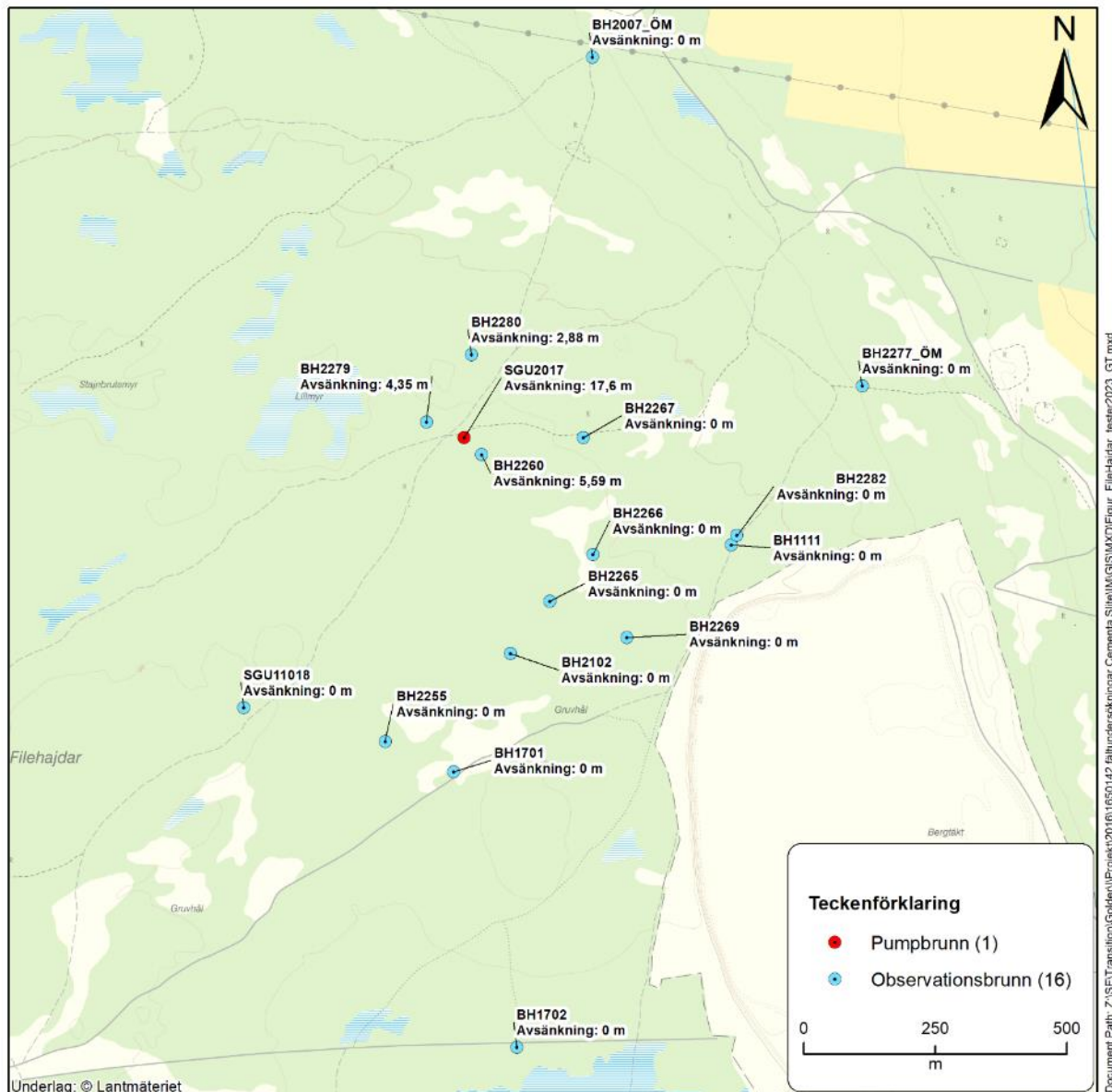
I observationsbrunnarna närmast pumpbrunnen, BH2260, BH2279 och BH2280, observerades en avsänkning på 5,59 m, 4,35 m respektive 2,88 m på ett avstånd av ca 150 m som längst. Dessa observationsbrunnar är borrhålen till ett djup om -0,52, -0,82 och -0,31 m, vilket ligger ovanför nivån av identifierad spricka i borrhål SGU2017 (Alm, 2017; WSP Golder, 2022).

Utöver observerad avsänkning i närliggande brunnar observerades också en avsänkning i det avmanschetterade borrhålet BH2007, i sektionen under manschett på ett djup om -0,51 – -19,51 m och på ett avstånd av 760 m. I den övre sektionen av BH2007 (+40,49 – +0,49 m) var grundvattentrycket artesisikt under hela pumptestet och ingen påverkan i trycknivå observerades. I det andra avmanschetterade borrhålet (BH2277), nordöst om pumpbrunnen, noterades ingen avsänkning i vare sig övre- eller undre sektion av borrhålet. Ingen trycknivåförändring observerades heller i övriga instrumenterade borrhål under pumptestet. Se figur 34 och figur 35 för lokalisering av pumpbrunn och observationsbrunnar.

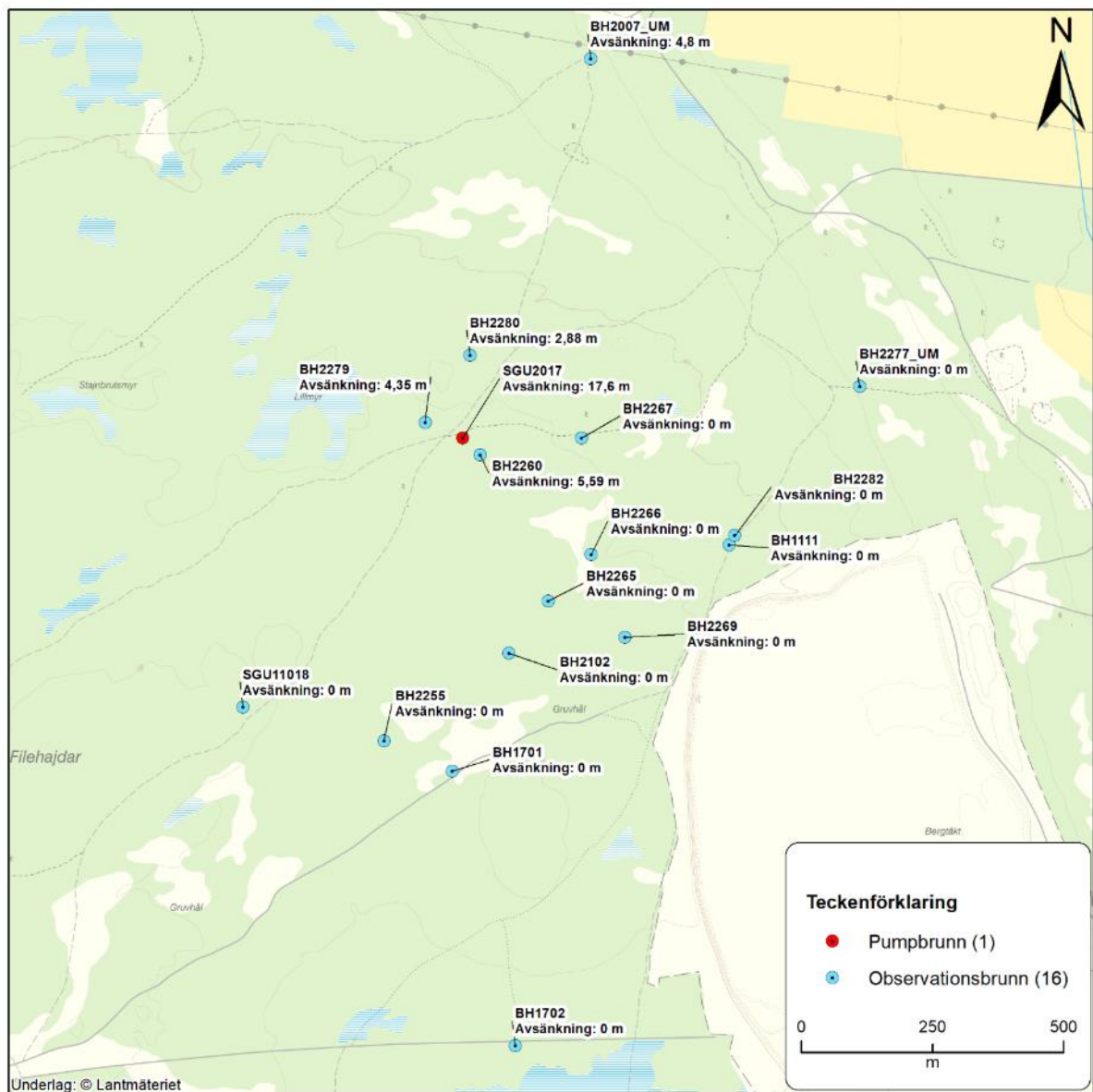
Då påverkansområdet tydligt påverkar systemet olika på olika djup har utvärdering av trycknivådata delats upp i två grupper: en grupp där mer ytliga och närliggande borrhål i revkalksten ingår och en annan grupp med djupa borrhål som når underliggande mägersten på större avstånd i den andra, se tabell 7.

Tabell 7: Uppdelning av borrhål för utvärdering av pumptestdata.

Borrhål i revkalksten	Borrhål i mägersten
SGU2017	BH2007_UM
BH2260	BH1702
BH2279	
BH2280	
BH2007_ÖM	
BH2277_ÖM	
BH2277_UM	



Figur 35: Observerad trycknivåsänkning i observationsbrunnar under pumptest i SGU2017 med observation i sektion över manschett i dubbelinstrumenterade borrhålen BH2007 och BH2277.



Figur 36: Observerad trycknivåavsänkning i observationsbrunnar under pumptest i SGU2017 med observation sektioner under manschett i de dubbelinstrumenterade borrhålen BH2007 och BH2277.

Avsänkningen tyder på ett begränsat isotropt flödessystem i revkalkstenen ner till en nivå på -0,82 m inom ca 150 m radie från pumpbrunnen. I de djupare lagren under revkalkstenen, i mägerstenen, syns ett välkonnekterat flödessystem då observationsborrhålet BH2007_UM är kraftigt avsänkt. Däremot går det inte att säga om flödessystemet i djupare mägerstenslager är isotropt eller anisotropt, då påverkan enbart observeras i en observationsbrunn i underliggande märgellager (BH2007_UM). Söder om pumpbrunnen, i observationsborrhål BH1701, syns ingen påverkan även om borrhålet fördjupades med 20 m och når liknande nivå som pumpbrunnen SGU2017. I och med att observationsborrhålet BH2007_UM är avmanschetterat till skillnad från BH1701, är BH2007_UM mer påverkningsbart då övre vattenförande lager inte påverkar trycknivån och eventuellt döljer påverkan från pumptest.

Utvärdering av transmissivitet och magasinskoefficient från pumptest i SGU2017 mot observerad trycknivåavsänkning i BH2007_UM, i mägerstenen, är $4,7E-05 \text{ m}^2/\text{s}$ respektive $1,5E-06$.

Utvärderad transmissivitet mot trycknivådata av borrhål i revkalksten (BH2260 och BH2279), i närheten av SGU2017, är $3,0E-05 \text{ m}^2/\text{s}$ respektive $1,1E-04$.

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se Bilaga D.

3.5.3 Pumptest BH2102

Brunnen BH2102 är installerad i revkalksten men sträcker sig ner till den underliggande mägerstenen. I alla riktningar runt brunnen återfinns revformationen (revkalksten), i östlig riktning om pumpbrunnen återfinns även File hajdar-täkten.

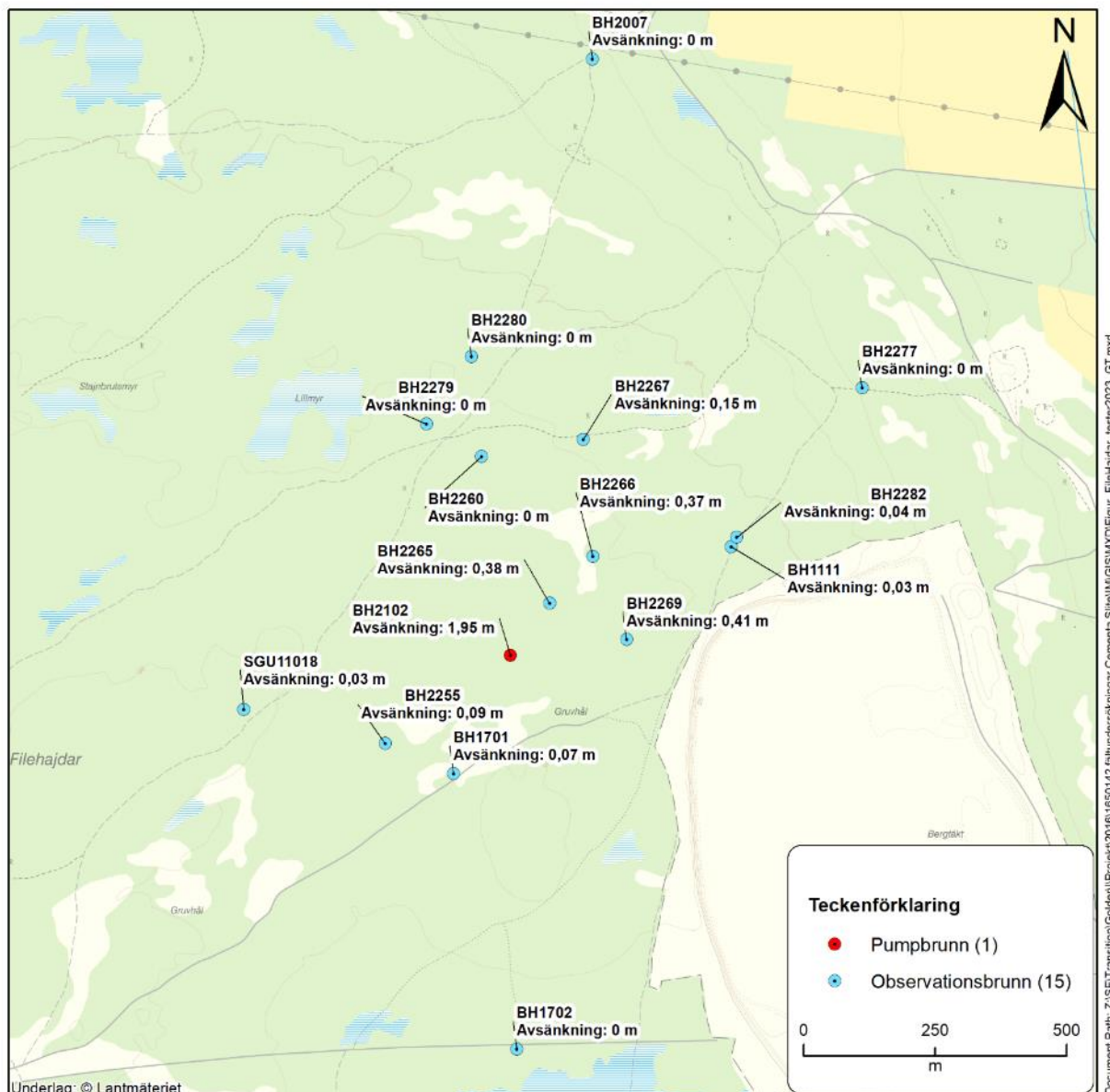
Innan pumptestet i BH2102 startades var grundvattenytan 18 m u rök, med ett maximalt pejlbart djup om 70 m var den mättade akvifärtjockleken 52 meter, vilket motsvarar en trycknivå på 40,11 – -11,74 m. Pumpflödet var under pumptestet 120 l/min vilket skapade en avsänkning på 1,95 m.

Pumptestet i BH2102 är starkt präglad av nederbörd och kraftig snösmältning som fyllde på akvifären under pumptestets genomförande, totalt föll 2,8 mm nederbörd (SMHI:s station Hejnum, 78420) under pumptestet gång. Detta medförde att trycknivåerna i instrumenterade observationsborrhål ökade samtidigt som akvifären pumptestades. För att eliminera influensen av nederbörd och snösmältning har enbart data med tydlig påverkan av pumpning använts. Det är observerad data innan akvifären började fyllas på och/eller den återhämtning som skedde när pumptestet stängdes av.

Påverkansområden av pumptestet breder ut sig ca 500 m i nordöstlig riktning och har en tydlig påverkan i revkalkstenen som tyder på ett heterogent flödessystem. Pumptestet visar även att flödessystemet förefaller sig vara anisotropt, se figur 37. Påverkan av pumptestet observeras i flera av brunnarna, där samtliga sitter i revkalksten. Den observerade påverkan visar att revkalkstenen har ett heterogent flödessystem, anisotropin kan vara en effekt av revkalkstenens heterogenitet och icke-kontinuerliga vattenförande sprickor, men viss osäkerhet finns på grund av ojämnt fördelade observationsbrunnar runt pumpbrunnen samt observationsbrunnarnas olika djup. En mindre påverkan har observerats i observationsbrunnen SGU11018, väster om pumpbrunnen, än i observationsbrunnen BH2269, öster om pumpbrunnen. Den senare är dock djupare med en bottennivå på -0,33 m medan SGU11018 har en bottennivå på +23 m. Observationsbrunnarna som användes för pumptestet sitter i revkalkstenen med ett fåtal borrhål (BH2007_UM, BH1701 och BH1702) som når djupare, ner i mägerstenen. Ingen påverkan observeras i dessa djupa observationsbrunnar.

I och med att pumptestet präglades starkt av nederbörd och snösmältning som skapade hastiga trycknivåförändringar i akvifären visar det också att området är vertikalt konnekterat med vertikala sprickor som bidrar till snabb grundvattenbildning.

Vid utvärdering av trycknivådata och observerad avsänkning vid pumptest i BH2102 uppgår transmissiviteten till 1,5E-03 m²/s och magasinskoefficienten till 2,6E-03.



Figur 37: Observerad trycknivåsänkning i observationsborrhål under pumptest i BH2102. Påverkan observerades varken i övre eller undre sektion i BH2007 och BH2277.

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se Bilaga D.

3.5.4 Pumptest BH2255

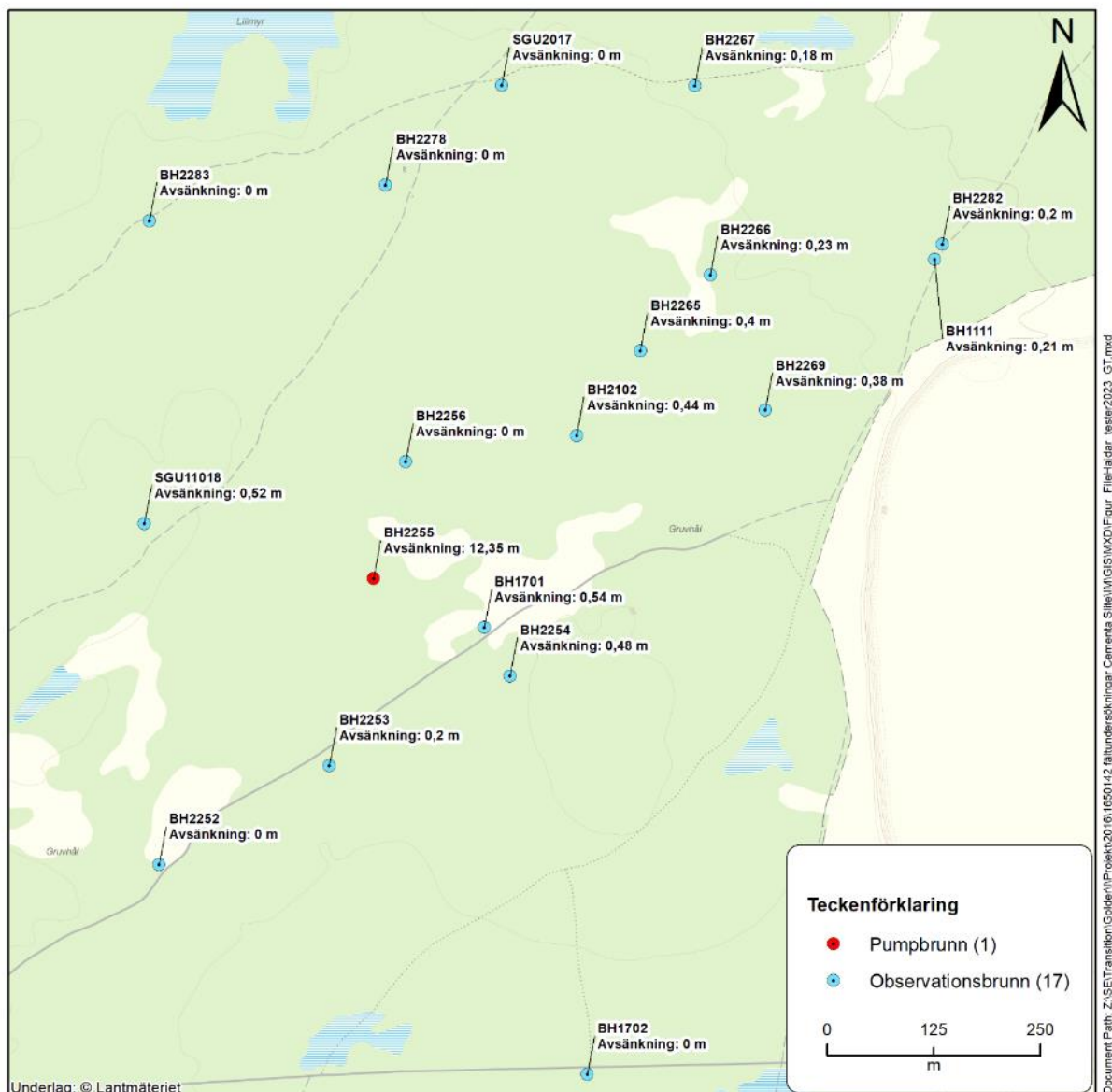
Brunnen BH2255 är installerad i revkalksten men som inte sträcker sig ner till den underliggande mägerlstenen. I alla riktningar runt brunnen återfinns revformationen (revkalksten), i östlig riktning om pumpbrunnen återfinns även File hajdar-täkten.

Innan pumptestet i BH2255 startades var grundvattenytan 22,73 m u rök, med ett maximalt pejlbart djup (MPD) om 60,3 m och en mättad akvifärtjocklek på 37,57 m, vilket motsvarar en nivå på 35,55 – -2,02 m. Pumpflödet var inställt till ca 65 l/min vilket skapade en avsänkning på 12,35 m.

I slutet av pumptestet innan avstängning, efter 3 dagars pumpning, förekom det kraftig snösmältning och nederbörd, totalt 15,9 mm nederbörd (SMHI:s station Hejnum, 78420). Nederbörden och snösmältningen störde avsänkningen i lokalområdet kring pumpbrunnen och observationsbrunnarna. Trycknivåerna ökade till över initiala förhållanden. Detta medför att utvärdering av trycknivådata enbart kunnat göras till det att nederbörden påverkade trycknivåerna och ingen återhämningsdata har kunnat utvärderas.

Pumpbrunnen samt observationsbrunnarna når ner till ett djup om ca +/- 0 m och har bottennivån i revkalkstenen. Några få observationsbrunnar når ner till underliggande märgelsten på nivåer -11,5 och -20 m, som BH2102 samt BH1701 och BH1702.

Påverkansområdet av pumptestet påvisar ett stort, men anisotropt, flödessystem som förefaller sträcka sig i en nordöstlig riktning, se figur 38. BH2256, som ligger ca 100 m norr om pumpbrunnen och når ner till nivån -1,51 m, vilket bara är lite högre än bottennivå av pumpbrunnen BH2255, påverkades inte alls av pumptestet. Medan SGU11018, som ligger rakt väster om BH2255, sänks av med ca 0,52 m men har en betydligt högre bottennivå på +23,32 m. Utbredningen av påverkansområdet tyder på att flödessystemet i revkalkstenen är anisotropt och mindre konnekterat genom avsaknaden av tydliga kontinuerliga lager som är karakteriserat för märgelstenen och den lagrade kalkstenen i området. Eftersom observationsborrhålen inte är jämnt fördelade runt pumpbrunnen går det inte att utläsa utbredningen av avsänkning i alla riktningar för att påvisa anisotropin i flödessystemet.



Figur 38: Observerad trycknivåavsänkning i observationsborrhål under pumptest i BH2255.

Pumptestet i BH2255 visar ingen trycknivåavsänkning i djupare lager, märgelstenen, rakt norrut mot observationsborrhålen SGU2017 eller BH2007_UM, som båda når den underliggande märgelstenen. Ingen påverkan observeras heller söderut i BH1702, som också når den underliggande märgelstenen.

Då detta pumptest är starkt präglad av kraftig nederbörd som skapade momentana trycknivåförändringar i akvifären visar det också att området är vertikalt konnekterat.

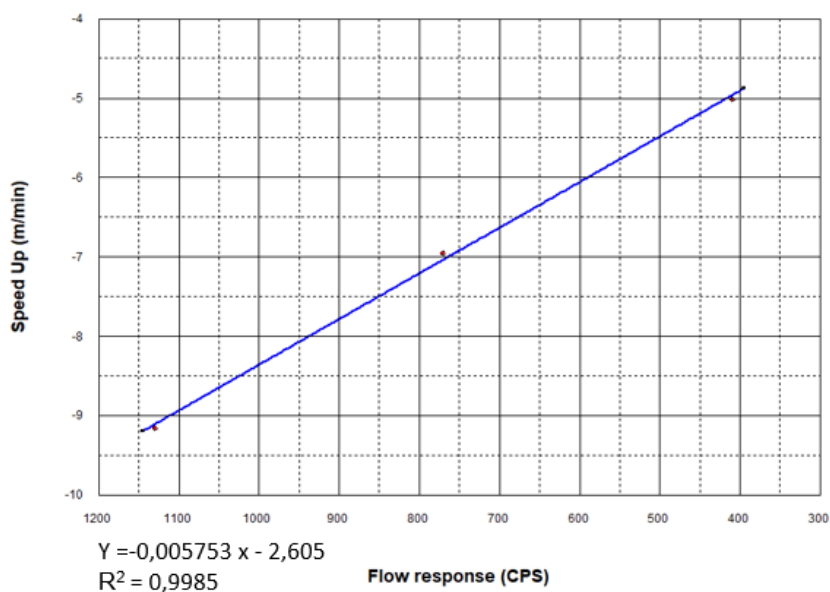
Vid utvärdering av trycknivådata från pumptest i BH2255 uppgår transmissiviteten till $2,4E-04$ m²/s och magasinskoefficienten utvärderas vara runt $1,2E-04$.

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se Bilaga D.

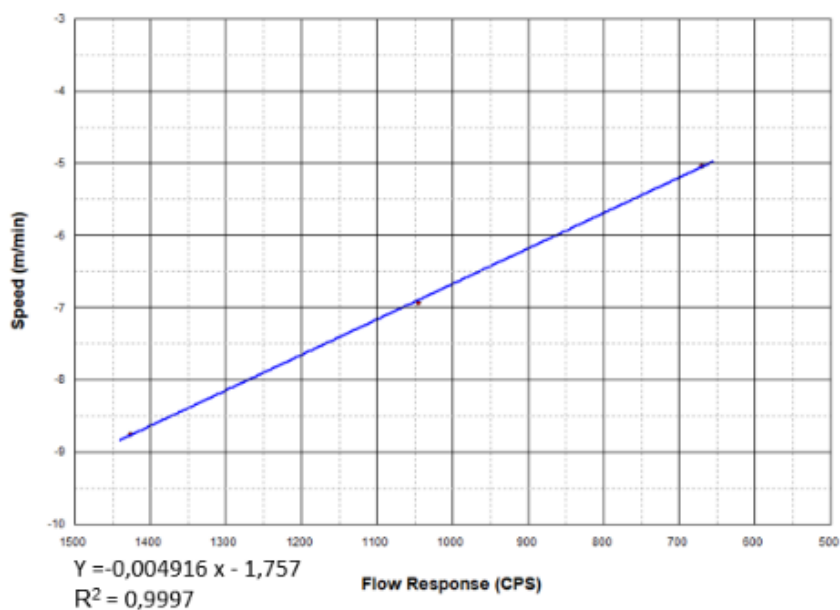
3.6 BORRHÅLSLOGGNING

3.6.1 Kalibrering av spinner-flödeslogger

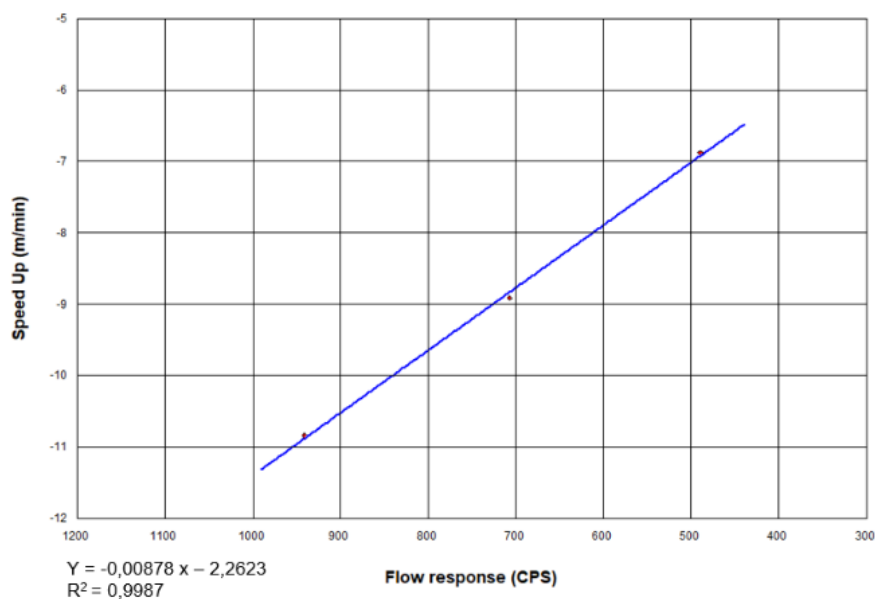
Genom att plotta sänkhastigheten av sonden mot responsen av impellern mot en linjär regressionsanalys, erhålls sambandet mellan hastigheten och impellern och dess determinationskoefficient (R^2). Dessa ekvationer används i utvärderingen för att ta bort responsen impellern får av att sänka och höja sonden för olika diametrar av borrhål och redovisas i figur 39.



Kalibrering 115 mm hammarborrhål



Kalibrering 95 mm kärnborrhål



Kalibrering 254 mm hammarborrhål

Figur 39: Graferna visar hur "Counts per second" (CPS) på x-axeln varierar med loggningshastighet på y-axeln.

3.6.2 Identifierade vattenförande strukturer

Resultatet visar läget och storlek på vissa vattenförande sprickor. Det har i vidare skede arbetats in till den numeriska hydrogeologiska modellen för att verifiera lager, se mer i avsnitt 3.6.6. I tabell 8 nedan redovisas resultaten från de borrhål som spinner-flödesloggades, se Bilaga E för fältprotokoll vid borrhålsloggning. Se Bilaga F för fullständigt utvärderade borrhålsloggar. Borrhålens läge redovisas i figur 2 och figur 3.

I och med att flera borrhål uppvisade artesiska förhållanden vid borrhålsloggning kunde inte borrhålsloggning genomföras i opåverkade förhållanden, då det artesiska flödet motsvarar pumpning i borrhålet.

Borrhålet BH2302 var avsett att borrhålsloggas, dock var vattenpelaren i borrhålet för låg och det gick enbart att genomföra borrhålsloggning under opåverkade förhållanden, då det inte fanns plats för både sond, pump och tillräckligt med vattenpelare för att skapa en avsänkning i borrhålet.

Tabell 8: Loggade nivåer i borrhålen under påverkade förhållanden samt pumpat flöde under påverkade förhållanden.

Borrhåls ID	Opåverkad djupsektion testad under steg 2 (nivå RH2000)	Pumpad djupsektion testad under steg 3 (nivå RH2000)	Flöde under steg 3 (L/min)	MPD (m)	Avsänkning (m)	Kommentar
BH85	24,50 – -18,45	19,01 – -18,45	46,2	62,34	0,49	
BH86	31,09 – 6,04	24,24 – 6,04	20,0	44,31	3,41	
BH1104	25,02 – -18,53	19,87 – -18,53	52,0	62,2	0,77	
BH1702	20,4 – -21,0	12,1 – -21,0	5,0	74	0,4	
BH2001	N/A	39,74 – 1,39	32,4	40,0	N/A	Artesisk
BH2005	37,17 – 0,47	33,62 – 0,47	52,0	40,0	1,05	Artesiska förhållanden uppstod under

Borrhåls ID	Opåverkad djupsektion testad under steg 2 (nivå RH2000)	Pumpad djupsektion testad under steg 3 (nivå RH2000)	Flöde under steg 3 (L/min)	MPD (m)	Avsänkning (m)	Kommentar
						borrhåls-loggning
BH2205	45,34 – 25,74	39,37 – 25,74	0,1	23	2,39	
BH2206	N/A	34,73 – -3,07	18,5	41,44	0,3	Artesisk
BH2207	9,32 – -8,35	3,31 – -8,35	1	25,5	1,55	
BH2208	N/A	14,54 – -8,25	85,5	26,5	4,1	Artesisk
BH2211	43,19 – -18,09	39,14 – -18,09	16,3	71,25	0,95	
BH2212	45,6 – -18,40	38,24 – -18,40	64,5	69,68	0,56	
BH2213	30,69 – -15,9	23,28 – 15,9	14,7	58,61	2,75	
BH2267	37,59 – 1,15	30 – 1,15	13	56	0,79	
BH2274	29,76 – 3,48	24,18 – 3,48	5,8	40,5	1	
BH2277	21,25 – 1,81	15,43 – 1,81	4	40,5	0,31	
BH2301	45,8 – -9,0	28,9 – -9,0	2,1	60	4,0	
BH2302	-21,9 – -23,42	N/A	N/A	40	N/A	För lite vatten i borrhålet

I tabell 9 redovisas de vattenförande sprickorna och sprickzoner som identifierades under spinner-flödesloggning. I de fall där en spricka står för 100 % av flödet kan underliggande sprickor inte kvantifieras.

Tabell 9: Nivåintervall för identifierade flödesriktningar i påverkade förhållanden och beräknade flöden (% av totalflödet) i påverkade förhållanden.

Borrhåls ID	Nivåintervall för identifierade vattenförande sprickor och sprickzoner i opåverkade förhållanden	Flödesriktningar under opåverkade förhållanden	Nivåintervall för identifierade vattenförande sprickor och sprickzoner i påverkade förhållanden	Beräknade flöden i påverkade förhållanden	Summerat flöde (%)
BH85	11,94 – 10,78	Utflöde	11,94 – 10,78	100 %	100 %
	1,68 – 0,96	Inflöde	1,68 – 0,96	N/A	
	-7,90 – -8,26	Inflöde	-7,90 – -8,26	N/A	
	-8,74 – -8,94	Inflöde	-8,74 – -8,94	N/A	
	-13,46 – -13,96	Inflöde	-13,46 – -13,96	N/A	
BH86	-*	-*	7,79 – 6,37	99,9 %	99,9 %
BH1104	23,96 – 23,6	Utflöde	11,52 – 10,85	100 %	
	11,63 – 11,1	Utflöde	0,73 – 0,47	N/A	100 %
		Inflöde	-8,7 – -9,14	N/A	

Borrhåls ID	Nivåintervall för identifierade vattenförande sprickor och sprickzoner i opåverkade förhållanden	Flödesriktningar under opåverkade förhållanden	Nivåintervall för identifierade vattenförande sprickor och sprickzoner i påverkade förhållanden	Beräknade flöden i påverkade förhållanden	Summerat flöde (%)
	4,7 – 4,35 -8,93 – -9,24	Inflöde	-16,9 – -17,15	N/A	
BH2001	N/A	N/A	24,94 – 22,72 18,68 – 17,46 12,48 – 11,2 7,98 – 6,58 1,84 – 1,42	5,3 % 10,7 % 34,4 % 26,8 % 23,6 %	100 %
BH2005	10,84 – 10,13 6,87 – 6,56 4,4 – 4,13	Utflöde Inflöde Inflöde	10,84 – 10,13 6,87 – 6,56 4,4 – 4,13	99,8 % N/A N/A	99,8 %
BH2205	-*	-*	39,13 – 25,79	100 %	100 %
BH2206	N/A	N/A	21,36 – 20,97 19,14 – 18,78 11,13 – 10,69 6,04 – 5,65 1,65 – 1,26 -2,52 – -2,99	7,8 % 18,9 % 26,2 % 14,7 % 10 % 19,7 %	97,3%
BH2207	-7,85 – -8,3	Inflöde	-7,85 – -8,3	100 %	100 %
BH2208	N/A	N/A	-0,55 – -0,92 -4,34 – -4,99 -7,89 – -8,22	12,1% 77,4 % 10,8 %	100 %
BH2211	16,25 – 14,95 -11,96 – -12,35	Inflöde Utflöde	16,25 – 14,95	100 %	100 %
BH2212	16,02 – 15,71 -11,9 – -12,35	Inflöde Utflöde	16,02 – 15,71	100 %	100 %
BH2213	-*	-*	0,54 – 0,09 -7 – -8,1 -15,4 – -15,7	22,4 % 39,8 % 39 %	100 %
BH2267	36,88 – 36,1	Inflöde	23,8 – 23,4	100 %	100 %
BH2274	28,72 – 28,04 24,07 – 22,30	Inflöde Utflöde	24,03 – 22,28	100 %	100 %
BH2277	20,02 – 19,50	Inflöde	15,27 – 1,83	100 %	100 %
BH2301	-*	-*	28,54 - -8,84	100 %	100 %
BH2302	-*	-*	N/A	N/A	N/A

Borrhåls ID	Nivåintervall för identifierade vattenförande sprickor och sprickzoner i opåverkade förhållanden	Flödesriktningar under opåverkade förhållanden	Nivåintervall för identifierade vattenförande sprickor och sprickzoner i påverkade förhållanden	Beräknade flöden i påverkade förhållanden	Summerat flöde (%)
BH1702	18,07 – 17,63	Inflöde	7,51 – 5,65	100 %	100 %
	7,51 – 5,69	Inflöde	-4,03 - -4,85	N/A	
	-4,03 – -4,85	Inflöde	-15,85 - -16,11	N/A	
	-15,5 – -15,11	Utflöde			

*Inga vattenförande strukturer identifierades.

I **BH85** identifieras 4 stora vattenförande strukturer i opåverkat tillstånd med en tydlig nedåtriktad hydraulisk gradient. Strukturerna identifierades vid +11, +1,75, -8,2 och -13,9 m. Under loggning vid opåverkade förhållanden var den nedåtriktade vattenrörelsen i borrhålet så stark att impellern på sonden gav utslag åt motsatt förväntad riktning, d.v.s. att spinner-flödesloggningen nedåt i borrhålet loggade data som att loggningen gick uppåt i borrhålet. Detta indikerar en stark påverkan av vattenrörelsen i borrhålet vilket diskuteras vidare i avsnitt 3.6.3.1. Vid loggning under påverkade förhållanden, pumpning med 46,2 l/min, identifierades ingen ytterligare vattenförande spricka i borrhålet än ovan nämnda. Med ett pumpflöde på 46,2 l/min vänds den hydrauliska gradienten ner till nivån +11,2 m men lyckas inte överkomma den starka hydrauliska gradienten i borrhålet från denna nivå och neråt. Det medför att nedanliggande sprickor i borrhålet inte kan utvärderas med avseende på transmissivitet.

I **BH86** identifieras ingen tydligt vattenförande struktur, men en indikation på en vattenförande spricka syns vid +6,3 m i opåverkat tillstånd. I påverkat tillstånd, med ett pumpflöde på ca 20 l/min, förstärks responsen av denna vattenförande spricka. Sammantaget identifieras ca 80 % av det totala flödet i borrhålet. Att hela flödet inte kunde identifieras beror sannolikt på en blockering vid ca 44 m djup i borrhålet (noterat borrdjup uppges till 60 m).

I **BH1104** identifieras två större vattenförande sprickor i opåverkat tillstånd, den mest vattenförande sprickan identifieras vid +11,53 m och den andra vid -8,93 m. Två mindre vattenförande sprickor identifieras vid +23,95 m och +4,7 m. Den hydrauliska gradienten i borrhålet är svagt nedåtriktad till nivån +11 m där den hydrauliska gradienten blir starkt nedåtriktad till nivån -9 m.

I påverkat tillstånd, med ett pumpflöde om 52 l/min, identifieras ovan nämnda vattenförande spricka vid +11,53 m som en spricka med tydligt utflödande vatten ur borrhålet. Med pumpflödet 52 l/min är den hydrauliska gradienten fortsatt nedåtriktad från nivån +11,55 m, vilket tyder på att pumpflödet inte lyckas överkomma den påverkan som skapas i borrhålet från annan påverkan, och vända på den hydrauliska gradienten.

BH2001 loggades vid artesiska förhållanden med ett naturligt flöde som uppmättes till 32,4 l/min vid röröverkant. Då den hydrauliska gradienten var naturligt vänd upp i borrhålet kunde inte mätning göras under opåverkat tillstånd. Vid loggning identifierades flera vattenförande sprickor. Dessa sprickor identifierades vid +25, +18, +12, +7,3 och +1,5 m. Borrhålet uppvisar ett avtagande flöde från botten till röröverkant med en hydraulisk uppåtriktad gradient. Den mest vattenförande strukturen/sprickan identifieras vid nivån +12 m.

I **BH2005** identifierades tre större vattenförande strukturer/sprickor i opåverkat tillstånd. Dessa sprickor identifieras vid nivåerna +10,6, +6,8 och +4,2 m med en nedåtriktad hydraulisk gradient. Vid nivån +10,9 m ökar den hydrauliska gradienten kraftigt för att sedan avta vid nivån +4,2 m. Vid loggning under påverkade förhållanden, med ett pumpflöde om 52 l/min, identifieras ovan nämnda sprickor. Den hydrauliska gradienten vänds till en nedåtriktad gradient vid nivån +10,8 m, vilket

innebär att sprickan vid samma nivå sannolikt står för 100 % av det vatten som pumpas ur borrhålet. Sprickorna nedanför skapar ett utflöde ur borrhålet till bergsformationen. Under tiden som borrhålsloggningen genomfördes ökade grundvattenytan i borrhålet från ca 1,5 m under röröverkant till att bli artesisk inom ca 2 timmar. Detta beror troligen på att det var rikligt med grundvattenbildning i området och att produktionsbrunnarna slutade att pumpa, vilket resulterade i en trycknivåökning i akvifären då BH2005 står i kontakt med vattentäkten.

I **BH2205** kan inga tydliga vattenförande strukturer/sprickor identifieras, vare sig i opåverkat eller påverkat tillstånd. Under borring antyddes det finnas flertalet sprickor, men då pumpflödet under pumpat tillstånd enbart uppnådde 0,1 l/min visar resultatet att vattenförande sprickor med transmissivitet över $6,9E-07$ m²/s saknas i borrhålet.

BH2206 var artesisk vid tillfället för borrhålsloggning. Det artesiska flödet uppmättes till 18,5 l/min vid röröverkant. Då den hydrauliska gradienten var naturligt vänd upp i borrhålet på grund av artesiska förhållanden kunde inte mätning göras under opåverkat tillstånd. Flera vattenförande zoner identifieras vid loggning som utgör mellan 10 och 25 % av det totala uppmätta flödet. Den mest vattenförande sprickan identifieras på nivån +11,13 – +10,69 m.

I **BH2207** identifierades inga vattenförande sprickor under loggning i opåverkade förhållanden. Den hydrauliska gradienten är naturligt riktad uppåt i borrhålet. Under påverkade förhållanden, med ett pumpflöde om 1 l/min, noterades en vattenförande spricka på nivån -7,85 – -8,3 m.

BH2208 var artesisk vid tillfället då borrhålsloggningen genomfördes. Det artesiska flödet uppmättes till 64,5 l/min vid röröverkant. I borrhålet identifierades tre tydliga vattenförande sprickor på nivåerna -0,55 till -0,92, -4,34 till -4,99, och -7,89 till -8,22 m. Den största vattenförande sprickan återfinns på nivån -4,99 till -7,89 m som uppmäts utgöra ca 80 % av det totala flödet.

I **BH2211** identifieras två tydliga sektioner i borrhålet i opåverkat tillstånd. Den ena sektionen har en naturligt uppåtriktad hydraulisk gradient som sedan övergår till en nedåtriktad hydraulisk gradient vid nivån +15,5 m som sedan vänder till en uppåtriktad hydraulisk gradient vid nivån -12,3 m. Under påverkat tillstånd med ett pumpflöde om 16,3 l/min förstärks den uppåtriktade gradienten från +15,5 m, medan den hydrauliska gradienten under denna nivå förblir relativt opåverkad ner till botten av borrhålet. Det indikerar att den huvudsakliga vattenförande sprickan i återfinns vid nivån +15,5 m. Den undre vattenförande sprickan vid -12,2 m kan inte kvantifieras då 100 % av pumpflödet är kopplat till den vattenförande sprickan på nivån +15,5 m.

I **BH2212** identifieras två huvudsakliga vattenförande strukturer. Under opåverkade förhållanden identifieras en uppåtriktad hydraulisk gradienten i övre delen av borrhålet ned till nivån +16 m, under denna nivå identifieras en nedåtriktad hydraulisk gradient ned till nivån -12 m. Under påverkat tillstånd, med ett pumpflöde om 64,5 l/min och en avsänkning på ca 0,56 m, förstärks den uppåtriktade hydrauliska gradienten ned till nivån +16, som nedan denna nivå förblir relativt opåverkad. Resultatet tyder på att den huvudsakliga vattenförande sprickan återfinns på nivån +16 m då 100 % av pumpflödet kan relateras till denna vattenförande spricka.

I **BH2213** identifieras inga tydliga vattenförande strukturer i opåverkat tillstånd. Den hydrauliska gradienten är uppåtriktad i borrhålet vid opåverkade förhållanden. Vid påverkade förhållanden, med ett pumpflöde på ca 15 l/min och en avsänkning på 2,75 m, identifierades tre större vattenförande sprickor. De vattenförande sprickorna återfinns på nivåerna +0,5 till +0 m, -7 till -8,1 m och -15,4 m till -15,7 m.

I **BH2267** är den hydrauliska gradienten i opåverkat tillstånd, nedåtriktad i borrhålet, bortsett från den översta metern (+36,83 till +36,16m) där det sker ett inflöde till borrhålet. I påverkat tillstånd, med ett pumpflöde på 13 l/min och en avsänkning på 0,79 m, vänds den hydrauliska gradienten uppåt ner till nivån +23,5 m. På denna nivå identifieras den huvudsakliga vattenförande sprickan i borrhålet. Under +23,5 m är den hydrauliska gradienten nedåtriktad vilket tyder på att 100 % av inflödet sker i den identifierade sprickan på +23,5 m. Då det identifierade inflödet i opåverkat tillstånd är precis vid grundvattenytan är det för ytligt för att kunna kvantifieras under påverkat tillstånd.

BH2274 har, vid opåverkade förhållanden, en uppåtriktad hydraulisk gradient ner till nivån +28 m, under denna nivå vänder den hydrauliska gradienten och blir huvudsakligen nedåtriktad. Det identifieras ett inflöde i borrhålet vid nivån +28,72 – +28,04 m, men då detta är vid aktuell grundvattenyta kan sprickan inte kvantifieras med denna metod. Under påverkat tillstånd, med ett pumpflöde på 7,3 l/min, identifieras en vattenförande struktur vid nivån +24,03 – +22,28 m. Den identifierade sprickan står för 100 % av pumpflödet eftersom den hydrauliska gradienten är uppåtriktad ned till denna nivå (+24,03 – +22,28 m) och under +22,28 m fortsatt är nedåtriktad och borrhålet är opåverkat ner till botten av borrhålet. Inga vattenförande strukturer identifieras under denna nivå.

BH2277 har, i opåverkat tillstånd, en uppåtriktad hydraulisk gradient någon meter under grundvattenytan vid tillfället för borrhålsloggning. Vid nivån +20 m vänder gradienten och övergår till att vara nedåtriktad. Utöver denna övergång mellan uppåtriktad och nedåtriktad hydraulisk gradient identifieras inga andra vattenförande strukturer. Under påverkat tillstånd, med ett pumpflöde på 4 l/min, vänds den hydrauliska gradienten till att vara uppåtriktad men inga tydliga vattenförande strukturer identifieras och pumpflödet härleds till hela den undersökta sektionen vid +20 m.

I **BH2301** identifieras en tydligt uppåtriktad hydraulisk gradient under opåverkade förhållanden. Inga tydliga in- eller utflöden identifieras trots att flera sprickor noterats vid borrhållningen. Under påverkat tillstånd, med ett pumpflöde om 2 l/min, noteras ingen skillnad jämfört med ostörda förhållanden. Allt flöde antas komma jämnt fördelat ur hela borrhålet mellan nivåerna +28,54 – -8,84 m.

I **BH2302** var vattenpelaren på enbart ca 3 m efter ca 30 dagar efter borrhållning. Denna låga tillrinning indikerar att vattenförande sprickor saknas. Av den anledningen kunde ingen borrhålsloggning genomföras i borrhålet.

I **BH1702** identifieras en tydlig nedåtriktad hydraulisk gradient ned till ca -17,8 m där en tydligt vattenförande spricka identifieras. Den hydrauliska gradienten vänds under denna nivå till ett uppåtriktat flöde under opåverkade förhållanden. I påverkade förhållanden, med ett pumpflöde på 5 l/min, vänds den översta sektionens hydrauliska gradient, ner till nivån +7,51 m till ett uppåtriktat flöde. Under denna nivå är den hydrauliska gradienten fortsatt nedåtriktad och borrhålet är opåverkat av pumpning vilket gör att sprickorna under inte går att kvantifiera. Tydliga vattenförande sprickor identifieras vid nivån -4,03 till -4,85 m och -15,85 till -16,11 m.

3.6.3 Beräknad transmissivitet utifrån spinner-flödesloggning

I utvärderingen har summan av identifierade sprickors flöden antagits vara lika med det totala flödet. Detta är en förenklad modell med hänsyn till framför allt att inte hela det vattenmättade djupet har loggats i pumpade förhållanden. Detta medför att flödesloggning under pumpade förhållanden ej mäter in- eller utflöden som sker ovanför sondens startposition under påverkade förhållanden och om det finns vattenförande sprickor precis i botten av borrhålen. Sannolikt finns det också små, icke identifierade sprickor som står för en mindre del av flödet. Även om grafen visar att små sprickor kan utgöra en liten av det totala flödet är det de stora vattenförande sprickorna som är huvudsyftet med undersökningen och som kvantifieras. Med hänsyn till detta ska redovisade transmissiviteter för individuella sprickor och sprickzoner tolkas i jämförande syfte snarare än som exakta värden.

Utvärderad helhållstransmissivitet redovisas i tabell 10 och transmissivitet för individuella sprickor redovisas i tabell 11. I de fall där pumpflödet inte lyckades vända den hydrauliska gradienten går inte transmissiviteten att kvantifieras då ett flöde inte kan fastställas för strukturen/sprickan.

Pumptester för att erhålla transmissivitet genomfördes inte i BH2001, BH2206 och BH2208 på grund av att dessa borrhål var artesiska.

Tabell 10: Beräknade totala transmissivitet för borrhål baserat på ekvation 1 och ekvation 2, se avsnitt 2.7.3.

Borrhåls ID	Transmissivitet (Ekv 1) (m ² /s)	Transmissivitet (Ekv 2) (m ² /s)
BH85	1,7E-03	1,9E-03
BH86	1,1E-03	9,6E-04
BH1104	1,1E-03	1,2E-03
BH2001	3,6E-04	3,9E-04
BH2005	1,1E-03	1,2E-03
BH2205	6,9E-07	6,9E-07
BH2206	9,9E-04	1,1E-03
BH2207	1,1E-05	1,1E-05
BH2208	3,4E-04	3,6E-04
BH2211	2,8E-04	3,3E-04
BH2212	1,9E-03	2,2E-03
BH2213	8,7E-02	9,8E-04
BH2267	2,7E-04	3,1E-04
BH2274	9,7E-05	1,0E-04
BH2277	2,2E-04	2,3E-04
BH2301	8,2E-06	9,6E-06
BH1702	2,1E-04	2,3E-04

Tabell 11: Transmissivitet för enskilda sprickor eller sprickzoner identifierade med flödesloggning och beräknade med ekvation 3, se avsnitt 2.7.3.

Borrhåls ID	Djupintervall (nivå m.ö.h.)	Transmissivitet (m ² /s)
BH85	11,94 – 10,78	1,6E-03
	1,68 – 0,96	-
	-7,9 – -8,26	-
	-8,74 – -8,94	-
	-13,46 – -13,96	-
BH86	7,79 – 6,37	9,4E-05
BH1104	11,52 – 10,85	1,1E-03
	0,73 - 0,47	-
	-8,7 – -9,14	-
BH2001	24,94 – 22,72	1,1E-05
	18,68 – 17,46	3,0E-05
	12,48 – 11,2	1,4E-04
	7,98 – 6,58	9,3E-05

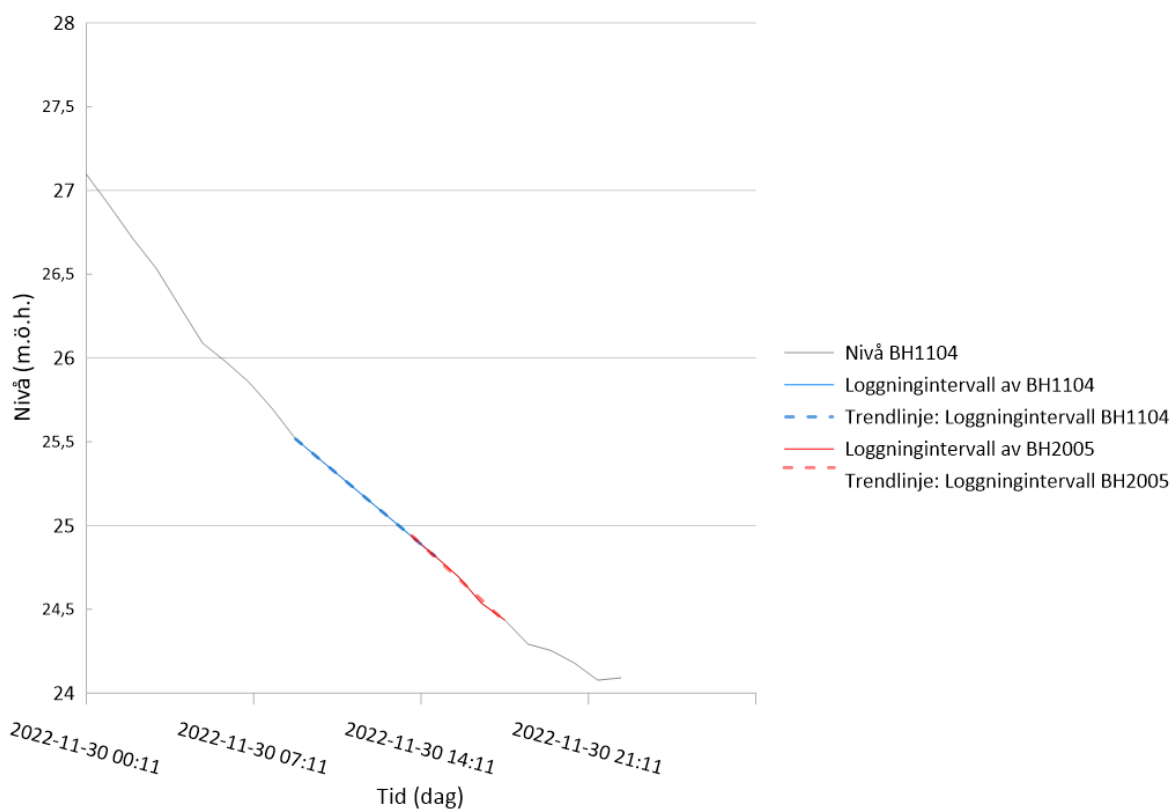
Borrhåls ID	Djupintervall (nivå m.ö.h.)	Transmissivitet (m ² /s)
	1,84 – 1,42	4,9E-05
BH2005	10,84 – 10,13	1,1E-03
	6,87 – 6,56	-
	4,4 – 4,13	-
BH2205	39,13 – 25,79	6,9E-07
BH2206	21,36 – 20,97	7,7E-05
	19,14 – 18,78	1,9E-04
	11,13 – 10,69	2,6E-04
	6,04 – 5,65	1,5E-04
	1,65 – 1,26	9,9E-05
	-2,52 – -2,99	2,0E-04
BH2207	-7,85 – -8,3	1,1E-05
BH2208	-0,55 – -0,92	4,1E-05
	-4,34 – -4,99	2,6E-04
	-7,89 – -8,22	3,7E-05
BH2211	16,25 – 14,95	2,8E-04
BH2212	16,02 – 15,71	1,9E-03
BH2213	0,54 – 0,09	1,9E-05
	-7 – -8,1	3,5E-05
	-15,4 – -15,7	3,4E-05
BH2267	23,8 – 23,4	2,7E-04
BH2274	24,03 – 22,28	1,2E-04
BH2277	15,27 – 1,83	2,2E-04
BH2301	28,54 - -8,84	8,2E-06
BH1702	7,51 – 5,69	2,1E-04

3.6.3.1 Observationer under spinner-flödesloggning

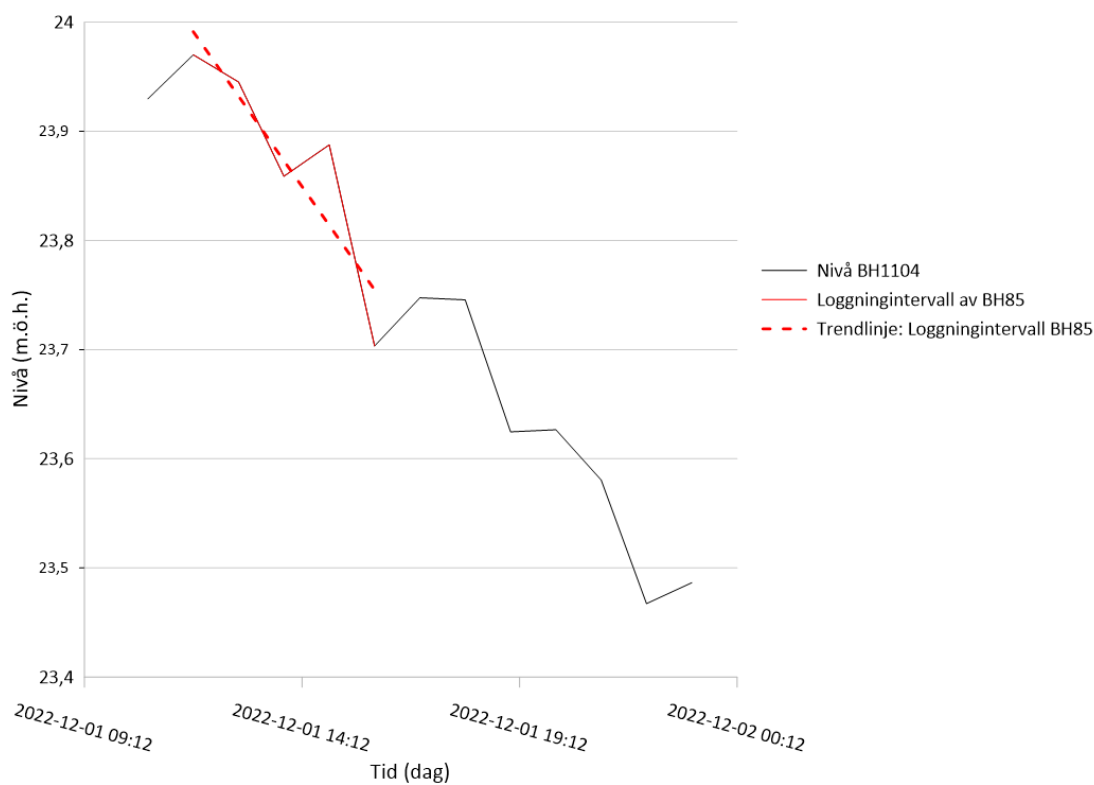
Vid loggning av BH85, BH1104 och BH2005 noterades tydliga flödeszoner under opåverkade förhållanden, vid loggning nedåt blev impellern starkt påverkad och loggade värden som om sonden skulle hissats uppåt i borrhålet. Då det tydliga sågtandsmönster som är karakteristiskt för påverkan från kommunens produktionsbrunnar noterats vid BH1104 undersöktes den hydrauliska gradienten i området under den tid som borrhålsloggning genomfördes i BH85, BH1105 och BH2005.

Det noteras tydligt att den hydrauliska trenden i BH1104 är negativ under alla tillfällen som borrhålsloggning genomfördes, vilket tyder på sjunkande nivåer. Dessa sjunkande nivåer beror på att produktionspumparna i den intilliggande vattentäkt pumpar och skapar en hydraulisk gradient. För tidpunkten som borrhålsloggning genomfördes i BH85, BH1104 och BH2005 är den hydrauliska gradienten i BH1104 tydligt negativ vilket tyder på att produktionsbrunnarna skapar en hydraulisk

gradient och påverkar brunnarna med ett flöde ur brunnen BH85, BH1104 och BH2005 vilket noteras under borrhålsloggningen, se figur 40 och figur 41. Den påverkan som skapades från produktionsbrunnarna gick inte att överkomma med pumpning direkt i brunnen.



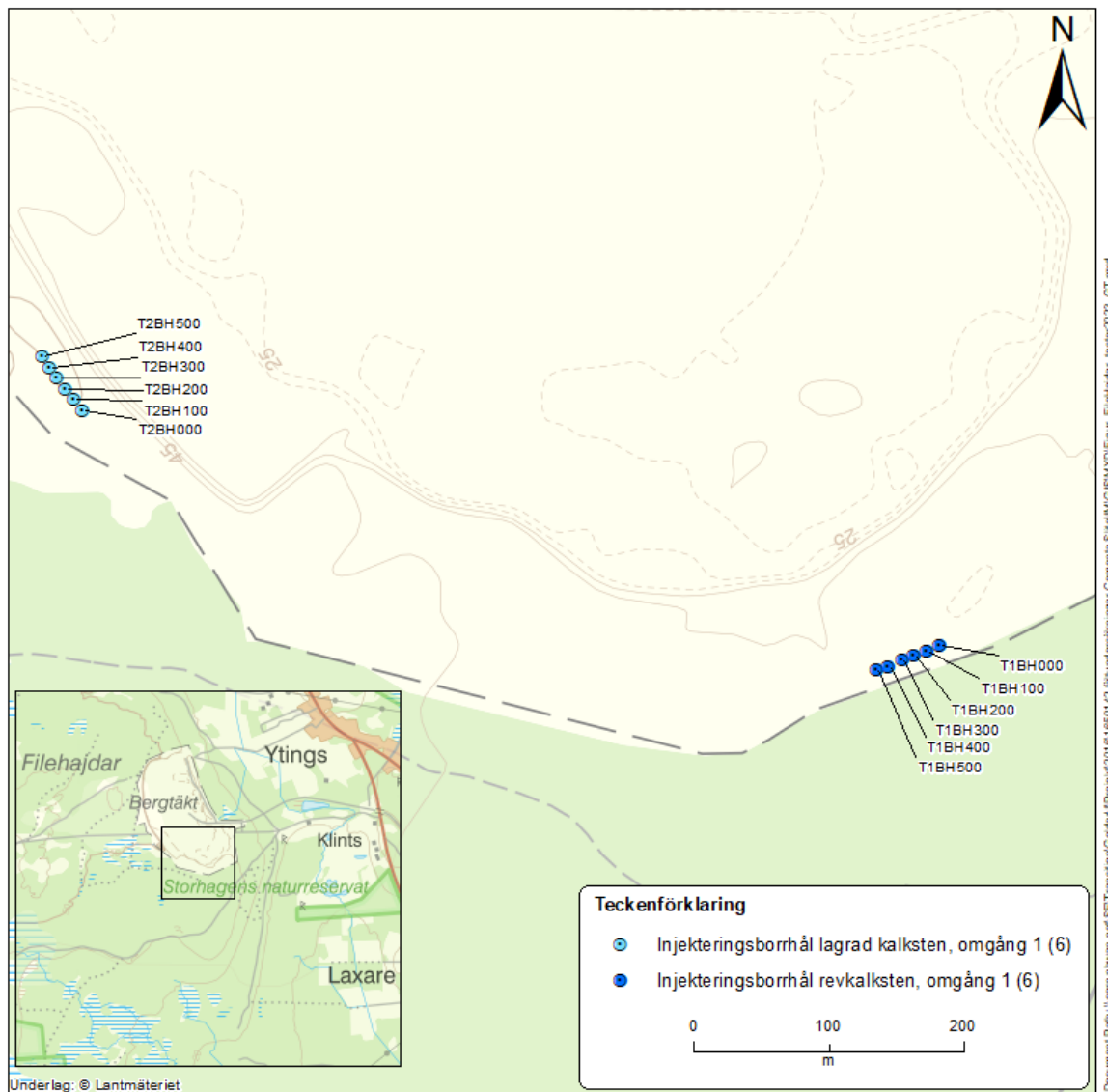
Figur 40: Den hydrauliska trenden (blå och röd streckad linje) i BH1104 vid tiden som loggning genomfördes i BH1104 och BH2005 (blå och röd linje).



Figur 41: Den hydrauliska trenden (röd streckad linje) i BH1104 vid tiden som loggning genomfördes i BH85 (röd linje).

3.6.4 Spinner-flödesloggning vid injekteringsborrhål

Borrhålsloggningen i teststräckorna för ridåinjektering i södra och sydvästra delarna av File hajdar-täkten identifierade tydliga vattenförande strukturer, figur 42.



Figur 42: Borrhållens läge i teststräckorna för ridåinjektering vid File hajdar-täkten.

I teststräcka 1 (T1BHXXX) i revkalkstenen identifierades vattenförande sprickor i samtliga 6 borrhål på 40 m, 50 m och 55 m.u.my i borrhålen. I teststräcka 1 (T1BHXXX) i revkalkstenen identifierades vattenförande sprickor i samtliga 6 borrhål på 40 m, 50 m och 55 m.u.my. i borrhålen. Den mest genomsläppliga sprickan var 55 m.u.my. som också är tydligt hydrauliskt kopplad mellan samtliga 6 injekteringsborrhål i samma vattenförande lager. Detta vattenförande lager sammanfaller väl med övergången mellan revkalksten och mägersten som tolkades i geofysikundersökning med tTEM (WSP, 2023a).

I teststräcka 2 (T2BHXXX) i den lagrade kalkstenen identifierades vattenförande sprickor i flera av borrhålen. I teststräcka 2 var den mest framträdande sprickan vid 60 m.u.my, som identifierades i flera av borrhålen. I teststräcka 2 var den mest framträdande sprickan vid 60 m.u.my., som identifierades i flera av borrhålen. Däremot var det vattenförande lagret mindre distinkt jämfört med det vattenförande lagret i teststräcka 1.

Injekteringsarbetet redovisas i ett separat PM, benämnt *Ridåinjektering - File hajdar och Västra brottet* (WSP, 2023b)

3.6.5 Uppmätt temperatur och elektrisk konduktivitet

I Tabell 12 redovisas identifierade vattenrörelser med uppmätt temperatur och elektrisk konduktivitet. BH2001 kunde inte mätas i opåverkade förhållanden på grund av det artesiska flödet vilket motsvarar påverkat tillstånd. Borrhålet BH2302 var avsett att borrhålloggas, dock var grundvattennivån i borrhålet för lågt för att genomföra borrhålsloggning under påverkat tillstånd. Fullständiga loggar redovisas i Bilaga F.

Tabell 12: Djupintervall (m) för identifierade vattenrörelser och deras uppmätta temperatur och elektriska konduktivitet i opåverkade och pumpade förhållanden.

ID	Djupintervall för identifierade vattenförande sprickor och sprickzoner i opåverkat tillstånd	[°C]	[µS/cm]	Djupintervall för identifierade vattenförande sprickor och sprickzoner i påverkat tillstånd	[°C]	[µS/cm]
BH85	12,66 – 11,80 11,33 – 10,63	7,79 – 7,73 7,68 – 7,63	293 – 307 305 – 268	11,15 – 10,60	7,62 – 7,63	270 – 266
BH86	29,51 – 28,68 11,18 – 9,91 6,97 – 6,19	7,75 7,82 7,85	228 – 232 226 – 230 231 – 235	14,8 – 12,9 8,2 – 7,2	7,82 7,83	239 – 247 236 – 239
BH1104	13,41 – 11,15 -12,93 – -15,72	7,4 – 7,34 7,39 – 7,44	361 – 283 294 – 385	-11,14 – -14,88	7,39 – 7,44	284 – 364
BH2001	N/A	N/A	N/A	-*	_*	_*
BH2005	1,36 – 1,0	7,38	276 – 338	1,36 – 1,0	7,38	279 – 306
BH1702	5,55 -3,8 -16,5 – -20,7	7,72 7,72 7,73 – 7,94	240 283 298 - 718	5,55 -3,8 -16,5 – -20,7	7,68 7,71 7,73 – 7,95	227 303 332 - 683
BH2301	0,0 – -10,0	7,71 – 7,73	280 – 395	0,0 – -3,7	7,71 – 7,72	275 - 346
BH2302	-22 – -23,5	8,16 – 8,22	1002 - 943	N/A	N/A	N/A

*Inga vattenförande sprickor identifierades

I **BH85** vid nivån +12,4 – +10,4 m stiger den elektriska konduktiviteten från 290 µS/cm till 306 µS/cm (78–80 mg/l omräknat till NaCl) för att sedan avta till 266 µS/cm (70 mg/l). Från denna ökning är den elektriska konduktiviteten stabil och förändras inte ned till botten av loggat djup. Temperaturen i borrhålet var vid tillfället för loggningen ca 8 °C vid grundvattenytan och avtog ner till 11 m under grundvattenytan (+11 m) till ca 7,63 °C, därefter var temperaturen stabil ner till botten av loggat djup. Vid loggning under påverkade förhållanden uppmättes en lägre konduktivitet (ca 20 µS/cm) jämfört med opåverkade förhållanden. Den tydliga ökningen av elektrisk konduktivitet vid +12,4 m i opåverkat tillstånd som sedan avtar nedåt i borrhålet, har under påverkade förhållanden enbart blivit en minskning i elektrisk konduktivitet vid +11,4 m. Temperaturen är stabil i borrhålet på ca 7,63 °C och förändrade sig inte från opåverkat tillstånd till påverkat tillstånd.

I **BH86** varierar den elektriska konduktiviteten mot djupet. Vid grundvattenytan är den elektriska konduktiviteten ca 230 µS/cm som sjunker till 223 µS/cm och sedan ökar till 235 µS/cm vid nivån +6 under opåverkade förhållanden (varierar mellan 60 och 62 mg/l omräknat till NaCl). Temperaturen är ca 7,75 °C vid grundvattenytan och ökar till 7,85 °C vid botten av loggat djup. Under påverkade förhållanden syns en tydlig ökning av elektrisk konduktivitet vid +12,85 m, från 232 µS/cm till 247 µS/cm (från 62 mg/l till 65 mg/l NaCl) som sedan avtar och varierar mellan 233

och 239 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (63 mg/l NaCl) mot botten av loggat djup. Temperaturen är stabil på 7,82 °C under hela loggningen.

BH1104 har en tydlig variation i elektrisk konduktivitet. Vid grundvattenytan är den elektriska konduktiviteten ca 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (101 mg/l NaCl) som sedan avtar tydligt ned till nivån +11 m, där den sjunkit till 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (74 mg/l NaCl). Den elektriska konduktiviteten är sedan stabil till nivån -12,86 m där det sker en snabb ökning upp till 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (101 mg/l NaCl) ned till botten av borrhålet. Temperaturen i borrhålet följer samma mönster som den elektriska konduktiviteten och är 7,52 °C vid grundvattenytan som sedan sjunker till 7,34 °C för att sedan öka till 7,44 °C i botten av borrhålet. Vid påverkade förhållanden förblir den elektriska konduktiviteten runt 285 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (74 mg/l NaCl) ner till nivån -10,6 m, under denna nivå ökar den elektriska konduktiviteten gradvis till 363 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (95 mg/l NaCl) till botten av borrhålet. Temperaturen följer återigen samma mönster som den elektriska konduktiviteten i borrhålet, med en temperatur på 7,34 °C som ökar till 7,44 °C ned till botten av borrhålet.

BH2001 har en relativt konstant elektrisk konduktivitet och temperatur under loggning i artesiska förhållanden. Den elektriska konduktiviteten varierar mellan 338 och 342 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ca 88 mg/l NaCl) över djupet och temperaturen uppmäts till ca 7,64 °C.

För **BH2005** varierar den elektriska konduktiviteten mellan 290 och 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (76 till 79 mg/l) från grundvattenytan ned till nivån +14,9 m där den elektriska konduktiviteten sjunker till 269 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vid nivån +1,41 m ökar den elektriska konduktiviteten från 277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ till 335 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (71 till 88 mg/l NaCl). Temperaturen är som högst nära ytan i borrhålet, vid nivån +35 m, och uppmäts till ca 8,86 °C. Därefter avtar temperaturen till 7,36 °C på nivån +10,5 m, temperaturen är sedan är stabil ned till botten av borrhålet. Under påverkade förhållanden är den elektriska konduktiviteten i BH2005 relativt konstant på ca 266 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (70 mg/l NaCl) ned till nivån +1,25 m där den elektriska konduktiviteten ökar till 306 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (81 mg/l NaCl). Temperaturen är stabil runt 7,35 °C i hela borrhålet.

I **BH1702** ökar den elektriska konduktiviteten i tydliga steg, på nivåerna +5,5 m (från 225–241 $\mu\text{S}/\text{cm}$, motsvarar 60–64 mg/l NaCl), -3,9 (från 259–292 $\mu\text{S}/\text{cm}$, motsvarar 68–77 mg/l NaCl) och -16,5 m (från 291–718 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vilket motsvarar 77–184 mg/l NaCl) mot botten av borrhålet. Under både opåverkade och påverkade förhållanden ter sig den elektriska konduktiviteten likadant. Temperaturen i BH1702 är relativt konstant under hela loggningen med en temperatur runt 7,73 °C.

I **BH2301** är den elektriska konduktiviteten stabil ner till en nivå på +0 där den ökar gradvis ned till botten av borrhålet (från 277 till 393 $\mu\text{S}/\text{cm}$, vilket motsvarar 72–102 mg/l NaCl). I påverkat tillstånd inträffar den gradvisa ökningen av elektrisk konduktivitet vid samma nivå (+0 m) men uppnår en högre elektrisk konduktivitet, 343 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (motsvarande 89 mg/l NaCl). Temperaturen är relativt konstant på ca 7,73 °C i hela borrhålet.

I **BH2302** uppgick den elektriska konduktiviteten till 1002 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (vilket motsvarar 255 mg/l NaCl) på nivån -22 m. Temperaturen i borrhålet uppgår till ca 8,18 °C i botten av borrhålet. Då vattenpelaren enbart var 2 m finns det en möjlighet att temperatursonden visar en helt stabiliserad temperatur som beror på att temperatursonden inte hann mäta helt korrekt vattentemperatur.

3.6.6 Geometrisk korrelation av vattenförande lager

För samtliga borrhåls som undersöks med spinner-flödesloggning kan de identifierade vattenförande lagren sedan jämföras mot beräknade nivåer för de sub-horisontella planen, givet den punkten för borrhålet som undersöktes. Dessa nivåer kan sedan korreleras mot den hydrogeologiska numeriska modellen (WSP, 2023c). Differensen mellan uppmätt nivå i fält och modellnivå kan analyseras statistiskt för att räkna fram percentilerna, med denna analys kan den numeriska hydrogeologiska modellen justeras: Lager kan höjas, sänkas eller roteras.

Uppmätt elektrisk konduktivitet har använts till att beräkna salthalten i borrhålen och hur salthalten varierar mot djupet, se avsnitt 2.7.4. Data från borrhålsloggning avseende elektrisk konduktivitet har använts för att kalibrera saltvattenmodellen som finns upprättad över undersökningsområdet (WSP, 2023c).

3.7 ENHÅLSPUMPTEST

Resultat från samtliga borrhål där pumptester har genomförts i samband med spinner-flödesloggning för att få ett representativt värde på transmissiviteten, redovisas i för passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se bilaga d.

tabell 13 med borrhålens läge i figur 2. Högst utvärderad transmissivitet av utförda tester förekommer i BH2212 som ligger väster om File hajdar-täkten. Enhålspumptest i BH2302 genomfördes inte då grundvattennivån låg stabilt på en nivå runt -21 m, vilket motsvarar en vattenpelare på enbart ca 3 m.

För passning av observerad trycknivådata mot typkurva, se Bilaga D.

Tabell 13: Utvärderad transmissivitet och magasinskoefficient från enhålspumptest.

ID	Start/Stopp pumpning	Flöde [l/min]	Utvärderad transmissivitet [m ² /s]	Specifik kapacitet (Q/dh) [m ² /s]	Wellbore skin [-]	Magasinskoefficient [-]
BH85	14:56/15:09	46,2	2,3E-03	2,1E-03	0	2,2E-03
BH86	13:35/14:00	20	1,6E-04	1,9E-04	-1,125	2,6E-04
BH1104	11:56/12:17	52	1,4E-03	2,6E-03	-2,025	5,2E-02
BH2001	-*		-*	3,6E-04	-*	-*
BH2005	16:30/16:45	52	1,3E-03	8,2E-04	0	6,1E-07
BH2205	10:50/11:07	0,1	1,8E-06	6,3E-07	0	6,2E-03
BH2206	-*	18	-*	1,0E-03	-*	-*
BH2207	17:48/18:05	1,0	8,4E-06	1,1E-05	0	1,3E-04
BH2208	-*	85,5	-*	3,5E-04	-*	-*
BH2211	16:09/16:31	16,3	**	2,9E-04	0	**
BH2212	11:19/12:22	64,5	2,5E-03	2,0E-03	0	1,8E-03
BH2213	14:15/15:02	14,7	4,0E-05	8,8E-05	-1,95	2,5E-03
BH2267	9:50/10:33	13,0	2,2E-04	1,6E-04	0	8,2E-06
BH2274	11:32/12:06	7,2	1,0E-05	1,0E-04	-5	5,0E-04
BH2277	15:18/15:37	4,0	6,7E-05	5,1E-05	0	3.23E-06
BH2301	10:46/11:08	2,0	2,0E-05	2,0E-05	0	4,8E-07
BH2302	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
BH1702	**	5	**	2,1E-04	**	**

*Ingen pumpning genomfördes p.g.a. artesiska förhållanden.

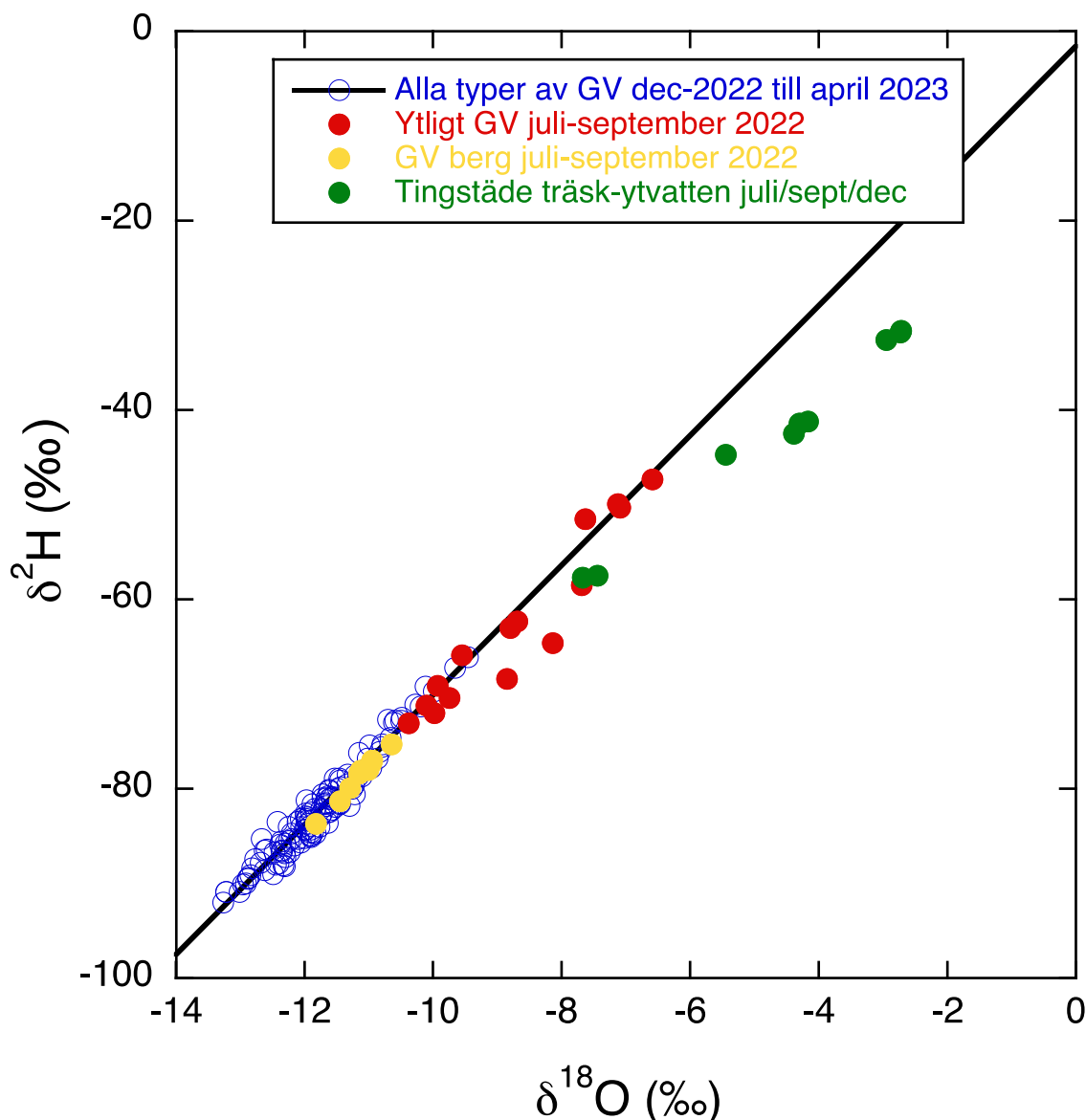
**Ingen loggning av trycknivåförändring.

3.8 VATTENPROVTAGNING

3.8.1 Stabila isotoper

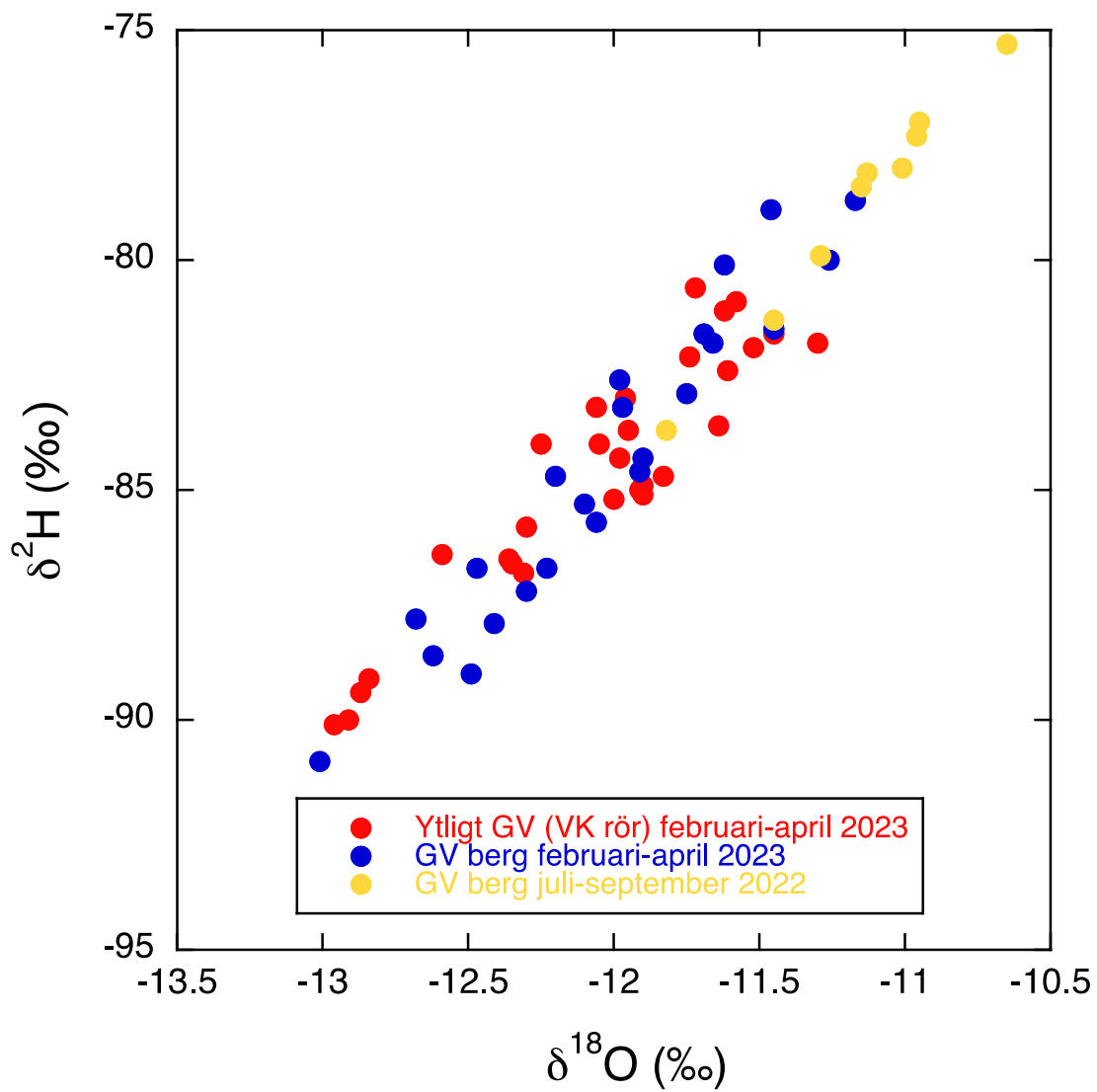
Isotopanalyserna från Tingstäde träsk visar att detta ytvatten är påverkat av en betydande avdunstning jämfört med övriga prover, se grönmarkerade punkter i figur 43. Resultaten från isotopanalyserna från ytligt grundvatten i jord (inklusive källvatten och proverna tagna vid SMHI:s mätstation) har en relativt stor spridning, se rödmarkerade punkter i figur 43, delvis beroende på att detta vatten inte utgörs av en homogen vattenmassa. Isotopsammansättningen i ytligt grundvatten kan i olika grad påverkas av provtagningsdjup, jordprofilens sammansättning, avdunstning, nederbörd och skillnader i tillrinning. Analyserna av berggrundvatten från större djup än 20 meter eller tydligt naturligt utströmmande berggrundvatten påvisar den mest negativa isotopkvoten ($\delta^{18}\text{O}$ ca -11 till -12‰ och $\delta^2\text{H}$ ca -80‰) där vi har störst andel ^{16}O kvar i vattnet då dessa grundvattenrör är minst utsatta för avdunstning. Berggrundvattnet uppvisar även minst spridning, se gulmarkerade punkter i figur 43. Isotopresultaten för berggrundvatten särskiljer sig tydligt från ytligt grundvatten uttaget från olika nivåer i jordprofilen i prover tagna mellan juli och september 2022.

Den negativa kvoten ifrån vattenprover uttagna under vintern (dec–april) beror till stor del på den isotopfraktionering som sker vid fasförändring, tex från vatten till snö. Dessa vinterresultat överlappar isotopresultaten från sommaren i djupare (>20 m) berggrundvatten, se gulmarkerade punkter i figur 43, vilket visar att grundvattenbildningen i området sker på vintern och att isotopsammansättningen varierar lite över året i djupare liggande berggrundvatten.

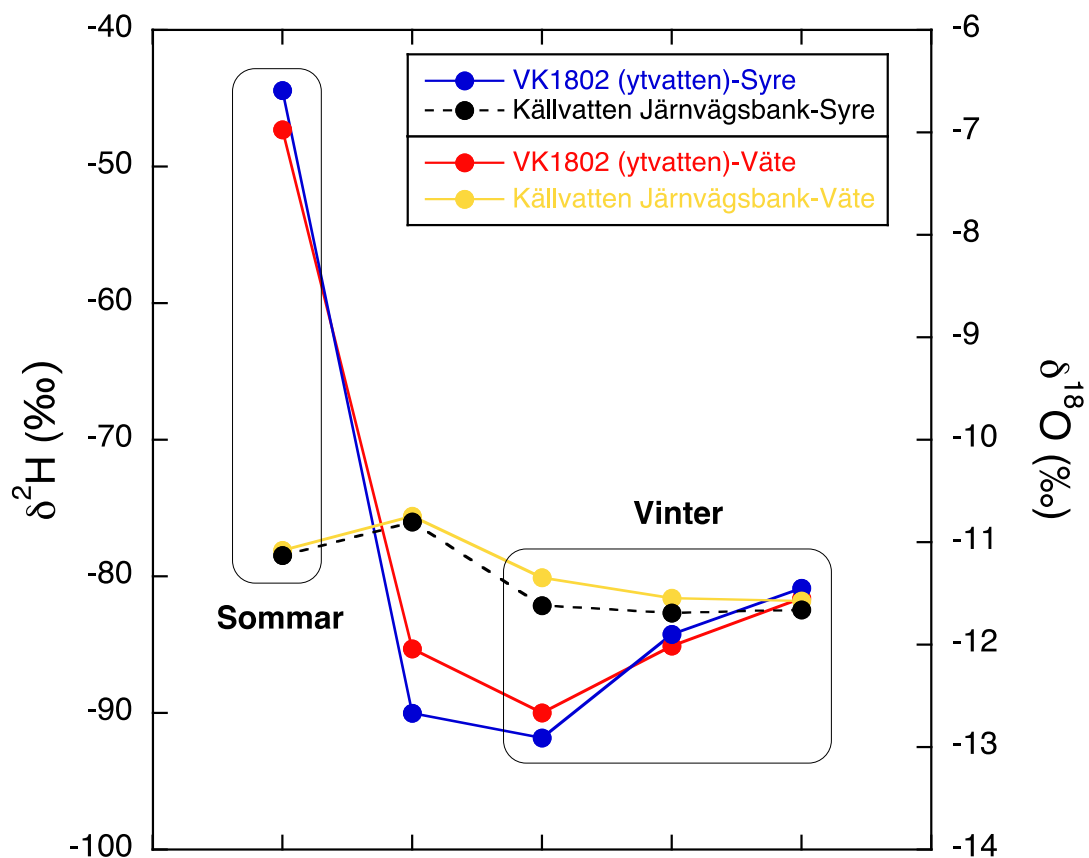


Figur 43: Resultaten av stabila isotopanalyser av väte och syre ($\delta^2\text{H}$ och $\delta^{18}\text{O}$) utförda på olika typer av vatten mellan juli 2022 och april 2023.

Vinterns samtliga analyser, se blåmarkerade punkter i figur 43, visar på negativa isotopresultat, i medeltal $\delta^2\text{H} = -82,2$ och $\delta^{18}\text{O} = -11,8$ som plottar med relativt liten spridning i grafens nedre vänstra hörn, vilket överlappar isotopresultaten från sommaren i djupare (>20 m) berggrundvatten, se gulmarkerade punkter i figur 43. I en jämförelse mellan ytligt grundvatten (VK rör) och grundvatten i berg mellan februari och april 2023 är isotopsammansättningen likartad oavsett typ av vatten (se figur 44). Effekten av avdunstning går även att se i en sommar-vinterjämförelse mellan ytligt grundvatten (VK1802) och källvatten (Järnvägsbank), se figur 45.



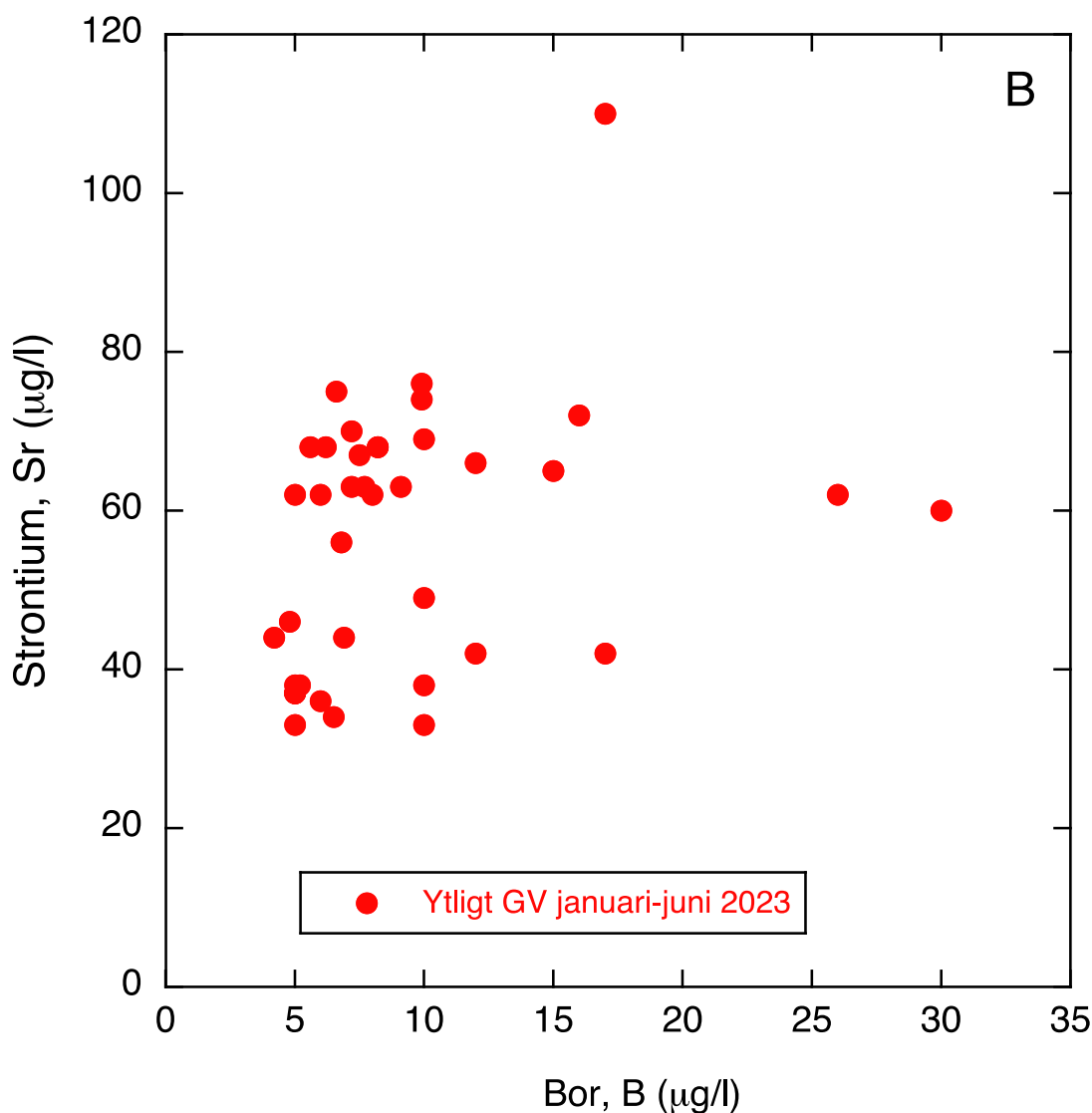
Figur 44: Isotopsammansättningen för ytligt grundvatten jämfört djupare grundvatten i berg mellan februari och april ej går att särskilja.



Figur 45: Avdunstningseffekter på ytligt grundvatten under sommaren och likartad isotopsammansättning under vintern jämfört med djupare liggande grundvatten.

3.8.2 Vattenkemi

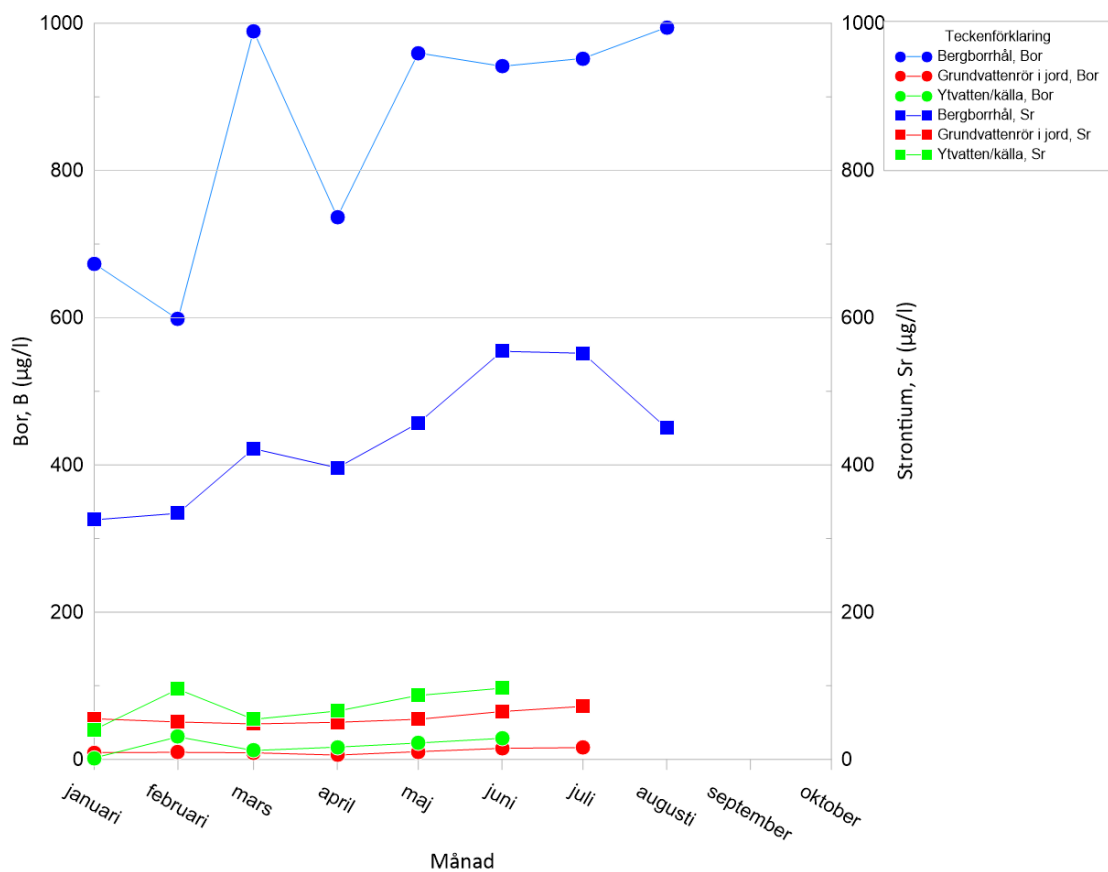
För att särskilja och karakterisera olika typer av vatten finns hundratals ämnen och föreningar att analysera. SGU har i en studie av bergborrade dricksvattenbrunnar påvisat tydligt förhöjda halter av bor och strontium på Gotland (Ek, B.-M., Thunholm, B., Östergren, I. & Mjönes, L., 2007). Dessa halter har sitt ursprung i den sedimentära berggrunden. I en jämförelse mellan ytligt grundvatten och djupare grundvatten i berg mellan januari–september 2023 för ämnena bor och strontium visar ytligt grundvatten på låga halter medan grundvatten i berg visar på höga halter (se figur 46 och Figur 47), vilket visar att man tydligt kan särskilja dessa typer av vatten, oavsett årstid.



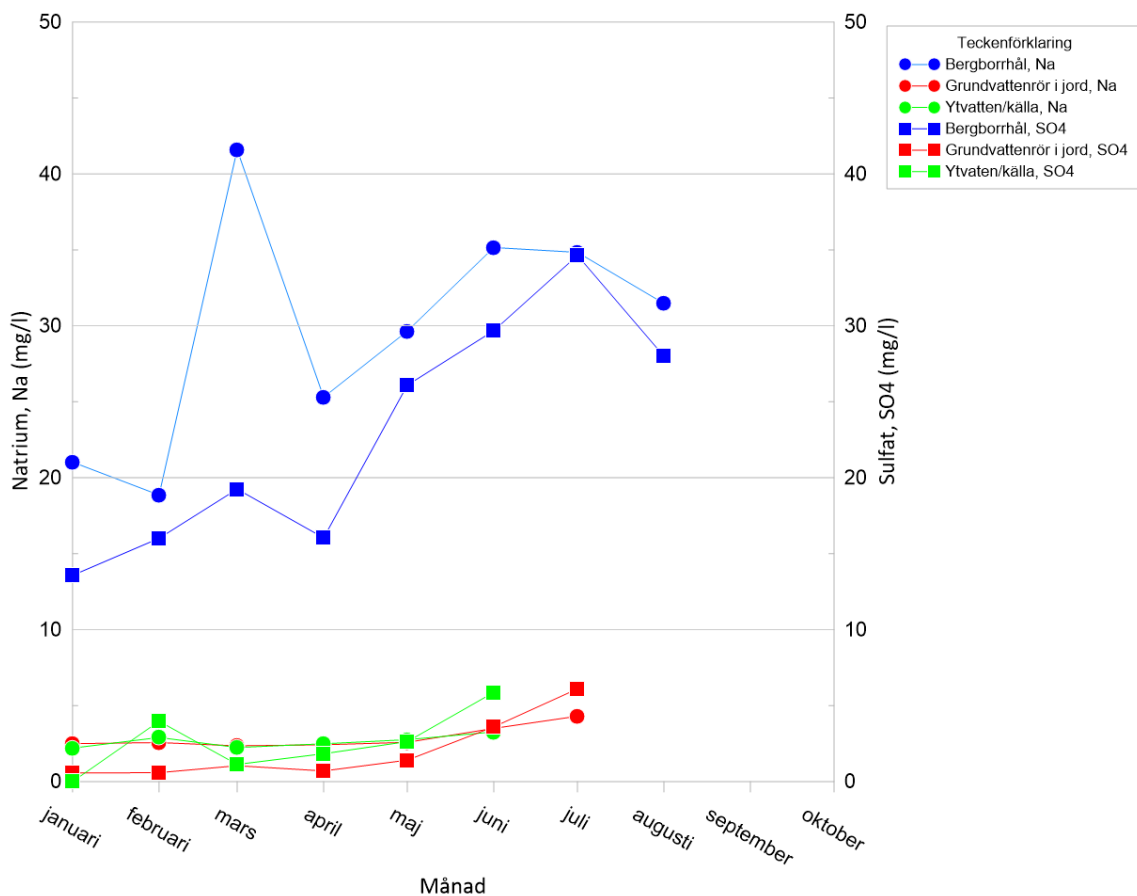
Figur 47: Haltvariation för strontium och bor i ytligt grundvatten, förstorat från figur 46.

För grundvattenrör i jord och ytvatten varierar medelhalten bor mellan 1 och 20 µg/l och medelhalten strontium varierar mellan 0 och 100 µg/l. För bergbrunnar och källvatten varierar däremot medelhalten bor mellan 100 och 3000 µg/l och medelhalten strontium varierar mellan 150 och 1000 µg/l. Bor återfinns som lösligt borat i de flesta bergmineral och i marina avlagringar som oftast förekommer i berg. Strontium finns i de flesta bergmineral och i marina avlagringar som förekommer i berg, strontium är även lösligt i vatten. Berggrunden i undersökningsområdet är en kalksten eller mörksten, vilka båda är marina avlagringar. Beroende på uppehållstiden för vattnet i berget ansamlas högre halter av bor och strontium vilket återspeglar ursprunget på vattnet och därmed kan vattnet karakteriseras.

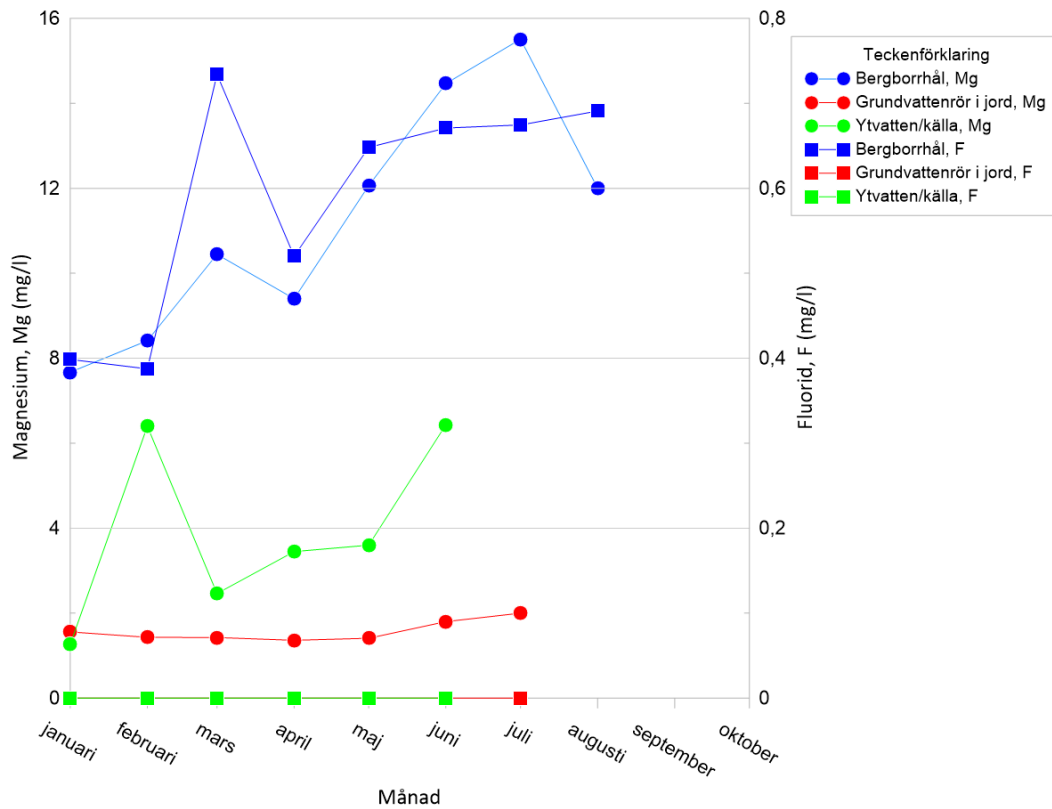
Vid vidare analys av analyserade vattenprover från bergborrhål, grundvattenrör i jord och ytvatten/källmiljöer har bergborrhålen en markant högre medelhalt av ämnena bor och strontium. Samma förhållande gäller för natrium, fluorid, magnesium och sulfat över mätperioden mellan januari och september, se figur 48–figur 50. I de analyserade proverna är den organiska halten högre i grundvattenrör i jord än i bergborrhål och periodvis högre än i ytvatten/källa, se figur 51.



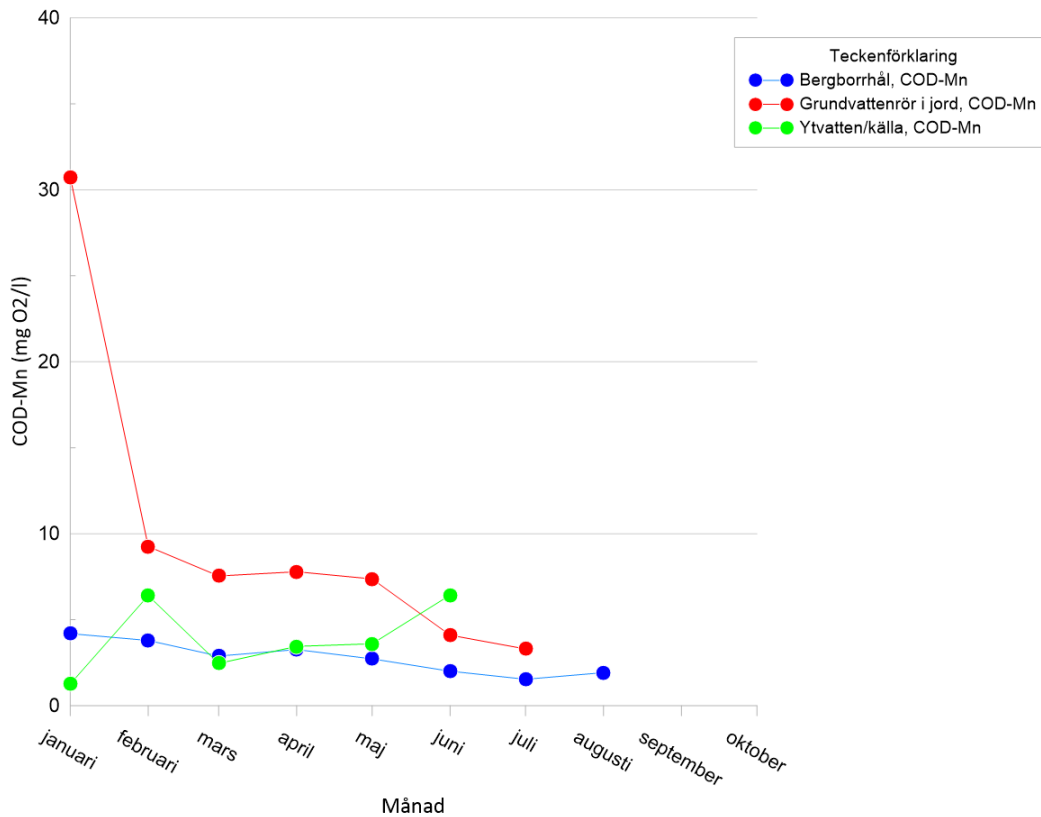
Figur 48: Uppmätt medelhalt av bor och strontium i olika typer av provtagningsmiljöer för varje månad under 2023.



Figur 49: Uppmätt medelhalt av natrium och sulfat i olika typer av provtagningsmiljöer för varje månad under 2023.



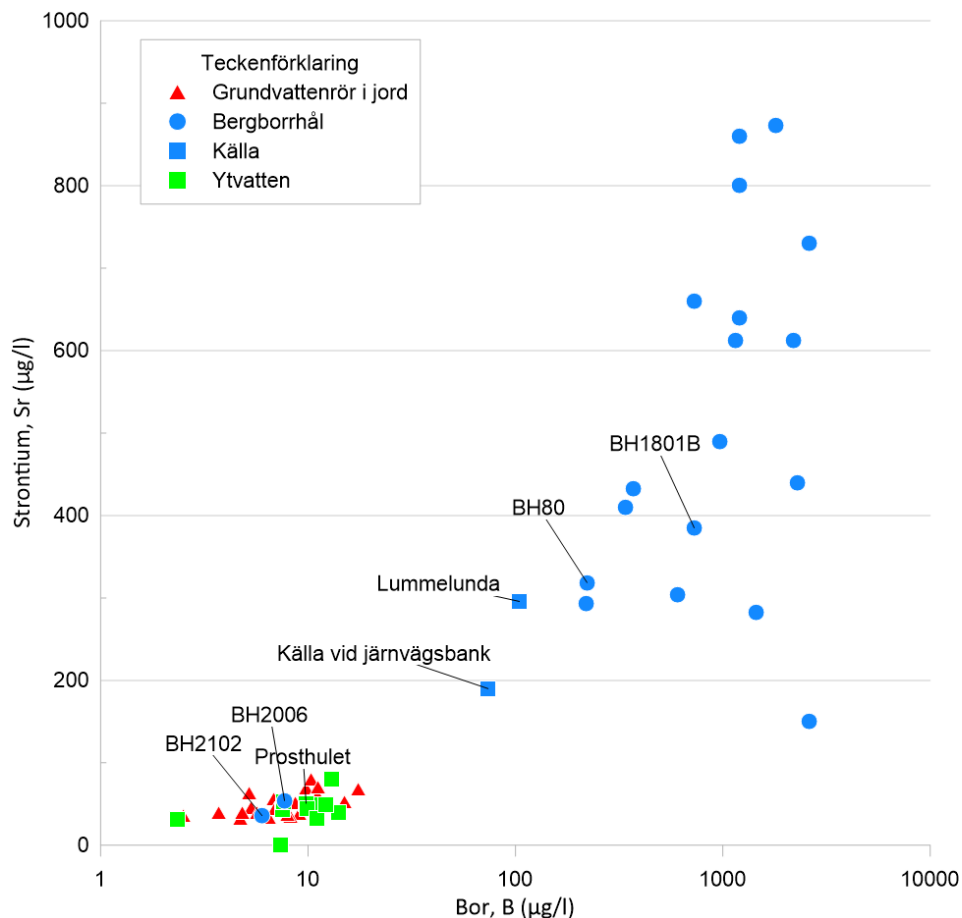
Figur 50: Uppmätt medelhalt av magnesium och fluorid i olika typer av provtagningsmiljöer för varje månad under 2023.



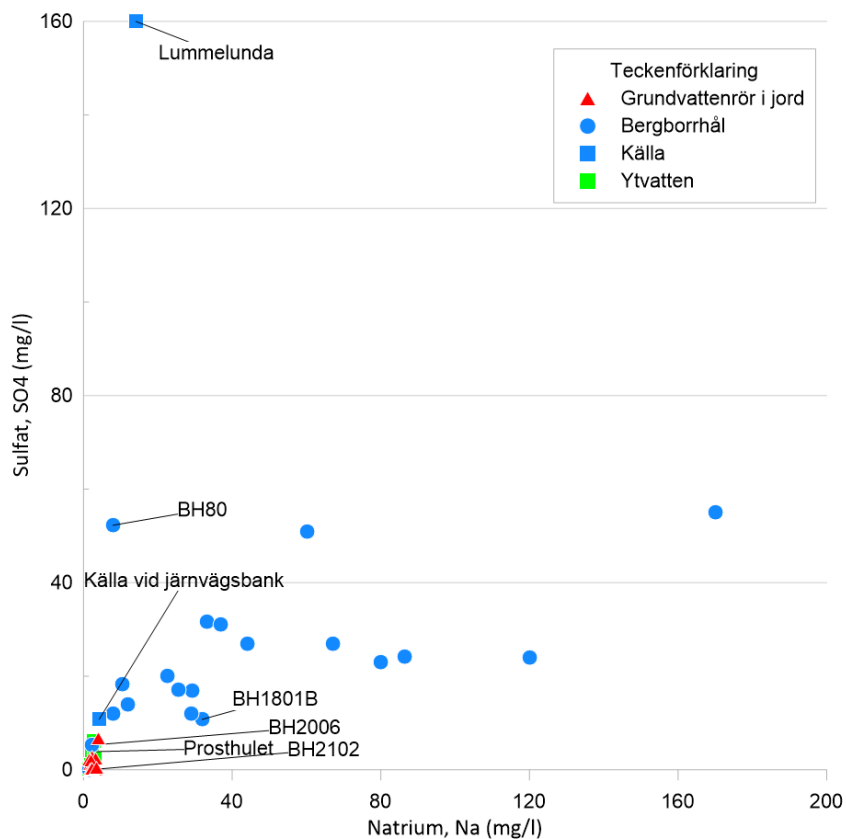
Figur 51: Uppmätt medelhalt av organiskt material (COD-Mn) i olika provtagningsmiljöer för varje månad under 2023.

I några av de bergborrade brunnarna överensstämmer den kemiska sammansättningen med jordborrade brunnar vilket sannolikt beror på att berggrundvattnet är nybildat eller att jordgrundvatten kommit in via spricka i berget eller mellan foderrörets ytterkant och berg.

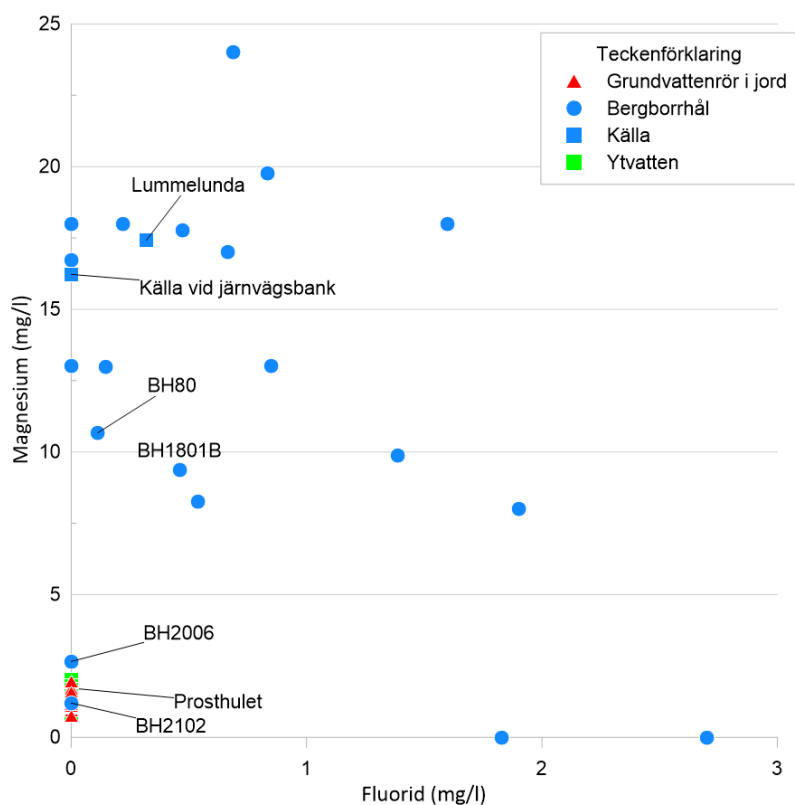
Liknande finns det ytvattenpunkter som visar karaktär av bergvatten, som vatten provtaget i Lummelunda och i källa vid järnvägsbank. Den kemiska sammansättningen av dessa provpunkter visar på högre halter av bor, strontium, magnesium, fluorid, natrium och sulfat med en lägre halt av organiskt material (COD-Mn). Analyserna tyder på att vattnet ur dessa punkter har ett ursprung som har en längre uppehållstid i berg till skillnad från övriga punkter ur ytvatten/källvatten. Halterna bor och strontium håller sig relativt jämna över året vilket tyder på att uppehållstiden för vattnet i berget är relativt lång oavsett vinter- eller sommarsäsong, se figur 52–figur 54.



Figur 52: Medelvärde av bor/strontium för samtliga analyserade prover i bergborrhål, grundvattenrör i jord, ytvatten och källa. BH2102 har enbart ett prov under högvattensäsong.

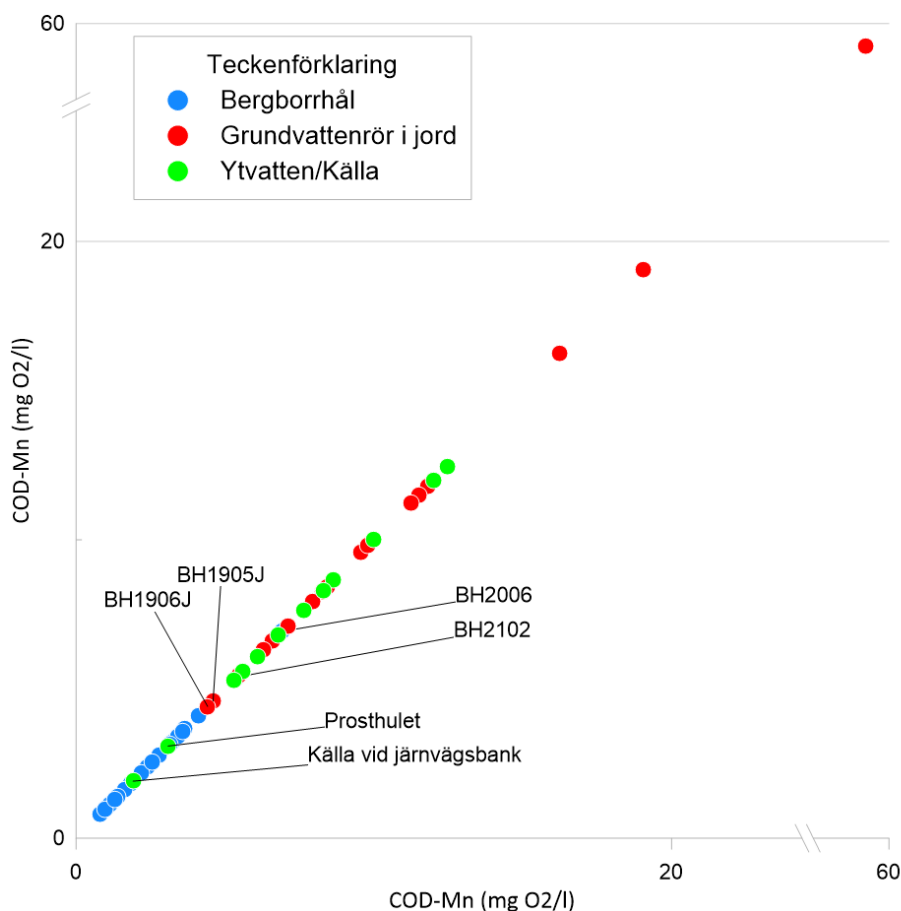


Figur 53: Medelvärde av sulfat och natrium för samtliga analyserade prover i bergborrhål, grundvattenrör i jord, ytvatten och källa. BH2102 har enbart ett prov under högvattensäsong.



Figur 54: Medelvärde av magnesium och fluorid för samtliga analyserade prover i bergborrhål, grundvattenrör i jord, ytvatten och källa. BH2102 har enbart ett prov under högvattensäsong.

I flera av bergbrunnarna finns det en tydlig koppling mellan halter av bor, strontium, fluorid, natrium, magnesium och sulfat som förekommer i signifikant högre halter jämfört mot grundvattenrör i jord. Halten organiska ämnen, COD-Mn, förekommer även i lägre halter i bergsbrunnarna, se figur 55.

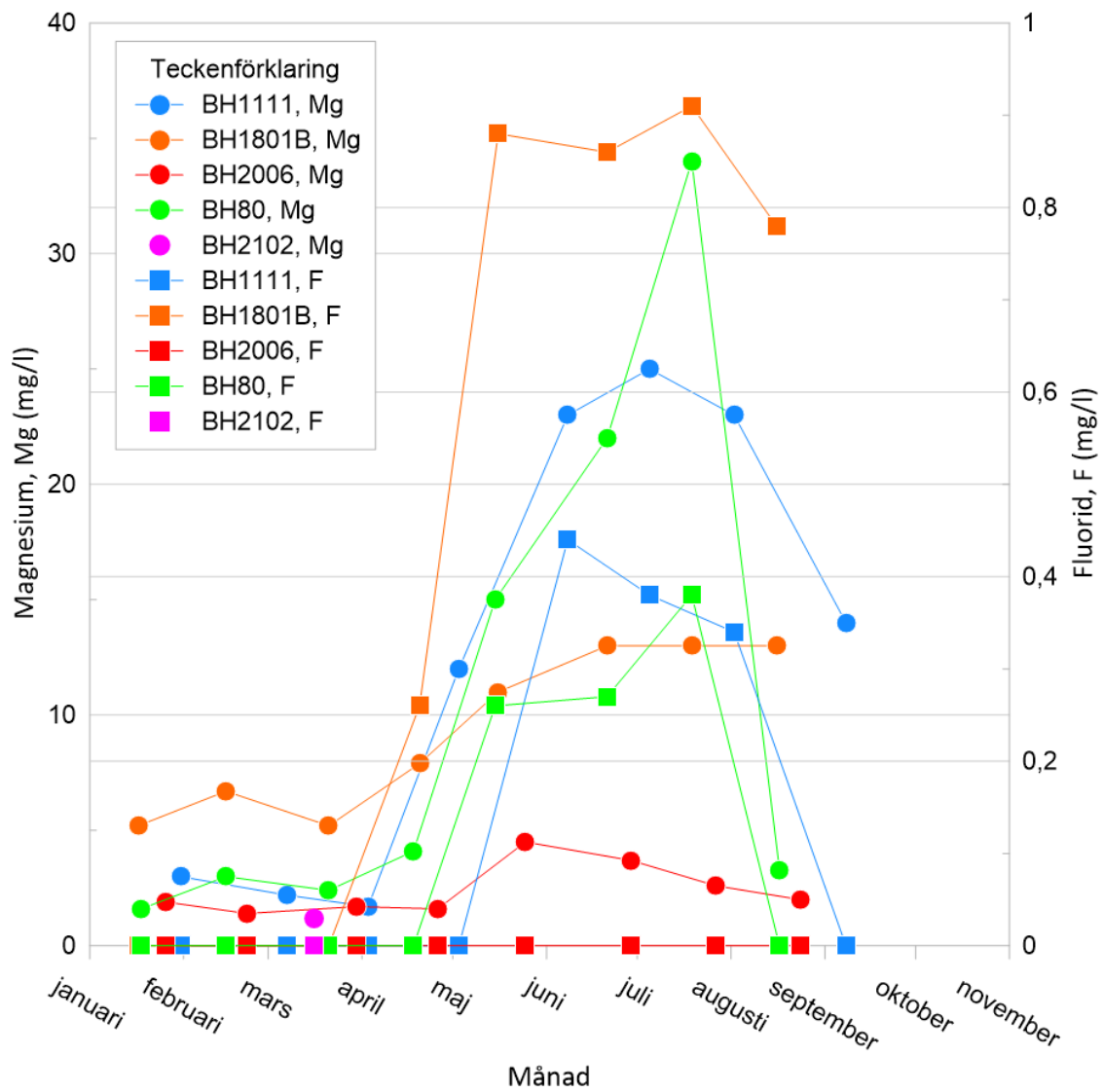


Figur 55: Medelvärde av organiskt material (COD-Mn) samtliga analyserade prover i bergborrhål, grundvattenrör i jord, ytvatten och källa. BH2102 har enbart ett prov under högvattensåsong.

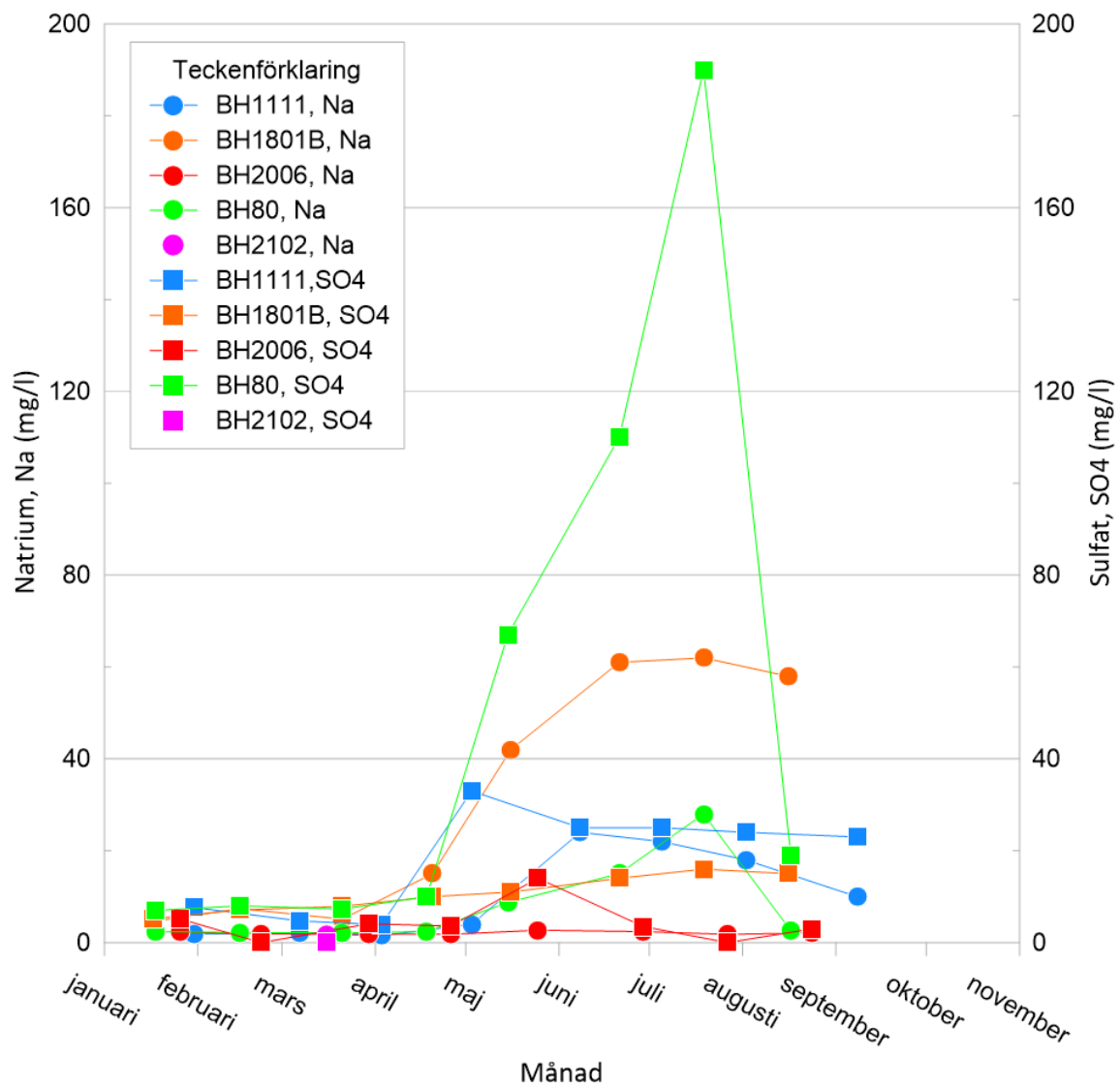
Alla grundvattenrör i jord har låga signifikanta halter av bor, strontium, fluorid, natrium, sulfat och magnesium. Samtidigt är halterna av organiska ämnen (COD-Mn) i regel högre än jämförelsevis bergborrade brunnar. En sammantagen bedömning är att inget av de analyserade proverna visar att vattnet från grundvattenrör i jord har ett ursprung med lång uppehållstid i berg.

Provtaget vatten från ytvatten eller källmiljöer visar kemisk sammansättning som har lika halter samt variation över året som grundvattenrör i jord, med vissa undantag. Vattnet från Lummelunda har högre halter av nämnda parametrar och visar därmed på längre uppehållstid i berget. Även vattnet från Källa vid järnvägsbank visar kemisk sammansättning som är snarlik bergsbrunnar med högre halter av nämnda parametrar.

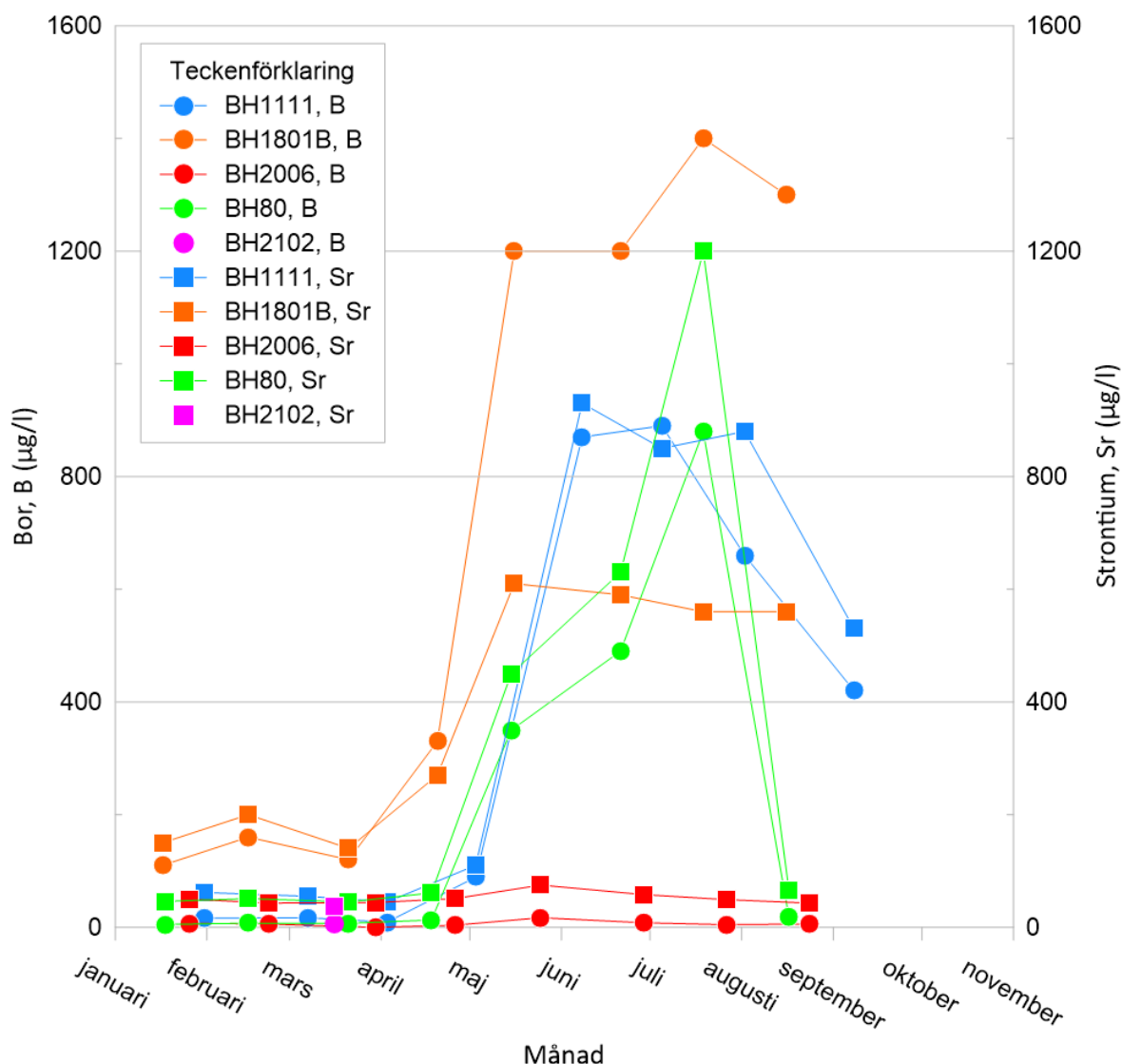
Vidare kan vi även se att flera bergbrunnar kan ha växlingar mellan nybildat vatten och berggrundvatten, vilket sannolikt är kopplat till fluktuationer i grundvattenbildning. Detta kan man se i brunn BH80, BH1111 och BH1801B där provtagning under januari till april visar låga halter bor, strontium, magnesium, fluorid, natrium och sulfat. Vid provtagning i maj sker en markant ökning av bor, strontium, magnesium, fluorid, natrium och sulfat i samtliga nämnda brunnar som sedan visar på ett avtagande mot september när grundvattenbildningen åter ökar i området, se figur 56–figur 58.



Figur 56: Variation av magnesium- och fluoridhalt för varje månad under 2023 i utvalda borrhål.



Figur 57: Variation av natrium- och sulfathalt för varje månad under 2023 i utvalda borrhål.



Figur 58: Variation av bor- och strontiumhalt för varje månad under 2023 i utvalda borrhål.

Det är flera bergbrunnar som visar låga halter av nämnda ämnen under period med mycket grundvattenbildning, men när nettonederbörden avtar ökar halterna markant. När grundvattenbildningen åter ökar sjunker halterna. Resultatet tyder på att dessa brunnar sitter i revkalksten där det förekommer mycket vertikala sprickor vilket tyder på en kort uppehållstid för vattnet i berget.

En bergbrunn, BH2006, som sitter i östra kanten av Tingstäde träsk, har tydligt lägre halter även under perioder med lite grundvattenbildning. Den kemiska sammansättningen sammanfaller väl med den kemiska sammansättningen för grundvattenrör i jord och ytvatten/källvatten. Den kemiska sammansättningen tyder på att vattnet inte är ett berggrundvatten, då uppehållstiden för vattnet är kort, och att vattnet i borrhålet istället kommer från intilliggande jordlager.

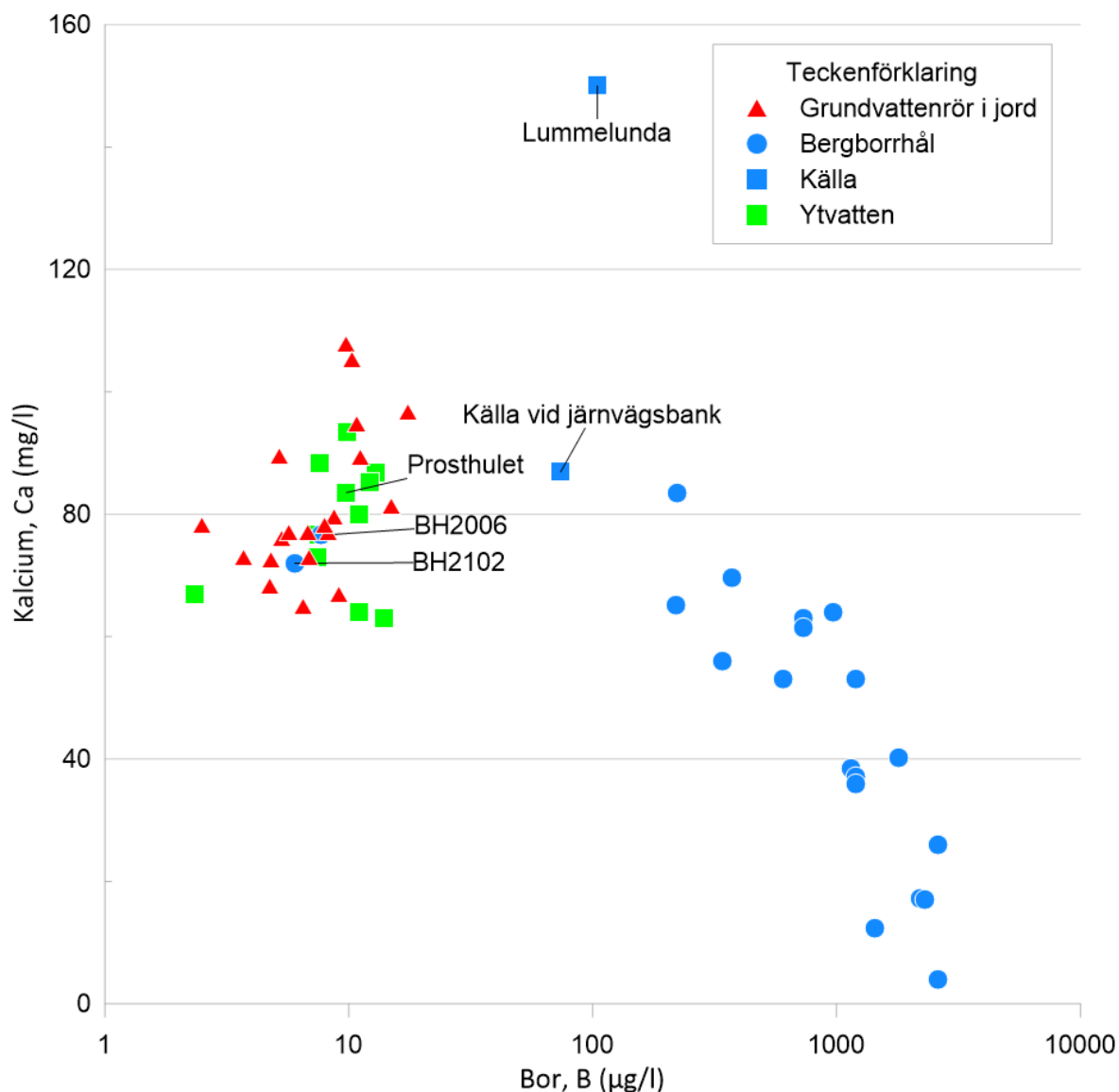
Bergsbrunnarna BH80, BH1111, BH2102 och BH1801B är belägna i närheten till File hajdar-täkten: BH80 ligger öster om täkten, BH1111 och BH2102 ligger väster om täkten och BH1801B är belägen söder om täkten, på längst avstånd från File hajdar-täkten och i nära anslutning till Natura 2000-området Hejnum Kallgate. BH2102 har enbart provtagits vid ett tillfälle under vintern 2023 där analysresultatet visar på låga halter av bor, strontium, fluorid, magnesium, natrium och sulfat. Då BH2102 är installerat i närheten till BH1111 och sitter i samma revkalksten skulle analysresultatet sannolikt visa på samma månadsvariation i de kemiska parametrarna som BH1111. Analysresultatet och den variation som förekommer under säsong med mycket och lite grundvattenbildning tyder på att dessa brunnar sitter i revkalkstenen. I denna revkalksten

förekommer det mycket vertikala sprickor som tillåter snabb grundvattenbildning. Det förekommer även en kort uppehållstid för vattnet i berget.

BH2006, som sitter i Tingstäde träsks östra kant, visar på låga halter av bor, strontium, natrium, sulfat, magnesium och fluorid vid samtliga provtagningstillfällen jämfört mot andra bergbrunnar. Resultatet tyder på att vattnet i BH2006 har en kort uppehållstid i berget och är starkt influerat av jordvatten. Den kemiska syreförbrukningen, COD-Mn, är i medel högre jämfört mot andra bergborrade brunnar vilket är i linje med den uppmätta kemiska förbrukning från grundvattenrör i jord.

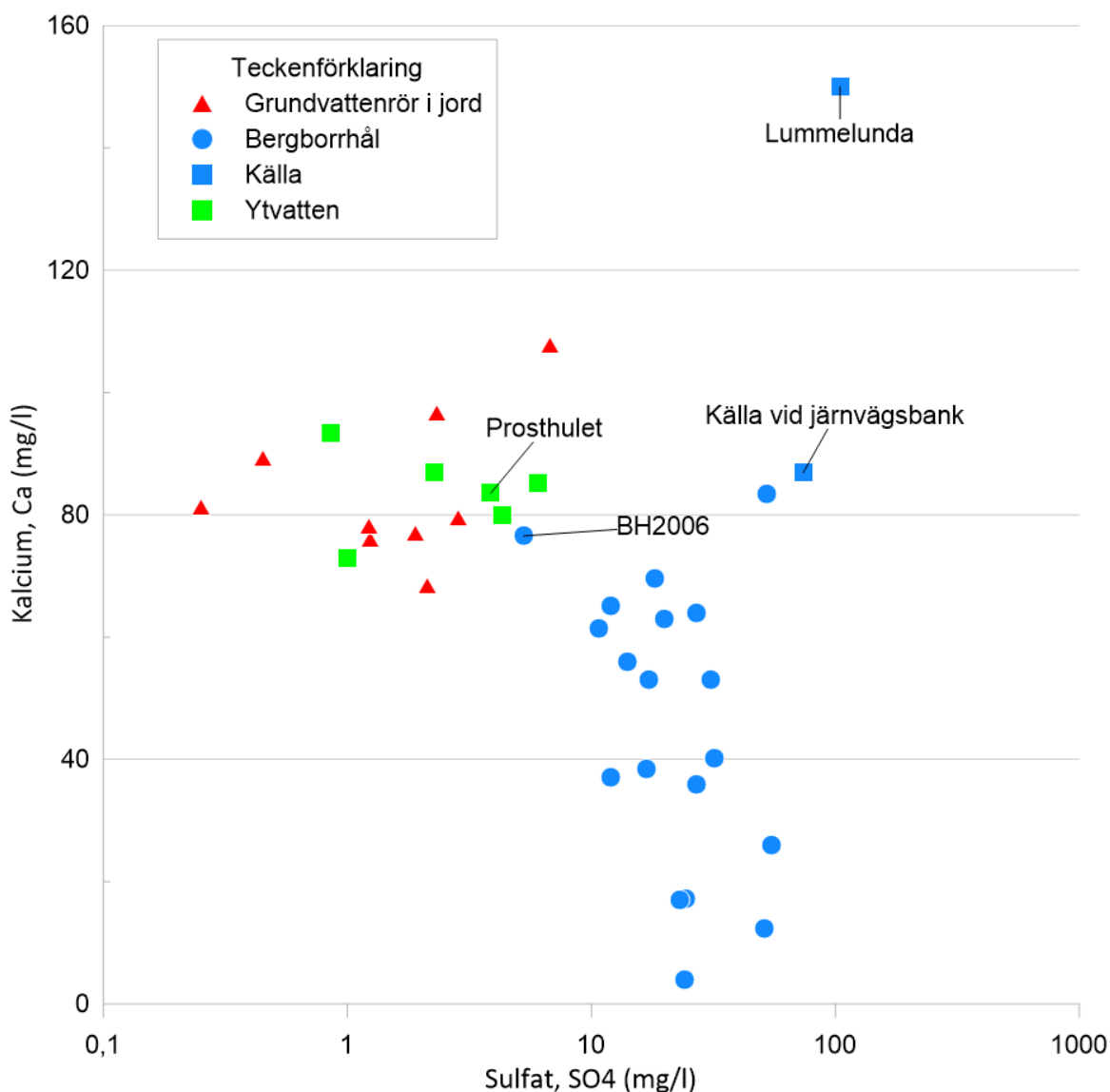
Det finns en tydlig skillnad i analyserade halter av bor, strontium, fluorid, natrium, magnesium och sulfat mellan bergbrunnar, grundvattenrör i jord och ytvatten/källvatten.

Vid analys mellan kalciumhalt och bor identifierades sambandet att kalciumhalten är lägre vid högre halter bor, se figur 59.



Figur 59: Medelhalten av bor och kalcium i samtliga provtagna punkter under 2023.

Då bergarten vid provtagningspunkterna är en kalksten (revkalksten, märgelsten eller lagrad kalksten) är vattnet i kontakt med marina avlagringar, vilket innebär högre halter bor för grundvatten i berg. Vid närmare analys av den kemiska sammansättningen identifierades dock ett liknande samband mellan kalcium och sulfat, att vid högre halter sulfat är lägre kalciumhalter i grundvattnet i berget, se figur 60.

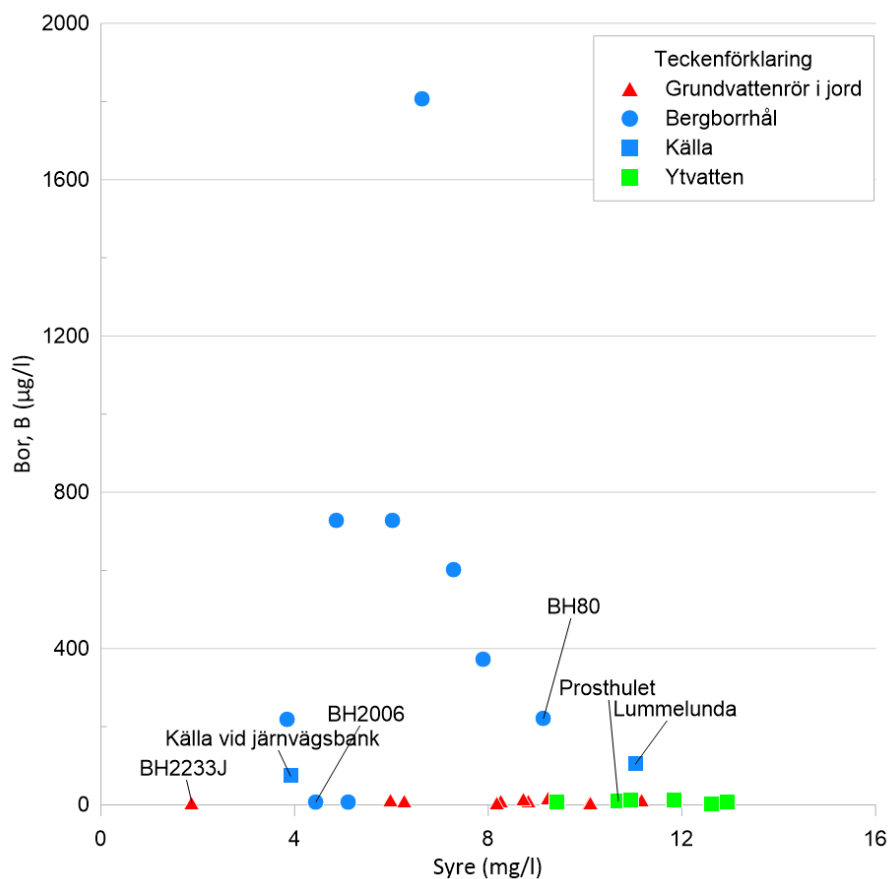


Figur 60: Medelhalten av kalcium och sulfat i samtliga analyserade provtagningspunkter. I flertalet av analyserat ytvatten och grundvattenrör i jord är analyserad sulfathalt under detektionsgränsen för metoden på laboratoriet (<0,2 mg/l).

Analysen mellan kalcium och sulfat visar att grundvatten, oberoende av om det är ytligt grundvatten eller berggrundvatten, innehåller höga halter kalcium. I berggrundvattnet, som har en längre uppehållstid i berget, har kalciumet reagerat med sulfatet vilket fäller ut gips som i sin tur är ett svårslösligt salt. Det betyder att i gips bildas som ett sprickmineral och inte lösligt i vattnet. I ytligt grundvatten i jord och ytvatten förekommer högre organiska halter samt lägre eller obefintliga halter sulfat vilket gör att reaktionen mellan kalcium och sulfat inte sker i samma omfattning. Vidare så kan gips lösas upp om det är högre organiska halter (COD-Mn). Resultatet från ytligt grundvatten visar att det är högre organiska halter.

Att halten sulfat är högre i grundvatten i berg beror på att marina avlagringar i regel innehåller högre halter sulfat än vad som återfinns i jordlager.

Då samtliga prover har analyserats i fält med en YSI Pro-DSS för att eventuellt identifiera en ytterligare parameter än temperatur som kan indikera vattnets ursprung. Ett samband mellan dessa parametrar har försökt identifieras genom att jämföra bor mot uppmätt syrehalt. Resultatet visar att det finns ett visst samband mellan uppmätt syre och bor jämfört mot bergborrhål, grundvattenrör i jord och ytvatten/källa. Den uppmätta syrehalten visar generellt högre halter i ytvatten/källa och grundvattenrör i jord än vad det gör i bergborrhål, med vissa undantag. Däremot är enbart uppmätt syrehalt i fält inte tillräckligt för att göra en karakterisering av vattnets ursprung, se figur 61.

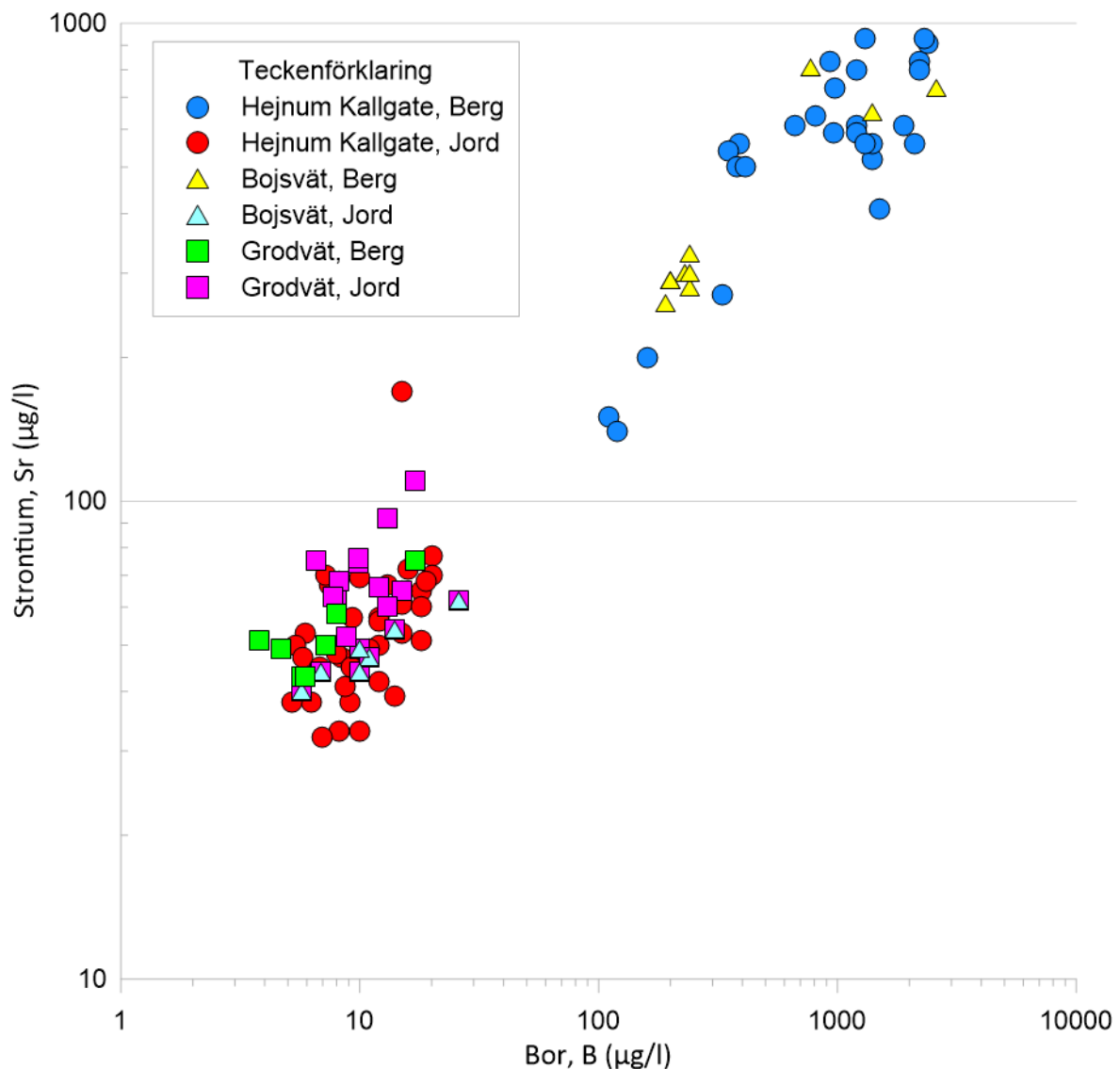


Figur 61: Medelvärdeshalt av bor/syre för prover i bergbrunnar, grundvattenrör i jord, ytvatten och källa.

Uppmätt syrehalt i bergborrhål har generellt en lägre syrehalt, mellan 3 och 9 mg/l, och är enligt SGU, anaeroba till svagt aeroba (SGU 2013:01). Syrehalten i grundvattenrör i jord och ytvatten/källvatten har en syrehalt på mellan 6 och 13 mg/l med vissa undantag och klassas som svagt aeroba till aeroba.

Generellt ligger syrehalten högre i grundvattenrör i jord och i ytvatten/källa, men enbart uppmätt syrehalt i fält är inte tillräckligt för att karakterisera vattnets ursprung.

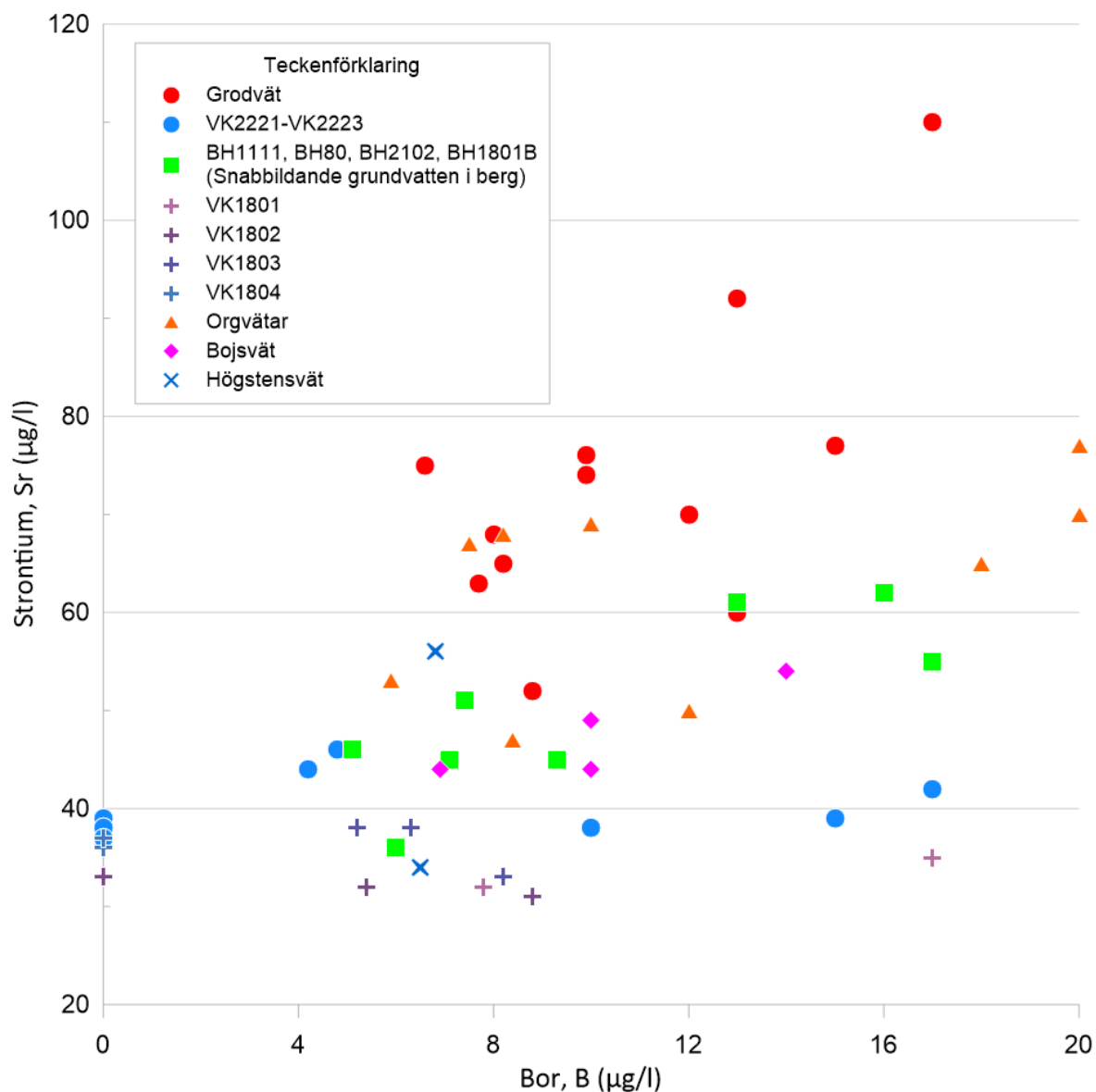
Vid applicering av konstaterat samband mellan strontium och bor har vatten från bergborrhål och grundvattenrör i jord i nära anslutning Natura 2000-områden plottats mot varandra för att karakterisera vattnet, se figur 62.



Figur 62: Jämförelse av jordvatten och bergvatten från borrhål i nära anslutning Natura 2000-områdena Hejnum Kallgate, Bojsvätar, och Grodvät.

Vid analys av kemiparametrar från brunnar och grundvattenrör från olika Natura 2000-områden förekommer en tydlig skillnad i bergbrunnar och grundvattenrör i jord. Vatten från bergbrunnar uppvisar i regel högre halter bor och strontium medan grundvatten från grundvattenrör i jord uppvisar betydligt lägre halter. Analysresultaten från provtagningspunkterna i Grodvät visar att de låga bor- och strontiumhalterna för vatten ifrån bergborrhål vid Grodvät, tyder på att alla provtagningspunkter har likartad kemisk sammansättning och förses med vatten från intilliggande jordlager. Medan i Bojsvät och Hejnum Kallgate skiljer sig berggrundvatten och jordgrundvatten tydligt åt vad gäller bor- och strontiumhalter, vilket tyder på att vattnet i myrmarken inte är karakteriserat av berggrundvatten.

Vid jämförelse av bor- och strontiumhalterna från grundvattenrören VK2221–VK2223 mot vatten från grundvattenrör och bergborrhål i andra myrmarker, finns ingen noterbar skillnad. Samtliga provtagningspunkter visar tydlig kemisk sammansättning likt jordvatten med låga bor- och strontiumhalter, se figur 63.



Figur 63: Jämförda av bor- och strontiumhalter av alla analysresultat från olika våtmarker under vinter- och vårperiod.

3.9 RINGINFILTROMETER

Utvärderad hydraulisk konduktivitet från ringinfiltrometertesterna i våtmarkerna redovisas i tabell 14. Lokalen valdes utifrån var jordarten bleke har karterats samt att våtmarkerna skulle vara fuktiga. Den hydrauliska konduktiviteten för bleken ligger mellan $6,6E-07$ och $1,9E-06$ m/s. Den hydrauliska konduktiviteten för moränlera ligger mellan $6,1E-07$ och $7,3E-07$ m/s. Ett test per respektive plats genomfördes.

Tabell 14: Utvärderad hydraulisk konduktivitet i ringinfiltrationstester.

ID	Hydraulisk konduktivitet (m/s)	Lokal	Jordart	Kommentar
Ring 1	$6,1E-07$	Orghagar	Moränlera	
Ring 2	$1,9E-06$	Orghagar	Bleke	
Ring 3	$8,1E-07$	Orghagar	Bleke	
Ring 4	$6,6E-07$	Orghagar	Bleke	

ID	Hydraulisk konduktivitet (m/s)	Lokal	Jordart	Kommentar
Ring 5	1,1E-06	Orghagar	Bleke	
Ring 1	7,3E-07	Lillmyr	Moränlera	
Ring 2	N/A	Lillmyr		Läckage i svets
Ring 3	N/A	Lillmyr		Otillräckligt installerad

I Lillmyr är bleke karterat, men på ett större djup än vad dubbelringinfiltrometrarna kan installeras vilket gör att jordarten inte kunde utvärderas. Det resulterade i att ovanliggande jordart utvärderades istället.

Ring 2 och Ring 3 i Lillmyr kunde inte utvärderas p.g.a. läckage i svets som inte sluter tätt och en otillräckligt installerad ringuppställning med läckage underifrån.

Den hydrauliska konduktiviteten för dessa leriga jordar visar på en mycket begränsad genomsläpplighet i de ytliga jordlagren.

3.10 GRUNDVATTENNIVÅOBSERVATIONER

Totalt finns det nu 79 instrumenterade borrhål som kontinuerligt mäter grundvattennivåvariationer över året. Av dessa är 55 bergborrhål och 24 jordborrade grundvattenrör, där 10 är installerade i mäktiga jordlager (BHXXXXJ) och 14 i tunna jordlager inom våtmarksområden (VKXXXX). I de 79 instrumenterade borrhål är nu totalt 8 av dessa permanent avmanschetterade borrhål där mätningar görs med två tryckgivare, en i övre magasin och en i undre magasin. Tryckgivarna mäter kontinuerligt grundvattennivåer. Således utförs kontinuerliga mätningar över en längre tidsperiod i 87 punkter (2023-11-14). Utöver detta har grundvattennivåer även mätts manuellt eller temporärt med tryckgivare i samband med fältundersökningar.

I BH2206, efter det att borrhålet hade undersökts med spinner-flödeslogger, gjöts en permanentmanschett på nivån +21 m för att framöver logga grundvattentryck i två sektioner. Gjutningen gjordes den 11 oktober 2022. Den övre sektionen mäter tryckvariation i sektion +36,69 – +2 m och den undre sektionen mäter tryckvariation i nivån +20 – -5,31 m. Efter gjutning av permanentmanschett visar den övre sektionen inga artesiska förhållanden, medan den undre sektionen visar artesiska förhållanden.

I BH2207, efter att borrhålet hade undersökts med spinner-flödeslogger, gjöts en permanentmanschett på nivån +4,5 m. Borrhålet delades därmed in i två sektioner från och med den 11 oktober 2022. Den övre sektionen mäter tryckvariation i sektion +11,38 – +4,5 m. Den undre sektionen mäter tryckvariationer i sektion +3,5 – -14,12 m.

I BH2208, efter att borrhålet hade undersökts med spinner-flödeslogger, gjöts en permanentmanschett på nivån +1,5 m för att dela in borrhålet i två sektioner för mätning av tryckvariationer över tid med tryckgivare i båda sektionerna. Gjutningen gjordes den 12 oktober 2022. Den övre sektionen mäter tryckvariationer i grundvattnet mellan nivåerna +16,41 – +1,5 m. Den undre sektionen mäter tryckvariationer i grundvattnet mellan nivåerna +0,5 – -8,5 m. Efter gjutning av permanentmanschett visar båda sektionerna artesiska förhållanden.

I BH2220, efter att borrhålet hade undersökts med ett slugtest, gjöts en permanentmanschett på nivån +20,74. Borrhålet delades in i två sektioner för mätning av tryckvariationer över tid med tryckgivare i båda sektionerna. Gjutningen genomfördes den 31 mars 2023. Den övre sektionen mäter tryckvariationer i grundvattnet mellan nivåerna +45,74 – +20,74 m. Den undre sektionen mäter tryckvariationer i grundvattnet mellan nivåerna +19,74 – -6,79 m. Inget artesiskt förhållande har noterats i borrhålet, vare sig innan eller efter gjutning av permanentmanschett.

I BH2277, efter att borrhålet hade undersökts med spinner-flödeslogger, gjöts en permanentmanschett i borrhålet vid nivån +15,5 m för att dela in borrhålet i två sektioner, gjutningen gjordes den 12 oktober 2022. Den övre sektionen mäter tryckvariationer mellan nivåerna +40,5 – +15,5 m och den undre sektionen mäter tryckvariation mellan nivåerna +14,5–+0 m. Inget artesisikt förhållande har noterats i borrhålet, vare sig innan eller efter gjutning av permanentmanschett.

Utöver de kontinuerliga mätningarna har manuella nedmätningar genomförts i samband med vattenprovtagning och fältundersökningar.

All nivåådata omräknas till en absolutnivå och lagras i en databas, för samtliga nivåmätningar se Bilaga G.

3.11 OBSERVATIONER VID NYA BORRHÅL

Vid fördjupningsborrning av BH1701 (ca 20 m fördjupning i februari 2023) noterades ingen påverkan på grundvattennivån. Först från mitten av maj noterades en snabbt sjunkande grundvattennivå i borrhålet till en ny lägstanivå. Tidigare har lägstanivån legat stabilt på ca +35 m, men nu observerades en lägsta nivå på ca +20 m innan tryckgivaren började mäta lufttryck, vilket innebär att nivån sjönk lägre än +20 m. Denna sänkning av grundvattennivå beror sannolikt på kontakt med den underliggande mer genomsläppliga mörkelstenen som har en lägre trycknivå. Då grundvattenbildningen i området avtog fylldes inte borrhålet på med nytt vatten som kan upprätthålla trycknivån. Fördjupningen av borrhålet till 80 m tyder även på en högre genomsläpplighet när borrhålet kom i kontakt med djupare lager. Tidigare undersökning i borrhålet har visat på låg genomsläpplighet på $1,7E-07$ m/s, med ett totalt djup som var 60 m innan borrhålet fördjupades (Golder, 2017).

Efter fördjupningsborrning av BH1702 (ca 15 m fördjupning i februari 2023) hade grundvattenytan sjunkit med ca 20 m. Vid fördjupningsborrningen kom borrhålet i kontakt med underliggande mörkelsten som har en lägre trycknivå. Borrhålet som var förhållandevis mindre genomsläppligt innan fördjupningen visar nu även det så kallade "sågtandsmönstret" som är karakteristiskt för den kommunala vattentäkten i området.

Borrhålet BH2220 (intill Tingstäde träsk) visade på låg genomsläpplighet. Återhämtningen av grundvattennivån efter borrning användes för att utvärdera den hydrauliska konduktiviteten.

BH2302, som borrades mellan Östra brottet och havet, hade en låg grundvattennivå vid avslutad borrning. Grundvattennivån har inte stigit nämnvärt efter installation av tryckgivare. Grundvattentrycknivån i borrhålet är nära täktbottennivå på -25 m i Östra brottet. Detta indikerar att borrhålet har bättre hydraulisk kontakt med Östra brottet än med Östersjön.

3.12 KONCEPTUALISERING AV STRANDVALL VID GRODVÄT

Baserat på de geologiska sonderingarna i strandvallen, består den huvudsakligen av grusig sand och finsand som har en betydande hydraulisk genomsläpplighet. Strandvallen täcks delvis av jordlager med högre organiskt innehåll (mulljord) som har betydligt mindre genomsläpplighet. Mot djupet förekommer sandig morän, även det en tätare jordart med lägre genomsläpplighet.

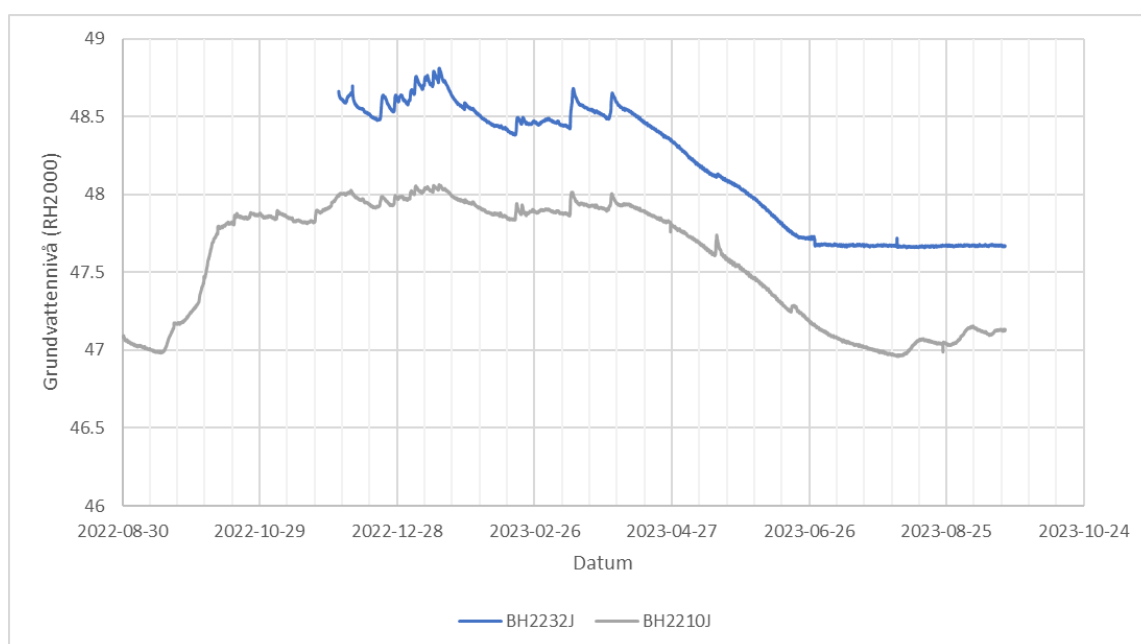
Observera att mätserien för BH2232J inte sträcker över ett helt hydrologiskt år och att vattenmättnaden kan skilja sig något från år till år (gäller även för BH2210J). Detta innebär bland annat att nivåfluktuationerna och det maximala värdet på vattenpelare som presenteras nedan egentligen kan vara större.

Den maximala höjden av vattenpelaren i rör BH2232J, för mätperioden 2022-12-02 till 2023-09-19, har utifrån trycknivådata beräknats till 1,22 m. Volymen vatten som lagras i strandvallen inom Grodväts avrinningsområde blir enligt ekvation 8 ca 51 800 m³.

I grundvattenrör BH2210J har höjden av vattenpelaren under mätperioden 2022-08-30 – 2023-09-19 beräknats till maximalt 1,97 m. Volymen vatten som lagras i strandvallen blir enligt ekvation 8 ca 83 900 m³.

De beräknade vattenvolymerna ger ett medelvärde av en lagrad vattenvolym på ca 68 000 m³. I tabell 15 nedan sammanfattas de siffror som använts i beräkningarna tillsammans med resultaten av beräkningarna.

I grundvattenrör BH2232J var den största nivåfluktuationen under ovan angivna mätperiod ca 1,0 m, med ekvation 9 ger detta ett utflöde av grundvatten motsvarande ca 43 000 m³. Det innebär att den lagrade vattenvolymen vid BH2232J töms nästan helt från början på april till slutet av juni, vilket även kan ses i figur 64 nedan. I grundvattenrör BH2210J var den största nivåfluktuationen under ovan angivna mätperiod ca 1,0 m, med ekvation 9 ger detta ett utflöde av grundvatten motsvarande ca 43 000 m³ under mätperioden 2022-08-30 till 2023-09-19. Utströmningen sker under hela året, men tömningen av jordmagasinet sker när tillskottet uppströms ifrån upphör. Detta sker från början av april i både BH2232J och BH2210J, där den nedåtgående trenden vänder upp i början på september, se figur 64.



Figur 64. Mätserier över grundvattennivå i rören BH2232J och BH2210J vilka är installerade i strandvallen öster om Grodvät. Utströmningen av vatten sker periodvis under året, men merparten av det vatten som strömmar ut gör så från början av april.

Nettonederbörden som faller över området har beräknats till 249 mm på årsbasis, medan det under perioden april–augusti endast faller 4 mm (SMHI, 2023). Grodväts avrinningsområde har avgränsats topografiskt i Arcmap (10.8.2) till en area på ca 91 ha (911 549 m²) vilket, enligt ekvation 10, ger ett vattenflöde mot Grodvät på ca 227 000 m³ sett över hela året. Vattenflödet mot Grodvät under perioden april–augusti, enligt ekvation 9, till ca 47 000 m³ (4 000 + 43 000 m³).

Tabell 15: Ingående siffror i beräkningar av lagrad vattenvolym och utströmmande vattenvolym i strandvallen öster om Grodvät.

Grundvatten-rör	Representativt djup/höjd på vattenpelare (m)	Nivåfluktuation (m)	Area (m ²)	Porositet (%)	Lagrad vattenvolym (m ³)	Utströmmande vattenvolym (m ³)
BH2232J	1,22	1	283 597	15	51 788	42 539
BH2210J	1,97	1	283 597	15	83 941	42 539

Nivåövervakningen i bergborrhålen (BH2206, BH2205, BH2220ÖM, BH2220UM och SGU11001) visar att det inte förekommer någon hydraulisk kontakt mellan Grodvät och berggrunden, detta då nivåerna i bergroren inte följer samma mönster som vattennivån i Grodvät.

4 SLUTSATSER

Detta kapitel sammanfattar resultaten från de hydrogeologiska undersökningar som har genomförts 2022-2023. För en mer ingående hydrogeologisk conceptualisering baserad på alla olika undersökningsmetoder som använts inom området, nu och historiskt, hänvisas till den hydrogeologiska huvudrapporten; *Hydrogeologisk utredning - Heidelberg Materials ansökan om tillstånd till täktverksamhet i Slite 2023*

4.1 SPRIDNING AV HYDRAULISK KONDUKTIVITET

Vid jämförelse av tester i borrhål i olika geologiska enheter är den hydrauliska konduktiviteten högst, med liten spridning, i borrhål som sitter i kanten av revstrukturer, d.v.s. i övergångszonen mellan revkalksten och mägersten. I mägerstenen och i den lagrade kalkstenen är den hydrauliska konduktiviteten lägre än i revkanten/övergångszonen och uppträder i mer distinkta vattenförande lager. I revkalkstenen har den hydrauliska konduktiviteten en mycket stor spridning och den kan lokalt vara mycket genomsläpplig, men är i medel mycket mindre genomsläpplig med lägst hydraulisk konduktivitet av alla undersökta geologiska enheter.

Den hydrauliska konduktiviteten skilljer sig mycket åt mellan ytberget och djupare liggande berg. Ytliga bergborrhål i revkalkstenen uppvisar hög hydraulisk konduktivitet medan ytliga bergborrhål i mägersten har en låg hydraulisk konduktivitet. Förekomsten av epikarst i områden med revkalksten har en betydande påverkan på den hydrauliska konduktiviteten i ytliga bergborrhål i revkalkstenen.

4.2 NYA BORRHÅL

Under året fördjupningsborrades två borrhål för att istället för att ha sin botten i revkalksten nå underliggande lager. Båda borrhålen visar på genomsläppliga lager på djupare nivåer under revkalkstenen. BH1701 har en djupt liggande spricka som gör att grundvattentrycknivån sjönk till ny lägsta nivå. Det visar att det finns en djupt belägen spricka som är mer genomsläpplig än de vattenförande sprickor som tidigare fanns i borrhålet. BH1702 är mer genomsläpplig än tidigare, med en djupt belägen vattenförande spricka.

Det nya borrhålet BH2220 vid Tingstäde träsk, visar på en låg transmissivitet på $6,1E-09$ m²/s och är väldigt tätt vilket tyder på att borrhålet sitter i revkalksten. Trycknivåerna i borrhålet visar nivåer på ca +45 m i övre sektion och ca +44,7 m i undre sektion. Trycknivån är kopplad till nivån i Tingstäde träsk.

BH2301 som också är ett nytt borrhål beläget 2 km nordväst om File hajdar-täkten, visar inga tydliga vattenförande nivåer. Borrhålet uppvisar täta förhållanden med en grundvattennivå mellan

nivåerna +45 – +42 m. BH2301 når inte ner i djupare vattenförande lager under revkalkstenen. Inga tydligare vattenförande sprickor identifieras i borrhålet.

BH2302 har en väldigt låg naturlig grundvattennivå som sannolikt är avsänkt på grund av länshållning i Östra brottet då borrhålet är beläget 150 m öster från Östra brottet. BH2302 har en bättre hydraulisk kontakt mot Östra brottet än mot havet.

De nya borrhålen som borrades i revkalkstenen väster om File hajdar-täkten (BH2251 – BH2283) visar på låg genomsläpplighet med transmissivitet från $6,1E-09$ till $8,2E-06$ m²/s, vilket tyder på en heterogenitet i revkalkstenen i detta område.

4.3 INFILTRATIONSFÖRSÖK

För infiltrationsförsöket i BH2212, som genomfördes 2022, observeras de största nivåökningarna främst i borrhål i sydlig och sydostlig riktning och på ett avstånd av 1 650 m sydöst om BH2212. För infiltrationsförsöket i BH2213 är påverkansområdet mindre och mer cirkulärt och sträcker sig mer mot nordost. Infiltrationsförsöken som genomfördes under 2022 visar att det djupare grundvattensystemet i mägerstenen på File hajdar är heterogent, men kännetecknas av att det är ett välkonnekterat stort flödessystem, där brunnar långt från varandra ingår i samma flödessystem. Infiltrationsförsöket visar också att det djupare flödessystemet inte karakteriseras av några få stora och tydliga karststrukturer.

Infiltrationsförsöket i SGU2017, nordväst om befintlig File hajdar-täkten, visar ett begränsat och dålig konnekterat flödessystem i revkalkstenen med påverkan runt infiltrationsbrunnen. Däremot visar infiltrationsförsöket på välkonnekterade lager i underliggande mägersten som visas av den snabba responsen i observationsbrunnen BH2007UM norr om infiltrationsbrunnen. Ett likadant resultat skulle ha förväntats av BH1701, som ligger syd om SGU2017, om den också skulle ha varit avmanschetterad.

Infiltrationsförsöket i BH2212, som genomfördes 2023, visar största påverkan i brunnar som är placerade i mägerstenen med likartat påverkansområde som under testet 2022. Resultatet från testet 2023 visar att det djupare flödessystemet är välkonnekterat i mägerstenen med en begränsning norrut i revkalkstenen. Flödessystemet i mägerstenen breder ut sig i sydlig och sydöstlig riktning.

4.4 PUMPTESTER

Pumptestet som genomfördes i BH86, ca 300 m väster om File hajdar-täkten, visar på ett relativt isotropt, jämnt påverkansområde runt pumpbrunnen. Provpumpningen visar att påverkan sker i välkonnekterade tydliga horisontella lager. Borrhålsloggningen indikerade en blockering i borrhålet med få vattenförande sprickor ovanför blockeringen. Provpumpningen visar att det finns vattenförande sprickor under blockeringen ovan hålbotten i spannet +6 – -11 m, i den underliggande, välkonnekterade mägerstenen.

Pumptestet i SGU2017, ca 600 m nordväst om File hajdar-täkten, visar ett begränsat flödessystem i revkalkstenen nära pumpbrunnen. I det underliggande mägerstenslagret visas ett välkonnekterat flödessystem då borrhål ca 800 m norr om pumpbrunnen visade en tydlig påverkan. I observationsborrhål lokaliserade ca 600 m söder om pumpbrunnen och som också når ner till mägerstenen, observerades ingen påverkan. Då påverkan enbart observerades i en observationsbrunn kan isotropin i den underliggande mägerstenen inte med säkerhet fastställas.

Pumptestet i BH2102, ca 360 m nordväst om File hajdar-täkten, visar ett påverkansområde som förefaller sig vara anisotropt och som breder ut sig i nordöstlig riktning. Påverkan av pumptestet observeras främst i revkalksten och ingen påverkan kan ses i djupa borrhål som når den underliggande mägerstenen.

Pumptestet i BH2255, ca 600 m västnordväst om File hajdar-täkten, visar ett anisotropt flödessystem som förefaller breda ut sig i nordöstlig riktning. Påverkansområdet visar att

flödessystemet i revkalkstenen är anisotrop och mindre konnekterat på grund av avsaknaden av de kontinuerliga vattenförande lagren i området.

Både pumptestet i BH2102 och BH2255 visar att en snabb grundvattenbildning sker i revkalkstenen, båda pumptesterna präglades av nederbörd och kraftig snösmältning vilket resulterade i snabbt stigande grundvattennivåer. Det visar att i området med revkalksten förekommer det mer vertikala sprickor. Även BH86 präglades av nederbörd och snösmältning, däremot påverkades inte trycknivåerna i observationsborrhålen av vare sig nederbörd eller snösmältning.

Den sammantagna bedömningen av samtliga pumptester och infiltrationstester är att revkalkstenen har ett begränsat påverkansområde med en dålig konnektivitet i flödessystemet. Utförda hydrauliska tester i BH2251–BH2283 stärker tolkningen att revkalkstenen har en dålig konnektivitet i flödessystemet med stora variationer i hydraulisk konduktivitet, samtidigt som det i märgelstenen finns ett tydligt välkonnekterat flödessystem där brunnar på stort avstånd reagerar snabbt och likartat på de trycknivåförändringar som sker. Resultatet av pumptesterna och infiltrationstesterna visar att det djupare flödessystemet inte karakteriseras av karststrukturer.

4.5 SPÅRÄMNESFÖRSÖK

Spårämnesförsöket i BH2212 visar att vattnets flöde genom berget strömmar naturligt från väst till öst. Resultatet från spårämnestestet visar att transporttiden från BH2212 till den kommunala vattentäkten är ca 1,5 månader. Resultatet av spårämnesförsöket visar även att samtliga produktionsbrunnar inte har samma ursprung för vattnet, där det i den mest nordliga av dessa brunnar inte har observerats något spårämne i vare sig kolpåse eller vattenprov. Detta observerade flödessystem simulerades även i den numeriska grundvattenmodellen innan spårämnesförsöket genomfördes, med god överensstämmelse med verkligheten.

Spårämnet som injekterades i SGU2017 har i skrivande stund inte observerats i någon observationsbrunn. Provtagning fortgår.

4.6 IDENTIFIERADE VATTENFÖRANDE LAGER

Resultatet från borrhålsloggningen visar att flera av de vattenförande lagren som identifierades i borrhålen inom undersökningsområdet, geometriskt kan korreleras mot den upprättade numeriska hydrogeologiska modellen över området. Det gäller inte för de borrhål som ligger väster om File hajdar-täkten, mot File hajdar, där resultatet visar att vattenförande lager i borrhålen inte kan korreleras geometriskt. Det visar att de välkonnekterade, tydliga vattenförande lagren inte förekommer i revkalkstenen.

I samband med borrhålsloggning i injekteringsborrhålen vid File hajdar-täkten identifierades tydliga vattenförande sprickor i det södra området. Sprickorna observerades 55 m.u.my och är hydrogeologiskt kopplade till varandra genom ett och samma lager. Sprickorna observerades 55 m.u.my. och är hydrogeologiskt kopplade till varandra genom ett och samma lager. De vattenförande lagren identifierades också i den geofysiska undersökningen som genomfördes med tTEM. I den västra delen av File hajdar-täkten identifierades vattenförande sprickor på 60 m.u.my. Sprickorna är kopplade genom samma lager men mindre tydligt jämfört med det södra området.

4.7 SONDERINGSRESULTAT

Jordsonderingen syftade till att klargöra jordlagerföljden och mäktigheten i strandvallen öster om Grodvät. Sonderingen har utförts ned till säkerställt berg i en av sju punkter, vilket innebär att mäktigheten av strandvallen kan vara större än vad som anges i föreliggande rapport. I mitten av sonderingsprofilen återfanns den mäktigaste lagerföljden. Utifrån sonderingsresultaten kan man även anta ett värde på jordartens hydrauliska konduktivitet som sedan går att korrelera mot exempelvis slugteter.

De utvärderade slugtesterna av jordborrade grundvattenrör sammanfaller med sonderingsresultatet i BH2210J, BH2232J och BH2233J i västra delen, nära Natura-2000 området Grodvät och norra delen av undersökningsområdet, nära den s.k. halv vägseken vid Tingstädeåsens förgrening. I BH2231J kunde ett kortare pumpstest genomföras. Resultatet av pumpstestet visar att det är en mycket grovkornig och genomsläpplig jordart som överlagras av en tät moränlera inom Orghagar. Denna genomsläppliga jordart är en del av strandvallen, Ancyclusvallen,.

4.8 KARAKTERISERING AV VATTEN

För att karakterisera vattnets ursprung för prover tagna inom undersökningsområdet kan parametrarna bor, strontium, fluorid, magnesium, natrium, sulfat och COD-Mn användas. Vid höga halter av dessa ämnen, förutom COD-Mn, har vattnet haft en lång uppehållstid i berget och mineralerna har löst ut i vattnet. Vattnet kan därmed karakteriseras som ett berggrundvatten. Är det däremot låga halter av mineralerna och hög halt COD-Mn, har vattnet en kort uppehållstid i berget då mineralerna inte har lösts ut i vattnet. Vattnet karakteriseras därmed som ett jordgrundvatten eller ytvatten som är nybildat och inte influerat av berget.

Karakterisering av vatten med isotoperna $\delta^2\text{H}$ och $\delta^{18}\text{O}$ visar att det går att särskilja ursprunget av vattnet. Däremot förutsätter det att det förekommer tydliga cykliska perioder med avdunstning och nederbörd. Förekommer det ingen cyklisk variation blir vattnets isotopsammansättning av $\delta^2\text{H}$ och $\delta^{18}\text{O}$ väldigt snarlik och ursprunget blir svårt att särskilja. Analys av isotoperna $\delta^2\text{H}$ och $\delta^{18}\text{O}$ kan vara ett komplement till övriga analyserade parametrar för karakterisering av vatten. Isotoperna visar en tydlig gruppering under perioder med mycket avdunstning där mycket negativa isotopkvoter karakteriserar ett berggrundvatten och mindre negativa isotopkvoter karakteriserar ett nybildat jordgrundvatten eller ytvatten.

4.9 HYDRAULISK KONDUKTIVITET FÖR BLEKE

Ringinfiltrometertesterna inom det lågt liggande Natura 2000-området Hejnum Kallgate visar att den ytliga vertikala genomsläppligheten är mycket begränsad, med en hydraulisk konduktivitet runt $9,0\text{E}-07$ m/s för bleke och $7,0\text{E}-07$ m/s för moränlera. Underliggande berg är ännu tätare. Jordarten bleke och moränlera kan också begränsa den ytliga genomsläppligheten i det underliggande berget genom att fylla de enstaka vertikala sprickor som förekommer ytligt i berget.

4.10 KONCEPTUALISERING AV STRANDVALL VID GRODVÄT

Konceptualiseringen av strandvallen öster om Grodvät visar att vattenvolymen som lagras i densamma räcker för att förse Grodvät med vatten under vår och sommar när nettonederbörden i övrigt är minimal. Mätserierna för grundvattenröret BH2232J visar att magasinet här töms nästan helt under sommaren, medan mätserien för grundvattenröret BH2210J visar att den lagrade vattenvolymen är nästan 2 gånger så stor som den utströmmande vattenvolymen. Totalt sett är den i strandvallen lagrade vattenvolymen större än den volym som strömmar ut. Enligt beräkningarna och de undersökningar som redovisats i föreliggande rapport utgör nederbörden som faller under april–augusti endast ca 10% av allt vatten som under samma period strömmar ut till Grodvät under samma period.

Nivåövervakningarna i omkringliggande berggrör visar att Grodvät inte står i direkt hydraulisk kontakt med dessa berggrör, då nivåerna i berggrören inte följer samma mönster som vattennivån i Grodvät. Hade en hydraulisk kontakt funnits hade nivåerna exempelvis inte sjunkit till nivåer under de i Grodvät.

5 REFERENSER

- Alm, P.-G. (2017). *Loggingrapport. Borrhålsloggning Gotland*, diarienummer: 423-2454/2016. Sveriges geologiska undersökning (SGU). 79 sid.
- Calluna. (2023). Jordartskartering i våtmarker runt File hajdar, Gotland. Calluna AB, Linköping.
- Dahlqvist, P; Thorsbrink, M; Hjerne, C.-E. & Maxe, L. (2022). *Beskrivning av grundvattnet på Gotland*. SGU-rapport 2022:14
- Dougherty, D.E and D.K. Babu. (1984). *Flow to a partially penetrating well in a double-porosity reservoir*. Water Resources Research, vol. 20, no. 8, pp. 1116-1122.
- Ek, B.-M., Thunholm, B., Östergren, I. & Mjönes, L. (2007). *Naturlig radioaktivitet, uran och andra metaller i dricksvatten*. SGU-rapport 2007:13.
- Erlström, M., Dahlqvist, P., Sopher, D. & Hjerne, C.-E. (2022). *Karakterisering av karst på Gotland – en pilotstudie på mellersta Gotland*. SGU-rapport 2022:04.
- Golder (2017). *Hydrogeologiska fältundersökningar på Filehajdar*. Golder, Göteborg.
- Golder (2020). *Undersökning av bergets hydrauliska egenskaper med flowlogger*. Golder, Göteborg.
- Hvorslev, M.J. (1951). *Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations*. Bull. No. 36, Waterways Exper. Sta. Corps of Engrs, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, pp. 1-50
- Lundmark. A., Envall, M., Gunnarsson, A. (2007). *Vägsalt i avrinnande vägdagvatten – uppföljning av vattenskyddsåtgärd längs väg E4 Bergaåsen*. Vägverket, Jönköping.
- de Marsily G. (1986). *Quantitative Hydrogeology, Groundwater Hydrology for Engineers*. Academic Press, Inc. London
- Moye D. G. (1967). *Diamond drilling for foundation exploration*. Civil Engineering Trans., 1967, April, pp. 95-100.
- Ozark Underground Laboratory. (2019). *Ozark Underground Laboratory's Groundwater Tracing Handbook*. USA.
- SGI (Statens Geotekniska Institut). (1982). *Mätning av infiltrationskapacitet och permeabilitet in situ*. SGI Lidköping.
- SGU (Sveriges Geologiska Undersökning). (1977). *Hydrogeologiska synpunkter på planerad brytning av kalksten och mörgelsten på File hajdar, Gotland*.
- SGU (Sveriges Geologiska Undersökning). (2013). *Bedömningsgrunder för grundvatten*. SGU rapport 2013:01.
- SGU (Sveriges Geologiska Undersökning). (2023). *Jordarter 1:25000 - 1:100000*. Hämtad 10 september, 2023, från <https://apps.sgu.se/kartvisare/>
- Sjöholm, M., Carlsten, P. & Elander, P. (1994). *Bestämning av permeabilitet hos restprodukter och jord, in situ, och på laboratorium*. Nordtest Report. 254.
- SMHI (Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut). (2023). *Beräkning av korrigerad nederbörd och evapotranspiration för nordöstra Gotland*. SMHI rapport 2023-07.
- Thiem (1906). *Hydrologische Methoden: Dissertation zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs durch die Königliche Technische Hochschule zu Stuttgart*. JM Gebhardt's verlag
- WSP Golder (2022). *Fältrapport 2022, Hydrauliska undersökningar runt File Hajdar kalkstenstäkt*. WSP, Göteborg.
- WSP (2023a). *tTEM kartläggning, samtolkning med Skytem samt geologisk modell*. WSP Sverige.
- WSP (2023b). *Ridåinjektering, File hajdar och Västra brottet*. WSP, Göteborg

WSP (2023c). Grundvattenmodell för ansökan om utökad täktverksamhet vid Slite, Gotland. Modell version 2023. WSP.

BILAGOR

A. ÖVERSIKTSKARTA - ALLA BORRHÅL

B. BORRPROTOKOLL

C. SONDERINGSPROTOKOLL

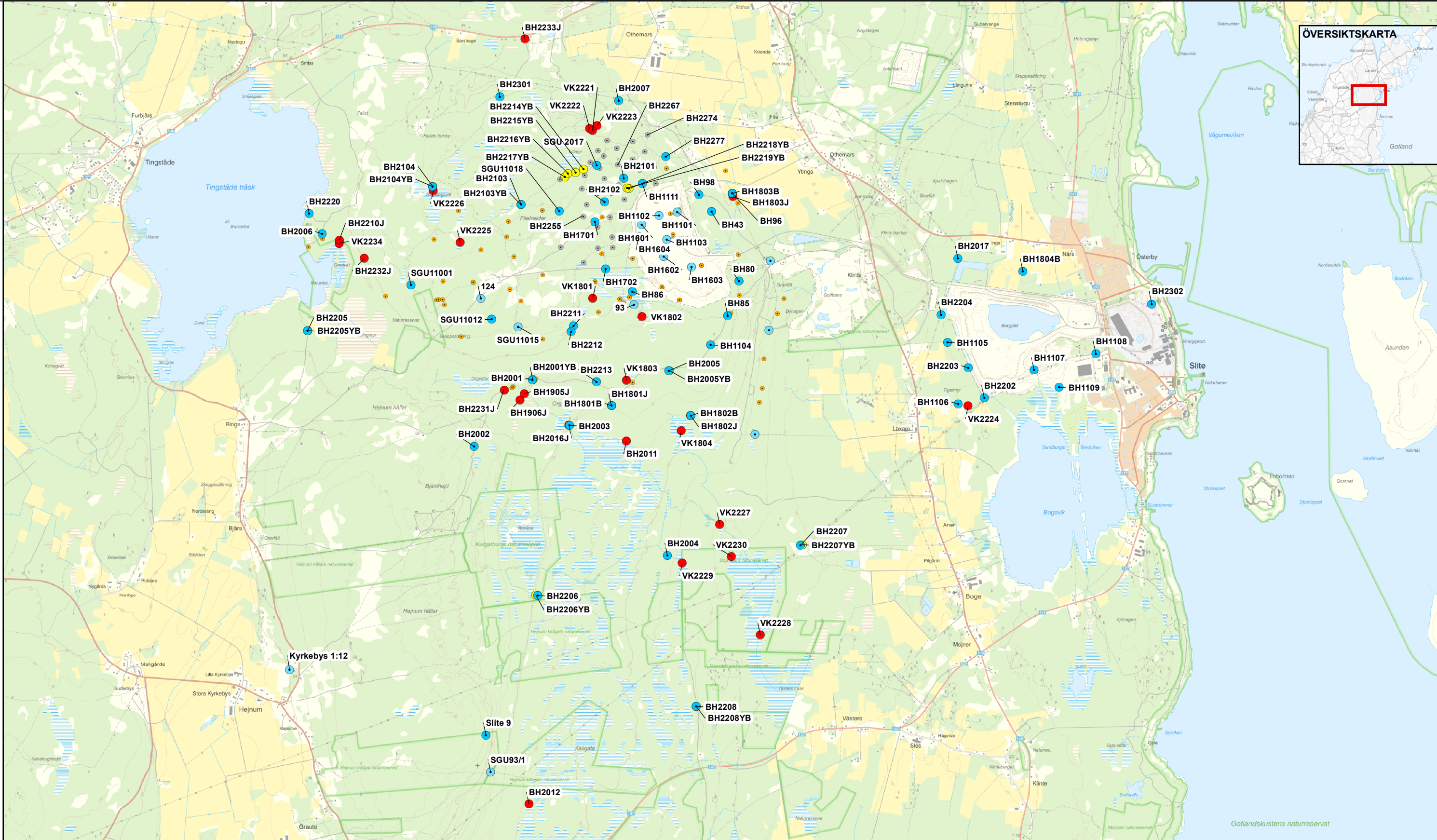
D. UTVÄRDERADE HYDRAULTESTER

E. FÄLTPROTOKOLL BORRHÅLSLOGGNING

F. UTVÄRDERADE BORRHÅLSLOGGAR

G. GRUNDVATTENNIVÅER

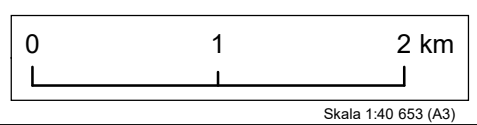
BILAGA A - ÖVERSIKTSKARTA - ALLA BORRHÅL



Teckenförklaring

Typ

- Instrumenterade borrhål (50)
- Borrhål (15)
- Grundvattenrör (27)
- Prospekteringsborrhål (32)
- Ytbergpunkter (14)
- Historiska borrhningar (80)



ANMÄRKNINGAR

BESTÄLLARE
HEIDELBERG MATERIALS



AAAA-MM-DD 2023-09-06
RITAD AV J. TIEDEMANN
HANDLÄGGARE G. TENNBY
UPPDRAGSLEDARE J. ENG

UNDERLAG
© LANTMÄTERIET

PROJEKT
HEIDELBERG SLITE

TITEL
ÖVERSIKT UNDERSÖKNINGSPUNKTER

PROJEKTNR.
10330449

BILAGA
A

BILAGA B - BORRPROTOKOLL

Borrföretag
 AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB
 Fröjel Sälle 931
 623 55 Klintehamn
 Tel: 0498-244005
 E-post: info@ahlqvists.com

SGU diarienum: 922582051

BRUNNS- OCH BORR-
 PROTOKOLL

Utskriftsdatum
 2022-07-11

Borrningen avslutad datum
 2022-07-08

Protnr: 202468

www.ahlqvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2205		Ort Slite	
	Församling		Kommun Gotland	
	Borrplatsens läge BH 2205		Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V	
Ägare/ Beställare	Borrplatsens adress Cementa Slite			Telefon (även riktnummer)
	Ägares/beställares namn Cementa AB			Telefon (även riktnummer)
Jordarter/bergarter m.	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan Slite		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)	
	Djup under markytan från till 0.0 23.0	Jordart/bergart Kalkberg	Färg	Anmärkningar (vattenförekomst, sprickor m.m.)
Tekniskt utförande	Borrmaskinstyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhämmare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:	
	Borrhål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek x 5.4	djup från till 0.0 — 3.0 m
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x	mm	— m
	Totaldjup från markytan 23.0	Jorddjup från markytan (djup till berg) 0.0	Borrhålets bottendiameter 115.0	mm
	Brunnens användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör			
Provpump... g m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet liter/tim	
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)
	m	tim	liter/tim <input type="checkbox"/> före tryckning	— m
	m	tim	liter/tim <input type="checkbox"/> efter tryckning	— m
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan	Datum vid mätningstillfället	Mätning av grundvattennivån har skett	
	m		<input type="checkbox"/> före vattenuttag	<input type="checkbox"/> efter vattenuttag
Anmärkningar	Anmärkningar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborrning, riktning:			Uppmätt kloridhalt
	Annan anmärkning Sprickor: 4 m, 4,2 m, 4,6 m, 4,9 m, 6,4 m, 7,1 m, 7,9 m, 8,9 m, 9,4 m, 11-11,2 stor spricka, 12 m, 13 m, 14,4 m, 16,6 m, 16,8 m, 17 m, 17,4 m, 18,3 m, 18,6 m.			konduktivitet
				mg/l
				mS/m

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Fredrik Ahlqvist

Namnförtydligande

Certifierad borrare nr

Margareta Ahlqvist



Borr företag
 AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB
 Fröjel Sälle 931
 623 55 Klintehamn
 Tel: 0498-244005
 E-post: info@ahlqvists.com

SGU diarienum: 922582072

BRUNNS- OCH BORR-
 PROTOKOLL

Utskriftsdatum
 2022-07-11

Borrningen avslutad datum

2022-07-11

Protnr: 202468

www.ahlqvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2205 YB		Ort					
	Församling		Kommun Gotland					
Borrplatsens läge	Borrplatsens läge BH 2205 YB		Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V					
	Borrplatsens adress Cementa Slite		Telefon (även riktnummer)					
Ägare/ Beställare	Ägares/beställares namn Cementa AB		Telefon (även riktnummer)					
	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan Slite		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)					
Jordarter/bergarter m.	Djup under markytan från 0.0 till 2.4	Jordart/bergart Kalkberg	Färg	Anmärkningar (vattenförekomst, sprickor m.m.)				
	Borrmaskinstyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhämmare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:					
Tekniskt utförande	Borrhåll fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek x 5.4	mm	djup från 0.0	till 1.1	m	Vattenanalys utförd <input type="checkbox"/> fys. kemisk <input type="checkbox"/> bakteriologisk <input type="checkbox"/> radon
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x	mm		djup från	till	m	Vattenflaska lämnad <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nej
	Totaldjup från markytan 2.4	m	Jorddjup från markytan (djup till berg) 0.0	m	Borrhålets botten diameter 115.0	mm	Analysresultat <input type="checkbox"/> bifogas <input type="checkbox"/> insändes senare	
	Brunns användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör							
Provpumpning m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet		liter/tim			
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd		Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)			
	m	tim	liter/tim	<input type="checkbox"/> före tryckning	djup från	till	m	
	m	tim	liter/tim	<input type="checkbox"/> efter tryckning	djup från	till	m	
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan		Datum vid mätningstillfället		Mätning av grundvattennivån har skett		antal timmar	
	m				<input type="checkbox"/> före vattenuttag <input type="checkbox"/> efter vattenuttag			
Anmärkningar	Anmärkningar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborring, riktning:		Uppmätt kloridhalt		konduktivitet		m under markytan	
	Annan anmärkning Foderrör 04 m i berg.		mg/l		mS/m			
			mg/l		mS/m			
			mg/l		mS/m			

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Fredrik Ahlqvist

Namnförtydligande

Certifierad borrare nr

Margareta Ahlqvist



Borr företag
 AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB
 Fröjel Sälle 931
 623 55 Klintehamn
 Tel: 0498-244005
 E-post: info@ahlvists.com

SGU diarienum: 922584673

BRUNNS- OCH BORR-
 PROTOKOLL

Utskriftsdatum
 2022-07-15

Borrningen avslutad datum

2022-07-12

Protnr: 202469

www.ahlvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2206		Ort Slite	
	Församling		Kommun Gotland	
Borrplatsens läge	Borrplatsens läge BH 2206		Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V	
	Borrplatsens adress Cementa Slite		Telefon (även riktnummer)	
Ägare/ Beställare	Agares/beställares namn Cementa AB		Telefon (även riktnummer)	
	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)	
Jordarter/bergarter m.m.	Djup under markytan från till	Jordart/bergart	Färg	Anmärkningar (vattenförekomst, sprickor m.m.)
	0.0 2.5 2.5 42.0	Naturgrus Kalkberg		
Tekniskt utförande	Borrmaskinstyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhämmare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:	
	Borrhål fodrat	Ytterdiameter	Godstjocklek	djup från till
	<input checked="" type="checkbox"/> stålrör	139.7	x 5.4	mm 0.0 — 6.0 m
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x	mm	— m
Totaldjup från markytan	Jorddjup från markytan (djup till berg)		Borrhålets botten diameter	
42.0	m	2.5	m	115.0 mm
Brunnens användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör				
Provpump m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet	
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)
	m	tim	liter/tim <input type="checkbox"/> före tryckning	djup från till m
	m	tim	liter/tim <input type="checkbox"/> efter tryckning	djup från till m
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan	Datum vid mätningstillfället	Mätning av grundvattennivån har skett	
	m		<input type="checkbox"/> före vattenuttag	<input type="checkbox"/> efter vattenuttag
Anmärkningar	Anmärkningar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborrning, riktning:		Uppmätt kloridhalt	konduktivitet
	Annan anmärkning		mg/l	mS/m
	Sprickor på: 7 m, 8,5 m, 9,1 m, 9,6 m, 10 m, 10,7 m, 11,1 m, 11,5 m, 12 m, 12,3 m, 13,4 m, 13,8 m, 14,3 m, 14,65 m, 16,2 m, 16,5 m, 16,7 m, 17, 15 m vatten, 19,2 m, 20 m, 21,4 m, 22 m, 23 m, 23,2 m, 23,6 m, 24,35 m, 25 m, 25,4 m, 26,5 m, 28,4 m, 33 m, 35 m, 36,4 m, & 37 m.		mg/l	mS/m
			mg/l	mS/m

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Fredrik Ahlqvist
 Namnförtydligande

Certifierad borrare nr



Borr företag
 AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB
 Fröjel Sälle 931
 623 55 Klintehamn
 Tel: 0498-244005
 E-post: info@ahlqvists.com

SGU diarienum: 922584692

BRUNNS- OCH BORR-
 PROTOKOLL

Utskriftsdatum
 2022-07-15

Borrningen avslutad datum

2022-07-12

Protnr: 202469

www.ahlqvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2206 YB		Ort Slite	
	Församling		Kommun Gotland	
	Borrplatsens läge BH 2206 YB		Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V	
Ägare/ Beställare	Borrplatsens adress Cementa Slite			Telefon (även riktnummer)
	Ägares/beställares namn Cementa AB			Telefon (även riktnummer)
Jordarter/bergarter m.m.	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)	
	Djup under markytan från till	Jordart/bergart	Färg	Anmärkingar (vattenförekomst, sprickor m.m.)
	0.0 2.5 2.5 5.0	Grus Kalkberg		
Tekniskt utförande	Borrmaskintyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhämmare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:	
	Borrhål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek x 5.4	mm
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x	mm	m
	Totaldjup från markytan 5.0	Jorddjup från markytan (djup till berg) 2.5	Borrhålets bottendiameter 115.0	mm
Borrnings användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten		<input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör		
Provpumpning m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet	
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)
	m	tim	liter/tim <input type="checkbox"/> före tryckning	— m
	m	tim	liter/tim <input type="checkbox"/> efter tryckning	— m
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan	Datum vid mätningstillfället	Mätning av grundvattennivån har skett	
	m		<input type="checkbox"/> före vattenuttag	<input type="checkbox"/> efter vattenuttag
Anmärkingar	Anmärkingar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborrning, riktning:		Uppmätt kloridhalt	konduktivitet
	Annan anmärkning Sprickor på: 4 m, 4,5 m.		mg/l	mS/m
			mg/l	mS/m
			mg/l	mS/m

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Fredrik Ahlqvist
 Namnförtydligande

Certifierad borrare nr



Borrföretag
 AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB
 Fröjel Sälle 931
 623 55 Klintehamn
 Tel: 0498-244005
 E-post: info@ahlqvists.com

SGU diarienum: 922584703

BRUNNS- OCH BORR-
 PROTOKOLL

Utskriftsdatum
 2022-07-15

Borrningen avslutad datum
 2022-07-13

Protnr: 202469

www.ahlqvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2207		Ort Slite		
	Församling		Kommun Gotland		
	Borrplatsens läge BH 2207		Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V		
Ägare/ Beställare	Borrplatsens adress Cementa Slite			Telefon (även riktnummer)	
	Ägares/beställares namn Cementa AB			Telefon (även riktnummer)	
Jordarter/bergarter m.m.	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)		
	Djup under markytan från 0.0 till 0.4 0.4 27.0	Jordart/bergart Jord och sten Kalkberg	Färg	Anmärkningar (vattenförekomst, sprickor m.m.)	
Tekniskt utförande	Borrmaskinstyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhämmare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:		
	Borrehål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek x 5.4	djup från 0.0	till 3.0
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	Ytterdiameter	Godstjocklek	djup från	till
	Totaldjup från markytan 27.0	Jorddjup från markytan (djup till berg) 0.4	Borrehålets bottendiameter 115.0	m	
Brunnens användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör					
Provpumpning m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet		
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)	
	m	tim	liter/tim <input type="checkbox"/> före tryckning	djup från till m	
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan		Mätning av grundvattennivån har skett		
	m	Datum vid mätningstillfället	<input type="checkbox"/> före vattenuttag	<input type="checkbox"/> efter vattenuttag	
Anmärkningar	Anmärkningar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> grabborring, riktning:		Uppmätt kloridhalt	konduktivitet	
	Annan anmärkning Sprickor på: 3,5 m, 4,5 m, 5,5 m, 7 m, 13,5 m, 14 m, 16 m, 19 m fukt, 26 m.		mg/l	mS/m	
			mg/l	mS/m	
			mg/l	mS/m	

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Fredrik Ahlqvist
 Namnförtydligande

Certifierad borrare nr



Borrföretag
 AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB
 Fröjel Sälle 931
 623 55 Klintehamn
 Tel: 0498-244005
 E-post: info@ahlqvists.com

SGU diarienum: 922584713

BRUNNS- OCH BORR-
 PROTOKOLL

Utskriftsdatum
 2022-07-15

Borrningen avslutad datum

2022-07-13

Protnr: 202469

www.ahlqvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2207 YB		Ort Slite	
	Församling		Kommun Gotland	
	Borrplatsens läge BH 2207 YB		Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V	
Ägare/ Beställare	Borrplatsens adress Cementa Slite		Telefon (även riktnummer)	
	Ägares/beställares namn Cementa AB		Telefon (även riktnummer)	
Jordarter/bergarter m.m.	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)	
	Djup under markytan från till 0.0 0.4 0.4 2.2	Jordart/bergart Jord och sten Kalkberg	Färg	Anmärkingar (vattenförekomst, sprickor m.m.)
Tekniskt utförande	Borrmaskinstyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhammare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:	
	Borrhål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek x 5.4	mm
	djup från		till	
	0.0		0.7	
m				
annan rörtyp:		x	mm	m
Totaldjup från markytan 2.2	Jorddjup från markytan (djup till berg)	Borrhålets botten diameter	mm	
m		m		
Brunns användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör				
Provpumpning m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet	
	Pump- eller blås djup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)
	m	tim	liter/tim	—
	före tryckning		m	
m		tim	liter/tim	—
efter tryckning		m		
Gv nivå	Stabil grundvattennivå under markytan	Datum vid mätningstillfället	Mätning av grundvattennivån har skett	
	m		<input type="checkbox"/> före vattenuttag <input type="checkbox"/> efter vattenuttag	
Anmärkingar	Anmärkingar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> grabborring, riktning:		Uppmätt kloridhalt	konduktivitet
	Annan anmärkning Sprickor på: 1,2 m, 1,5 m fukt, 2 m.		mg/l	mS/m
			mg/l	mS/m
			mg/l	mS/m
		mg/l mS/m		

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Fredrik Ahlqvist
 Namnförtydligande Certifierad borrare nr



Borrföretag
AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB
Fröjel Sälle 931
623 55 Klintehamn
Tel: 0498-244005
E-post: info@ahlqvists.com

SGU diarienum: 922584723

BRUNNS- OCH BORR-
PROTOKOLL

Utskriftsdatum
2022-07-18

Borrningen avslutad datum

2022-07-13

Protnr: 202469

www.ahlqvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2208	Ort Slite						
	Församling	Kommun Gotland						
	Borrplatsens läge BH 2208	Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V						
Borrplatsens adress	Borrplatsens adress Cementa Slite	Telefon (även riktnummer)						
	Ägares/beställares namn Cementa AB	Telefon (även riktnummer)						
Ägare/ Beställare	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan	Ortsadress (postnummer och ortsnamn)						
Jordarter/bergarter n.	Djup under markytan från till 0.0 0.5 0.5 25.0	Jordart/bergart Jord och sten Kalkberg	Färg	Anmärkingar (vattenförekomst, sprickor m.m.)				
	Borrmaskinstyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhammare <input type="checkbox"/> annan:	Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:		Vattenanalys utförd <input type="checkbox"/> fys. kemisk <input type="checkbox"/> bakteriologisk <input type="checkbox"/> radon				
Tekniskt utförande	Borrhål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek x 5.4	mm	djup från 0.0	till 3.0	m	Vattenflaska lämnad <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nej
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x	mm	m				Analysresultat <input type="checkbox"/> bifogas <input type="checkbox"/> insändes senare
	Totaldjup från markytan 25.0	m	Jorrdjup från markytan (djup till berg) 0.5	m	Borrhålets botten diameter 115.0	mm		
Brunns användning	<input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör							
Prov pumpning m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning	Pumpens maxkapacitet						liter/tim
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)				
	m	tim	liter/tim	<input type="checkbox"/> före tryckning	—	m		
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan	Datum vid mätningstillfället	Mätning av grundvattennivån har skett			antal timmar		
	m		<input type="checkbox"/> före vattenuttag	<input type="checkbox"/> efter vattenuttag				
Anmärkingar	Anmärkingar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborrning, riktning:	Uppmätt kloridhalt		konduktivitet	m under markytan			
	Annan anmärkning Sprickor på: 5 m, 7 m, 7,4 m, 8,6 m, 9 m, 9,3 m, 11,6 m, 13,4 m, 14 m, 14,8 m, 15,6 m, 17,5 m, 18 m vatten, 18,9 m, 20,8 m, 20,9 m, 21,4 m, 24 m, 25 m.	mg/l		mS/m				
		mg/l		mS/m				
		mg/l		mS/m				

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Fredrik Ahlqvist
Namnförtydligande

Certifierad borrare nr



Borr företag

AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB

Fröjel Sälle 931

623 55 Klintehamn

Tel: 0498-244005

E-post: info@ahlqvists.com

www.ahlqvists.com

SGU diarienum: 922584732

BRUNNS- OCH BORR-
PROTOKOLLUtskriftsdatum
2022-07-15

Borrningen avslutad datum

2022-07-13

Protnr: 202469

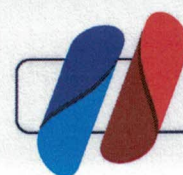
Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2208 YB		Ort Slite	
	Församling		Kommun Gotland	
	Borrplatsens läge BH 2208 YB		Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V	
Ägare/ Beställare	Borrplatsens adress Cementa Slite			Telefon (även riktnummer)
	Ägarens/beställarens namn Cementa AB			Telefon (även riktnummer)
Jordarter/bergarter m.m.	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)	
	Djup under markytan från till 0.0 0.5 0.5 3.0	Jordart/bergart Jord och sten Kalkberg	Färg	Anmärkningar (vattenförekomst, sprickor m.m.)
Tekniskt utförande	Borrmaskinstyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhammare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:	
	Borrhål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålror	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek 5.4	mm
			djup från	till
			0.0	1.2
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x	mm	m
	Totaldjup från markytan 3.0	Jorddjup från markytan (djup till berg) 0.5	Borrhålets bottendiameter 115.0	mm
	Borrnings användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör			
Provpumpning m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet	
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	liter/tim
				Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)
				djup från till
			djup från till	m
			liter/tim <input type="checkbox"/> före tryckning	m
			liter/tim <input type="checkbox"/> efter tryckning	m
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan		Mätning av grundvattennivån har skett	
	Datum vid mätningstillfället		antal timmar	
Anmärkningar	Anmärkningar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborring, riktning:		Uppmätt kloridhalt	konduktivitet
	Annan anmärkning		mg/l	mS/m
	Sprickor på: 1,15 m, 1,2 m, 1,45 m.		mg/l	mS/m
			mg/l	mS/m

Underskrift

Namnförtydligande

Certifierad borrare nr

Konduktivitet anges i millisiemens per meter, mS/m

VI ÄR MEDLEM I
BORRFÖRETAGEN®

Pentacon AB

2022-08-01

Beställare: Cementa

Borrplats: BH2210J

Totalt borrhjup: 2,4m

0 – 0,2 saMu

0,2 – 1,0 (gr)Sa

1,0 – 1,7 grSa

1,7 – 2,3 grsaMn mkt fast

Rör installerat till 2,1 m u my/0,9 m ö my/1,0 m filter.

Borrföretag

AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB

Fröjel Sälle 931

623 55 Klintehamn

Tel: 0498-244005

E-post: info@ahlqvists.com

www.ahlqvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite		Ort		
	Församling		Kommun Gotland		
	Borrplatsens läge BH 2211		Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V		
Ägare/ Beställare	Borrplatsens adress Cementa Slite			Telefon (även riktnummer)	
	Ägare/beställares namn			Telefon (även riktnummer)	
Jordarter/bergarter m.m.	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)		
	Djup under markytan från 0.0 till 72.0	Jordart/bergart Kalkberg	Färg	Anmärkningar (vattenförekomst, sprickor m.m.)	
Tekniskt utförande	Borrmaskintyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhammare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input checked="" type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:		Vattenanalys utförd <input type="checkbox"/> fys. kemisk <input type="checkbox"/> bakteriologisk <input type="checkbox"/> radon
	Borrhål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek x 5.4	mm	djup från 0.0 till 6.0 m
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x	mm	m	Vattenflaska lämnad <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nej
	Totaldjup från markytan 72.0	Jorddjup från markytan (djup till berg) 0.0	Borrhålets bottendiameter 115.0	mm	Analysresultat <input type="checkbox"/> bifogas <input type="checkbox"/> insändes senare
Brunnens användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Annan användning					
Provpumpning m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet		
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	liter/tim Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)	
	m	tim	liter/tim	<input type="checkbox"/> före tryckning	— m
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan		Datum vid mätningstillfället		Mätning av grundvattennivån har skett
	m			<input type="checkbox"/> före vattenuttag	<input type="checkbox"/> efter vattenuttag
Anmärkningar	Anmärkningar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborring, riktning:			Uppmätt kloridhalt	konduktivitet
	Annan anmärkning Sprickor: 5,5 m vatten. 8m, 11 m, 13 m, 24 m, 35 m, 49 m fuktpå 56 m ökande till 72 m.			mg/l	mS/m
				mg/l	mS/m
				mg/l	mS/m

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Namnförtydligande

Certifierad borrar nr



Borrföretag
AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB
Fröjel Sälle 931
623 55 Klintehamn
Tel: 0498-244005
E-post: info@ahlqvists.com

www.ahlqvists.com

SGU diariernr: 922577444

BRUNNS- OCH BORR-
PROTOKOLL

Utskriftsdatum
2022-06-30

Borringen avslutad datum

2022-06-28

Protnr: 202461

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa BH 2212	Ort
	Församling	Kommun Gotland
	Borrplatsens läge	Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V
Ägare/ Beställare	Borrplatsens adress Cementa Slite	Telefon (även riktnummer)
	Ägares/beställares namn Cementa	Telefon (även riktnummer)
Jordarter/bergarter m.m.	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan	
	Ortsadress (postnummer och ortsnamn)	
	Djup under markytan från 0.0 till 72.0	Jordart/bergart kalkberg
Tekniskt utförande	Färg	
	Anmärkningar (vattenförekomst, sprickor m.m.)	
	Borrmaskintyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhämmare <input type="checkbox"/> annan:	Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input checked="" type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:
	Borrhål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7 mm Godstjocklek 5.4 mm djup från 0.0 till 6.0 m
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x mm m
Prov pumpning m.m.	Totaldjup från markytan 72.0 m	Jorddjup från markytan (djup till berg) 0.0 m
	Borrhålets bottendiameter 115.0 mm	
	Borrrens användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Annan användning	
Gv-nivå	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning	Pumpens maxkapacitet
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid
	Vattenmängd	liter/tim
	Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)	
Anmärkningar	Stabil grundvattennivå under markytan	Datum vid mätningstillfället
	Mätning av grundvattennivån har skett	antal timmar
	<input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborrning, riktning:	Uppmätt kloridhalt
	Annan anmärkning Sprickor: 5 m vatten, 6,5 m fukt, 8 m fukt, 11 m, 15 m, 19 m, 23 m, 29 m, 43 m, 47 m, 58 m vatten ökande mellan 63-72 m	konduktivitet
		m under markytan

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Namnförtydligande

Certifierad borrare nr



Borrföretag

AHLQVISTS BRUNNSBORRNING AB

Fröjel Sälle 931

623 55 Klintehamn

Tel: 0498-244005

E-post: info@ahlqvists.com

www.ahlqvists.com

Borrplatsens läge	Fastighetsbeteckning (namn och nummer) Cementa Slite BH 2213		Ort	
	Församling		Kommun Gotland	
	Borrplatsens läge BH 2213	Borrplatsens GPS-koordinater i system: <input type="checkbox"/> SWEREF 99 TM <input type="checkbox"/> SWEREF 99 (WGS 84) <input type="checkbox"/> RT90 2,5 gon V		
Ägare/ Beställare	Borrplatsens adress Cementa Slite		Telefon (även riktnummer)	
	Ägare/beställares namn Cementa AB		Telefon (även riktnummer)	
Jordarter/bergarter m.m.	Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan Slite		Ortsadress (postnummer och ortsnamn)	
	Djup under markytan från 0.0 till 2.5 2.5 62.0	Jordart/bergart Grus Kalkberg	Färg	Anmärkingar (vattenförekomst, sprickor m.m.)
Tekniskt utförande	Borrmaskintyp <input checked="" type="checkbox"/> sänkhammare <input type="checkbox"/> annan:		Tätning mellan foderrör och berg har skett med <input type="checkbox"/> cementering <input type="checkbox"/> extra plaströrsfodring <input type="checkbox"/> annan:	
	Borrhål fodrat <input checked="" type="checkbox"/> stålrör	Ytterdiameter 139.7	Godstjocklek x 5.4	mm djup från 0.0 till 6.0 m
	<input type="checkbox"/> annan rörtyp:	x	mm	m
	Totaldjup från markytan 62.0	Jorddjup från markytan (djup till berg) 2.5	Borrhålets bottendiameter 115.0	mm
Brunnens användning <input type="checkbox"/> hushållsvatten <input type="checkbox"/> energi värme/kyla <input type="checkbox"/> kommunalt vatten <input checked="" type="checkbox"/> övrigt: Observationsbrunn, -rör		Vattenanalys utförd <input type="checkbox"/> fys. kemisk <input type="checkbox"/> bakteriologisk <input type="checkbox"/> radon Vattenflaska lämnad <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nej Analysresultat <input type="checkbox"/> bifogas <input type="checkbox"/> insändes senare		
Provpumpning m.m.	Typ av kapacitetsmätning <input type="checkbox"/> blåsning <input type="checkbox"/> flottörmätning <input type="checkbox"/> pumpning		Pumpens maxkapacitet	
	Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd	liter/tim Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan)
	m	tim	liter/tim <input type="checkbox"/> före tryckning	djup från till m
Gv-nivå	Stabil grundvattennivå under markytan		Mätning av grundvattennivån har skett	
	m	Datum vid mätningstillfället	<input type="checkbox"/> före vattenuttag <input type="checkbox"/> efter vattenuttag	antal timmar
Anmärkingar	Anmärkingar <input type="checkbox"/> tryckning <input type="checkbox"/> sprängning <input type="checkbox"/> gradborring, riktning:		Uppmätt kloridhalt	konduktivitet
	Annan anmärkning Sprickor: 6,5 m, 7 m, 8-9 m, 10 m, 11-12 m, 13 m, 14 m 16,5 m 17 m, 18 m, 19 m, 21 m, 28 m, 31 m, 36,5 m, 41 m fukt, 47 m, 54 m, 57 m.		mg/l	mS/m
			mg/l	mS/m
			mg/l	mS/m

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Namnförtydligande

Certifierad borrar nr



Beställare..... Cemento Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Barrhöl 1701 Tel.....

Postnr..... fördjupning 20 m Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör..... m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner
under markytan m 59 - 80 m Kalkberg

Total borrdjupm - m

Bottendiameter mm - m

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

Anmärkning Spricker på 62 m, 65 m = 70 m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Gärdet

Beställare..... Cemento Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Borrhål 1702 Tel.....

Postnr..... fördjupning 15m Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör..... m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner
under markytan m 60 - 75 m Kalkberg

Total borrdjupm - m

Bottendiameter mm - m

Anbud: - m

..... - m

..... - m

..... - m

..... - m

Anmärkning Spricker på 61m, 65m, 71m & 75m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Gärdck

Beställare..... Cemento Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Borrhål 2220 Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör..... 6 m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner
under markytan m 0 - 0,10 m Jord

Total borrdjup 50 m 0,10 - 50 m Kalkberg

Bottendiameter mm m

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

..... m

Anmärkning Spricker på 8m, 8,50m, 10m, 13m, 14m,
14,50m, 15,30m, 17m, 19m, 20m, 21,50m, 23m,
25m, 25,4m, 26m, 29,70m, 40m & 41m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Gärdek / S. Ahlqvist

Beställare..... Cementg Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Berrhä / 2301 Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör..... m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå under markytan m Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner
..... - 0,05 m Jord

Total borrhjup 60 m 0,05 - 60 m Kalkberg

Bottendiameter mm

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

..... m

Anmärkning Sprickor på 15m, 15,80m, 17m, 19,30m

22m, 25m, 25,30m, 26,10m 34m, 34,50m

36,30m, 37m, 37,20m, 39m, 39,40m, 40m,

41,4m, 43,00m, 45m, 50m, 57m = 58m, Torrt

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Gröck / S. Ahlqvist

Beställare Cementa Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress Borrhäl 2302 Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten

Borringen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Bormaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborring Hydraulisk tryckning Borringen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör 6 m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner
under markytan m 0 - 0,30 m Kalkjord

Total borrdjup 40 m 0,30 - 40 m Kalkberg

Bottendiameter mm m

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

..... m

Anmärkning Sprickor på 8m, 8,60m, 10m, 10,60m, 11m, 13m

13,70m, 17m, 20m, 26m, 28m, 31m, 31,80m

33m och 39,80m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Gärdek / [Signature]

Slutrapport Borrning/Borrprotokoll

Ref. Nils Friberg

Beställare Cementa Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten BH 2214 Y13

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör 0,5 m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå under markytan m Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner 0 - 2,20 m Kalkberg

Total borrdjup 2,20 m m

Bottendiameter mm m

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

..... m

Anmärkning Sprickor vid 1,20m & 1,60m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Ahlqvists

Slutrapport Borrning/Borrprotokoll

Ref. Nils Friberg

Beställare Cementa Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten BH 2215 YB

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör 0,5 m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå under markytan m Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner 0 - 2,20 m Kalkberg

Total borrdjup 2,20 m m

Bottendiameter mm m

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

..... m

Anmärkning

Sprickor vid 0,80m = 1,50m

Underskrift ansvarig borrare Fredrik Ahlqvist / Magneta Oberg

Slutrapport Borrning/Borrprotokoll

Ref. Nils Friberg

Beställare Cementa Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten BH 2216 YB

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör 95 m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå under markytan m Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner 0 - 2,20 m Kalkberg

Total borrdjup 2,20 m m

Bottendiameter mm m

Anbud: m
..... m
..... m
..... m
..... m

Anmärkning

Sprickor vid 1,20, 1,30, 1,45, 1,50, 1,70
1,80 och 1,85 m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Ahlqvist / Magdalena Ahlqvist

Slutrapport Borrning/Borrprotokoll

Ref Nils Friberg

Beställare Cementa Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten BH 2217 YB

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör 0,5 m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå under markytan m Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner 0 - 2,20 m Kalkberg

Total borrdjup 2,20 m m

Bottendiameter mm m

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

..... m

Anmärkning

Sprickor vid 0,50m = 1,50m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Ahlqvist

Slutrapport Borrning/Borrprotokoll

Ref. Nils Friberg

Beställare Cementa Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet BH 2218 YB

Borrplatsens läge på fastigheten

Borrningen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborrning Hydraulisk tryckning Borrningen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör 0,5 m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå under markytan m Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner
0 - 0,20 m Kalkberg

Total borrdjup 2,20 m m

Bottendiameter mm m

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

..... m

Anmärkning

Sprickor vid 0,70 m, 1,00 m, 1,30 m

Stora sprickor vid 1,50 m, 1,80 m & 2,00 m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Ahlqvist

Slutrapport Borrning/Borrprotokoll

Ref. Nils Friberg

Beställare Cementa Adress.....

Postnr..... Ort..... Tel.....

Borrplatsens:
Adress..... Tel.....

Postnr..... Ort.....

Fastighetsbet

Borrplatsens läge på fastigheten BH 2219 YB

Borringen avser Energibrunn Hushållsvatten Övrigt

Vattenmängd lit/tim. uppmätt genom Blåsning Pumpning

Borrmaskinstyp Sänkhammare

Tätning mellan foderrör & berg Cementering Extra foderrör Manschettätning

Gradborring Hydraulisk tryckning Borringen avslutad.....

Foderrör: Galv.rör m Stålrör 0,50 m Plaströr..... m .Dy mm

Grundvattennivå under markytan m Genomborrade jord,- berglager och sprickzoner 0 - 2,20 m Kalkberg

Total borrdjup 2,20 m m

Bottendiameter mm m

Anbud: m

..... m

..... m

..... m

..... m

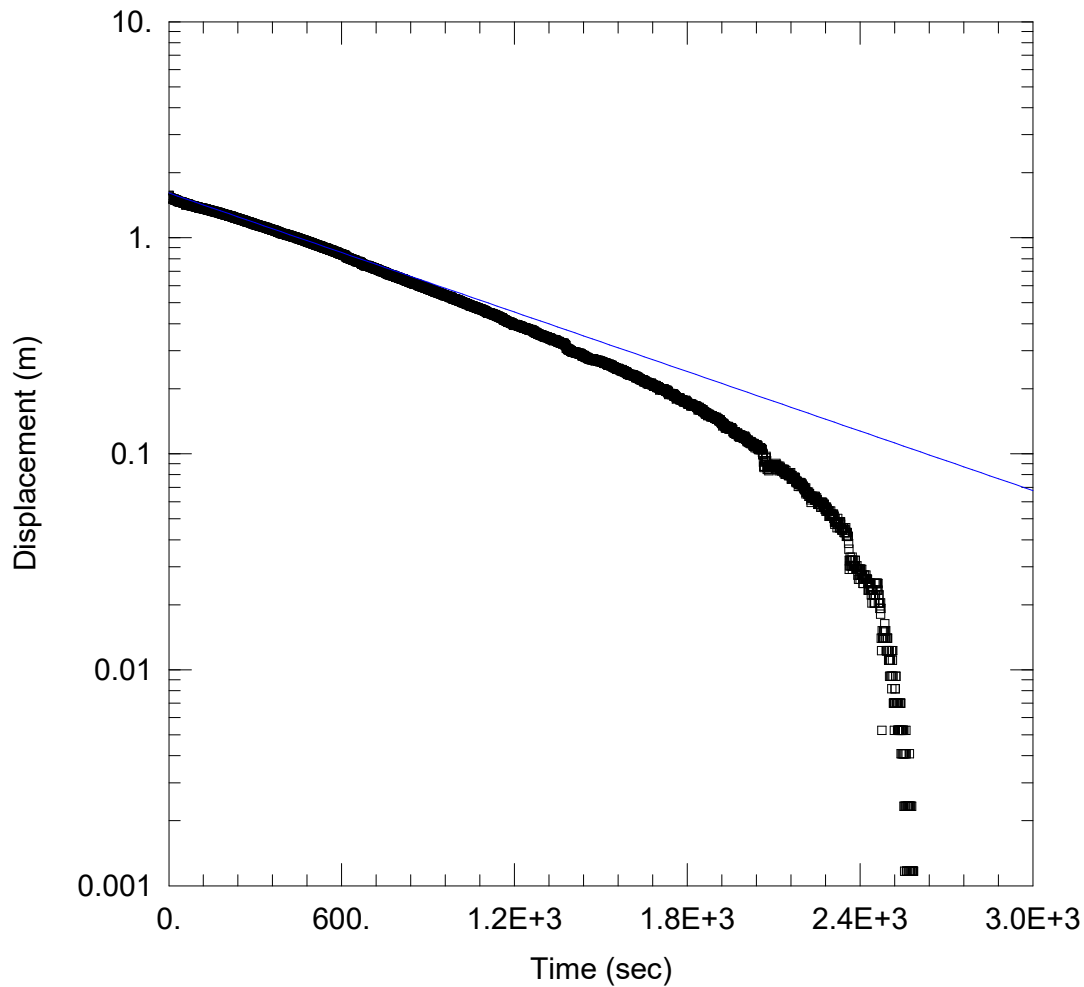
Anmärkning

Sprickor vid 1,30 m, 1,45 m & 1,90 m

Underskrift ansvarig borrare: Fredrik Ahlqvist / Margareta Ahlqvist

BILAGA C - SONDERINGS PROTOKOLL

BILAGA D – UTVÄRDERADE HYDRAULTESTER



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2210J.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 15:36:46

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2210J
 Test Date: 10/10-2022

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 1.7 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (BH2210J)

Initial Displacement: 1.568 m
 Total Well Penetration Depth: 1.7 m
 Casing Radius: 0.0255 m

Static Water Column Height: 1.7 m
 Screen Length: 1. m
 Well Radius: 0.0255 m

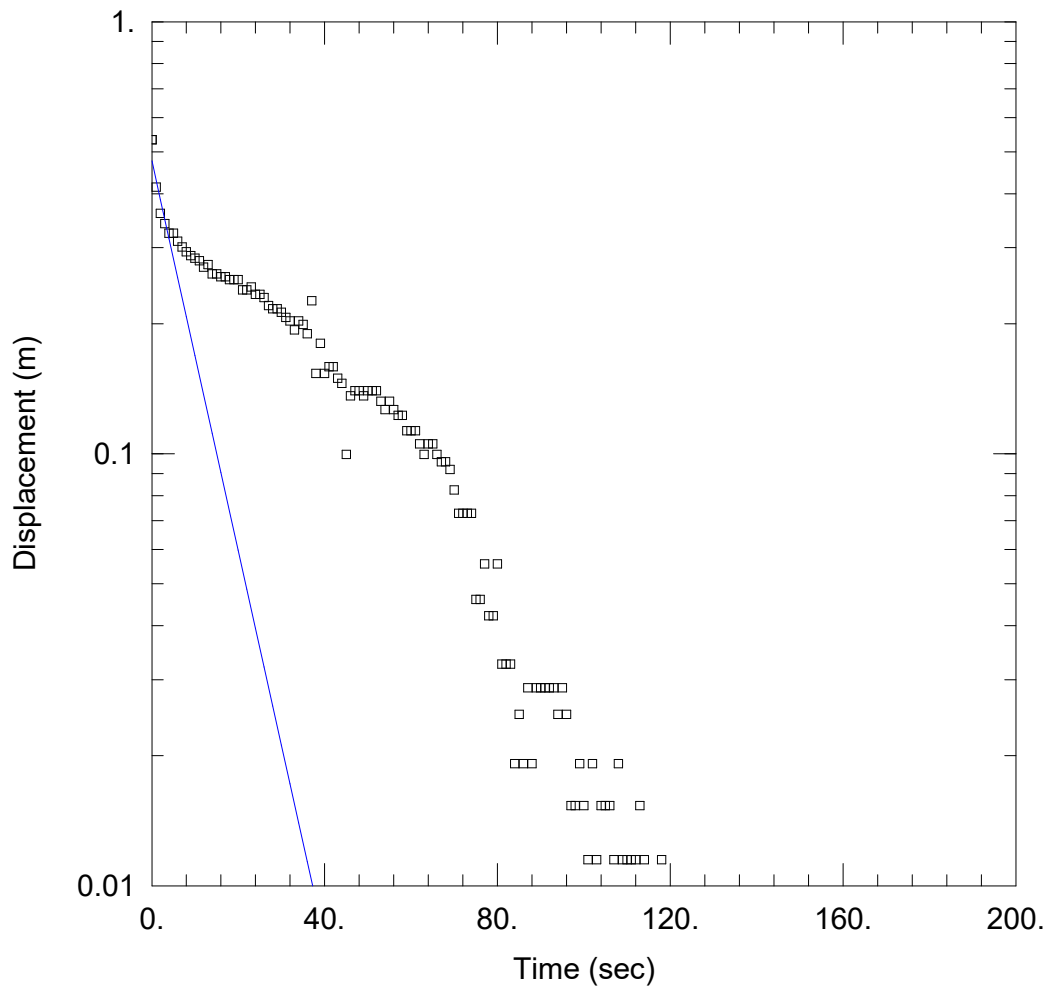
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.5E-6 m/sec

y0 = 1.612 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2231J.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:21:17

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2231J
 Test Date: 2023-03-02

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 1.46 m

Anisotropy Ratio (K_z/K_r): 1.

WELL DATA (BH2231J)

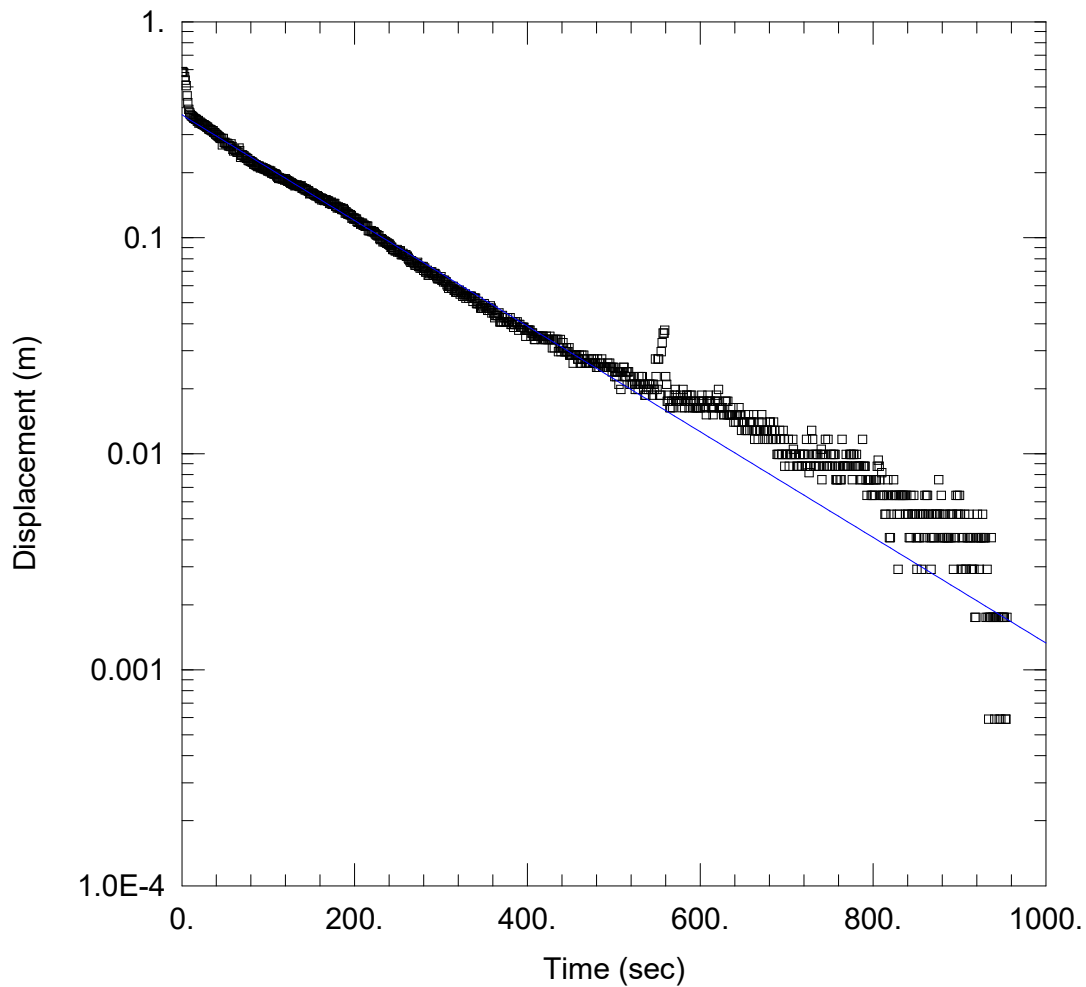
Initial Displacement: 0.5328 m
 Total Well Penetration Depth: 0.7 m
 Casing Radius: 0.025 m

Static Water Column Height: 1. m
 Screen Length: 0.7 m
 Well Radius: 0.025 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 $K = 0.0001865$ m/sec

Solution Method: Hvorslev
 $y_0 = 0.4766$ m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2232J_K.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:24:58

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2232J
 Test Date: 2023-02-28

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.7 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (BH2232J)

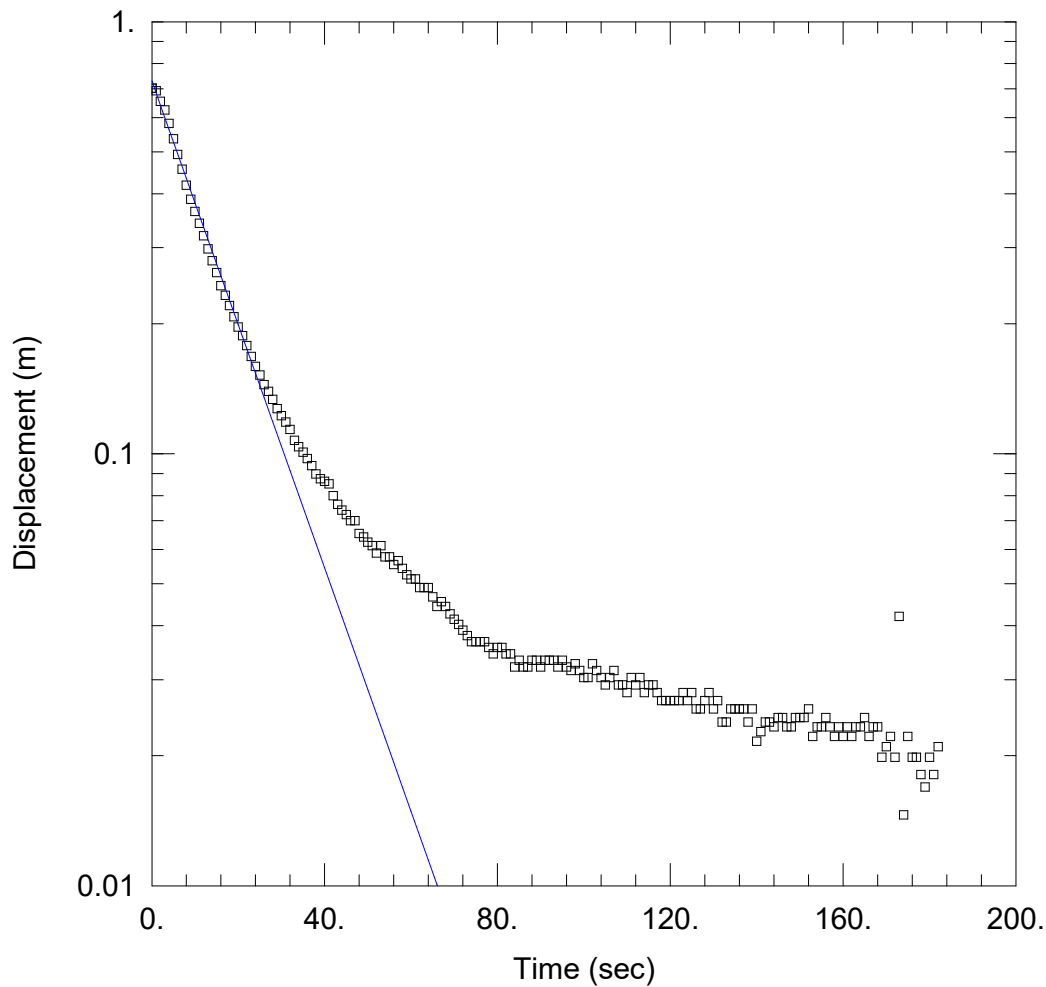
Initial Displacement: 0.5863 m
 Total Well Penetration Depth: 0.7 m
 Casing Radius: 0.022 m

Static Water Column Height: 0.7 m
 Screen Length: 0.7 m
 Well Radius: 0.022 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 1.031E-5 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 0.3709 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2233J.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:21:56

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2233J
 Test Date: 2023-02-28

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 1.18 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (BH2233J)

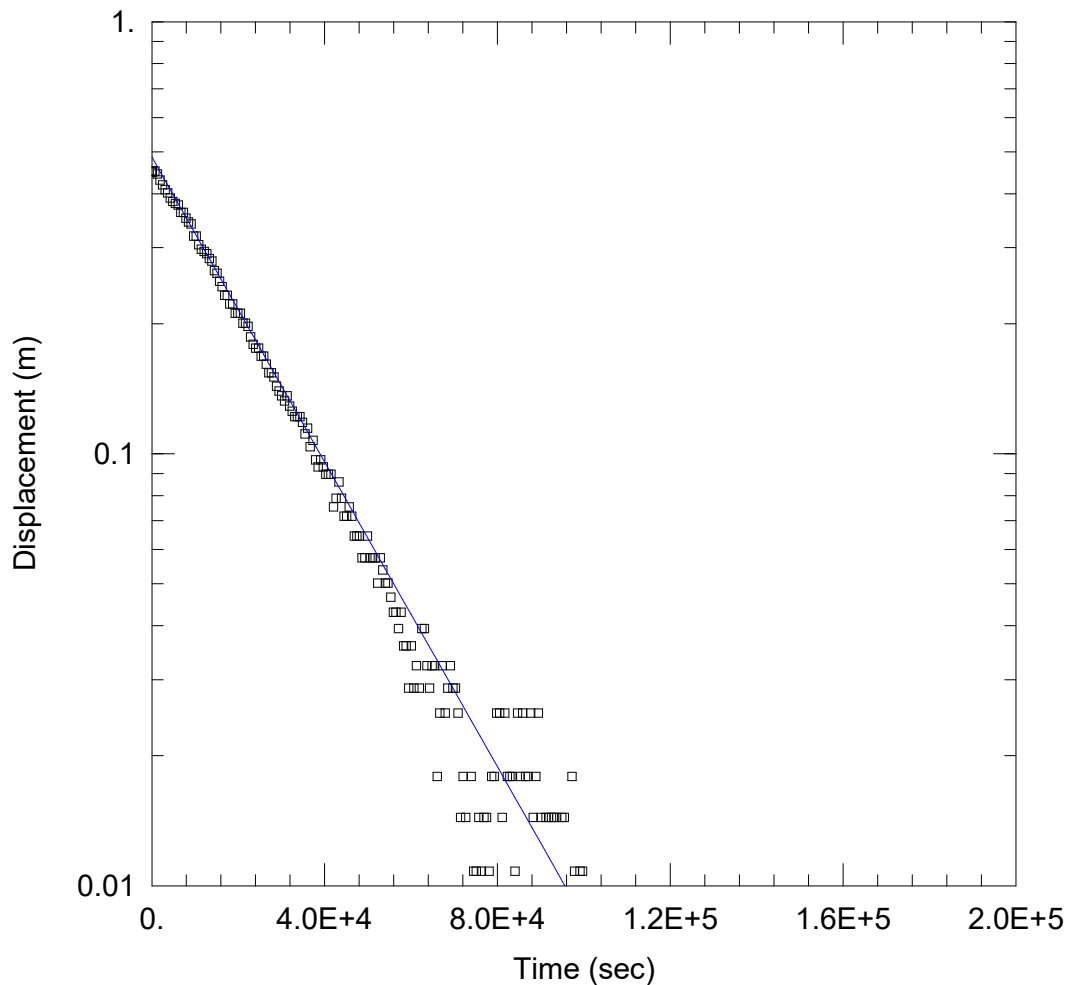
Initial Displacement: 0.7023 m
 Total Well Penetration Depth: 1.18 m
 Casing Radius: 0.022 m

Static Water Column Height: 1.18 m
 Screen Length: 1. m
 Well Radius: 0.022 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 7.08E-5 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 0.7296 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2205YB.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:06:20

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite

Test Well: BH2205YB

Test Date: 22/09/07

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 1.2 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2205YB)

Initial Displacement: 0.4515 m

Static Water Column Height: 1.2 m

Total Well Penetration Depth: 1.2 m

Screen Length: 1.2 m

Casing Radius: 0.0575 m

Well Radius: 0.0575 m

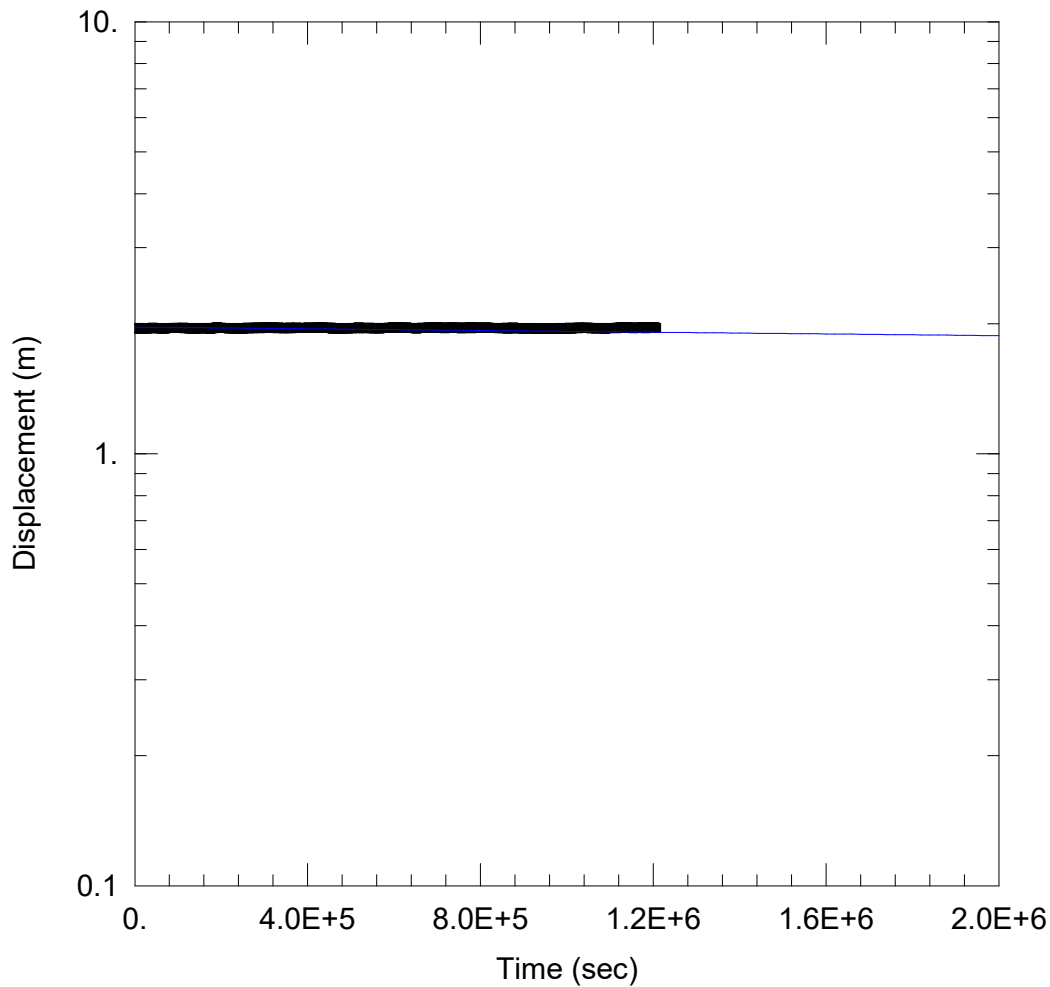
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 2.965E-7 m/sec

y0 = 0.4863 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2206YB_comp.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:06:46

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2206YB
 Test Date: 22/09/07

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 2. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2206YB)

Initial Displacement: 1.945 m
 Total Well Penetration Depth: 2. m
 Casing Radius: 0.0575 m

Static Water Column Height: 2. m
 Screen Length: 2. m
 Well Radius: 0.0575 m

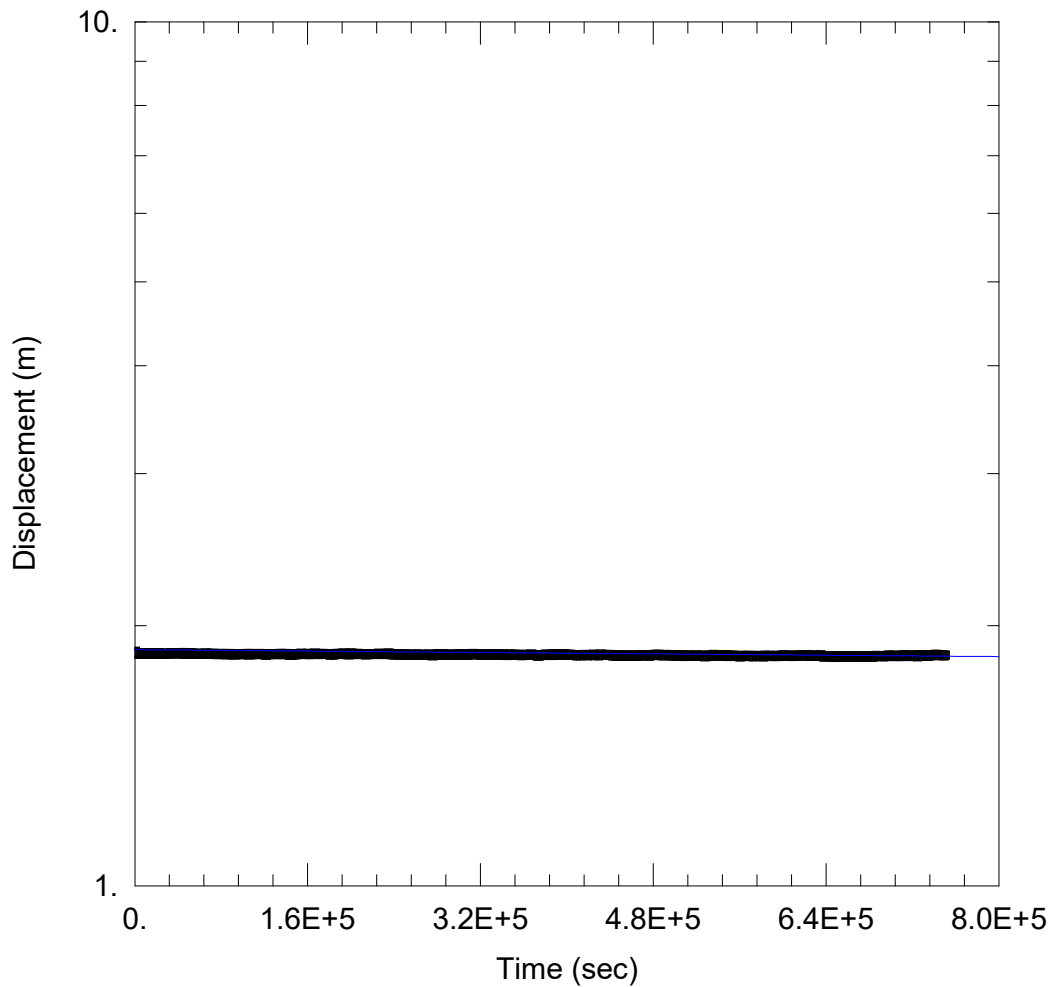
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.0E-10 m/sec

y0 = 1.964 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2207YB_comp.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:07:09

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite

Test Well: BH2207YB

Test Date: 22/09/07

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 2. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2207YB)

Initial Displacement: 1.86 m

Static Water Column Height: 2. m

Total Well Penetration Depth: 2. m

Screen Length: 2. m

Casing Radius: 0.0575 m

Well Radius: 0.0575 m

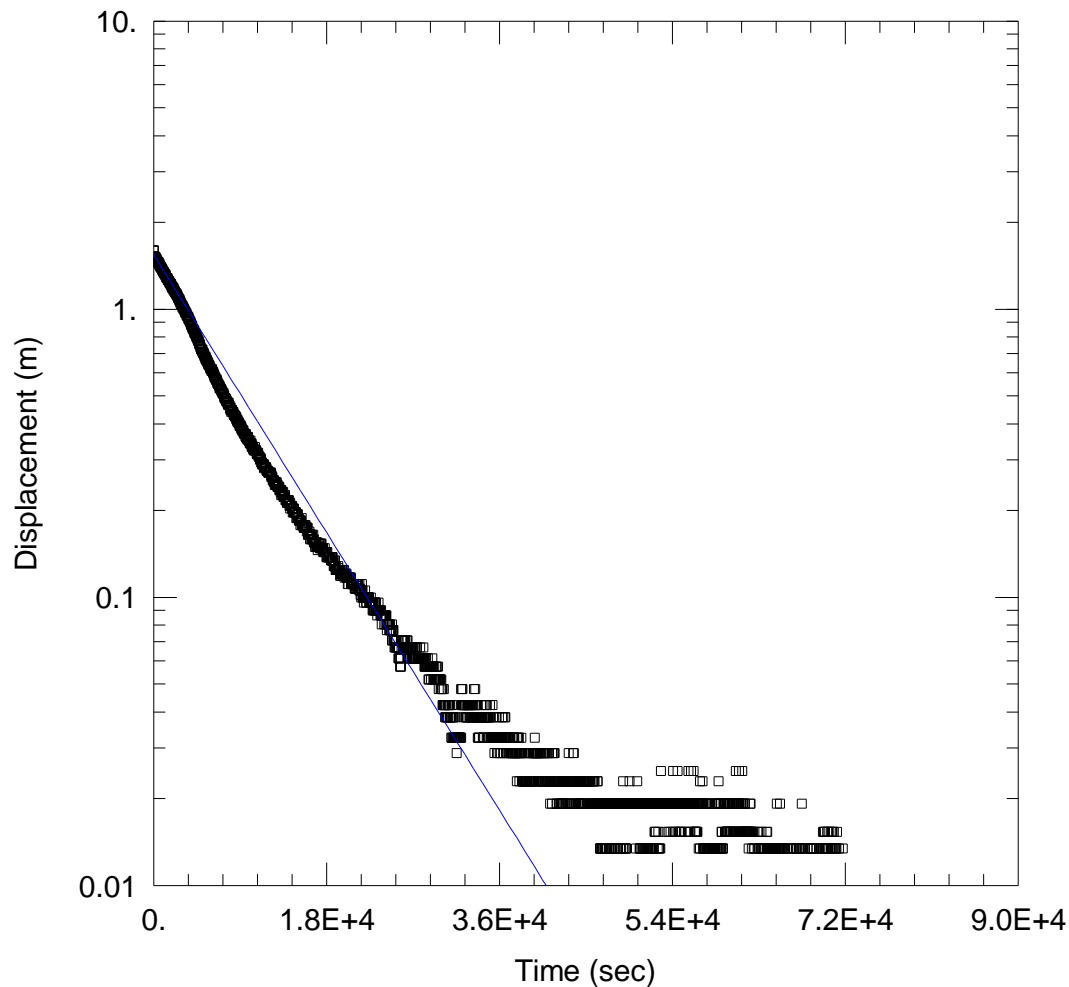
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.0E-10 m/sec

y0 = 1.876 m



SLUGTEST

Data Set: \\...\BH2208YB_slug.aqt

Date: 10/19/23

Time: 10:13:05

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite

Test Well: BH2208_YB

Test Date: 2022/08/31

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 2.3 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2208YB)

Initial Displacement: 1.595 m

Static Water Column Height: 3.11 m

Total Well Penetration Depth: 2.85 m

Screen Length: 2.3 m

Casing Radius: 0.0575 m

Well Radius: 0.0575 m

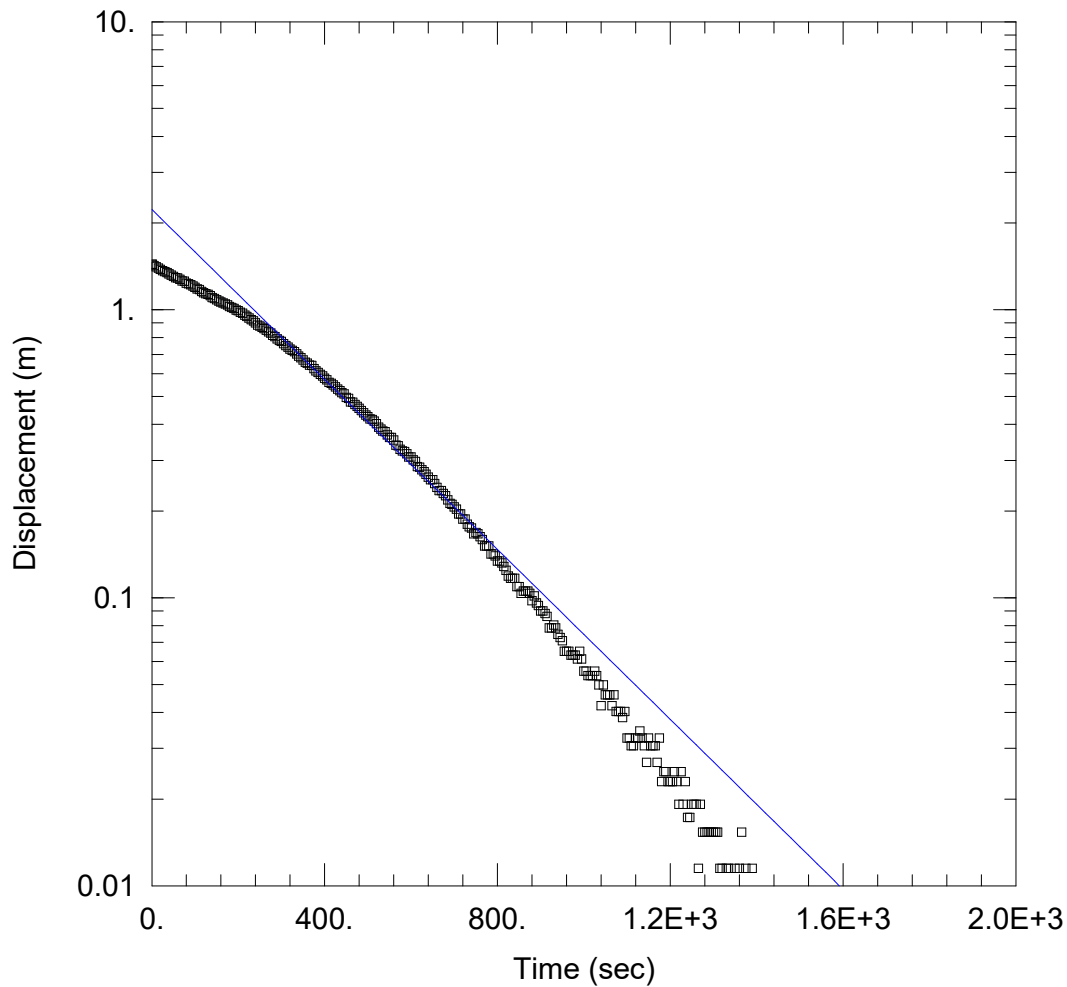
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 4.696E-7 m/sec

y0 = 1.545 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2214YB.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:12:02

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2214YB
 Test Date: 22/09/20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 1.12 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2214YB)

Initial Displacement: 1.439 m
 Total Well Penetration Depth: 1.12 m
 Casing Radius: 0.0575 m

Static Water Column Height: 1.12 m
 Screen Length: 1.12 m
 Well Radius: 0.0575 m

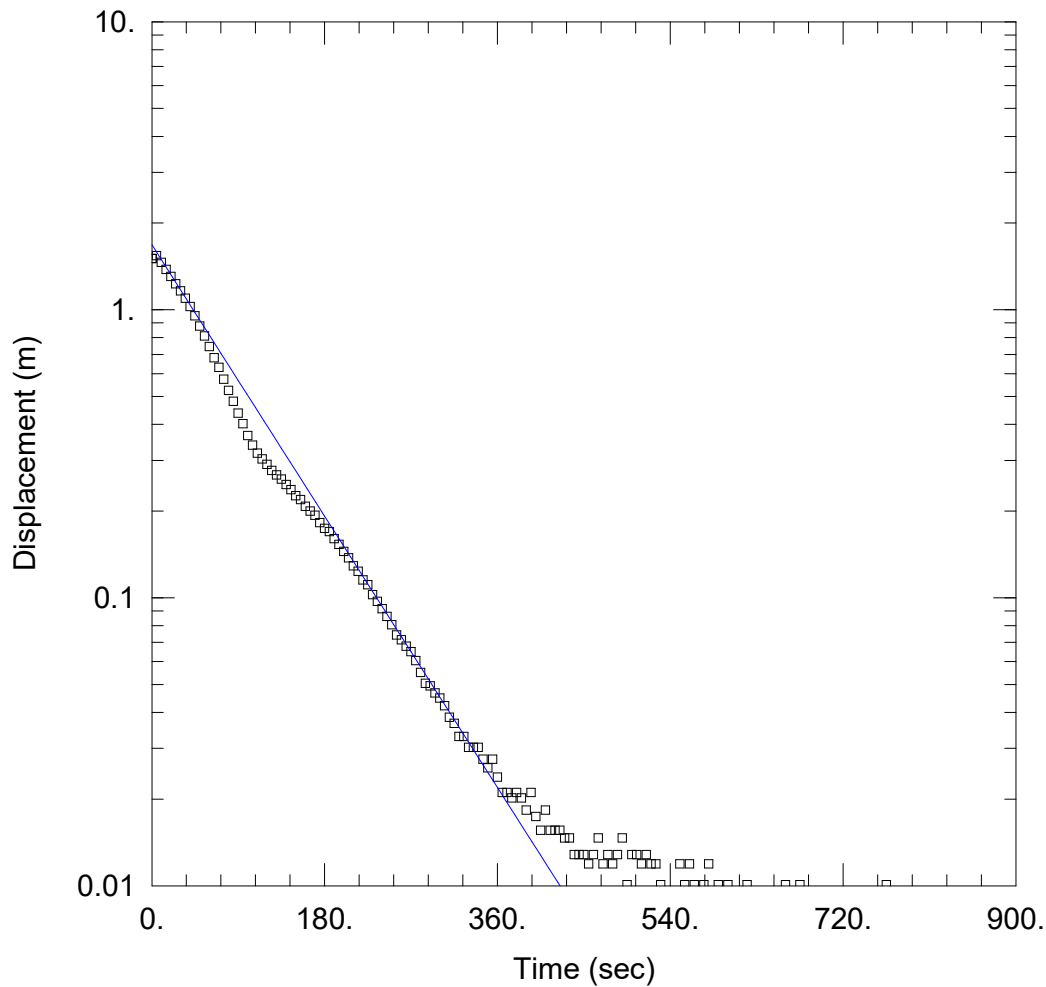
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 2.657E-5 m/sec

y0 = 2.231 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2215YB.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:12:17

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2215YB
 Test Date: 22/09/20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 1.12 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2215YB)

Initial Displacement: 1.505 m
 Total Well Penetration Depth: 1.12 m
 Casing Radius: 0.0575 m

Static Water Column Height: 1.12 m
 Screen Length: 1.12 m
 Well Radius: 0.0575 m

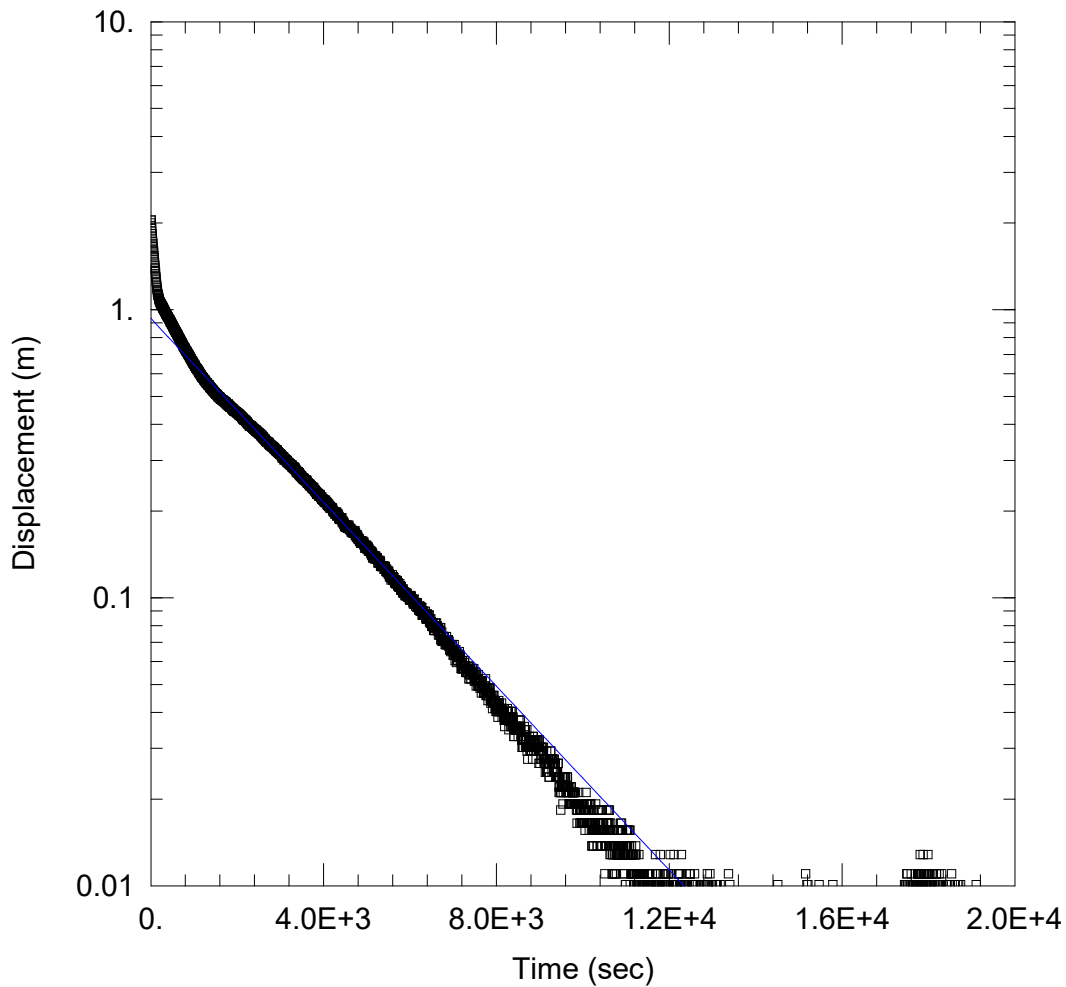
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 9.428E-5 m/sec

y0 = 1.683 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2216YB.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:13:02

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2216YB
 Test Date: 22/09/20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.67 m

Anisotropy Ratio (K_z/K_r): 0.1

WELL DATA (BH2216YB)

Initial Displacement: 2.048 m
 Total Well Penetration Depth: 0.67 m
 Casing Radius: 0.0575 m

Static Water Column Height: 0.67 m
 Screen Length: 0.67 m
 Well Radius: 0.0575 m

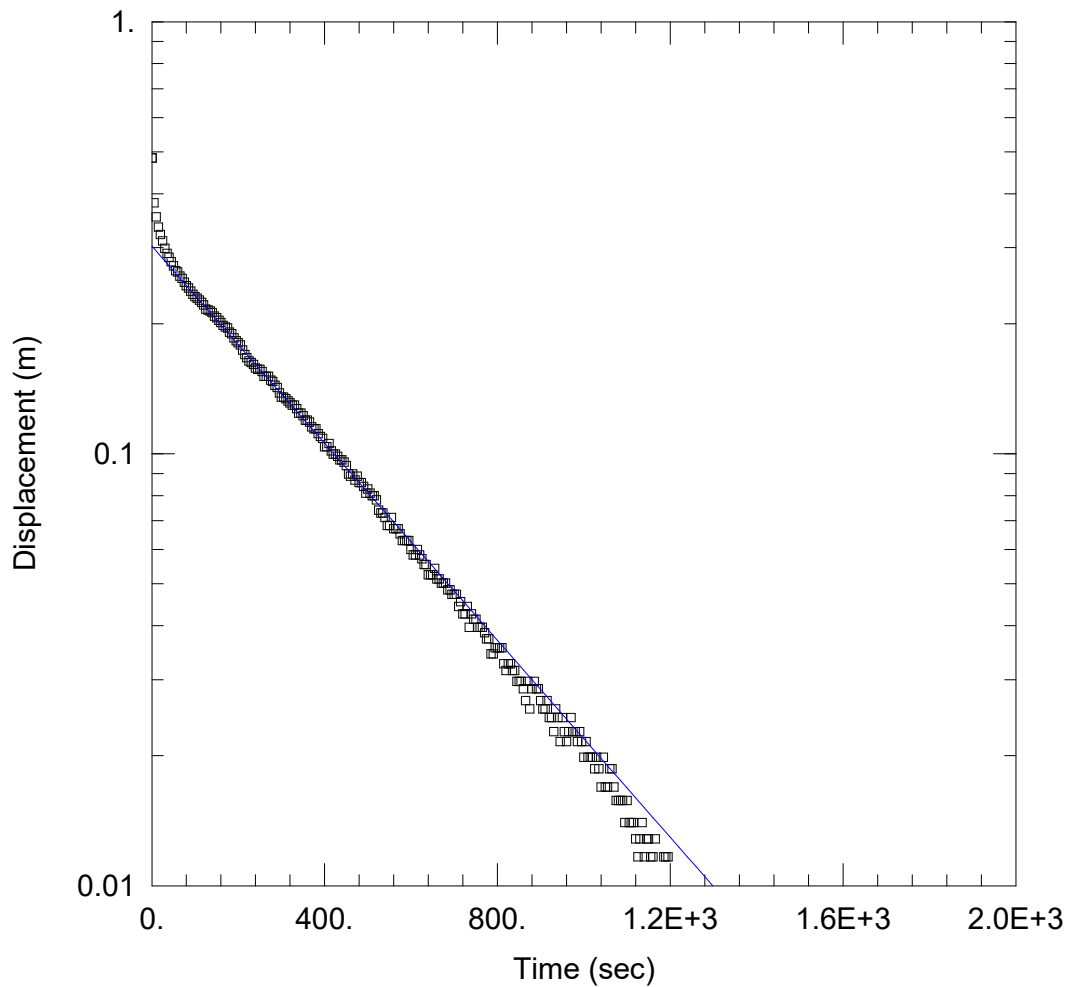
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

$K = 4.805E-6$ m/sec

$y_0 = 0.9332$ m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2218YB.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:12:41

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite

Test Well: BH2218YB

Test Date: 22/09/20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.1 m

Anisotropy Ratio (K_z/K_r): 0.1

WELL DATA (BH2218YB)

Initial Displacement: 0.4836 m

Static Water Column Height: 0.1 m

Total Well Penetration Depth: 0.1 m

Screen Length: 0.1 m

Casing Radius: 0.0575 m

Well Radius: 0.0575 m

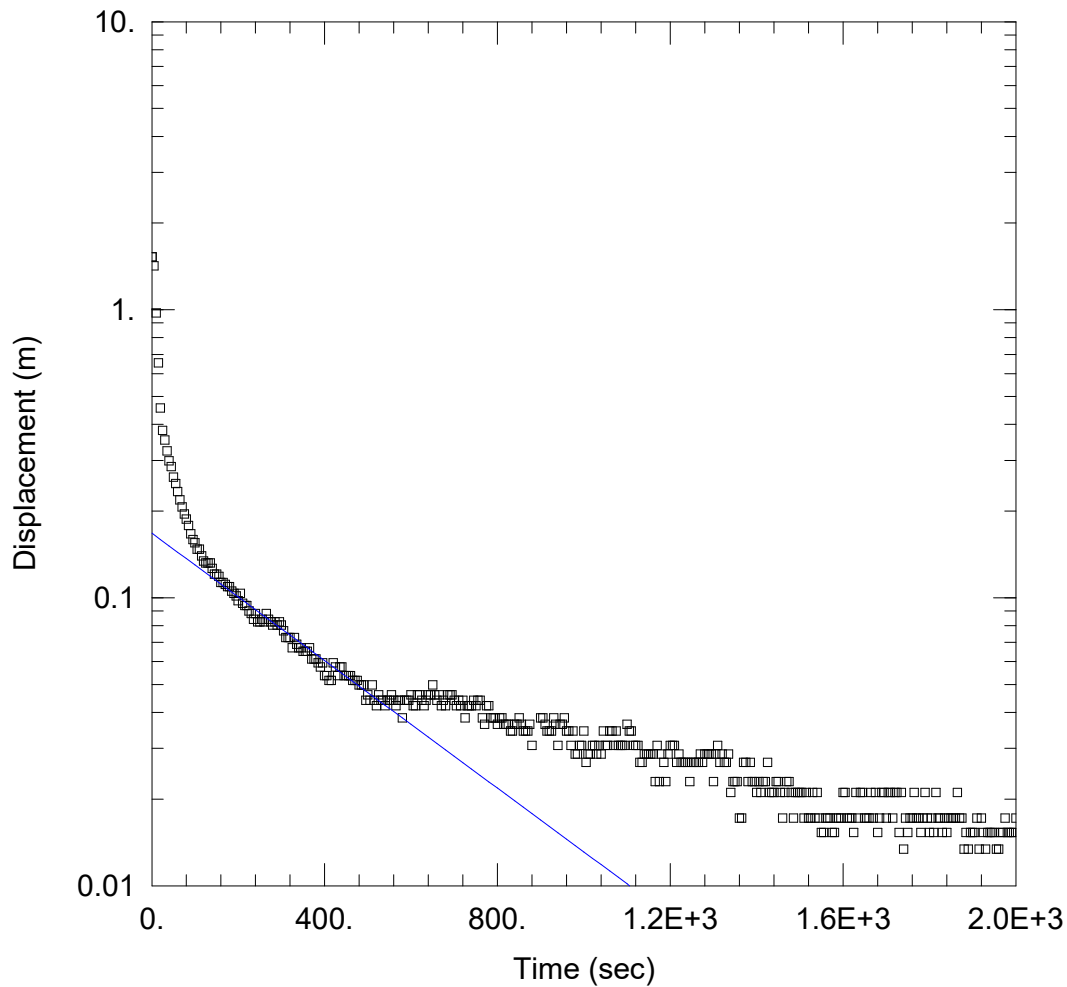
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

$K = 0.00023$ m/sec

$y_0 = 0.3024$ m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2219YB.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:12:29

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2219YB
 Test Date: 22/09/20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.24 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2219YB)

Initial Displacement: 1.526 m
 Total Well Penetration Depth: 0.24 m
 Casing Radius: 0.0575 m

Static Water Column Height: 0.24 m
 Screen Length: 0.24 m
 Well Radius: 0.0575 m

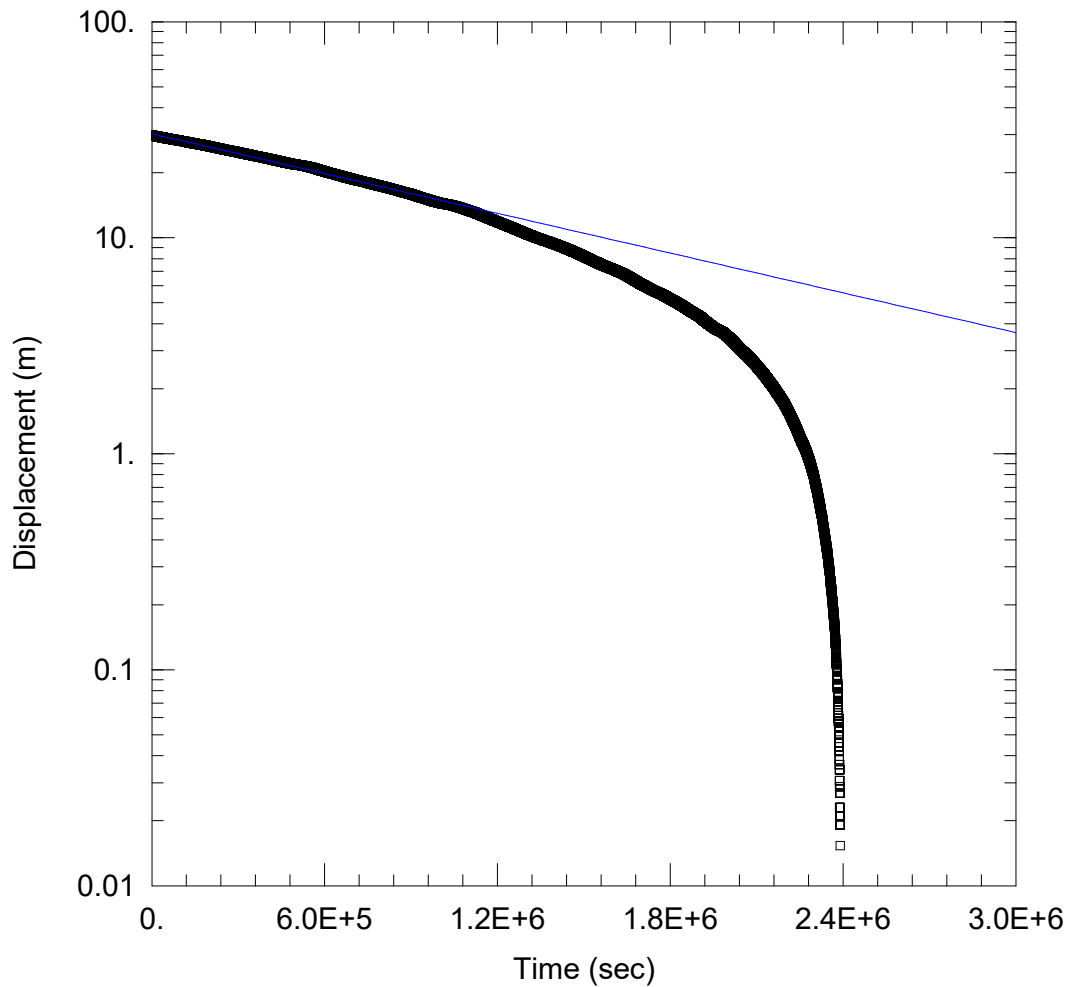
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 9.302E-5 m/sec

y0 = 0.1677 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2220.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:19:43

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite

Test Well: BH2220

Test Date: 23/03/01

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 40.57 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2220)

Initial Displacement: 29.75 m

Static Water Column Height: 40.57 m

Total Well Penetration Depth: 50. m

Screen Length: 44. m

Casing Radius: 0.0575 m

Well Radius: 0.0575 m

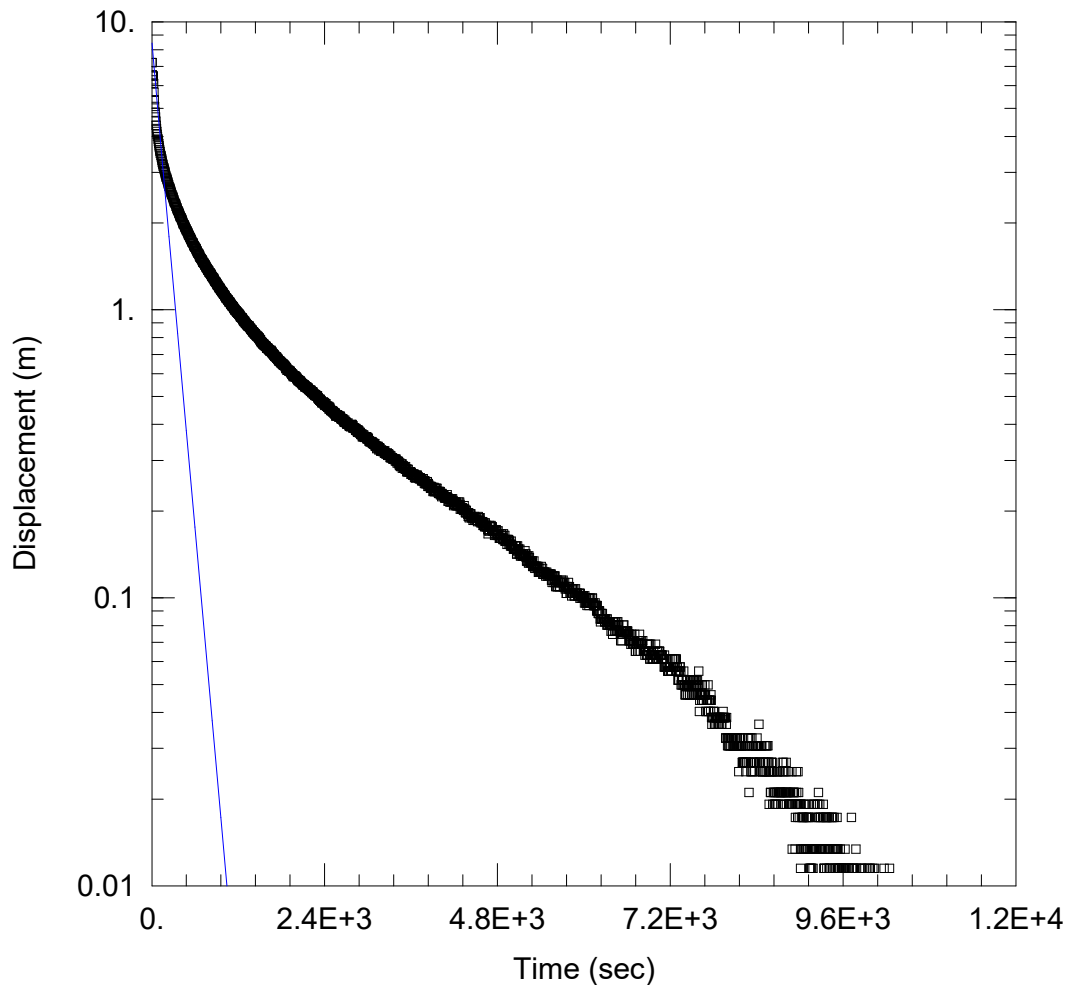
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.525E-10 m/sec

y0 = 30.3 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2251.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:28:05

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2251

Test Date: 2023-02-07

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 48.7 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2251)

Initial Displacement: 7.214 m

Static Water Column Height: 48.7 m

Total Well Penetration Depth: 48.7 m

Screen Length: 48.7 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

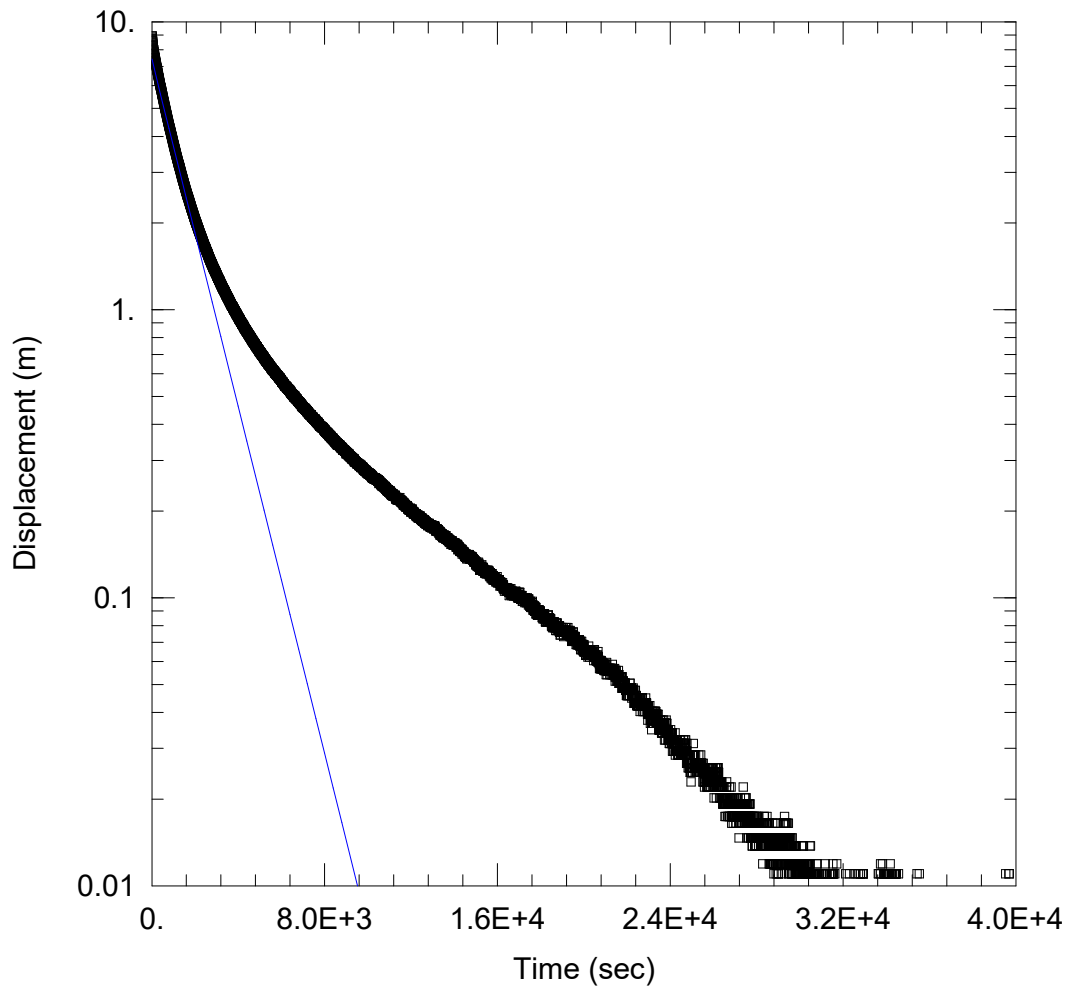
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 7.914E-7 m/sec

y0 = 8.432 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2252.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:27:53

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2252
 Test Date: 2023-02-07

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 45.86 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2252)

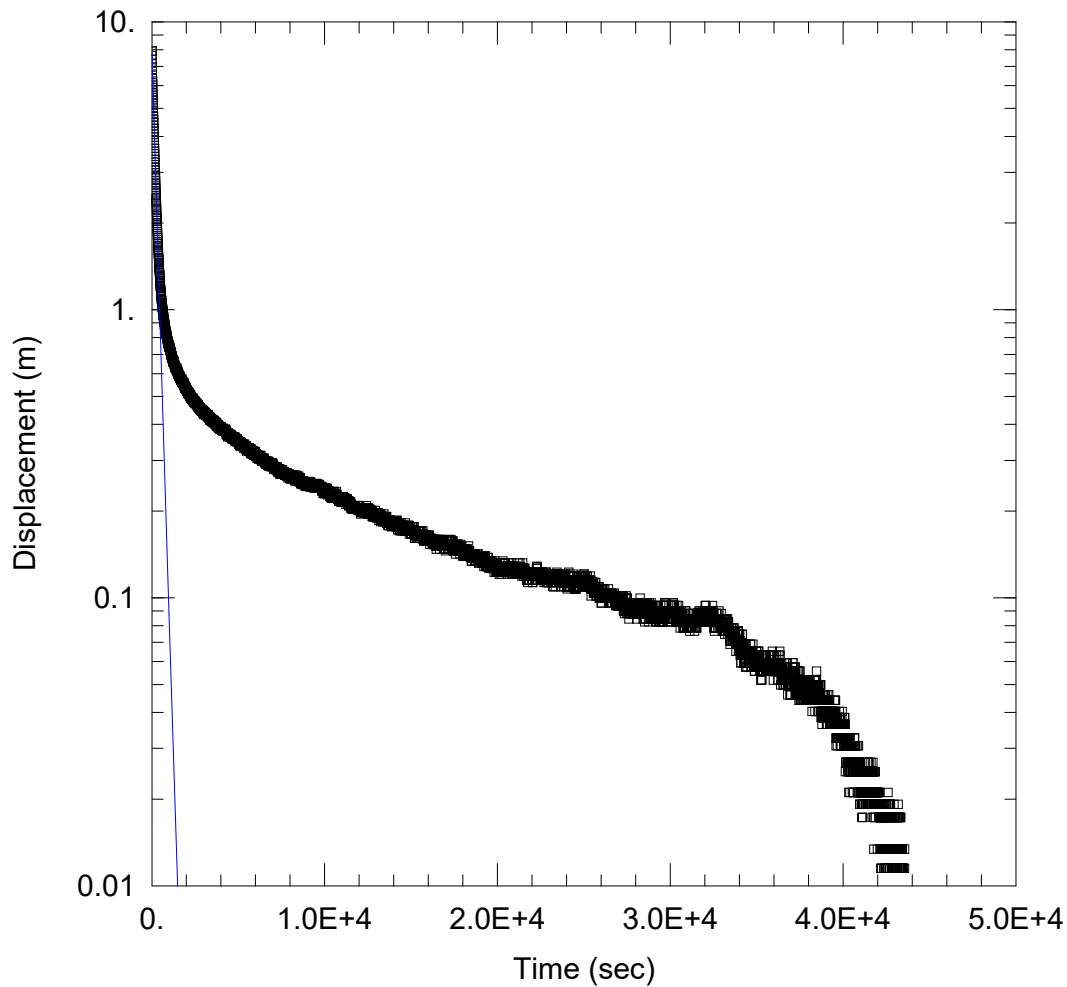
Initial Displacement: 8.931 m
 Total Well Penetration Depth: 45.86 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 45.86 m
 Screen Length: 45.86 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 9.041E-8 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 7.419 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2253.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:27:42

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2253
 Test Date: 2023-02-09

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 42.3 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2253)

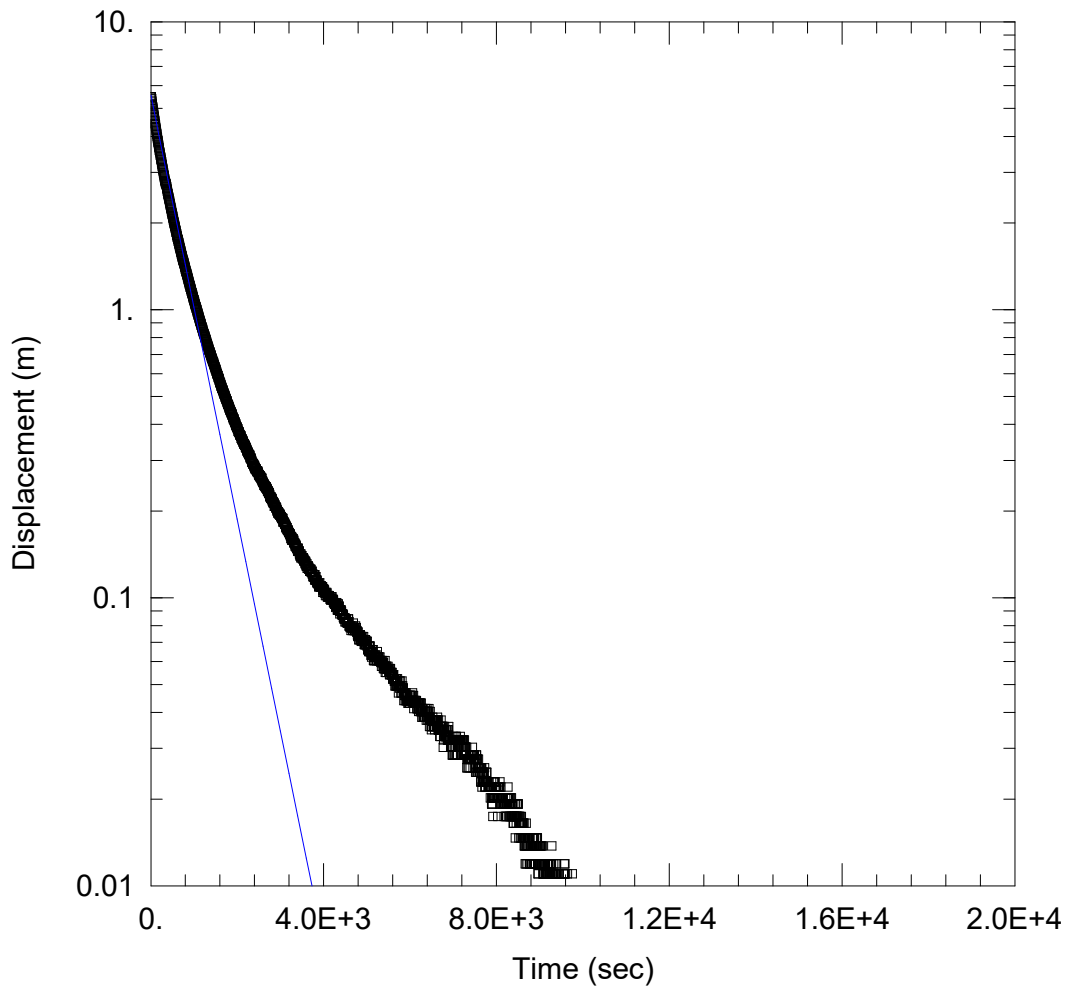
Initial Displacement: 7.906 m
 Total Well Penetration Depth: 42.3 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 42.3 m
 Screen Length: 42.3 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 6.344E-7 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 7.818 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2254.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:27:30

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2254

Test Date: 2023-02-07

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 35.92 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2254)

Initial Displacement: 5.485 m

Static Water Column Height: 35.92 m

Total Well Penetration Depth: 35.92 m

Screen Length: 35.92 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

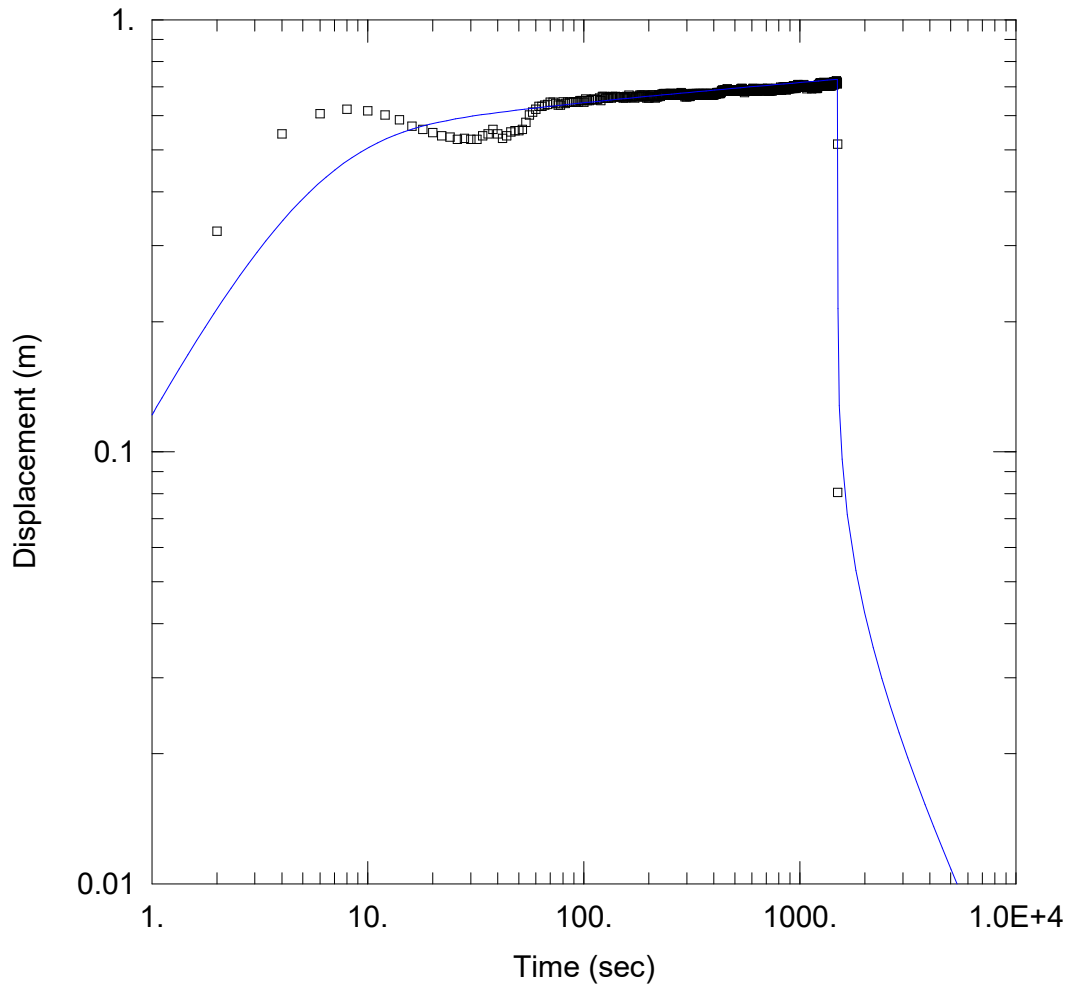
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 2.82E-7 m/sec

y0 = 5.565 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2255.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:27:20

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2255
 Test Date: 2023/02/15

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 37.15 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2255	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2255	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.002607 m²/sec

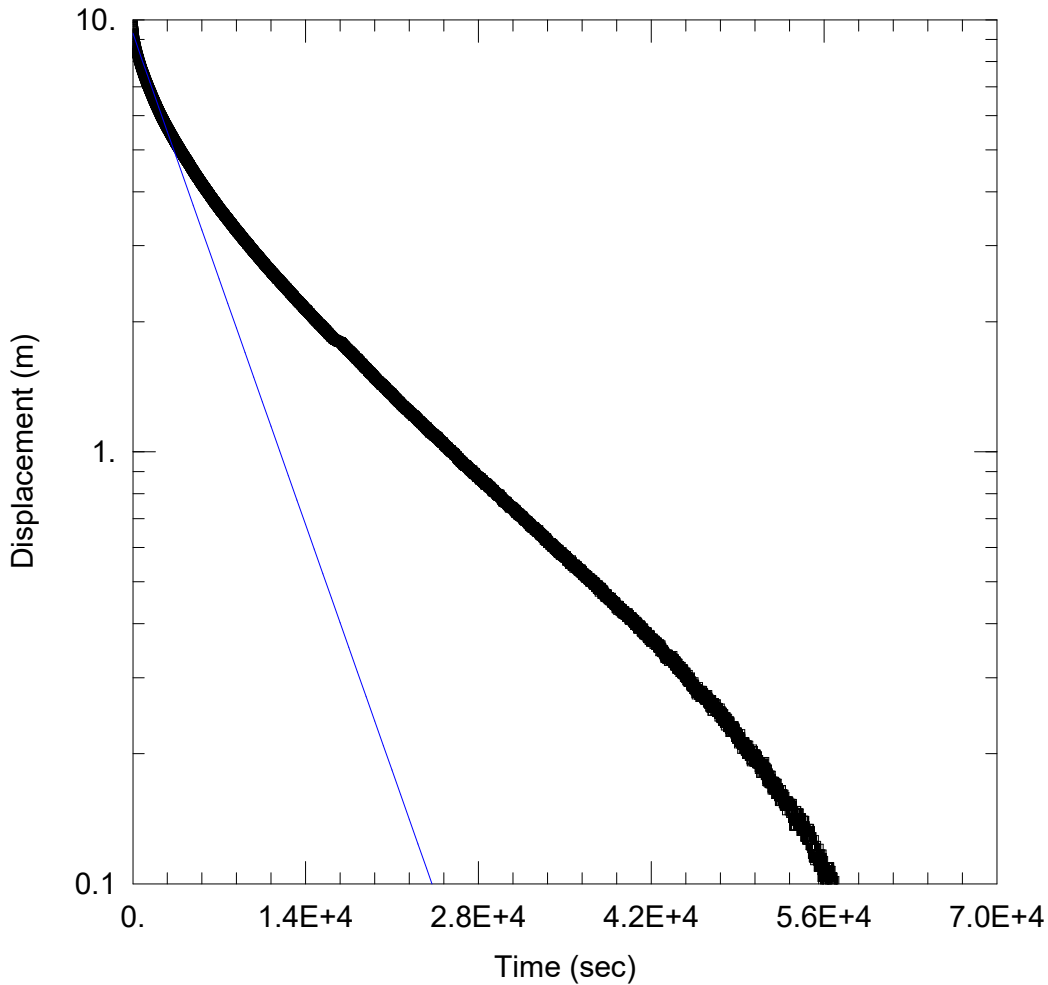
S = 1.701E-7

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0475 m

r(c) = 0.0475 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2256.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:27:08

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2256
 Test Date: 2023/02/15

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 37.2 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2256)

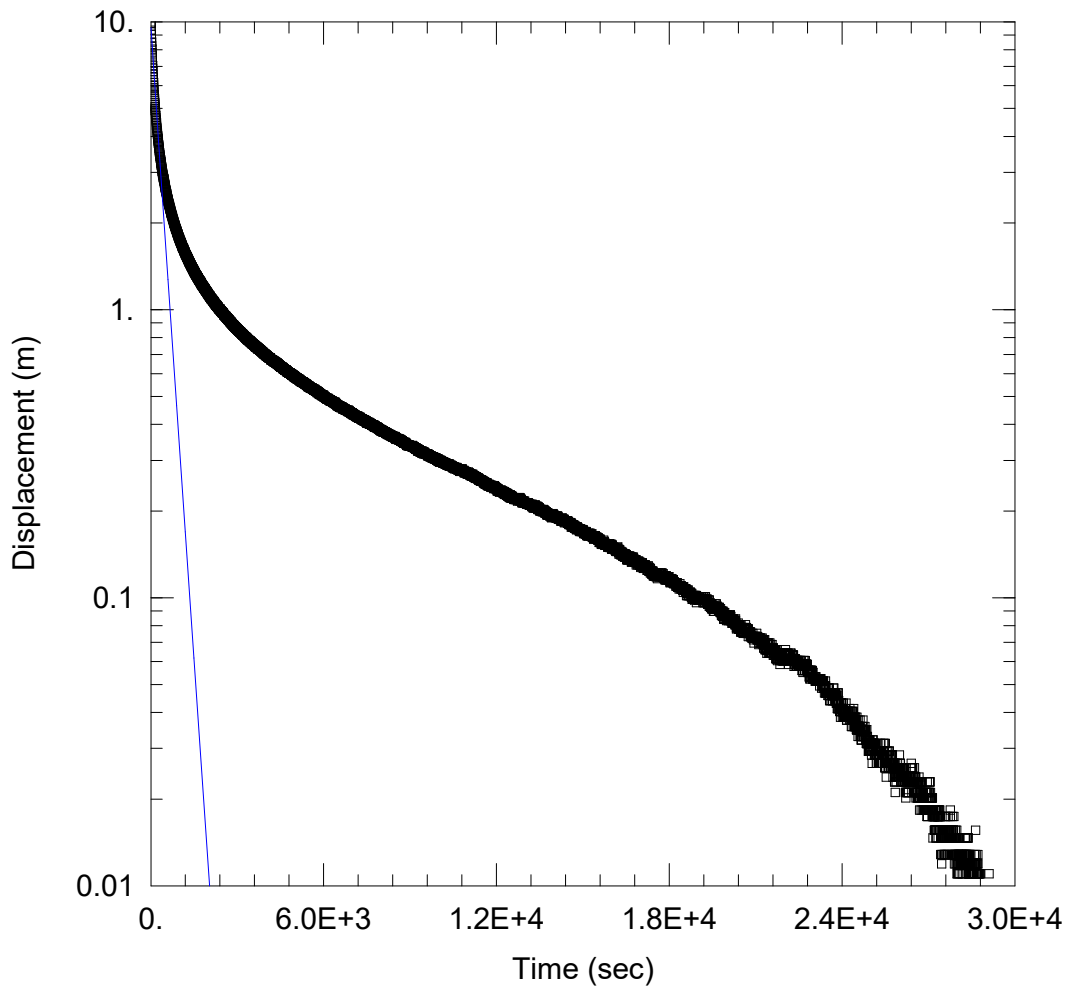
Initial Displacement: 9.73 m
 Total Well Penetration Depth: 37.2 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 37.2 m
 Screen Length: 37.2 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 3.005E-8 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 9.304 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2257.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:26:56

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2257
 Test Date: 2023-02-09

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 36.33 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2257)

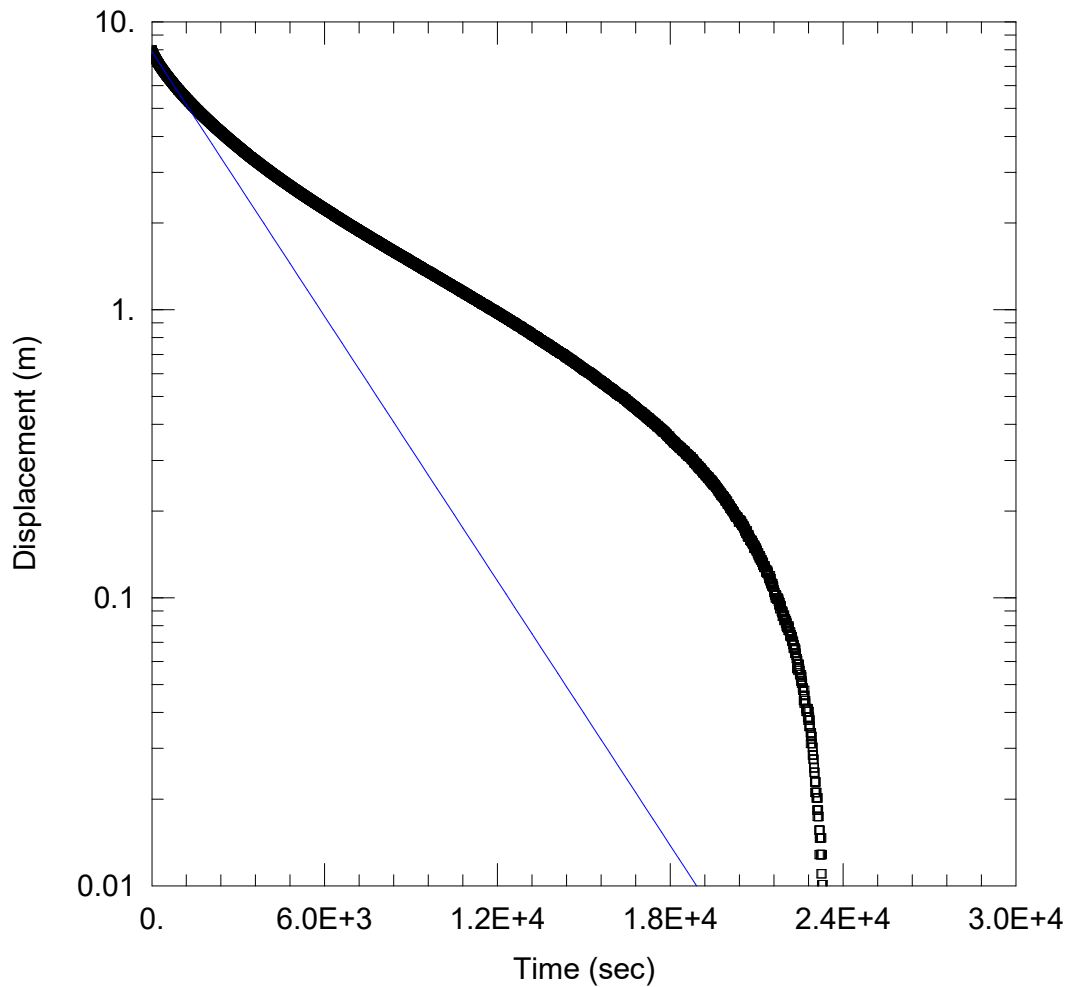
Initial Displacement: 9.86 m
 Total Well Penetration Depth: 36.33 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 36.33 m
 Screen Length: 36.33 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 5.527E-7 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 9.546 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2258.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:26:41

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2258
 Test Date: 2023/02/15

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 47.89 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2258)

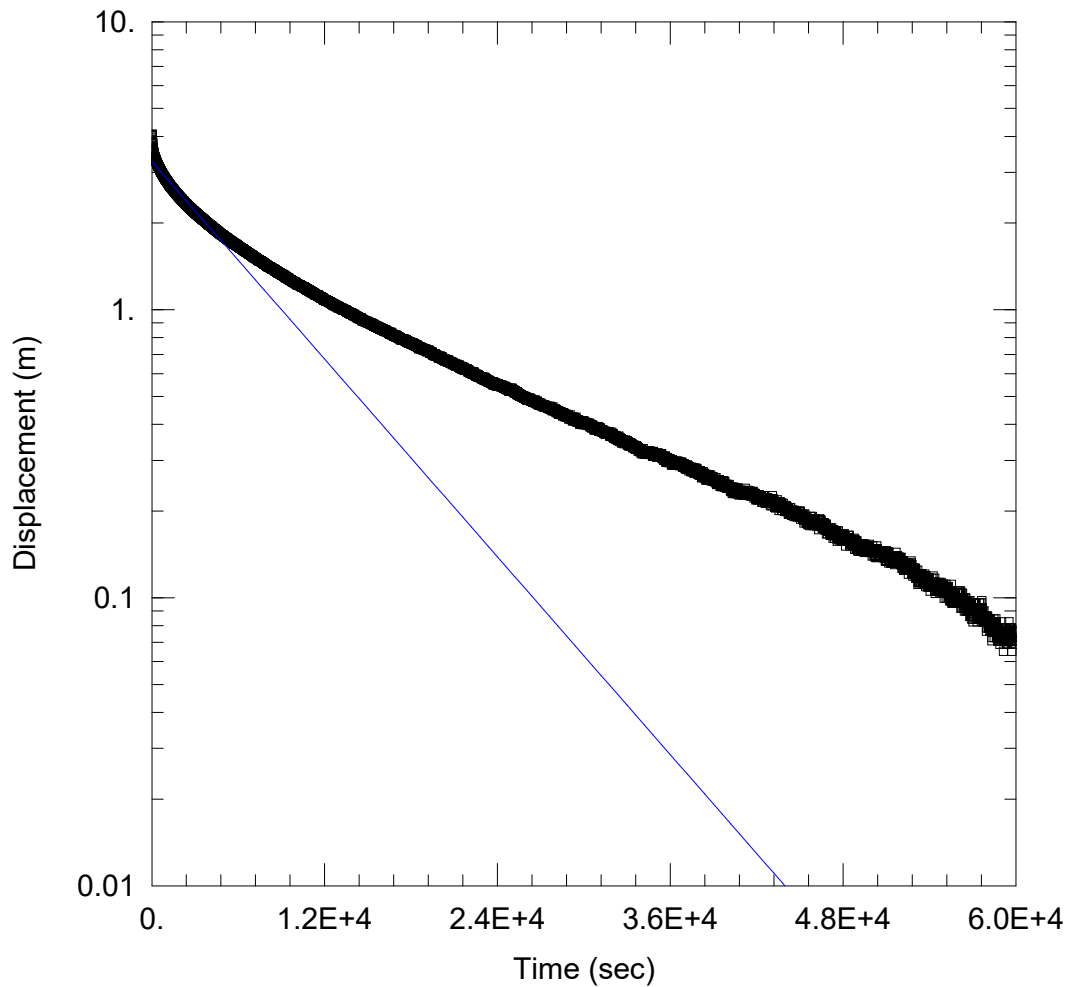
Initial Displacement: 8. m
 Total Well Penetration Depth: 47.89 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 47.89 m
 Screen Length: 47.89 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 4.4E-8 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 7.87 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2260.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:26:18

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2260

Test Date: 2023-02-08

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 32.85 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2260)

Initial Displacement: 4.069 m

Static Water Column Height: 32.85 m

Total Well Penetration Depth: 32.85 m

Screen Length: 32.85 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

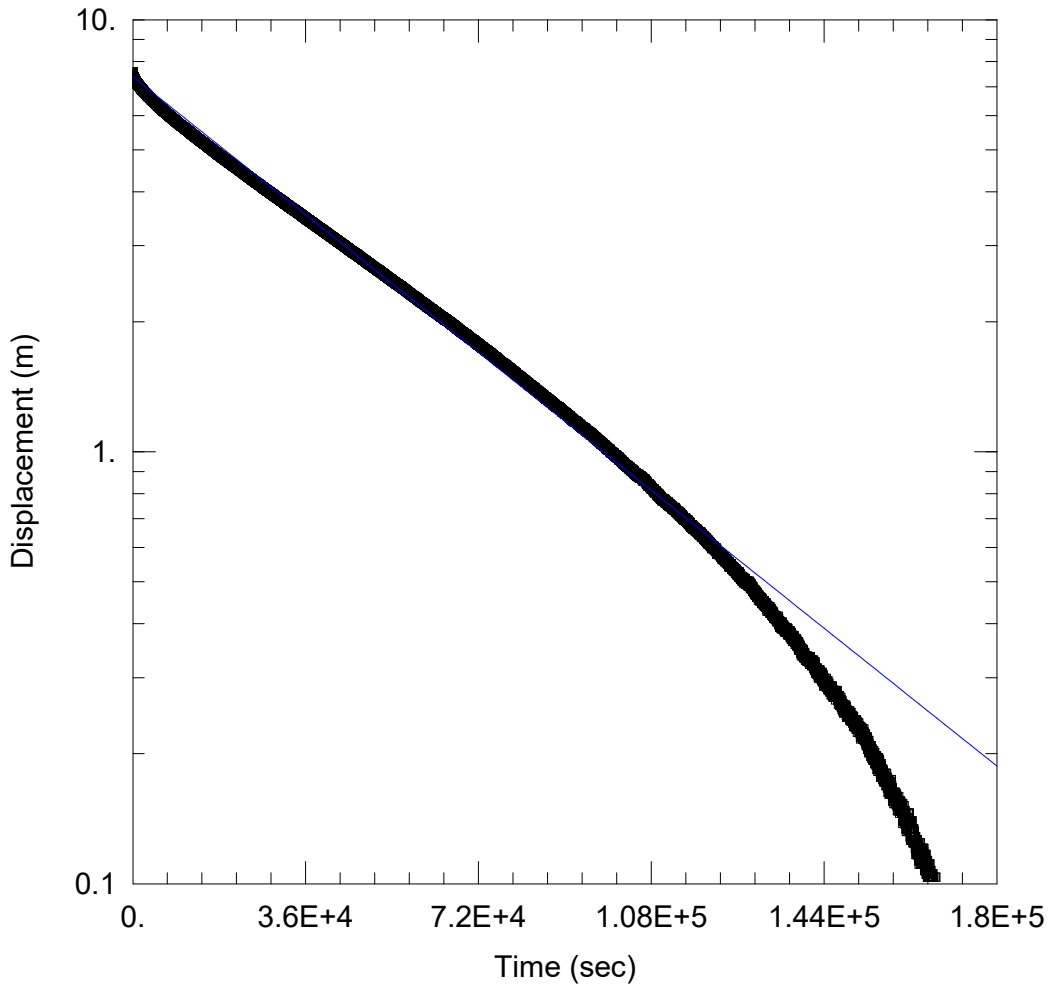
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 2.398E-8 m/sec

y0 = 3.28 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2261.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:38:36

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2261
 Test Date: 2023/02/14

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 43.99 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2261)

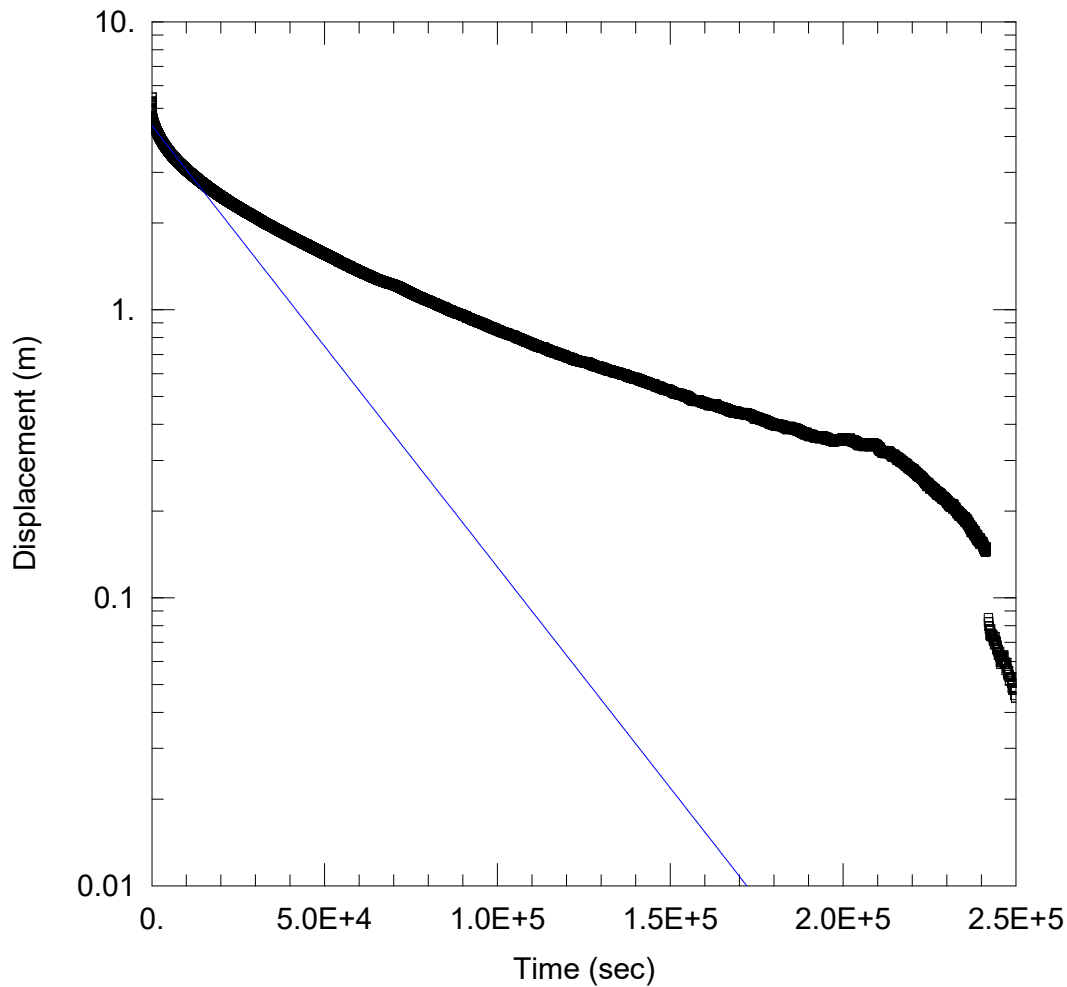
Initial Displacement: 7.58 m
 Total Well Penetration Depth: 43.99 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 43.99 m
 Screen Length: 43.99 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 2.774E-9 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 7.388 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2262.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:38:15

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2262

Test Date: 2023-02-09

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 33.98 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2262)

Initial Displacement: 5.477 m

Static Water Column Height: 33.98 m

Total Well Penetration Depth: 33.98 m

Screen Length: 33.98 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

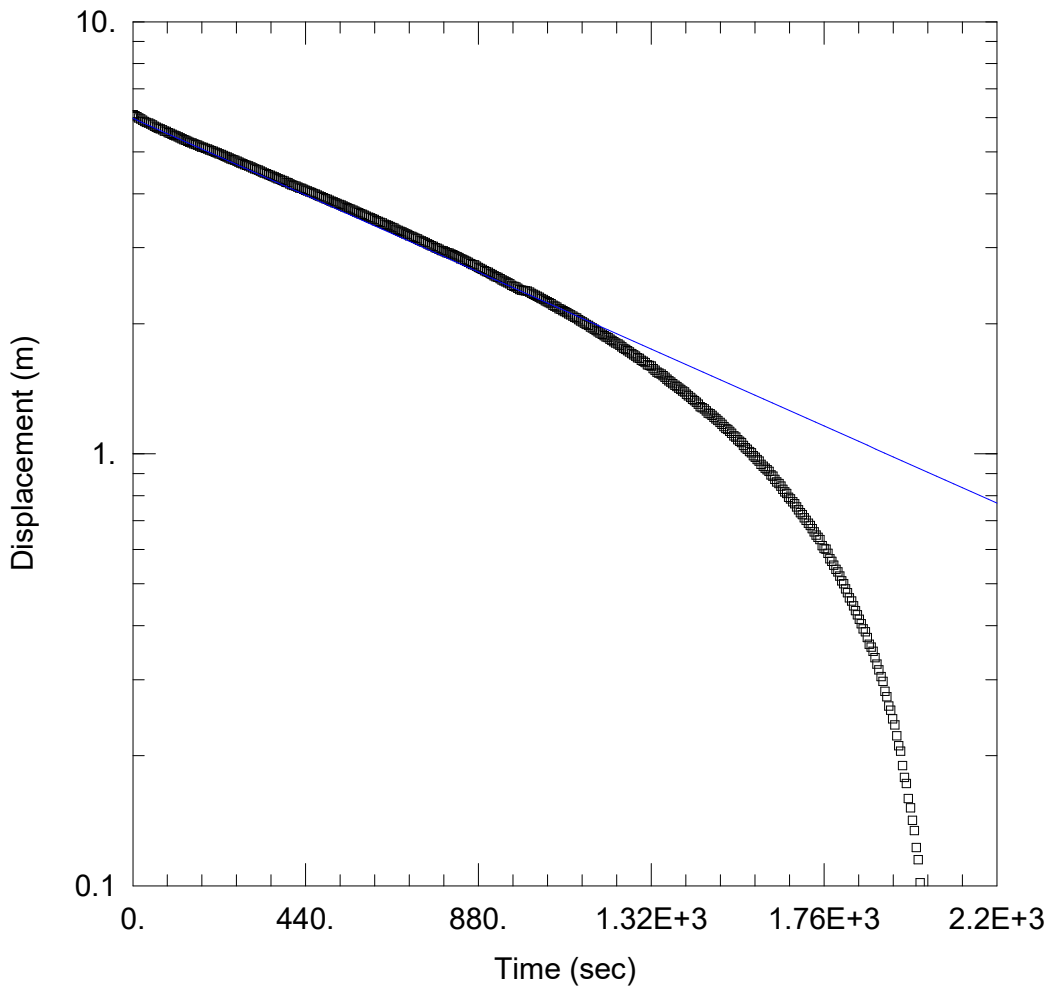
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 6.212E-9 m/sec

y0 = 4.367 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2263.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:38:00

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2263

Test Date: 2023-02-09

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 34.78 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2263)

Initial Displacement: 6.087 m

Static Water Column Height: 34.78 m

Total Well Penetration Depth: 34.78 m

Screen Length: 34.78 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

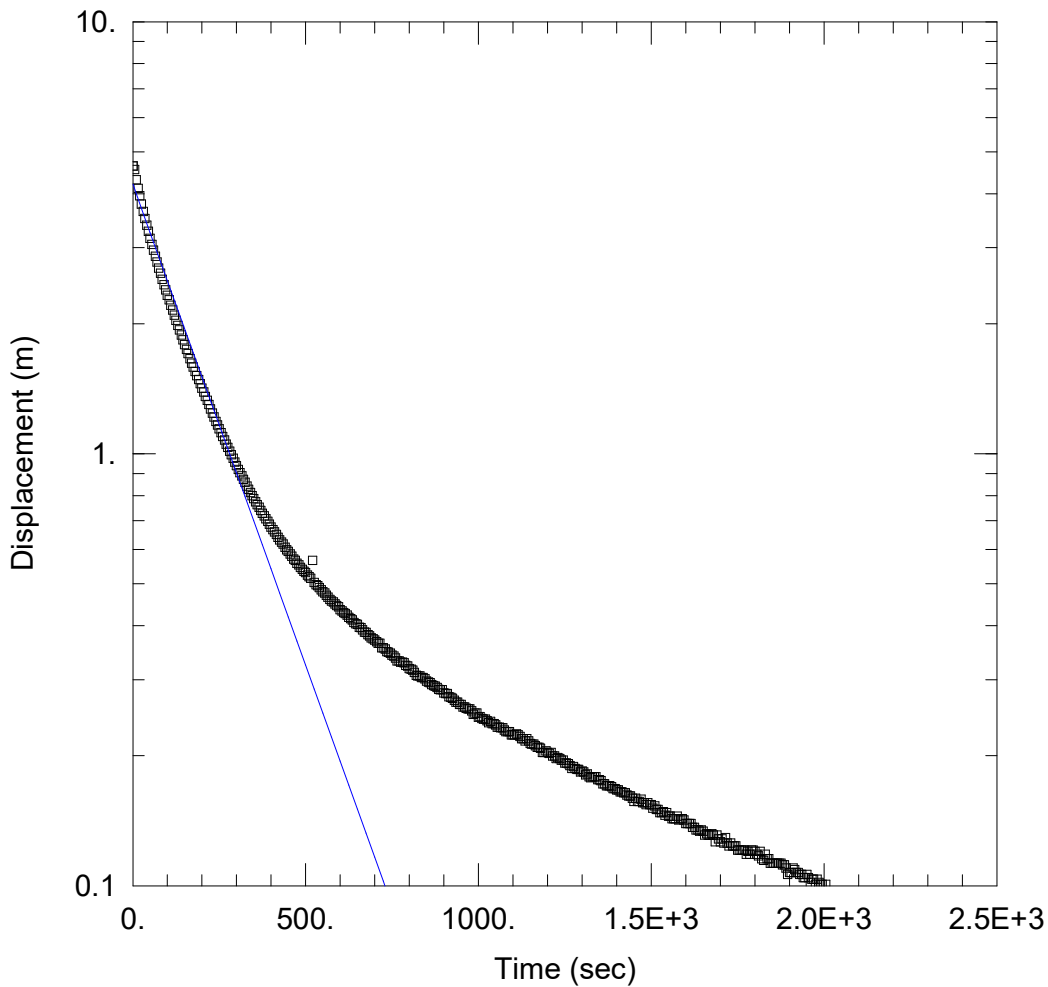
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.602E-7 m/sec

y0 = 5.983 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2264.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:37:51

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2264
 Test Date: 2023-02-09

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 25.68 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2264)

Initial Displacement: 4.636 m
 Total Well Penetration Depth: 25.68 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 25.68 m
 Screen Length: 25.68 m
 Well Radius: 0.0475 m

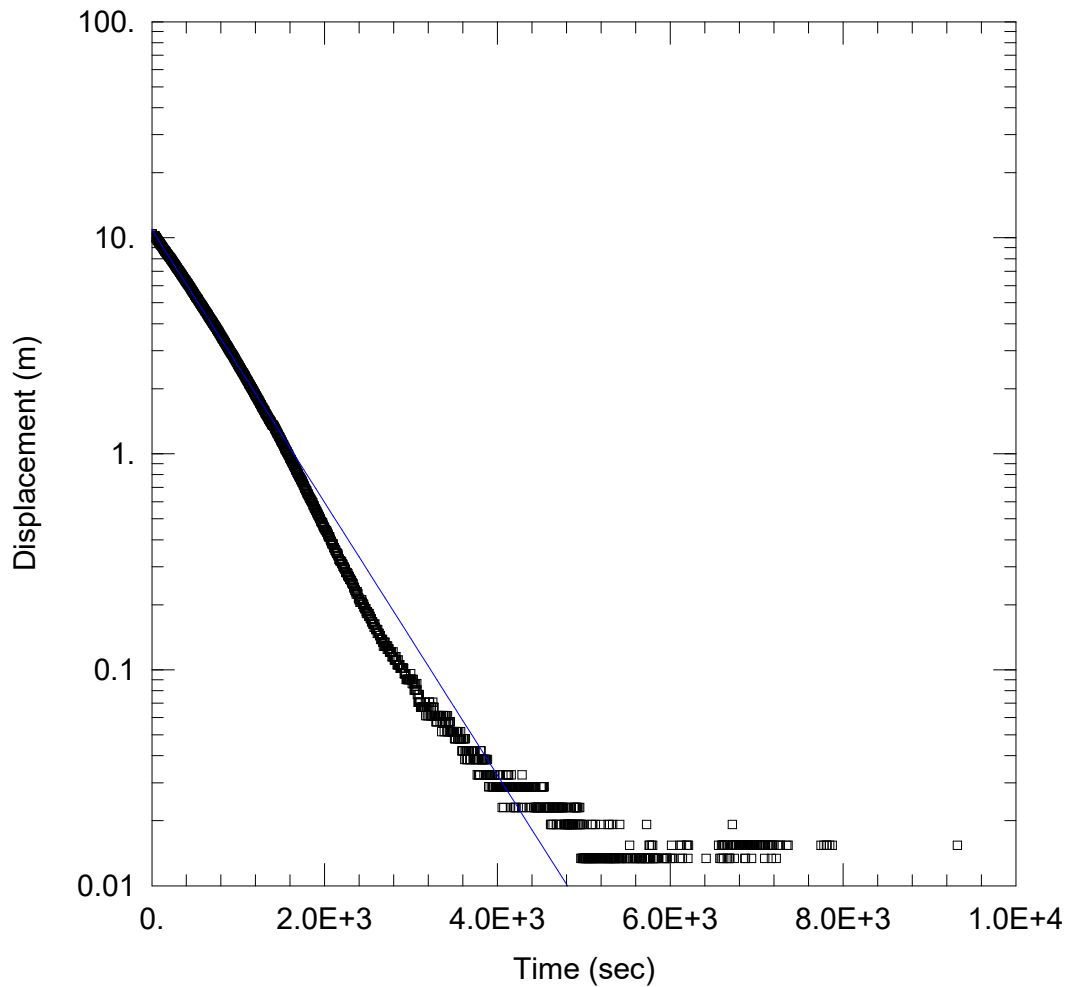
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.192E-6 m/sec

y0 = 4.204 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2265.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:37:41

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2265
 Test Date: 2023/02/15

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 34.4 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2265)

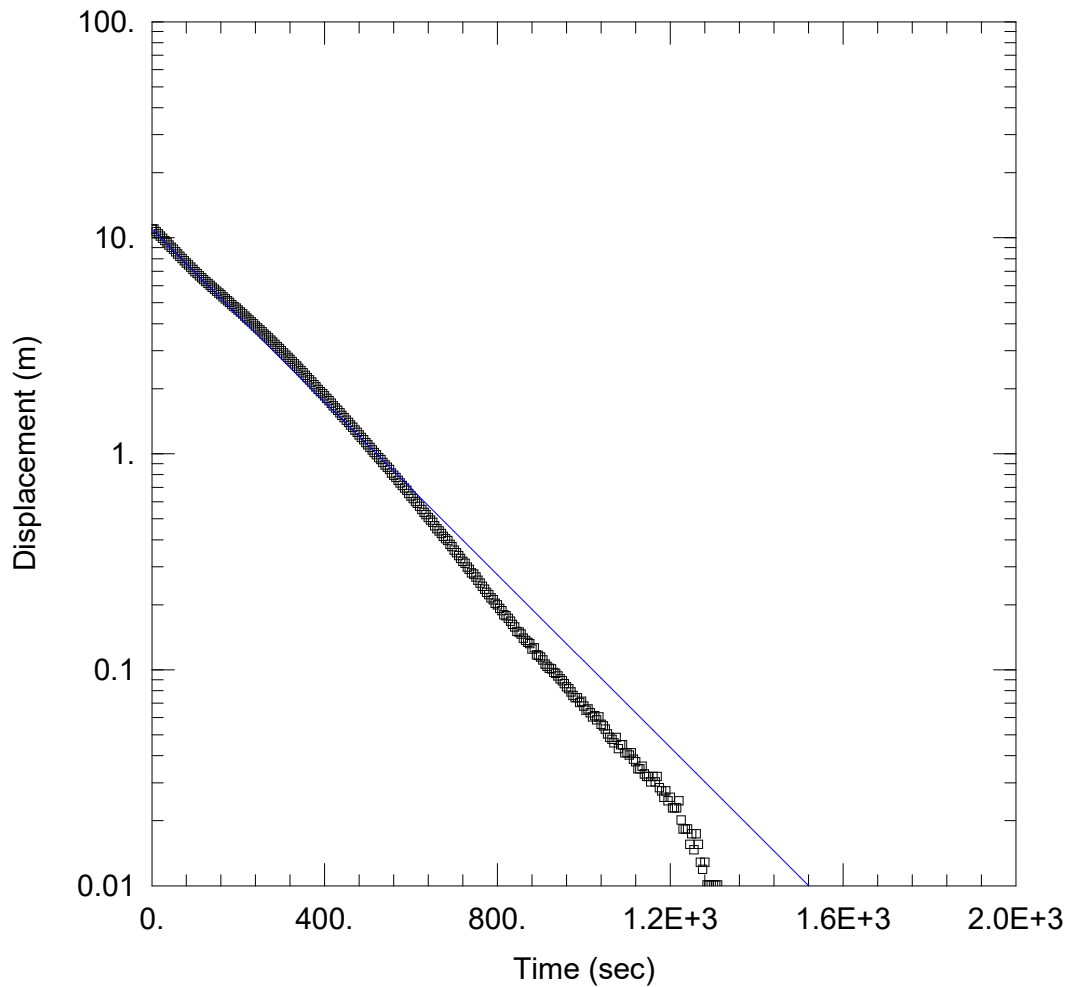
Initial Displacement: 10.44 m
 Total Well Penetration Depth: 34.4 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 34.4 m
 Screen Length: 34.4 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 2.527E-7 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 10.91 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2266.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:37:31

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2266

Test Date: 2023-02-08

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 34.66 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2266)

Initial Displacement: 10.98 m

Static Water Column Height: 34.66 m

Total Well Penetration Depth: 34.66 m

Screen Length: 34.66 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

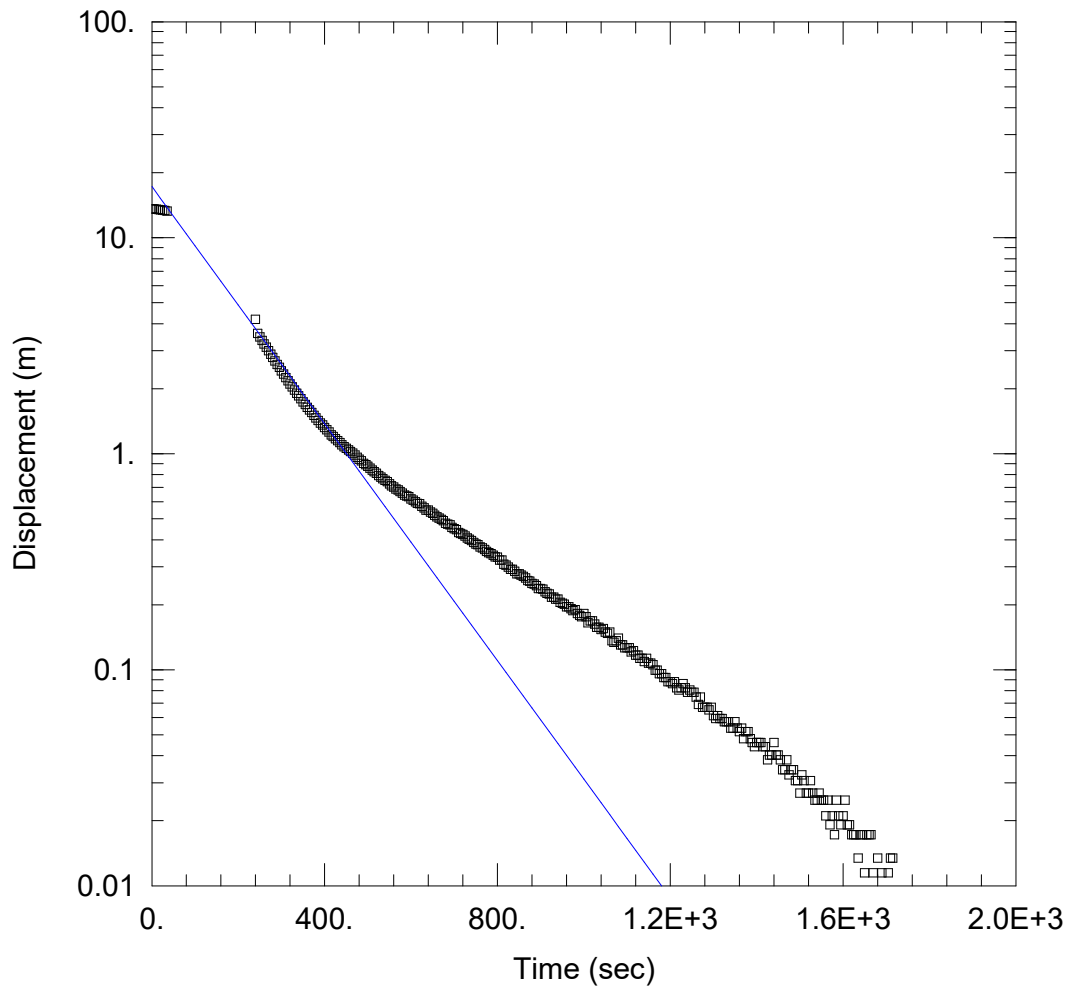
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 7.934E-7 m/sec

y0 = 10.93 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2267.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:37:20

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2267

Test Date: 2023-02-08

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 37.01 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2267)

Initial Displacement: 13.62 m

Static Water Column Height: 37.01 m

Total Well Penetration Depth: 37.01 m

Screen Length: 37.01 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

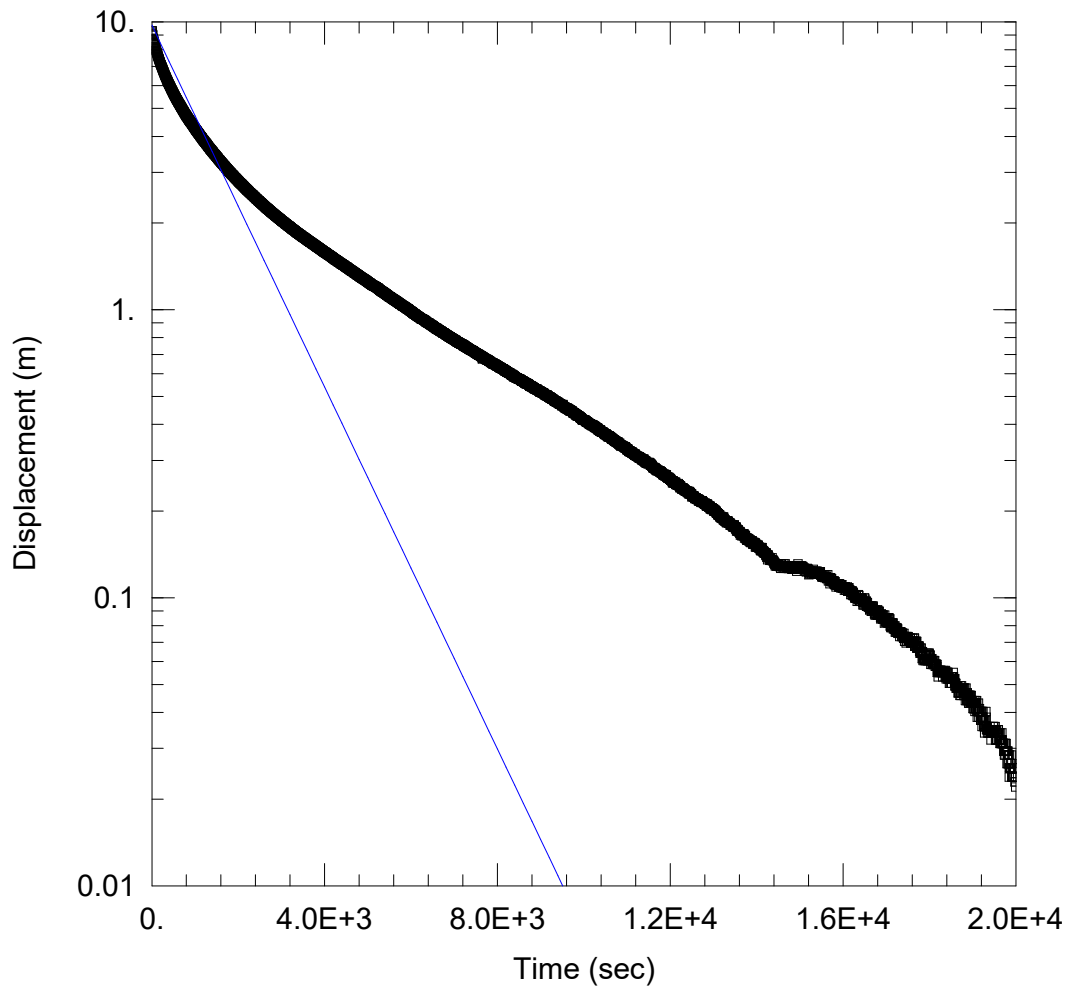
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.02E-6 m/sec

y0 = 17.27 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2268.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:29:08

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2268
 Test Date: 2023/02/14

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 50.97 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2268)

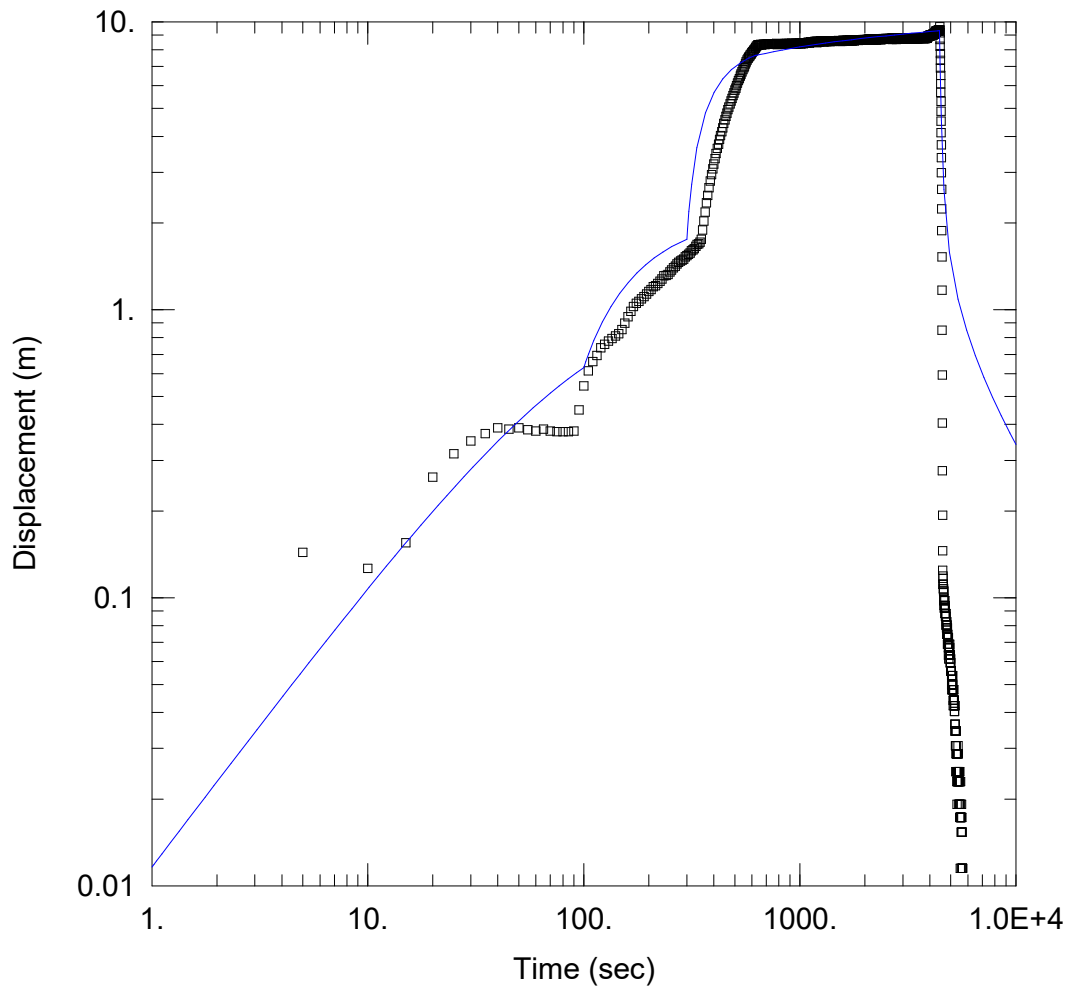
Initial Displacement: 9.3 m
 Total Well Penetration Depth: 50.97 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 50.97 m
 Screen Length: 50.97 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 8.484E-8 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 9.744 m



PUMPTEST

Data Set: Z:\...\BH2269.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:28:47

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2269

Test Date: 2023-02-09

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 34.82 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2269	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2269	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 8.773E-5 m²/sec

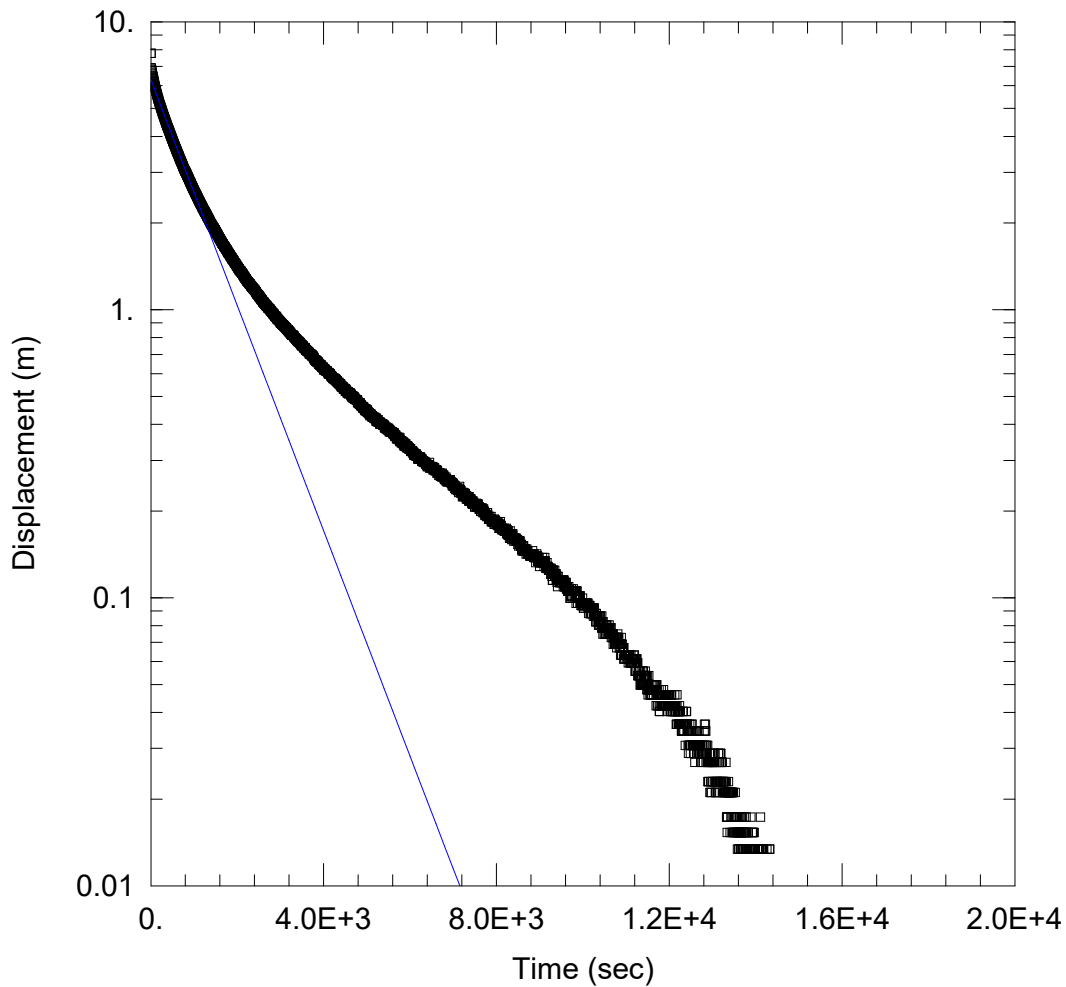
S = 4.765E-5

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0475 m

r(c) = 0.0475 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2270.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:28:35

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2270
 Test Date: 2023-02-08

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 27.22 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2270)

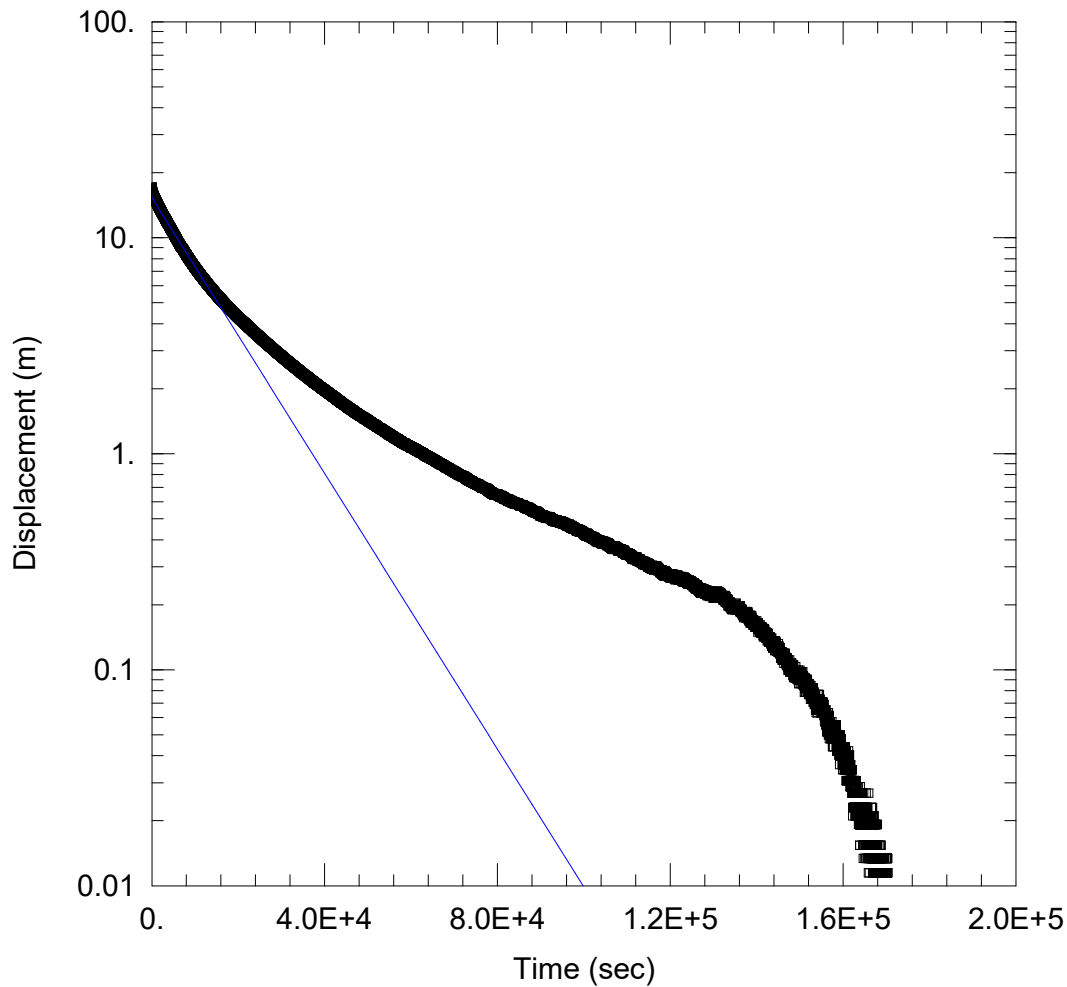
Initial Displacement: 7.772 m
 Total Well Penetration Depth: 27.22 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 27.22 m
 Screen Length: 27.22 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 1.979E-7 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 6.297 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2271.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:42:39

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2271

Test Date: 2023-02-08

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30.92 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2271)

Initial Displacement: 17.13 m

Static Water Column Height: 30.92 m

Total Well Penetration Depth: 30.92 m

Screen Length: 30.92 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

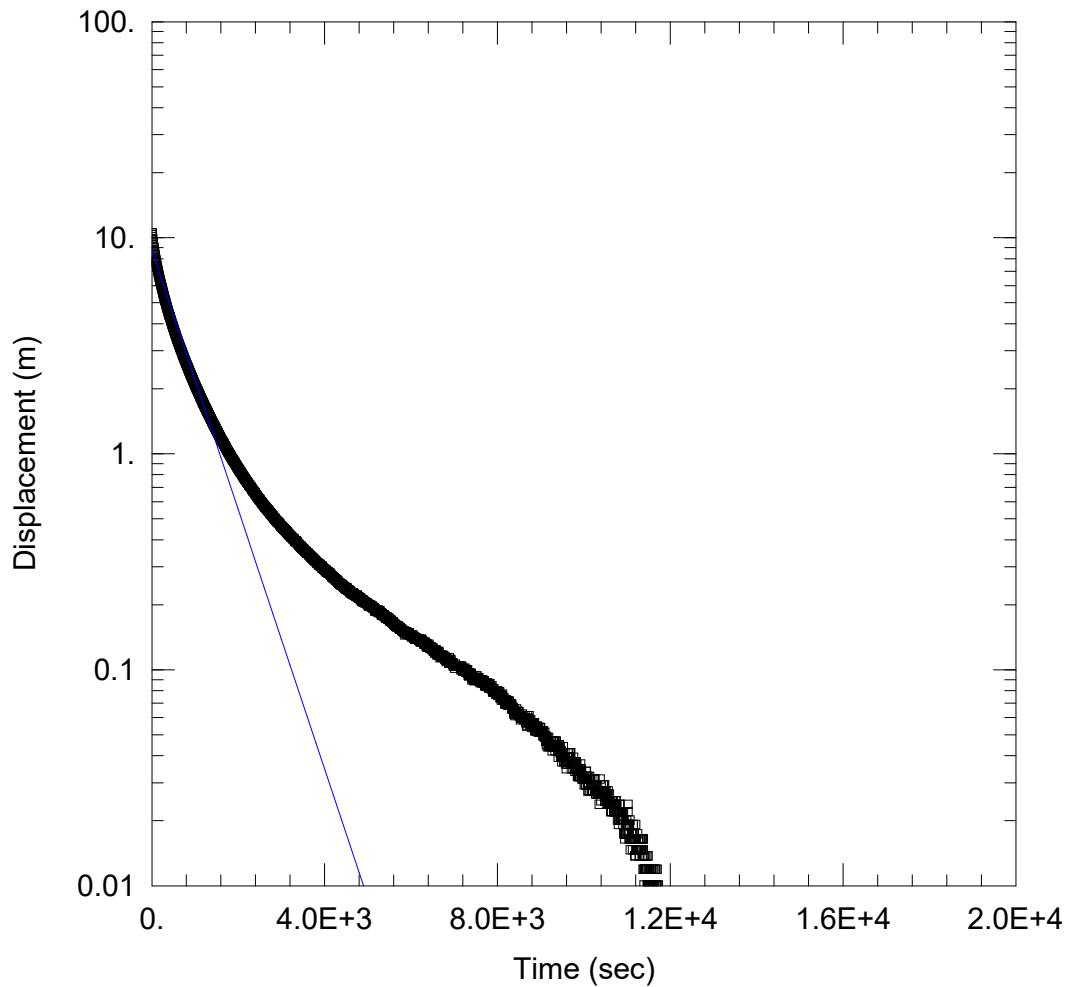
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.421E-8 m/sec

y0 = 15.36 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2272.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:42:26

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2272

Test Date: 2023-02-07

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 33.77 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2272)

Initial Displacement: 10.55 m

Static Water Column Height: 33.77 m

Total Well Penetration Depth: 33.77 m

Screen Length: 33.77 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

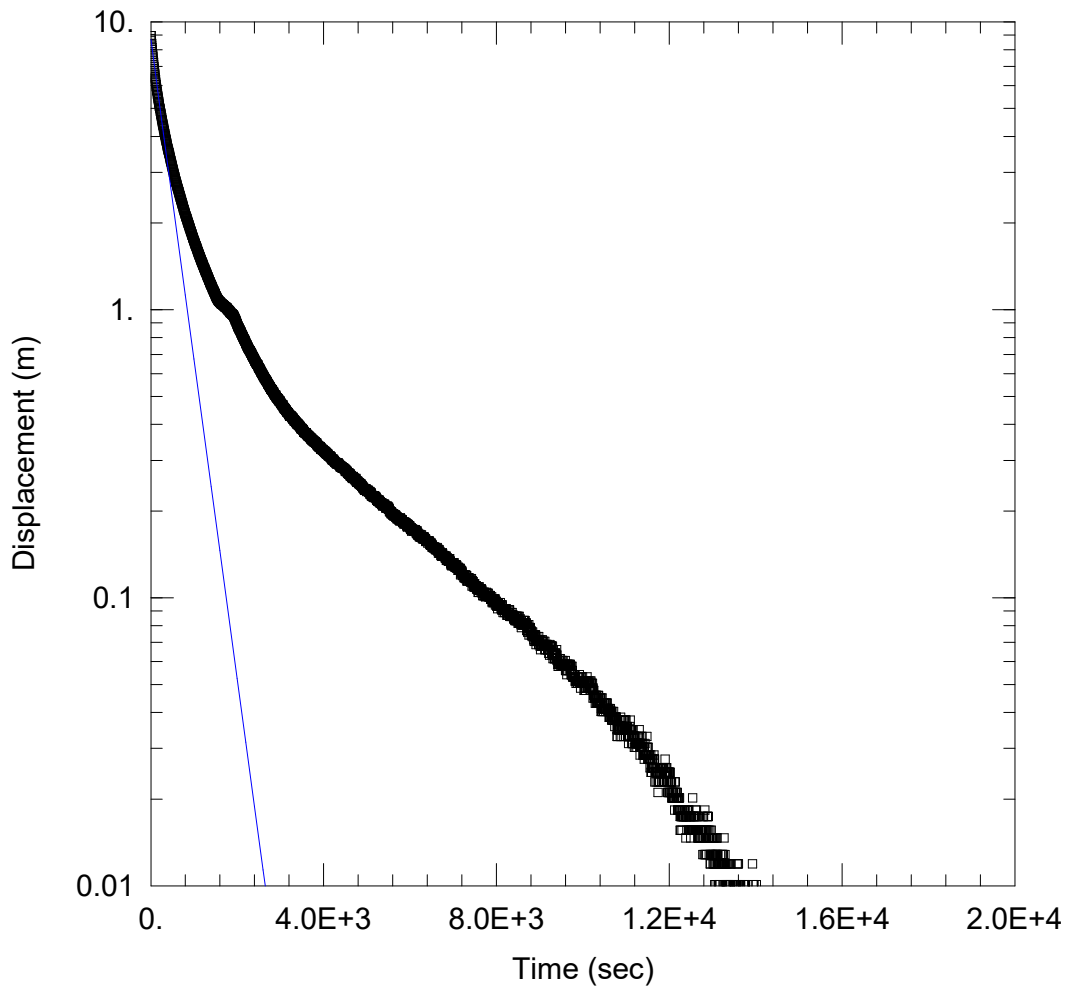
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 2.448E-7 m/sec

y0 = 8.8 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2273.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:42:16

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2273
 Test Date: 2023/02/08

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 26.48 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2273)

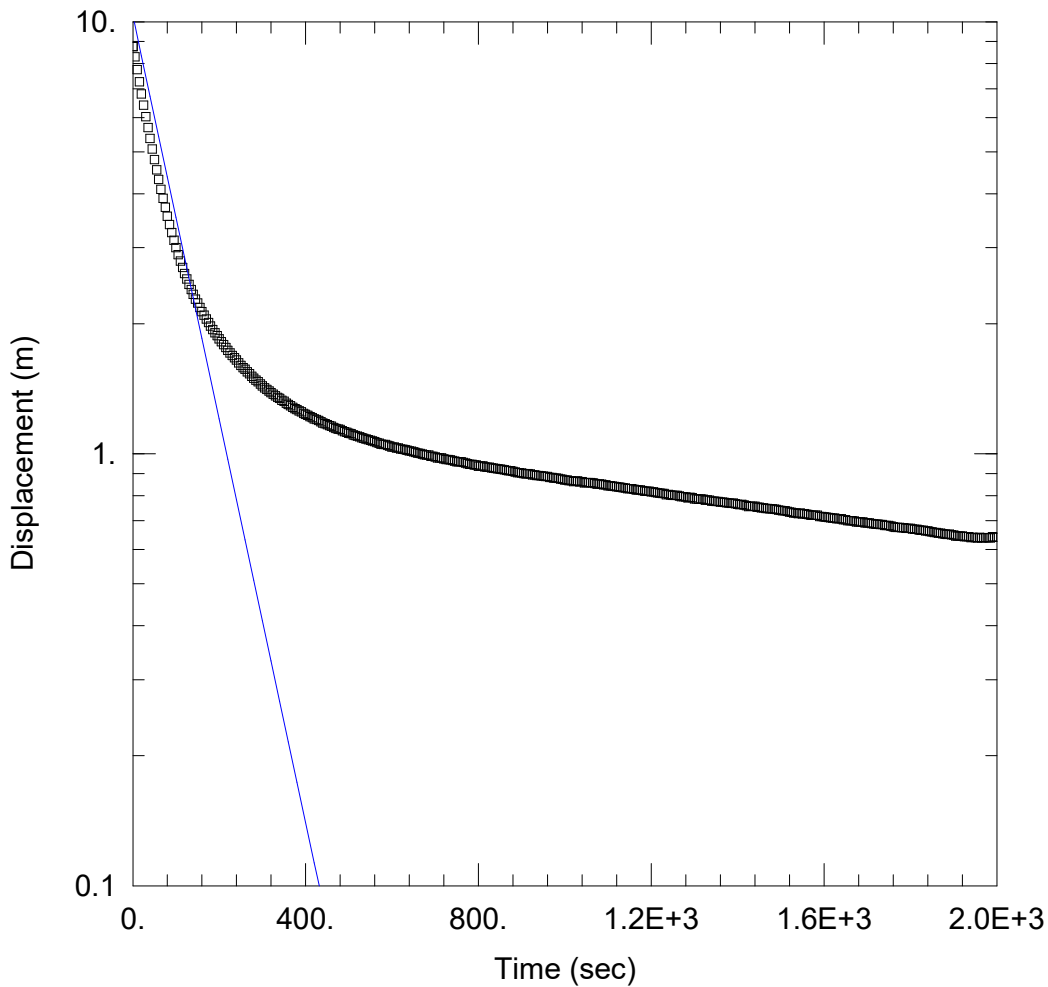
Initial Displacement: 8.95 m
 Total Well Penetration Depth: 26.48 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 26.48 m
 Screen Length: 26.48 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 5.766E-7 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 8.686 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2274.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:41:51

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2274

Test Date: 2023-02-07

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 28.21 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2274)

Initial Displacement: 8.757 m

Static Water Column Height: 28.21 m

Total Well Penetration Depth: 28.21 m

Screen Length: 28.21 m

Casing Radius: 0.0475 m

Well Radius: 0.0475 m

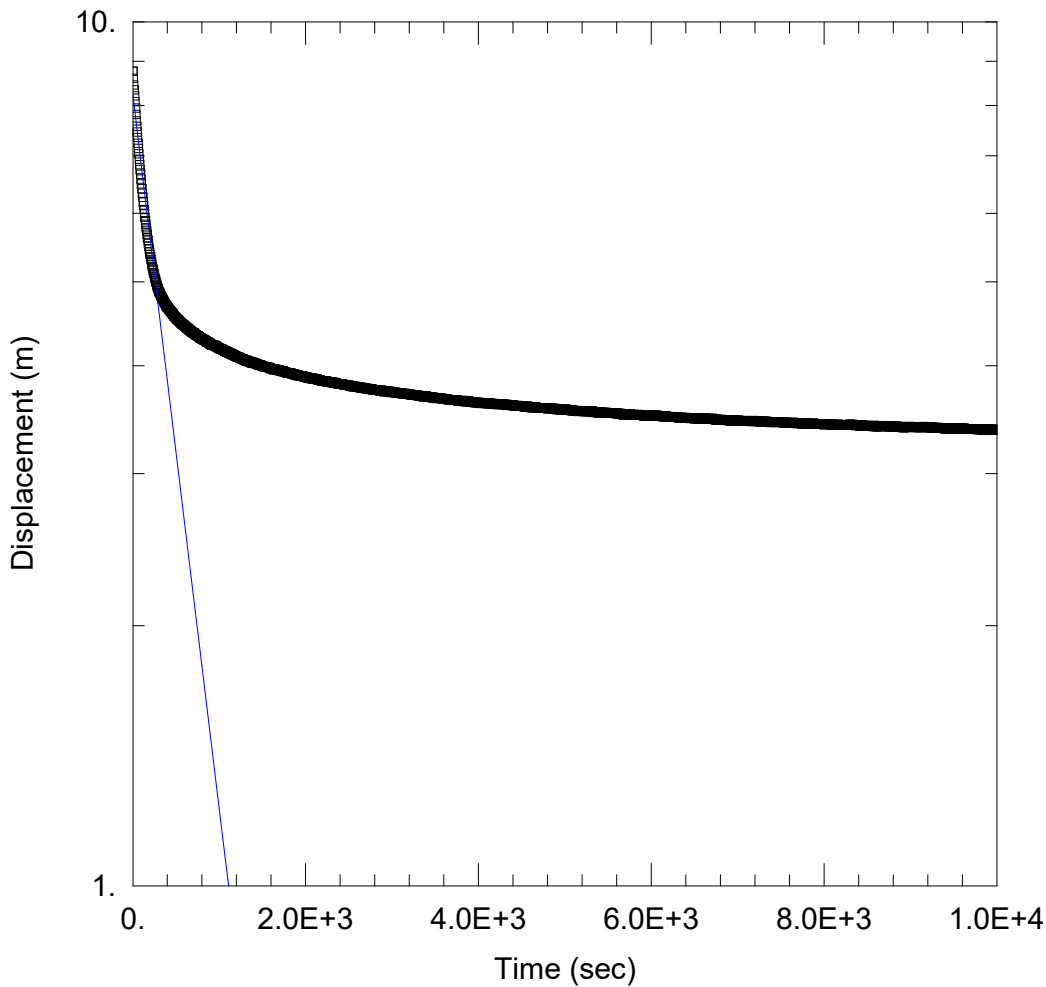
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 2.278E-6 m/sec

y0 = 10.34 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2275.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:41:43

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2275
 Test Date: 2023-02-10

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 31.9 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2275)

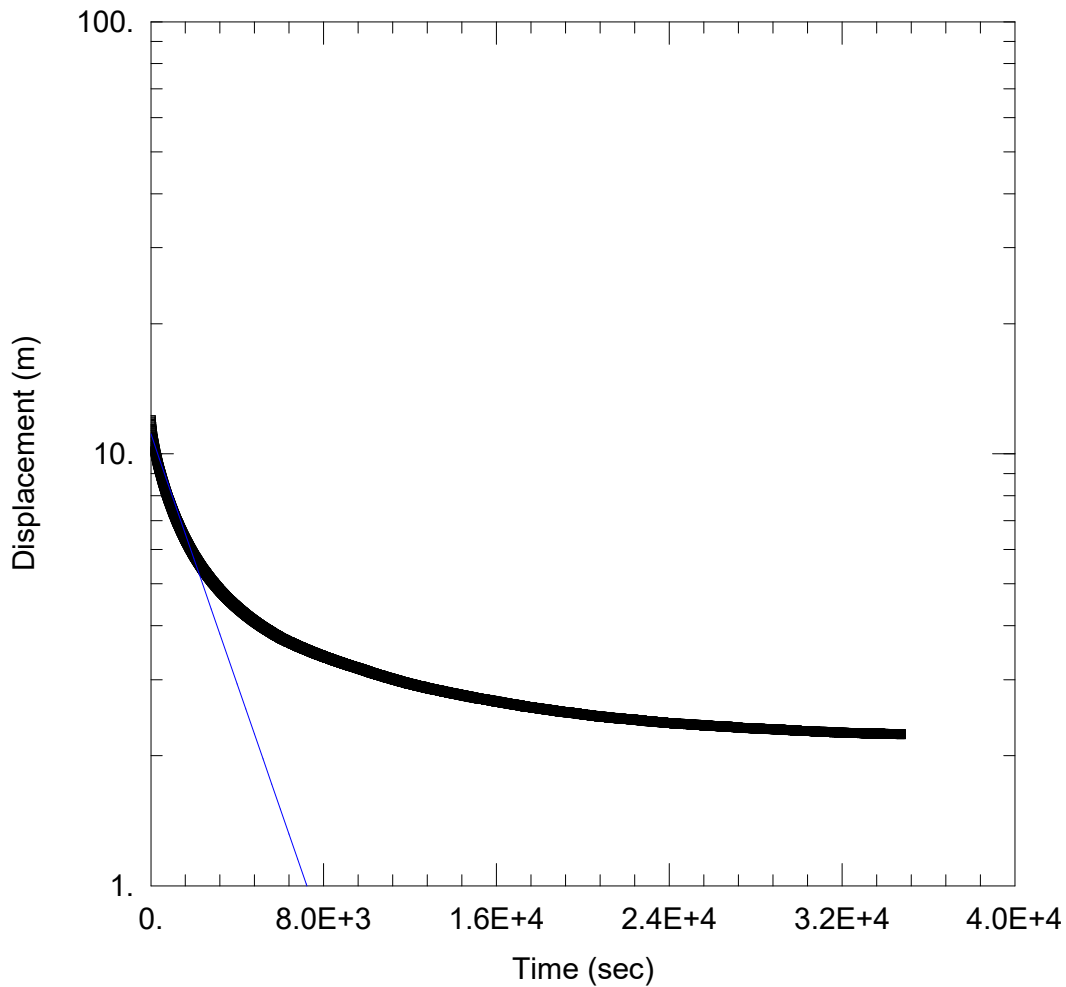
Initial Displacement: 8.769 m
 Total Well Penetration Depth: 31.9 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 31.9 m
 Screen Length: 31.9 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 3.56E-7 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 8.225 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2276.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:41:33

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2276
 Test Date: 2023/02/10

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 33.78 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2276)

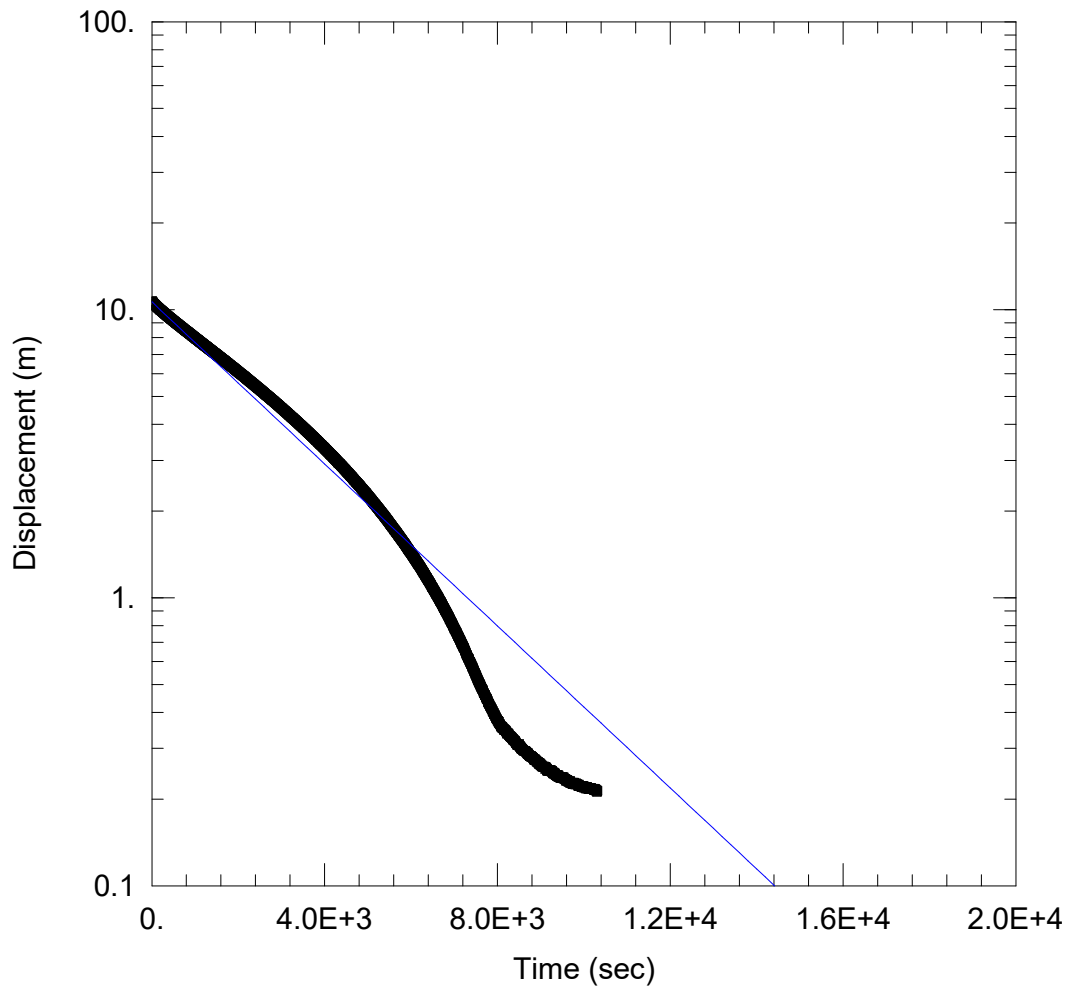
Initial Displacement: 11.98 m
 Total Well Penetration Depth: 33.78 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 33.78 m
 Screen Length: 33.78 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 5.898E-8 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 11.12 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2278.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:41:22

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2278
 Test Date: 2023/02/15

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 59.3 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2278)

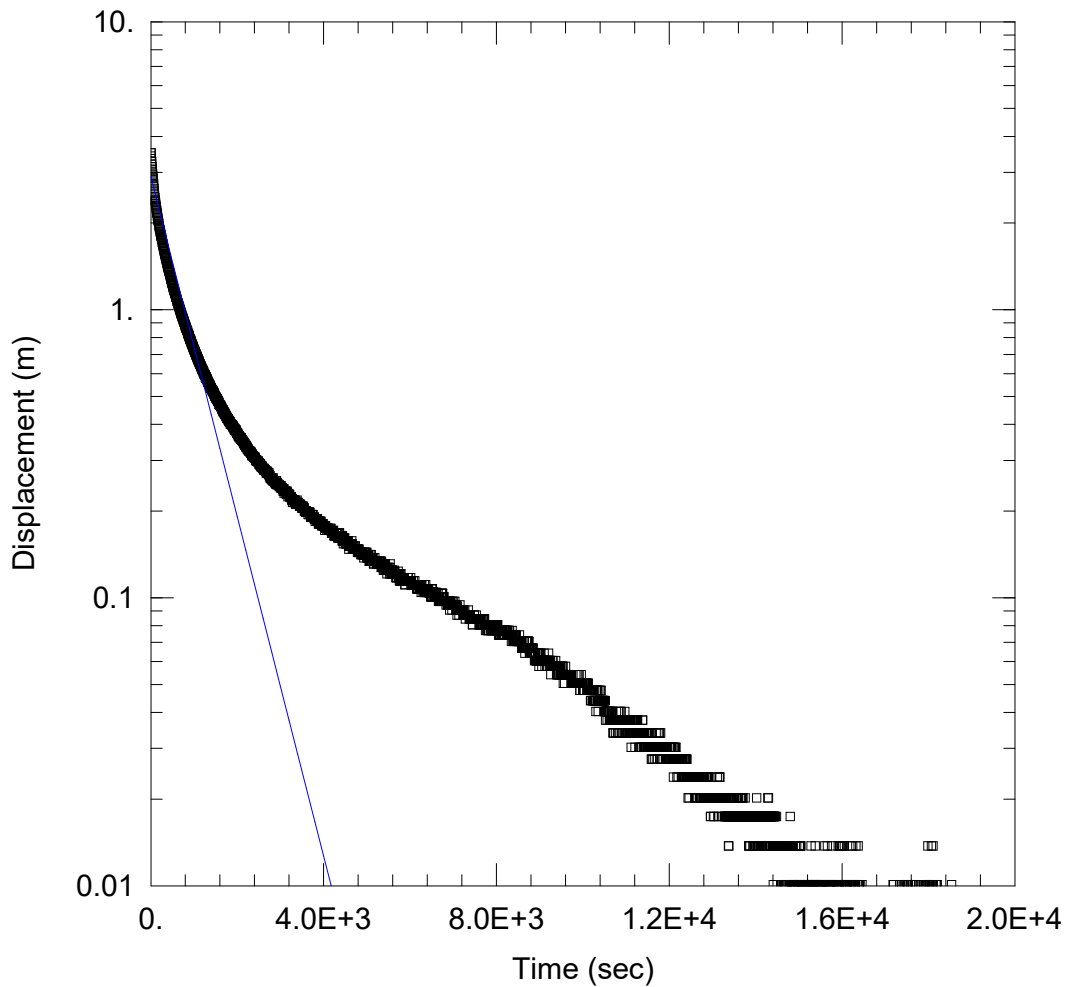
Initial Displacement: 10.73 m
 Total Well Penetration Depth: 59.3 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 59.3 m
 Screen Length: 59.3 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 3.264E-8 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 10.65 m



SLUGTEST

Data Set: Z:\...\BH2279.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:41:11

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: BH2279
 Test Date: 2023-02-08

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30.27 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2279)

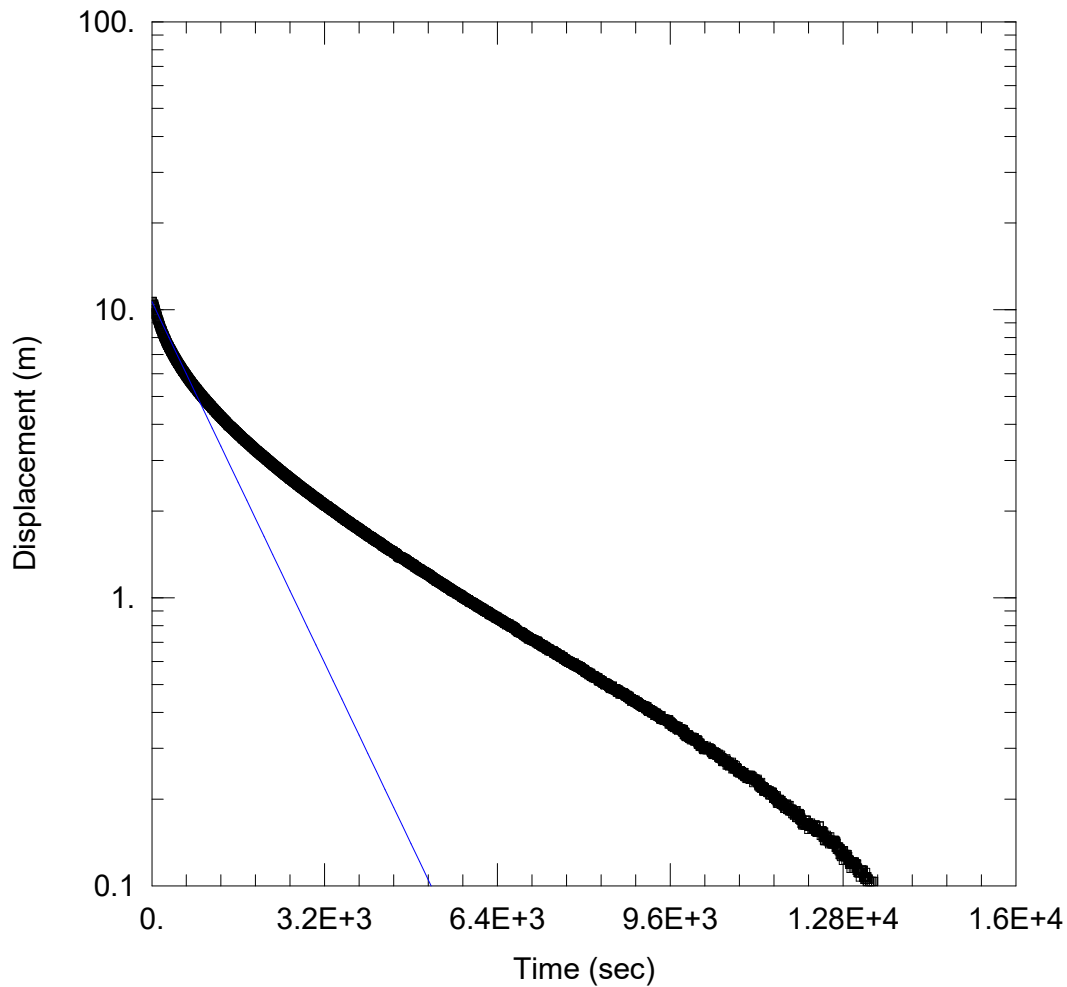
Initial Displacement: 3.507 m
 Total Well Penetration Depth: 30.27 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 30.27 m
 Screen Length: 30.27 m
 Well Radius: 0.0475 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 K = 2.681E-7 m/sec

Solution Method: Hvorslev
 y0 = 2.899 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2280.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:40:59

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2280
 Test Date: 2023/02/14

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 37.03 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2280)

Initial Displacement: 10.7 m
 Total Well Penetration Depth: 37.03 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 37.03 m
 Screen Length: 37.03 m
 Well Radius: 0.0475 m

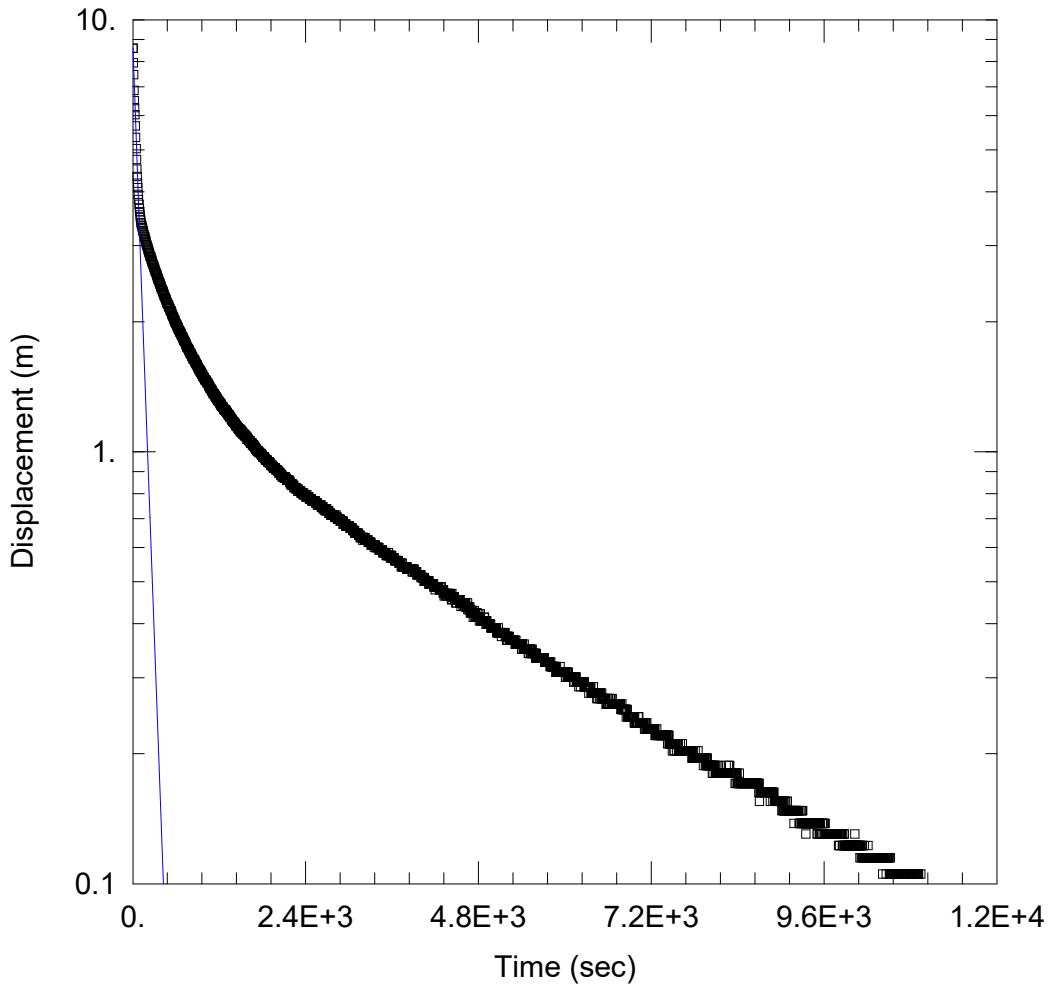
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.457E-7 m/sec

y0 = 10.68 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2282.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:40:47

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2282
 Test Date: 2023/02/16

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 33.73 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2282)

Initial Displacement: 8.6 m
 Total Well Penetration Depth: 33.73 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 33.73 m
 Screen Length: 33.73 m
 Well Radius: 0.0475 m

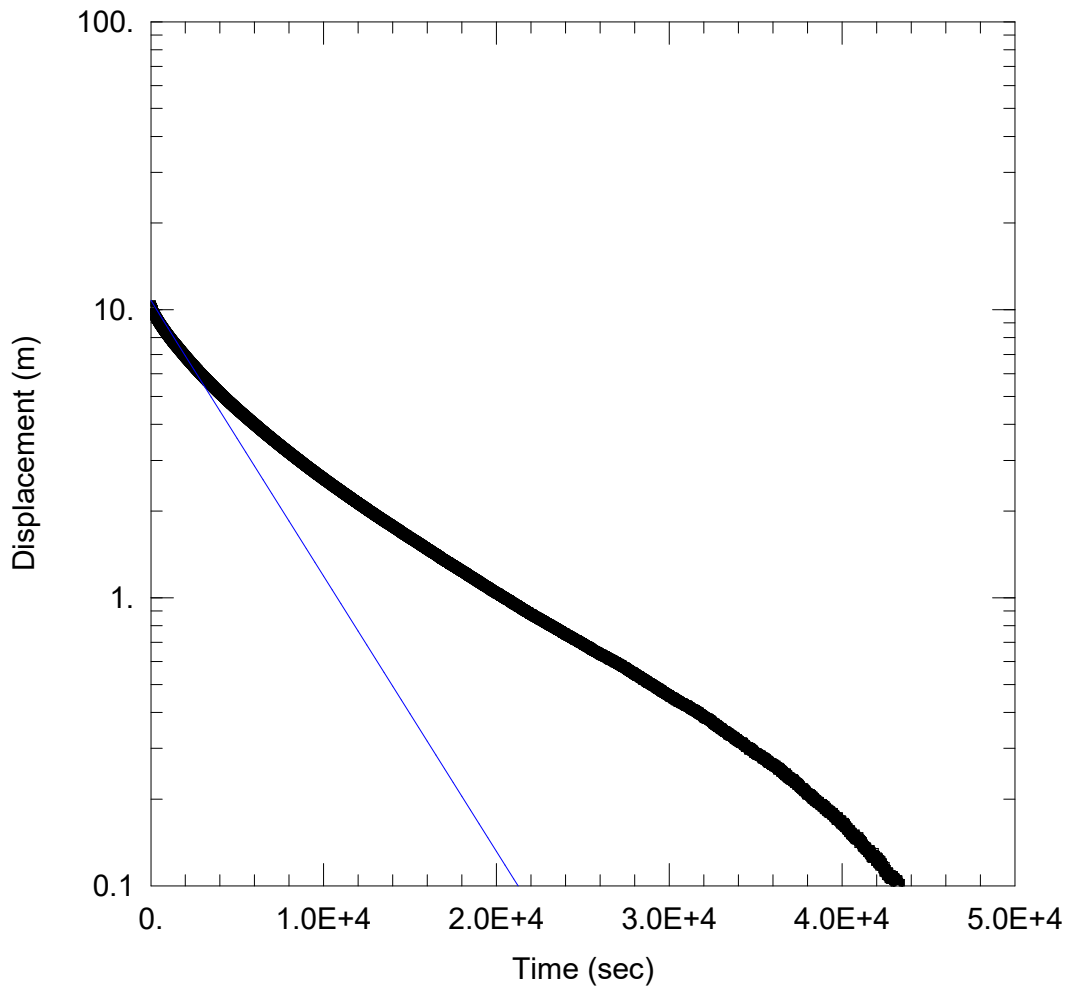
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.85E-6 m/sec

y0 = 8.614 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2283.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:40:31

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2283
 Test Date: 2023/02/15

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 57.92 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA (BH2283)

Initial Displacement: 10.4 m
 Total Well Penetration Depth: 57.92 m
 Casing Radius: 0.0475 m

Static Water Column Height: 57.92 m
 Screen Length: 57.92 m
 Well Radius: 0.0475 m

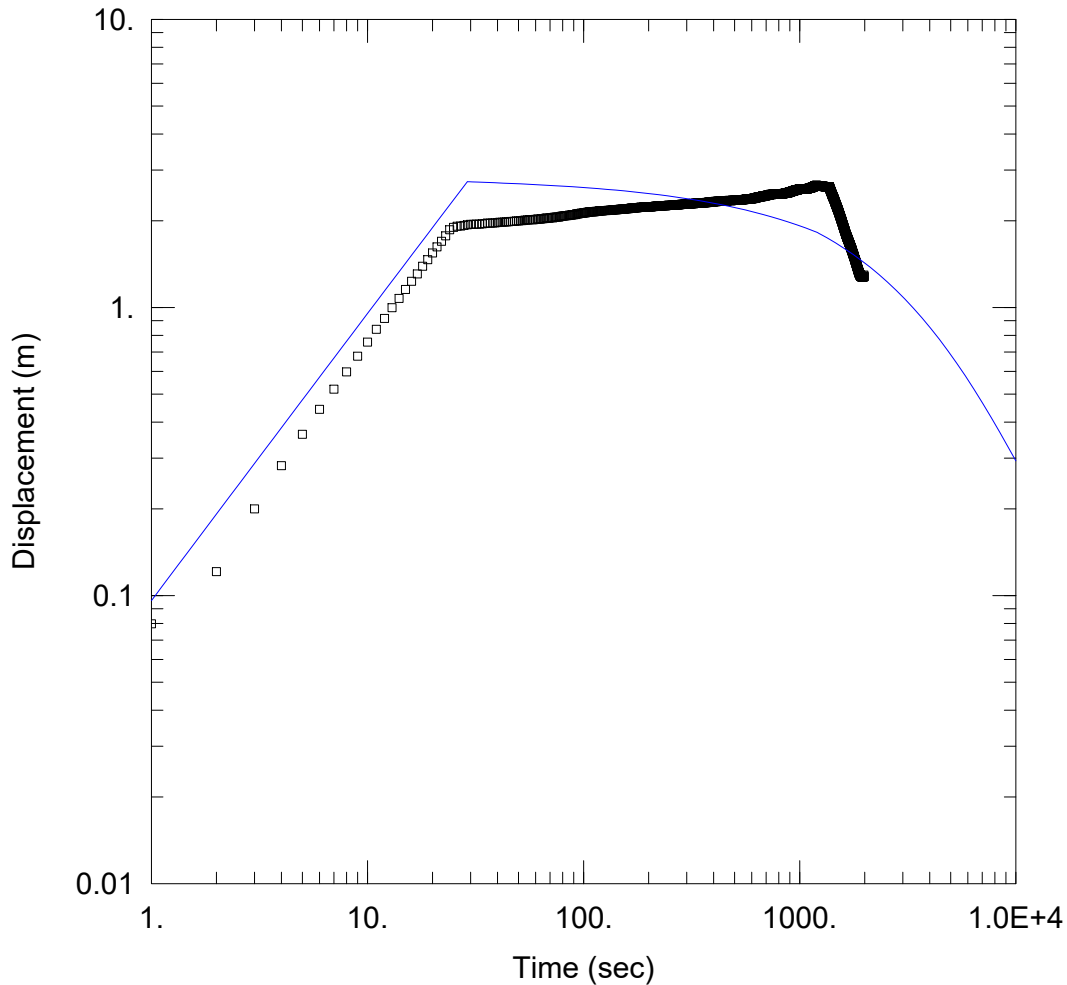
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 2.272E-8 m/sec

y0 = 10.76 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: O:\...\BH2205.aqt
 Date: 04/26/23

Time: 11:18:13

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: Pumptest
 Location: Slite
 Test Well: BH2205
 Test Date: 2022/10/01

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 21.5 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2205	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2205	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 1.755E-6 m²/sec

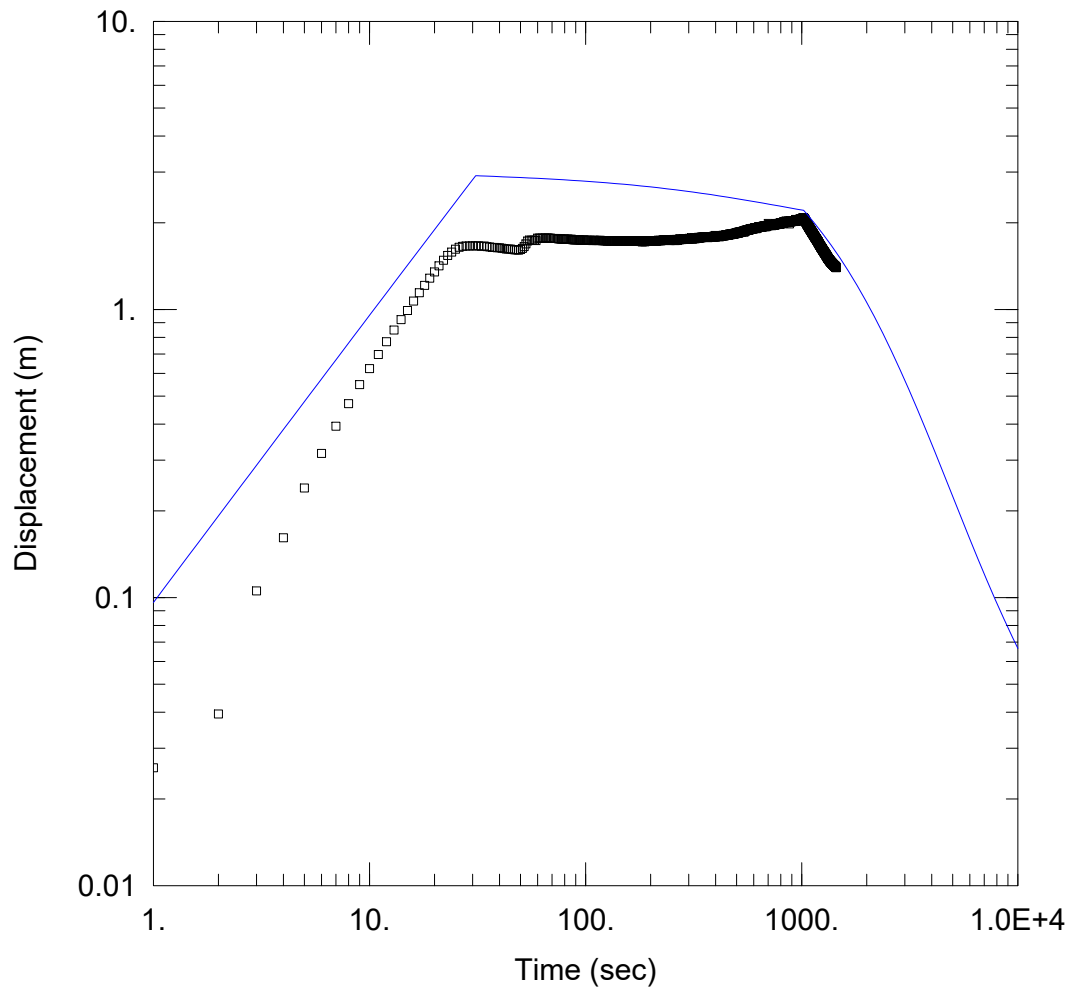
S = 0.006234

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



PUMPTEST

Data Set: O:\...\BH2207.aqt
 Date: 04/26/23

Time: 11:18:02

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2207
 Test Date: 1/10

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 24.45 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2207	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2207	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 8.37E-6 m²/sec

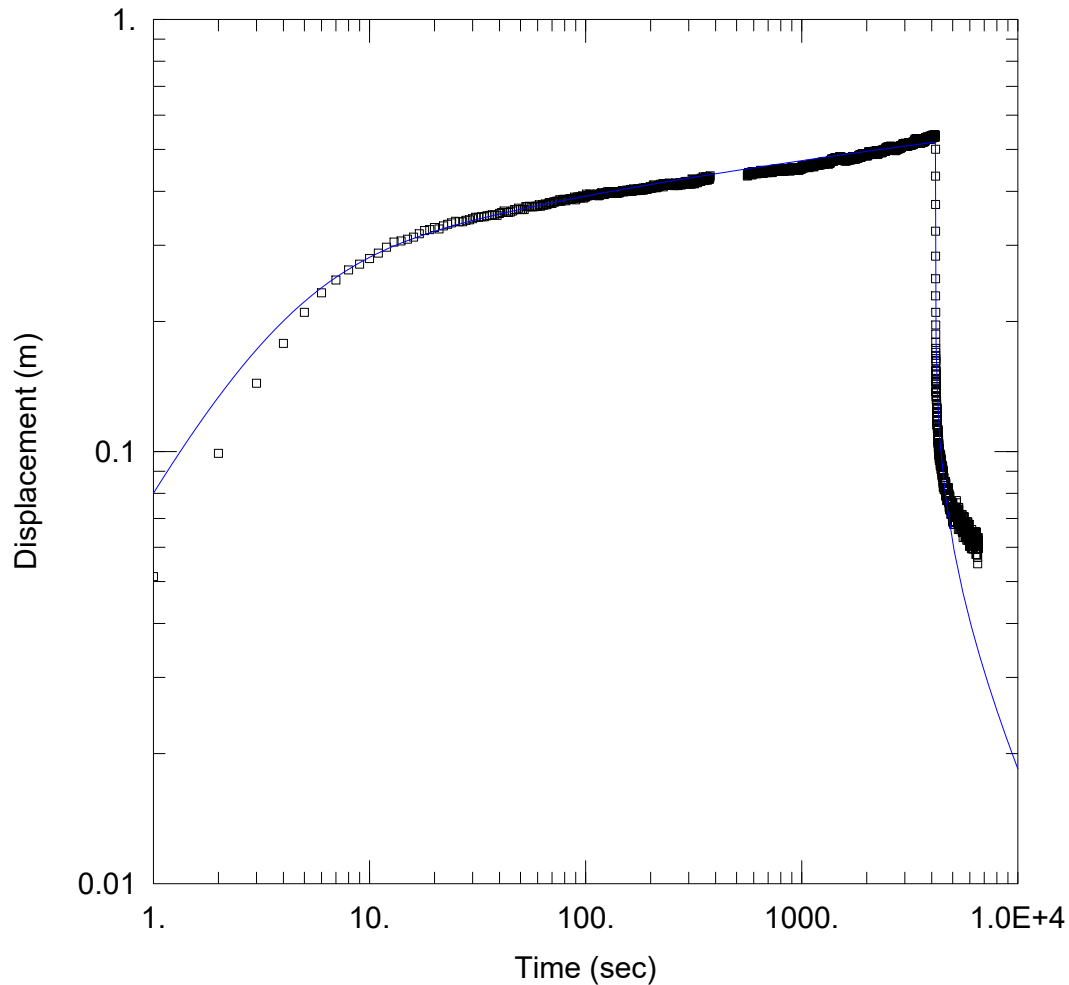
S = 0.0001301

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



PUMPTEST

Data Set: O:\...\Bh2212.aqt
 Date: 04/26/23

Time: 11:17:54

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2212
 Test Date: 30/9

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 64.88 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2212	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2212	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.002498 m²/sec

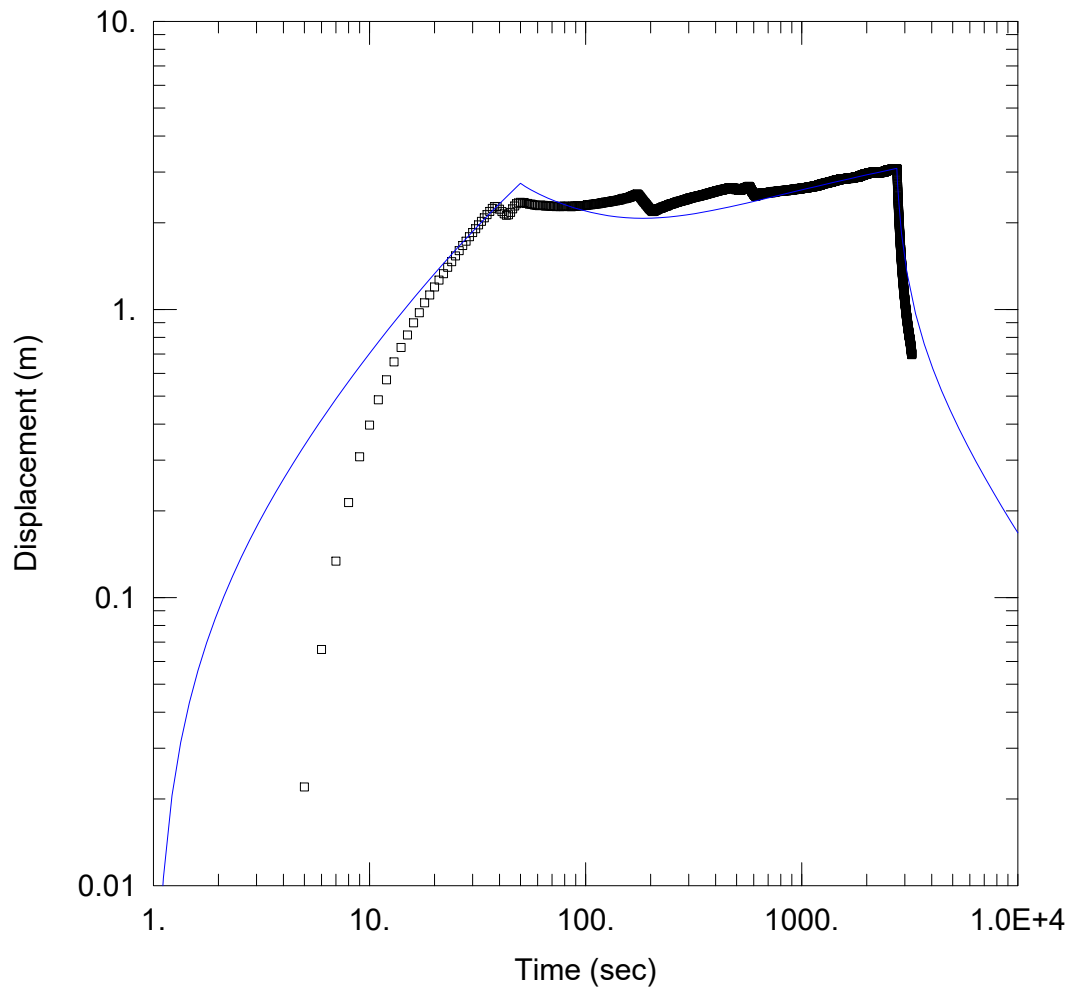
S = 0.001786

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



HUVUD

Data Set: O:\...\BH2213.aqt
 Date: 04/26/23

Time: 11:17:38

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: Pumptest
 Location: Slite
 Test Well: BH2213
 Test Date: 2022/10/03

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 45.67 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2213	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2213	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 4.04E-5 m²/sec

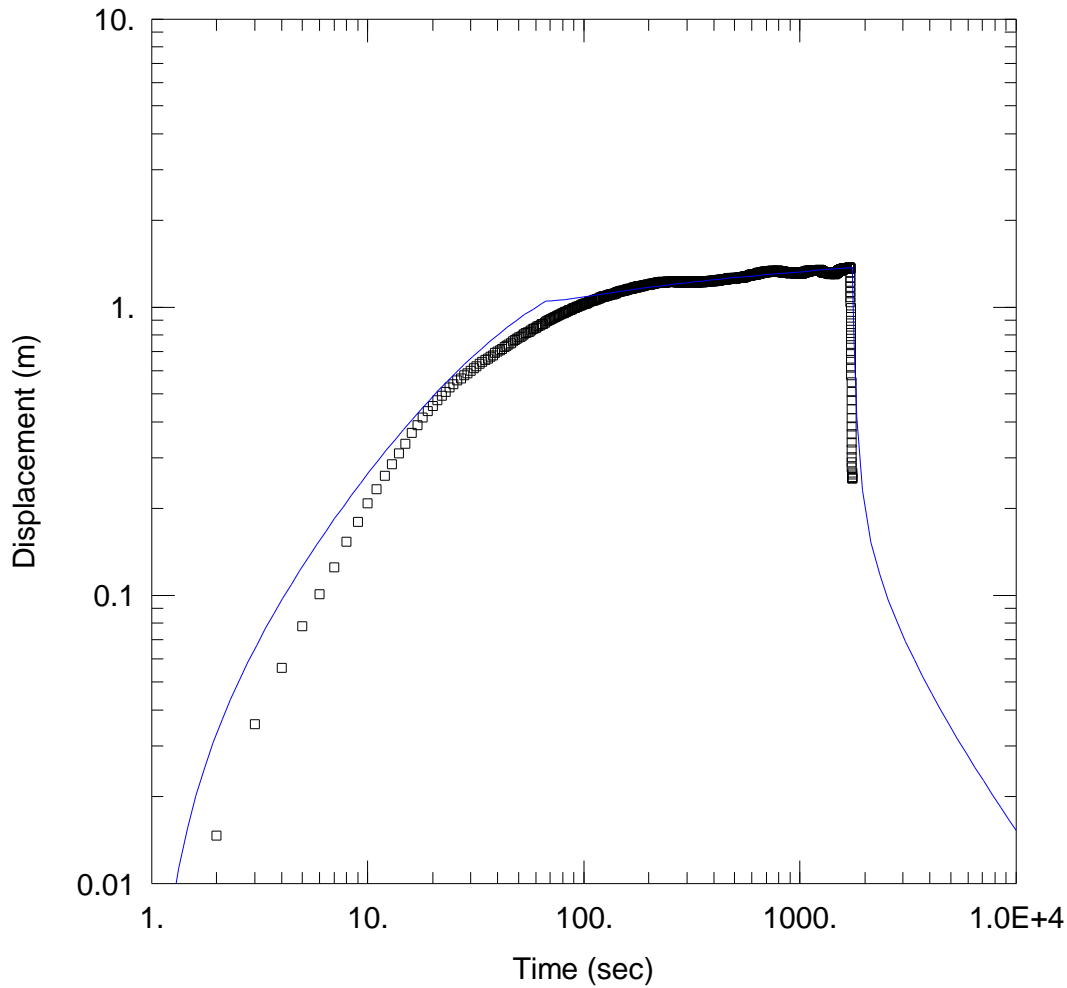
S = 0.002512

Kz/Kr = 0.1

Sw = -1.95

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: \...\BH2267.aqt

Date: 10/19/23

Time: 10:30:03

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2267

Test Date: 2022/10/06

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 37.31 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2267	0	0

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2267	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.0002211 m²/sec

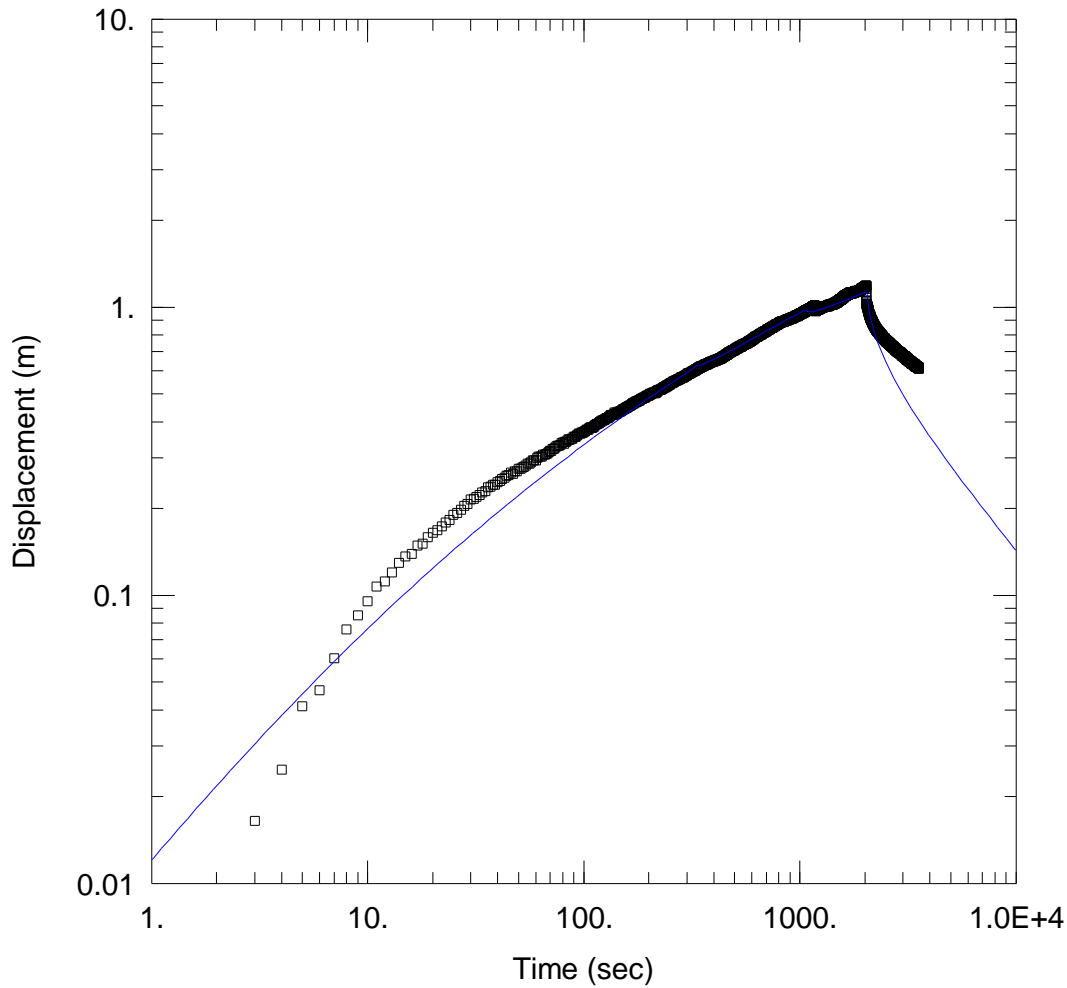
S = 8.19E-6

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.048 m

r(c) = 0.05 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: \\...\BH2274.aqt

Date: 10/19/23

Time: 10:30:34

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2274

Test Date: 2022/10/04

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 27.98 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2274	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2274	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 1.048E-5 m²/sec

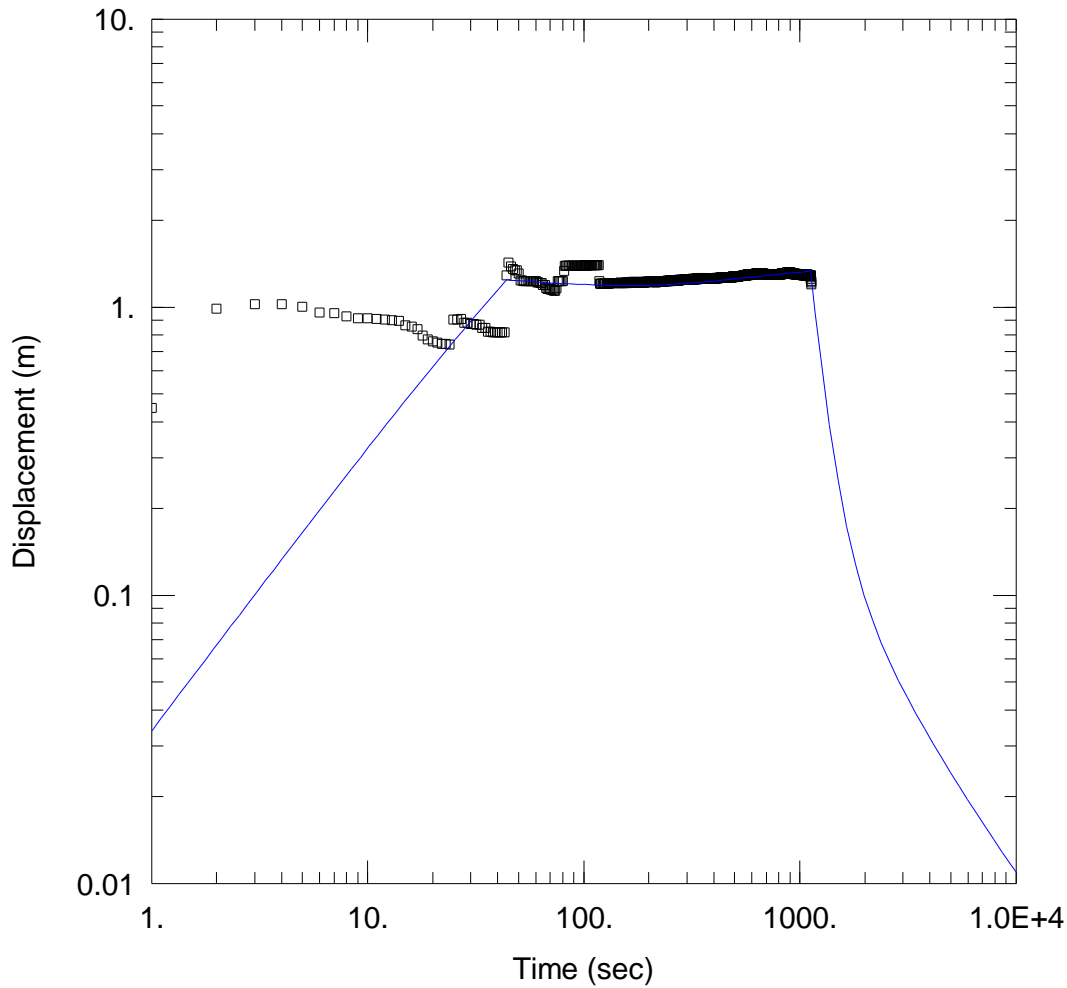
S = 0.0005012

Kz/Kr = 0.1

Sw = -5.

r(w) = 0.048 m

r(c) = 0.05 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: \\...\BH2277.aqt

Date: 10/19/23

Time: 10:30:59

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Project: 10330449

Location: Slite Gotland

Test Well: BH2277

Test Date: 2022/10/04

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 21.2 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2277	0	0

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2277	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 6.669E-5 m²/sec

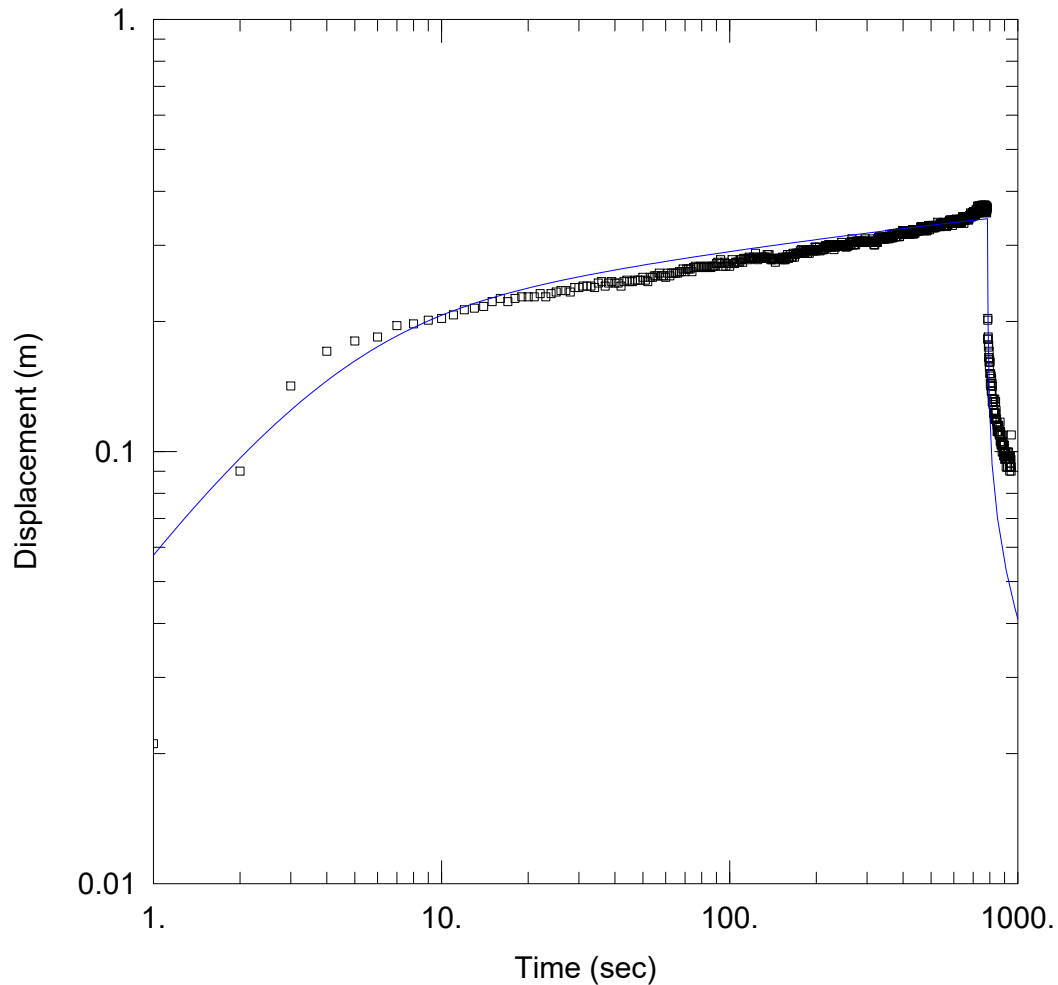
S = 3.23E-6

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.048 m

r(c) = 0.05 m



PUMPTEST

Data Set: O:\...\BH85.aqt
 Date: 04/26/23

Time: 11:19:26

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH85
 Test Date: 1/12/2022

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 43.16 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH85	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH85	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.002345 m²/sec

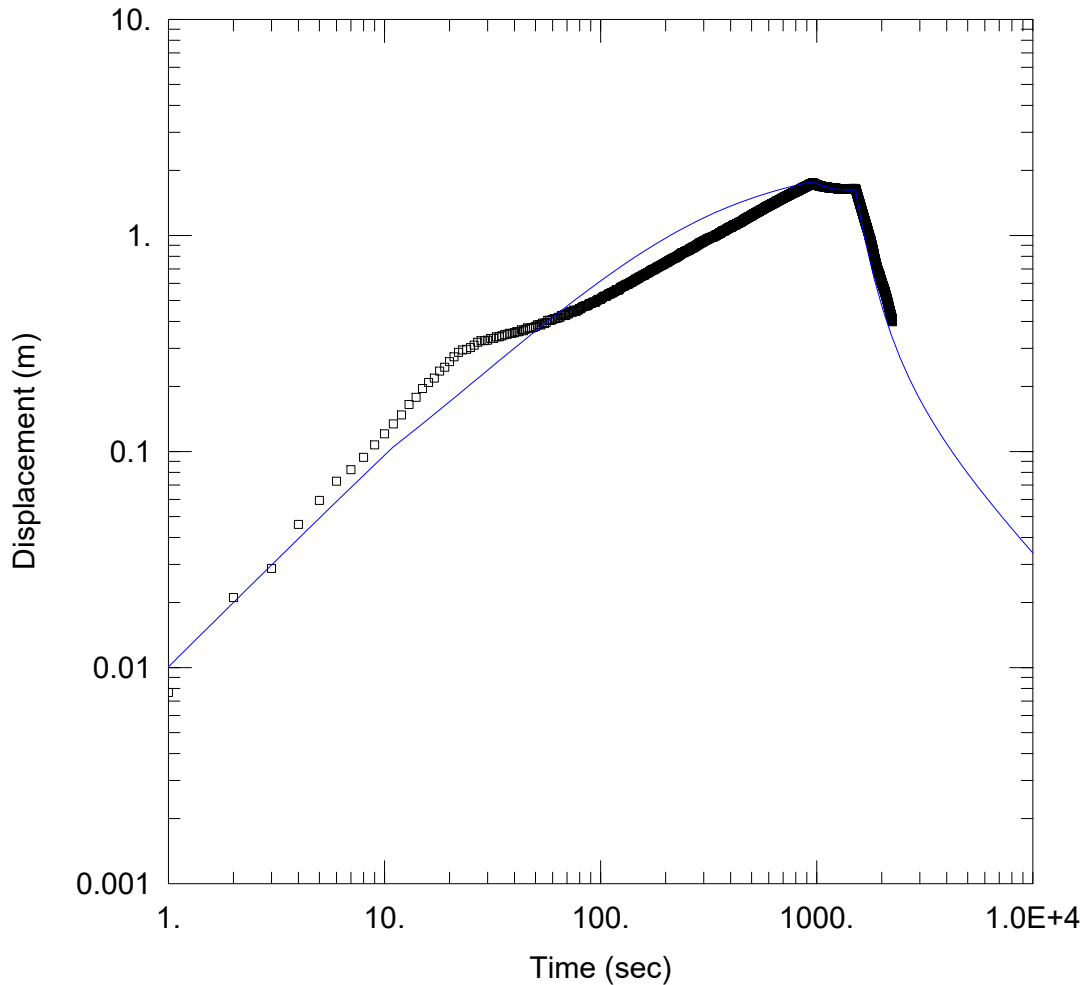
S = 0.002216

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



PUMPTEST

Data Set: O:\...\BH86.aqt
 Date: 04/26/23

Time: 11:19:53

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH86
 Test Date: 29/11/2022

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 25.5 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH86	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH86	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.0001572 m²/sec

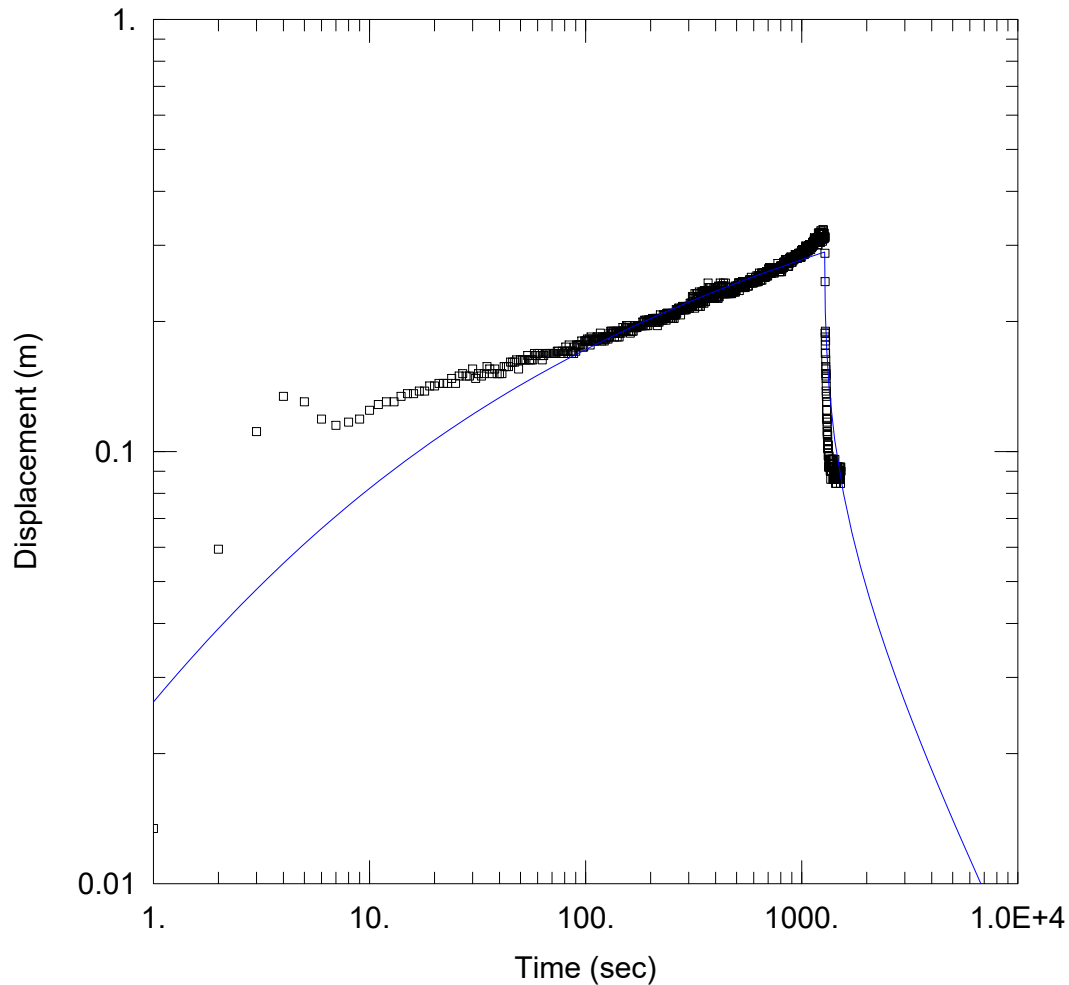
S = 0.0002629

Kz/Kr = 0.1

Sw = -1.125

r(w) = 0.125 m

r(c) = 0.125 m



PUMPTEST

Data Set: O:\...\BH1104.aqt
 Date: 04/26/23

Time: 11:20:18

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH1104
 Test Date: 30/11/2022

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 43.82 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH1104	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH1104	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.001442 m²/sec

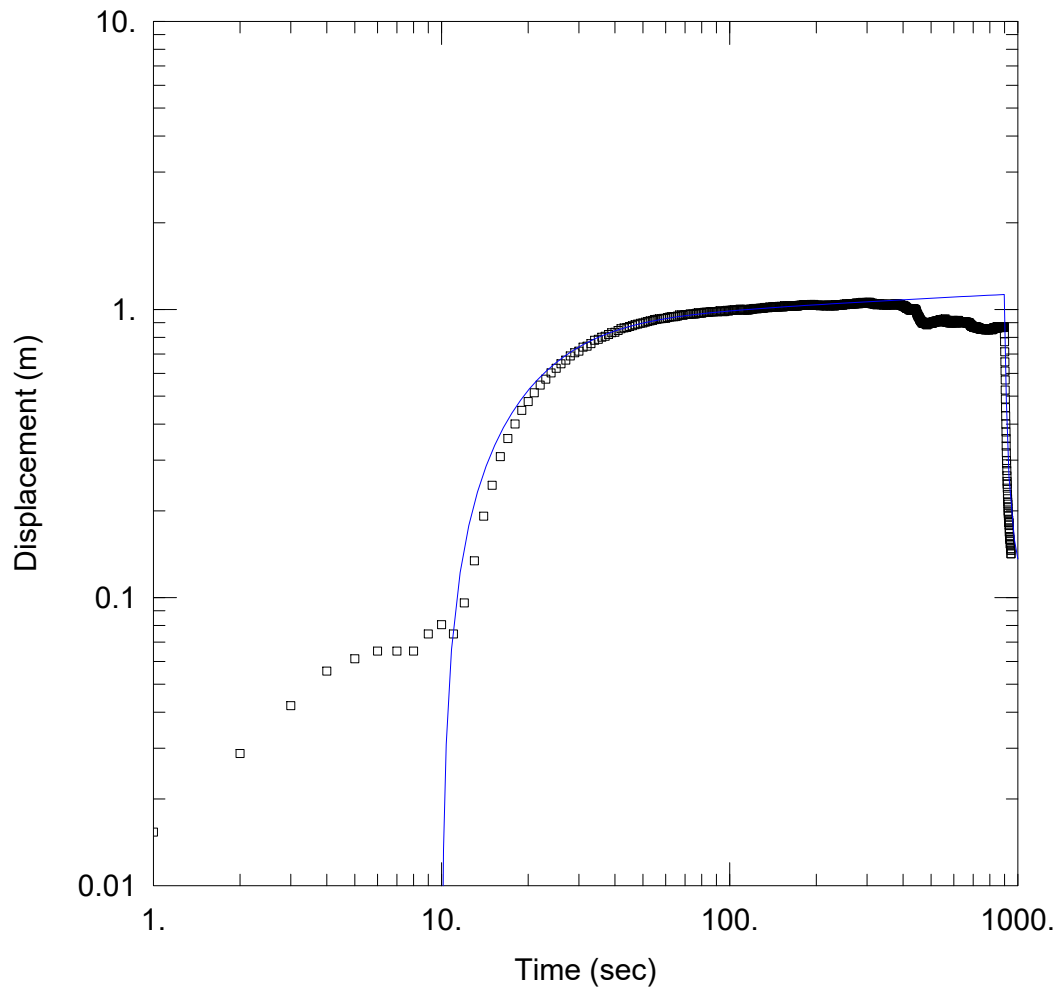
S = 0.05198

Kz/Kr = 0.1

Sw = -2.025

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



PUMPTEST

Data Set: O:\...\BH2005.aqt
 Date: 04/26/23

Time: 11:20:37

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2005
 Test Date: 30/11/2022

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38.8 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2005	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2005	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.001281 m²/sec

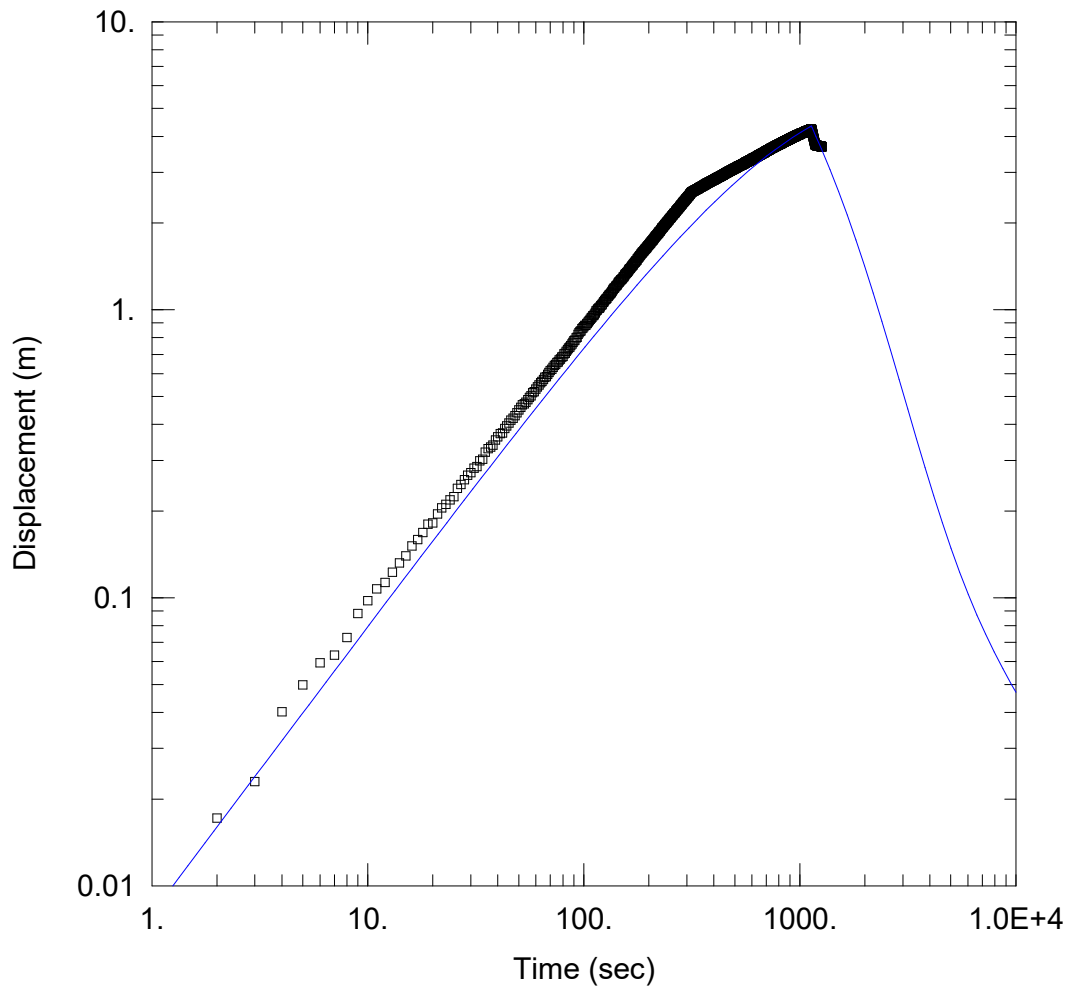
S = 6.07E-7

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



PUMPTEST

Data Set: Z:\...\BH2301.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 12:13:00

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2301
 Test Date: 5/4-23

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 56.4 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2301	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2301	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 2.026E-5 m²/sec

S = 4.795E-7

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m

Infiltrationstest BH2212 - 2022

WELL TEST ANALYSIS

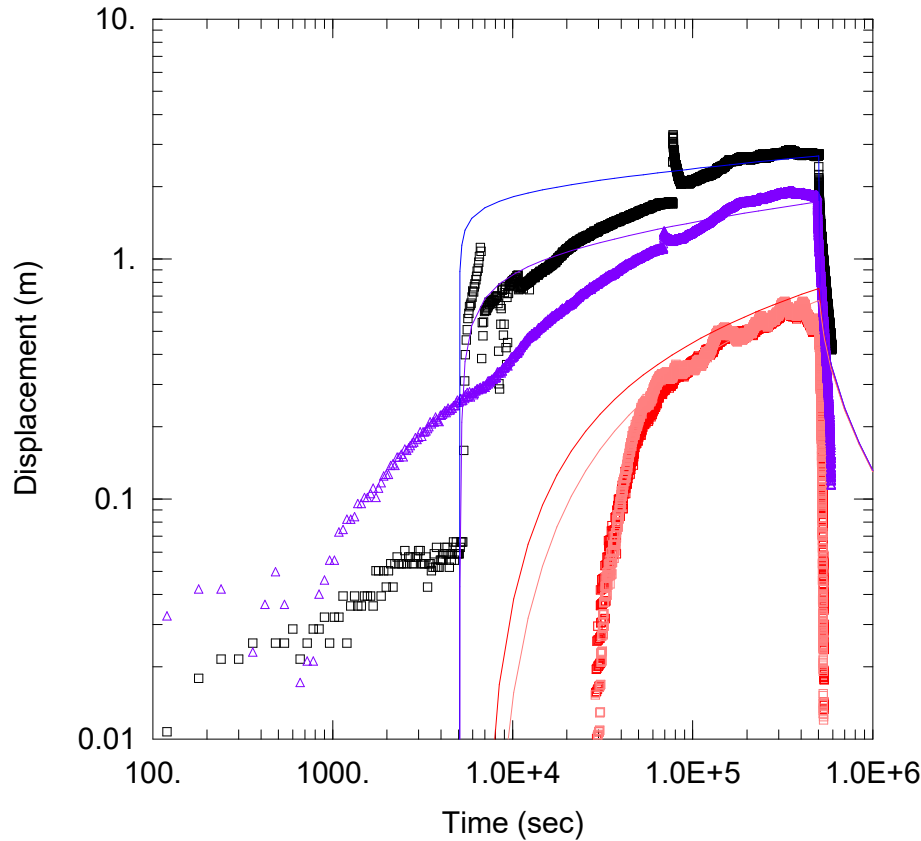
Data Set: C:\...\InfBH2212_BH2211_BH2005_BH1801B.aqt
 Date: 09/01/23 Time: 14:51:30

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2212
 Test Date: 2023-06-28

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Dougherty-Babu
 T = 0.000419 m²/sec
 S = 1.005E-5
 Kz/Kr = 0.1
 Sw = -4.6
 r(w) = 0.0575 m
 r(c) = 0.0575 m



AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

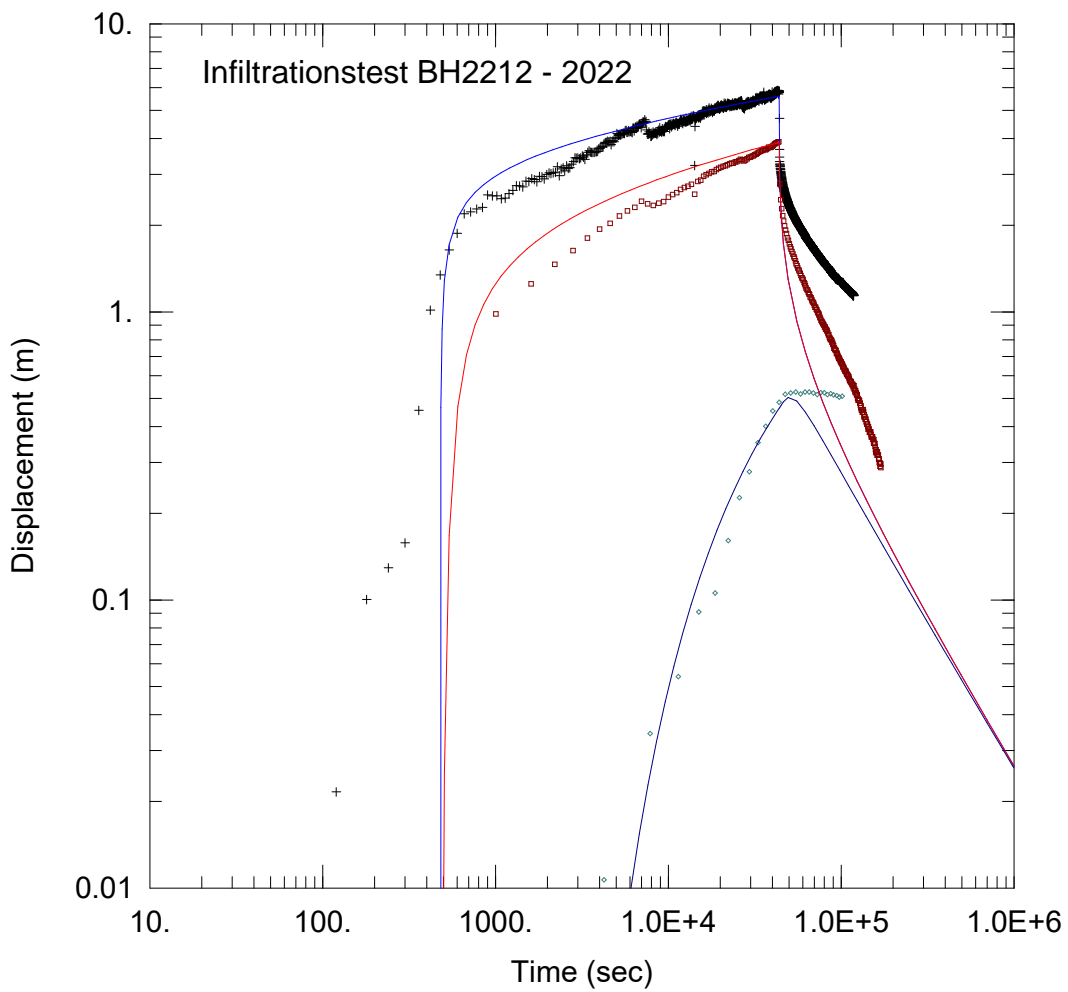
WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2212	720002.012	6403010.41
SGU11012	719117.7188	6403149.838

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2212	720002.012	6403010.41
□ BH1801B	720453.431	6402183.334
□ BH2005	721094.663	6402574.615
△ BH2211	720030.756	6403075.21



INFILTRATIONSTEST

Data Set: Z:\...\Infiltrationstest_BH2211-BH2212_BH1802B.aqt
 Date: 08/28/23 Time: 08:55:09

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Cementa AB
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2212
 Test Date: 2022/07/12

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38.17 m Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2212	720002.1476403016.997	

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
+ BH2212	720002.1476403016.997	
▣ BH2211	720029.3696403092.588	
◊ BH1802B	721339.5926402074.654	

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.0003989 m²/sec

S = 9.315E-6

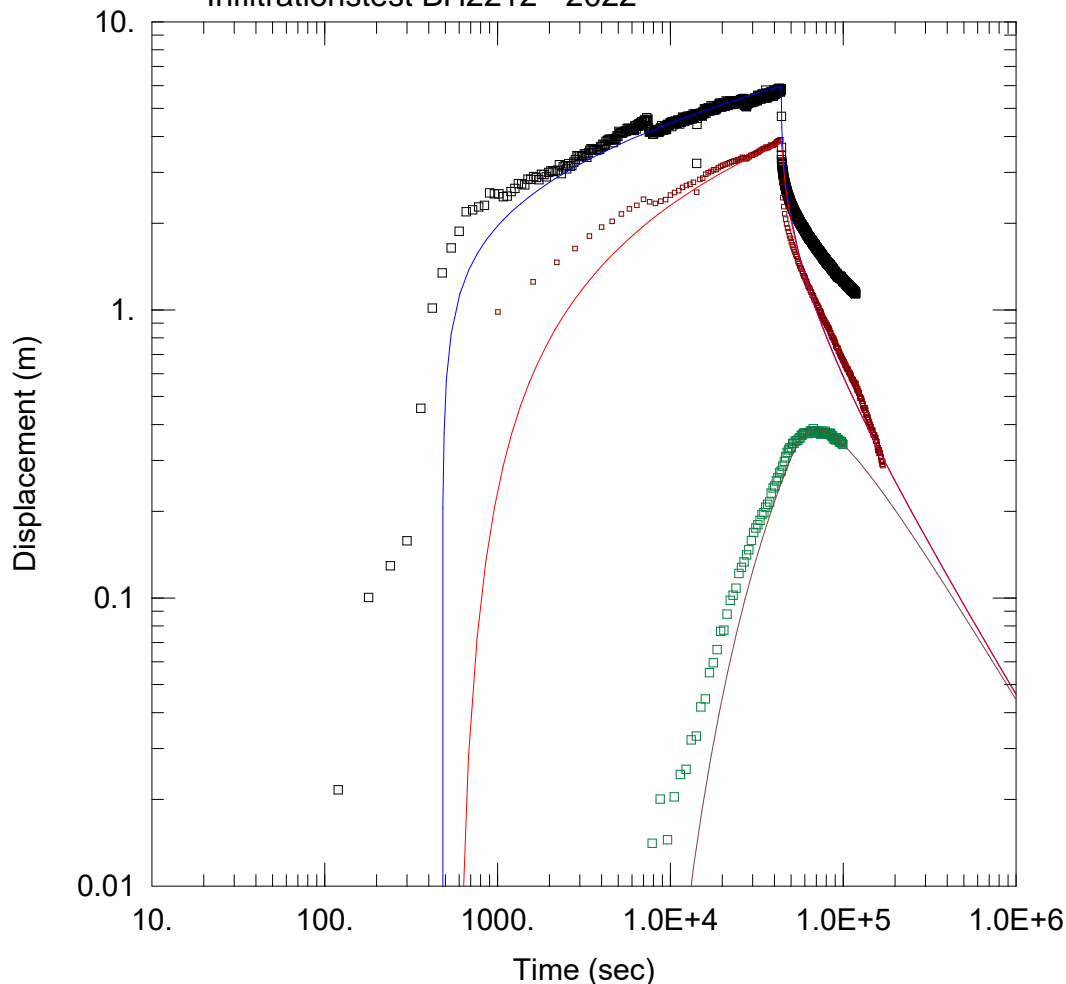
Kz/Kr = 0.1

Sw = -5.8

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m

Infiltrationstest BH2212 - 2022



INFILTRATIONSTEST

Data Set: Z:\...\Infiltrationstest_obsbrunn_BH2213.aqt

Date: 08/28/23

Time: 08:56:07

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Cementa AB

Project: 10330449

Location: Slite

Test Well: BH2212

Test Date: 2022/07/12

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38.17 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2212	720002.1476403016.997	

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2212	720002.1476403016.997	
□ BH2211	720029.3696403092.588	
□ BH2213	720287.4726402450.772	

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.000228 m²/sec

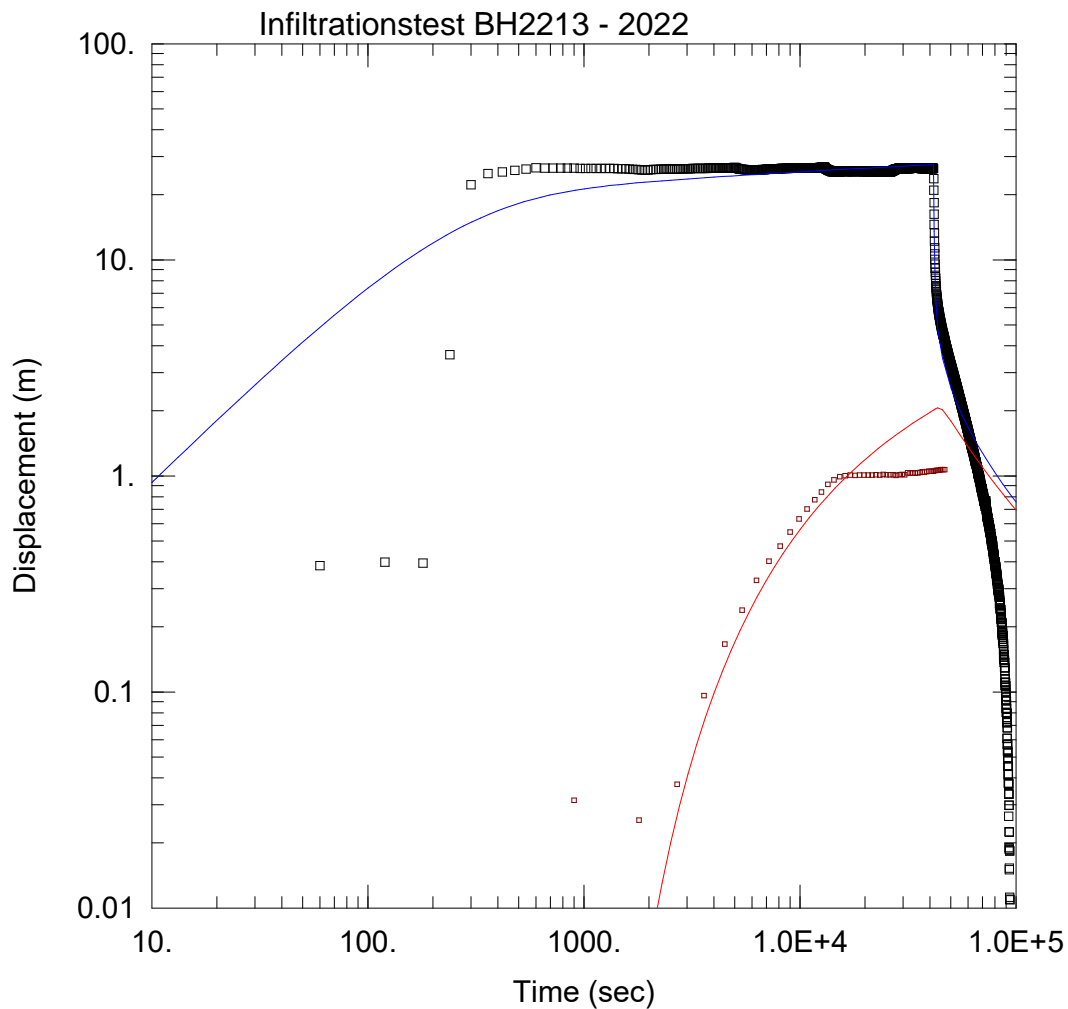
S = 9.466E-5

Kz/Kr = 0.1

Sw = -6.2

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



INFILTRATIONSTEST

Data Set: Z:\...\Inf_BH2213_MW_v2.aqt

Date: 08/28/23

Time: 08:58:57

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Cementa AB

Project: 10330449

Location: Slite

Test Well: BH2213

Test Date: 2022/07/14

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 35.38 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2213	720287.4726402450	772

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2213	720287.4726402450	772
□ BH2003	719984.1816401962	383

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 5.684E-5 m²/sec

S = 4.357E-6

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m

Infiltrationstest SGU2017

WELL TEST ANALYSIS

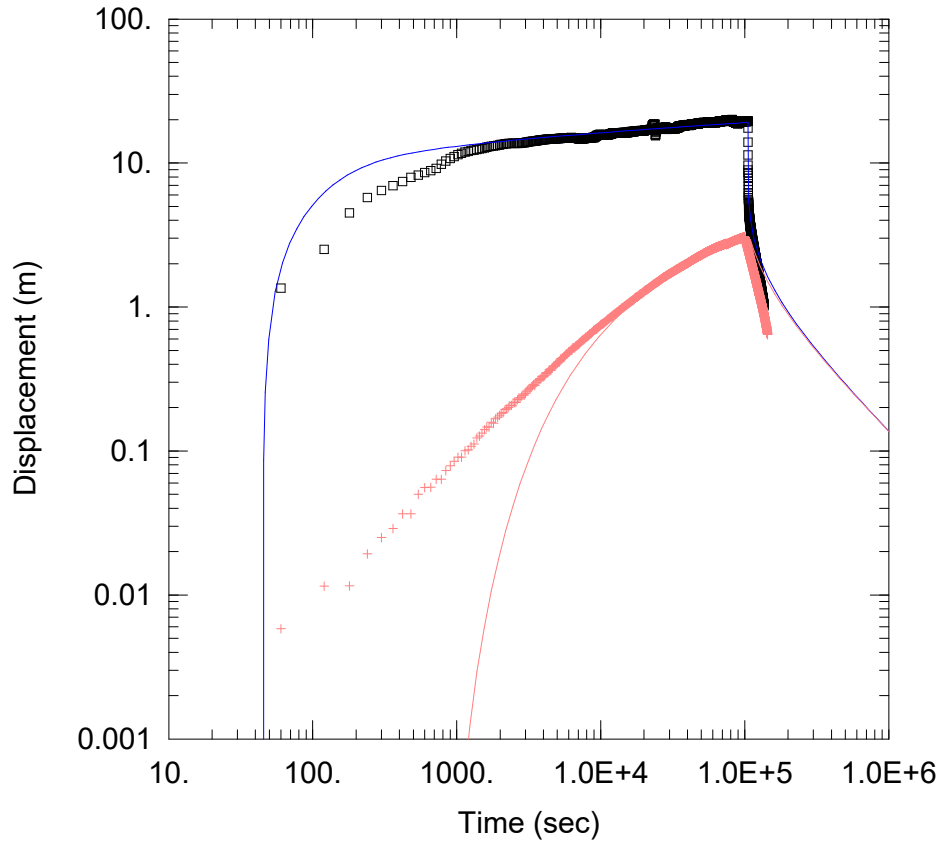
Data Set: C:\...\SGU2017_BH2007UM.aqt
 Date: 09/01/23 Time: 14:29:14

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: SGU2017
 Test Date: 2023-06-19

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Dougherty-Babu
 T = 9.654E-5 m²/sec
 S = 8.778E-8
 Kz/Kr = 0.1
 Sw = -4.8
 r(w) = 0.0575 m
 r(c) = 0.0575 m



AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 48.77 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
SGU2017	720289	6404867

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ SGU2017	720289	6404867
+ BH2007UM	722582.239	6400634.329

Infiltrationstest SGU2017

WELL TEST ANALYSIS

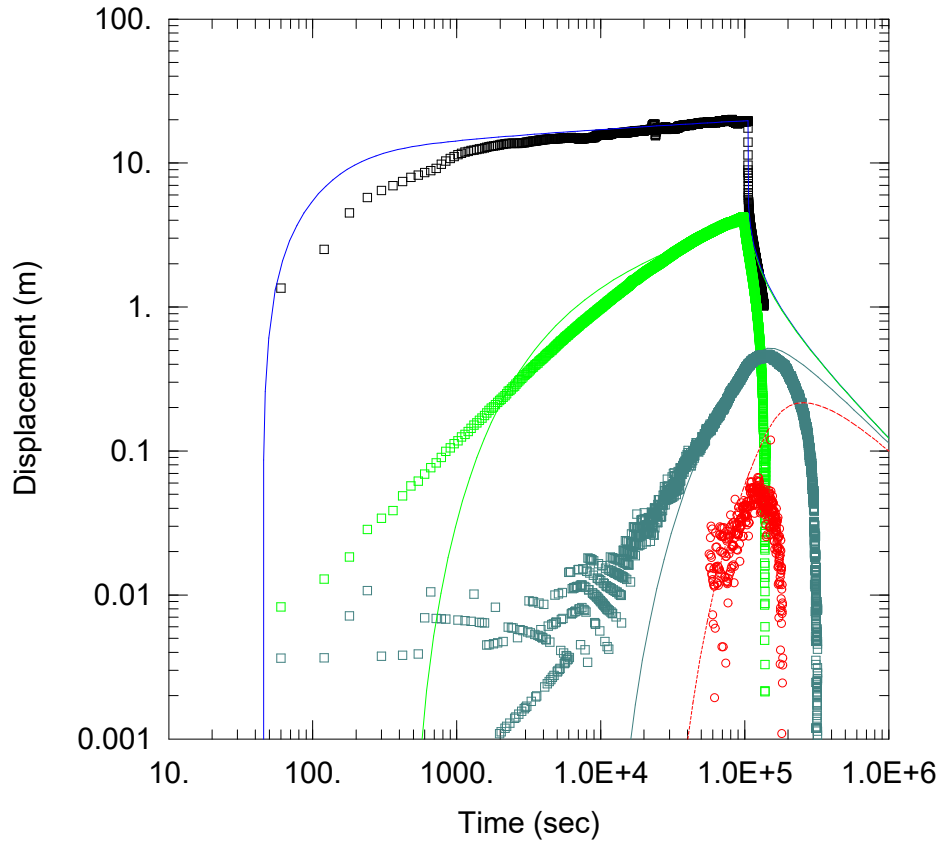
Data Set: C:\...\SGU2017_BH2279_BH2269_BH2277UM.aqt
 Date: 09/01/23 Time: 14:36:52

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: SGU2017
 Test Date: 2023-06-19

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Dougherty-Babu
 $T = 0.0001079 \text{ m}^2/\text{sec}$
 $S = 0.0001396$
 $Kz/Kr = 0.1$
 $Sw = 0.$
 $r(w) = 0.0575 \text{ m}$
 $r(c) = 0.0575 \text{ m}$



AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 48.77 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
SGU2017	720289	6404867

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ SGU2017	720289	6404867
□ BH2279	720216.939	6404896.543
□ BH2269	720597.229	6404487.224
○ BH2277UM	721060	6404962

Infiltrationstest BH2212 - 2023

WELL TEST ANALYSIS

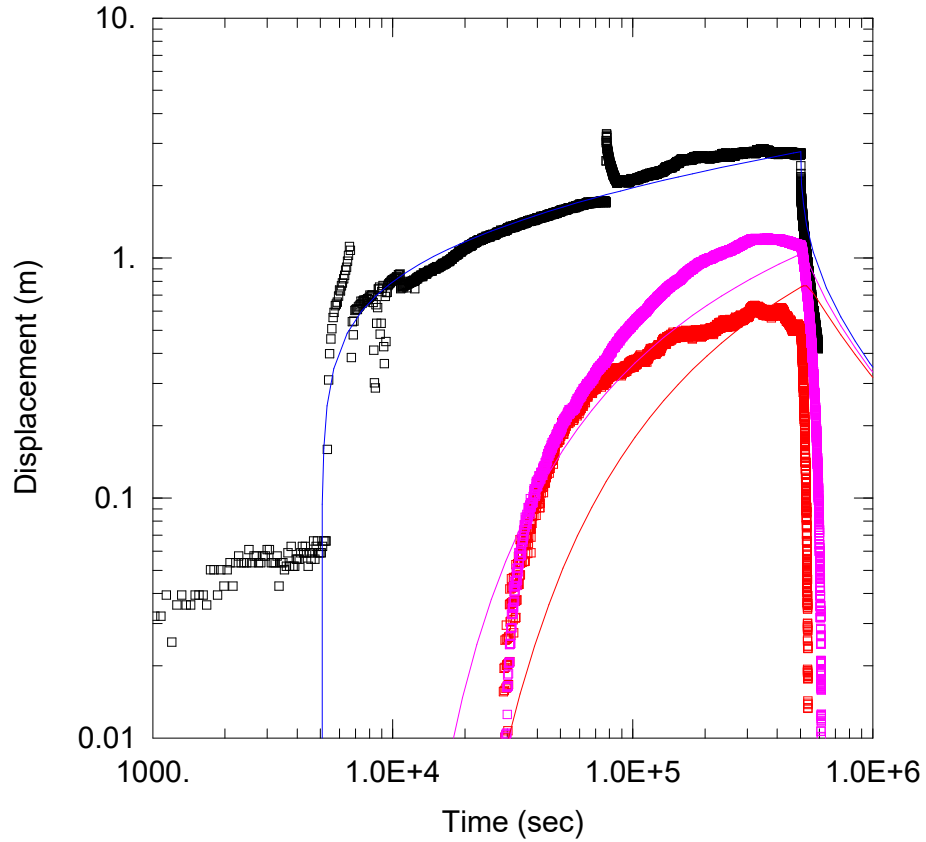
Data Set: C:\...\InfBH2212_BH2001_BH1801B_new.aqt
 Date: 09/01/23 Time: 14:47:59

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2212
 Test Date: 2023-06-28

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Dougherty-Babu
 T = 0.000153 m²/sec
 S = 5.309E-5
 Kz/Kr = 0.1
 Sw = -7.7
 r(w) = 0.0575 m
 r(c) = 0.0575 m



AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2212	720002.012	6403010.41

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2212	720002.012	6403010.41
□ BH1801B	720453.431	6402183.334
□ BH2001	719568.08	6402469.19

Infiltrationstest BH2212 - 2023

WELL TEST ANALYSIS

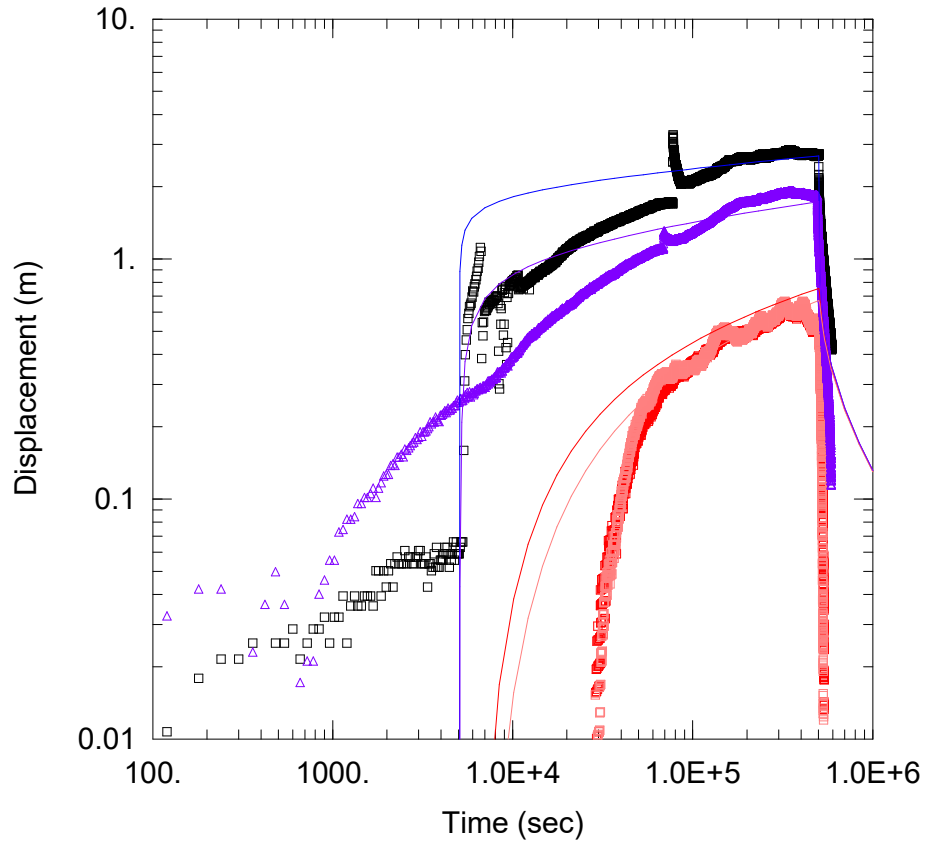
Data Set: C:\...\InfBH2212_BH2211_BH2005_BH1801B.aqt
 Date: 09/01/23 Time: 14:51:30

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2212
 Test Date: 2023-06-28

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Dougherty-Babu
 T = 0.000419 m²/sec
 S = 1.005E-5
 Kz/Kr = 0.1
 Sw = -4.6
 r(w) = 0.0575 m
 r(c) = 0.0575 m



AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

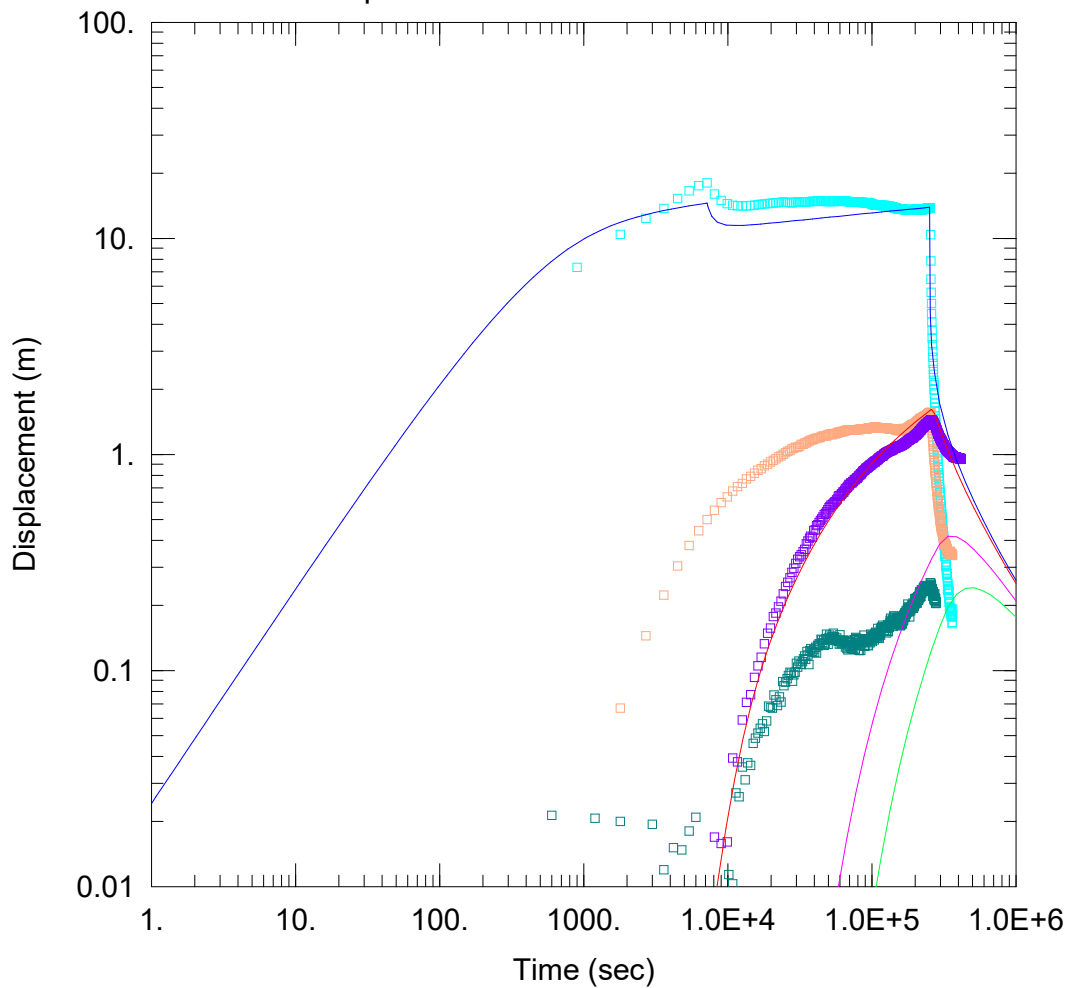
Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2212	720002.012	6403010.41
SGU11012	719117.7188	6403149.838

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2212	720002.012	6403010.41
□ BH1801B	720453.431	6402183.334
□ BH2005	721094.663	6402574.615
△ BH2211	720030.756	6403075.21

Pumptest BH86



PUMPTEST BH86

Data Set: Z:\...\Cementa_BH86_Q_av.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:14:48

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH86
 Test Date: 5/12 - 9/12-2022

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 24.11 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH86	720685.1953	6403455.752

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH86	720685.1953	6403455.752
□ BH93	720703.8797	6403310.273
□ BH1602	721034.8198	6403847.656
□ BH1702	720389.0319	6403709.64

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 7.971E-5 m²/sec

S = 0.0003883

Kz/Kr = 0.1

Sw = 0.

r(w) = 0.135 m

r(c) = 0.1265 m

WELL TEST ANALYSIS

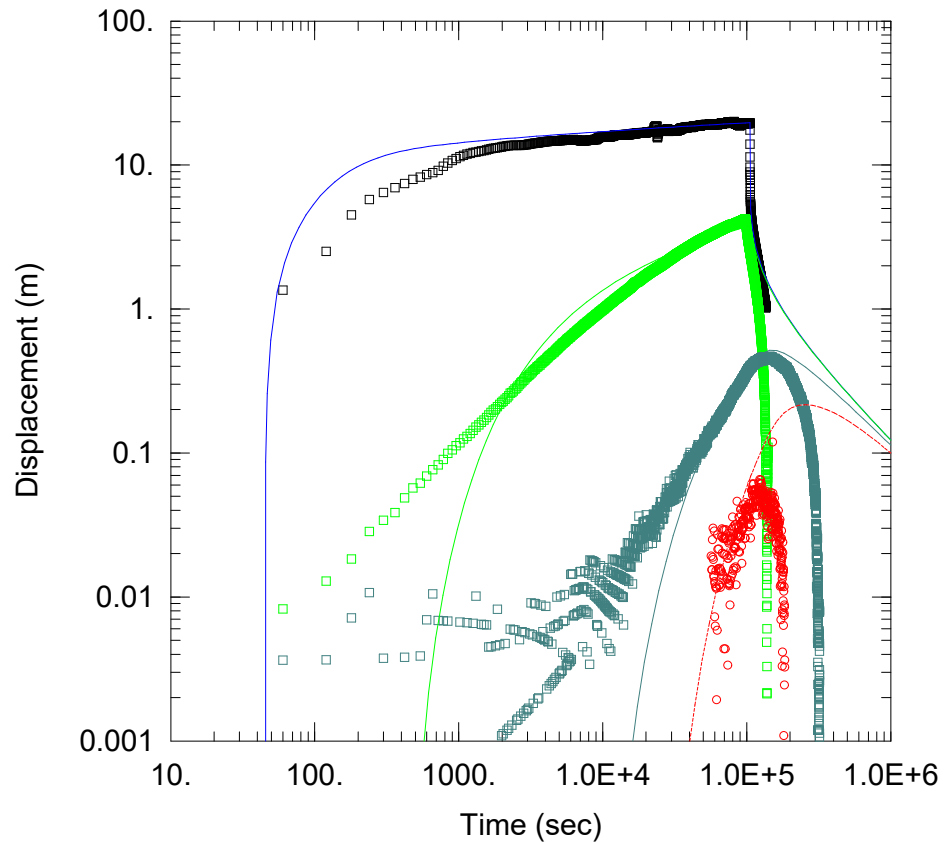
Data Set: C:\...\SGU2017_BH2279_BH2269_BH2277UM.aqt
 Date: 09/01/23 Time: 14:36:52

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: SGU2017
 Test Date: 2023-06-19

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Dougherty-Babu
 T = 0.0001079 m²/sec
 S = 0.0001396
 Kz/Kr = 0.1
 Sw = 0.
 r(w) = 0.0575 m
 r(c) = 0.0575 m



AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 48.77 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

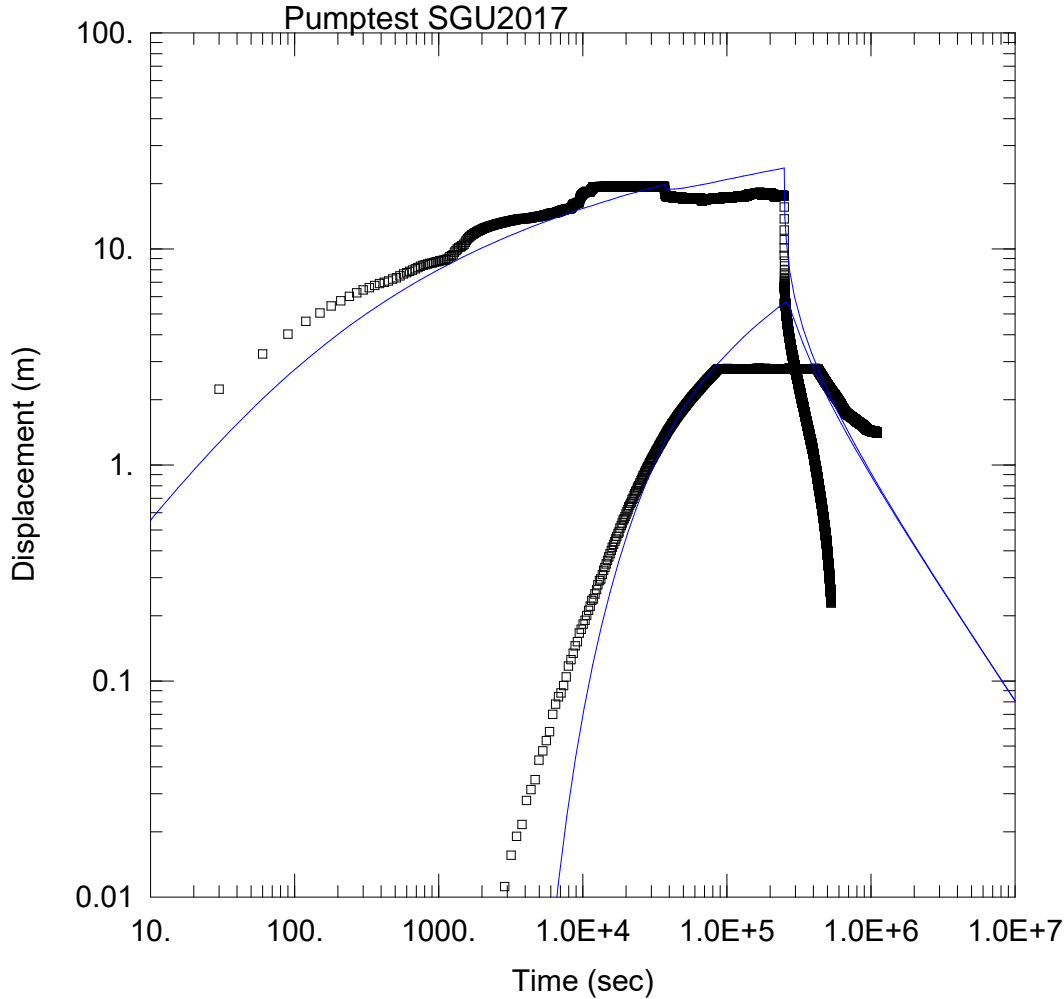
WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
SGU2017	720289	6404867

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ <u>SGU2017</u>	720289	6404867
□ <u>BH2279</u>	720216.939	6404896.543
□ <u>BH2269</u>	720597.229	6404487.224
○ <u>BH2277UM</u>	721060	6404962



PUMPTEST

Data Set: Z:\...\SGU2017_BH2260.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 15:24:10

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: SGU2017
 Test Date: 2023-02-28

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 50.05 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
SGU2017	720289	6404867

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ SGU2017	720289	6404867
□ BH2260	720321.5566	6404834.465

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 2.035E-5 m²/sec

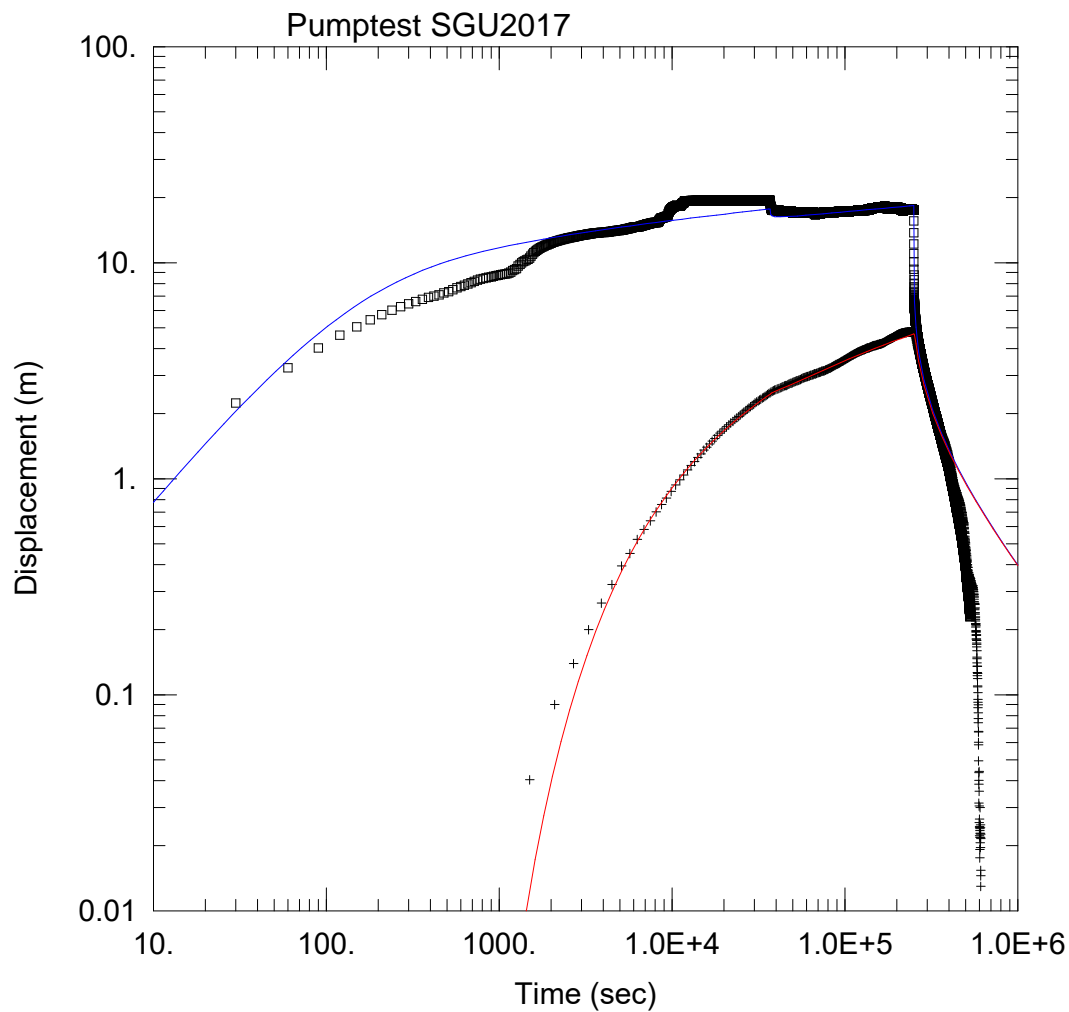
S = 0.001017

Kz/Kr = 0.1

Sw = -3.75

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m



PUMPTEST

Data Set: Z:\...\SGU2017.aqt
 Date: 08/25/23

Time: 13:50:04

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite Gotland
 Test Well: SGU2017
 Test Date: 2023-02-28

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 50.05 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
SGU2017	720289	6404867

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ <u>SGU2017</u>	720289	6404867
+ <u>BH2007_UM</u>	720532.563	6405588.788

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 4.696E-5 m²/sec

S = 1.503E-6

Kz/Kr = 0.1

Sw = -4.425

r(w) = 0.0575 m

r(c) = 0.0575 m

Pumptest BH2102

PUMPTEST

Data Set: \...\BH2102_pumptest_alla.aqt
 Date: 10/11/23 Time: 11:52:16

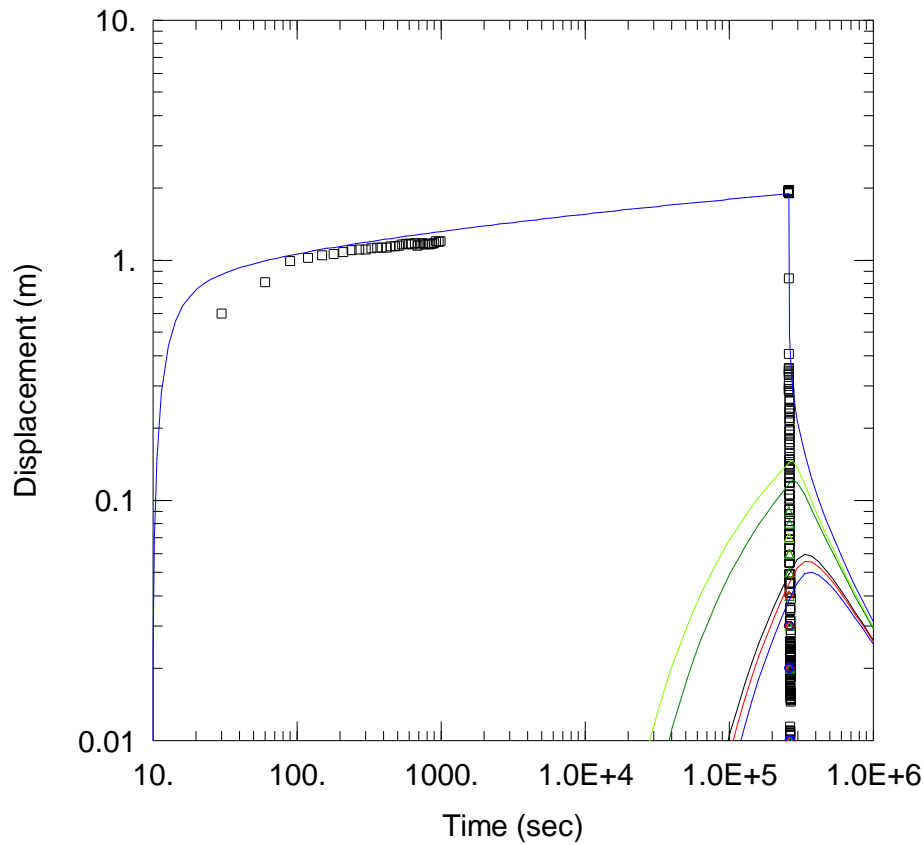
PROJECT INFORMATION

Company: WSP
 Client: Heidelberg Materials
 Project: 10330449
 Location: Slite
 Test Well: BH2102
 Test Date: 14/3 - 17/3 2023

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.001547 m²/sec
 S = 0.004265
 Kz/Kr = 0.1
 Sw = 0.
 r(w) = 0.0475 m
 r(c) = 0.0475 m



AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 45.31 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.1

WELL DATA

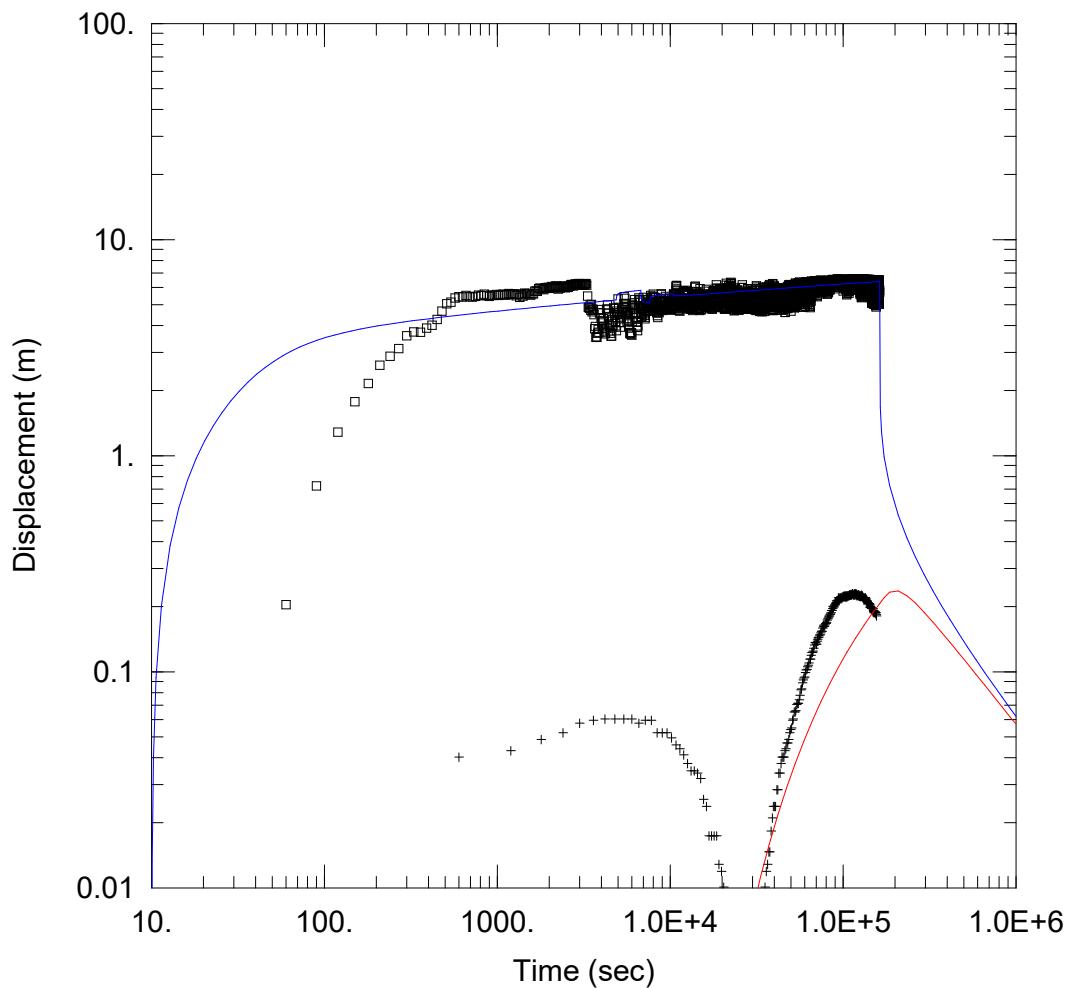
Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2102	720376.4886	6404457.281

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2102	720376.4886	6404457.281
○ BH1111	720795.8284	6404663.352
△ BH1701	720268.4086	6404232.608
△ BH2255	720138.683	6404289.841
◇ BH2282	720806.623	6404681.78
○ SGU11018	719870.4541	6404354.486

Pumptest BH2255



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2255_BH2265.aqt
Date: 08/25/23

Time: 14:05:53

PROJECT INFORMATION

Company: WSP
Client: Heidelberg Materials
Location: Slite
Test Well: BH2255

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2255	720138.6836	6404289.841

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2255	720138.6836	6404289.841
+ BH2265	720451	6404556

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.0002388 m²/sec

S = 0.0004401

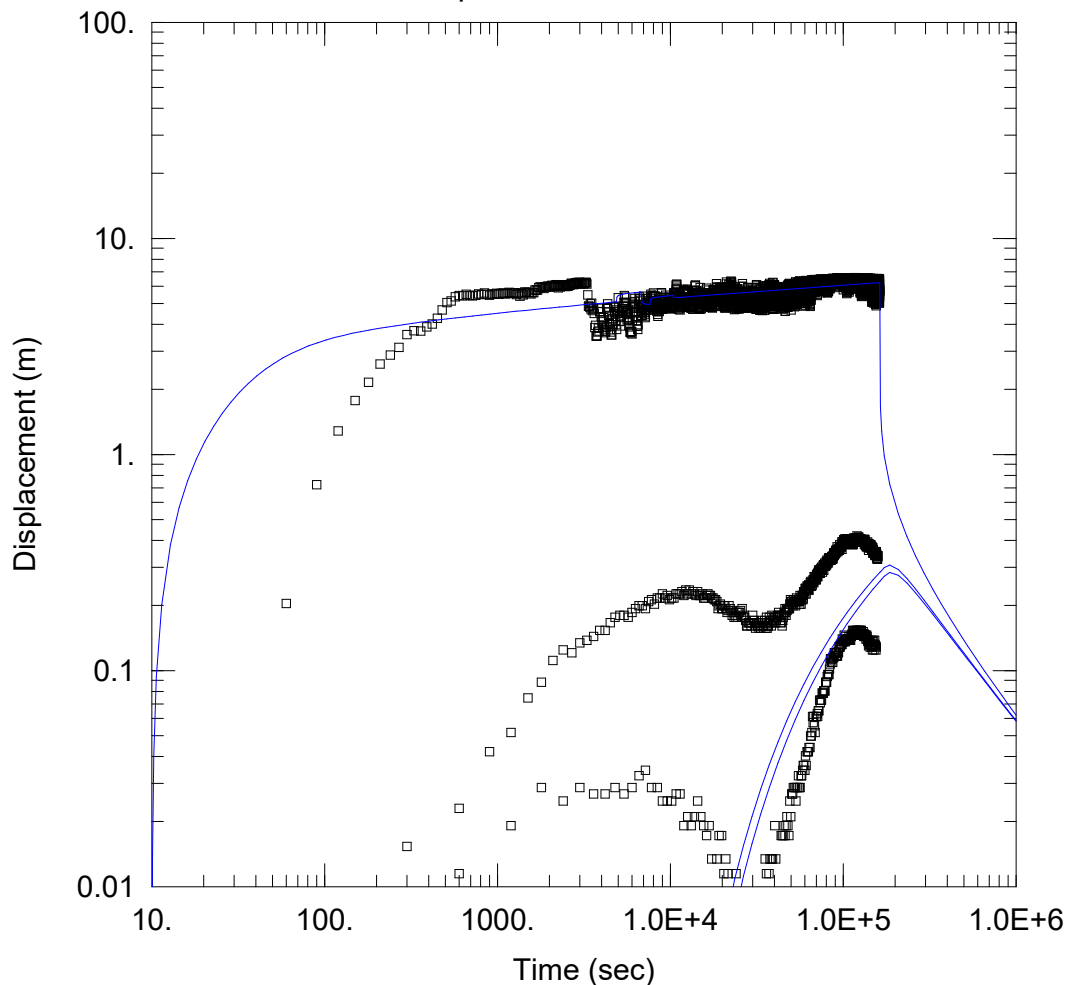
Kz/Kr = 0.01

Sw = 0.

r(w) = 0.0475 m

r(c) = 0.0475 m

Pumptest BH2255



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2255_BH2102_SGU11018.aqt

Date: 08/25/23

Time: 14:05:21

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Location: Slite

Test Well: BH2255

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2255	720138.6836404289.841	

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2255	720138.6836404289.841	
□ BH2102	720376.4886404457.281	
□ SGU11018	719870.4546404354.486	

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.0002388 m²/sec

S = 0.0006974

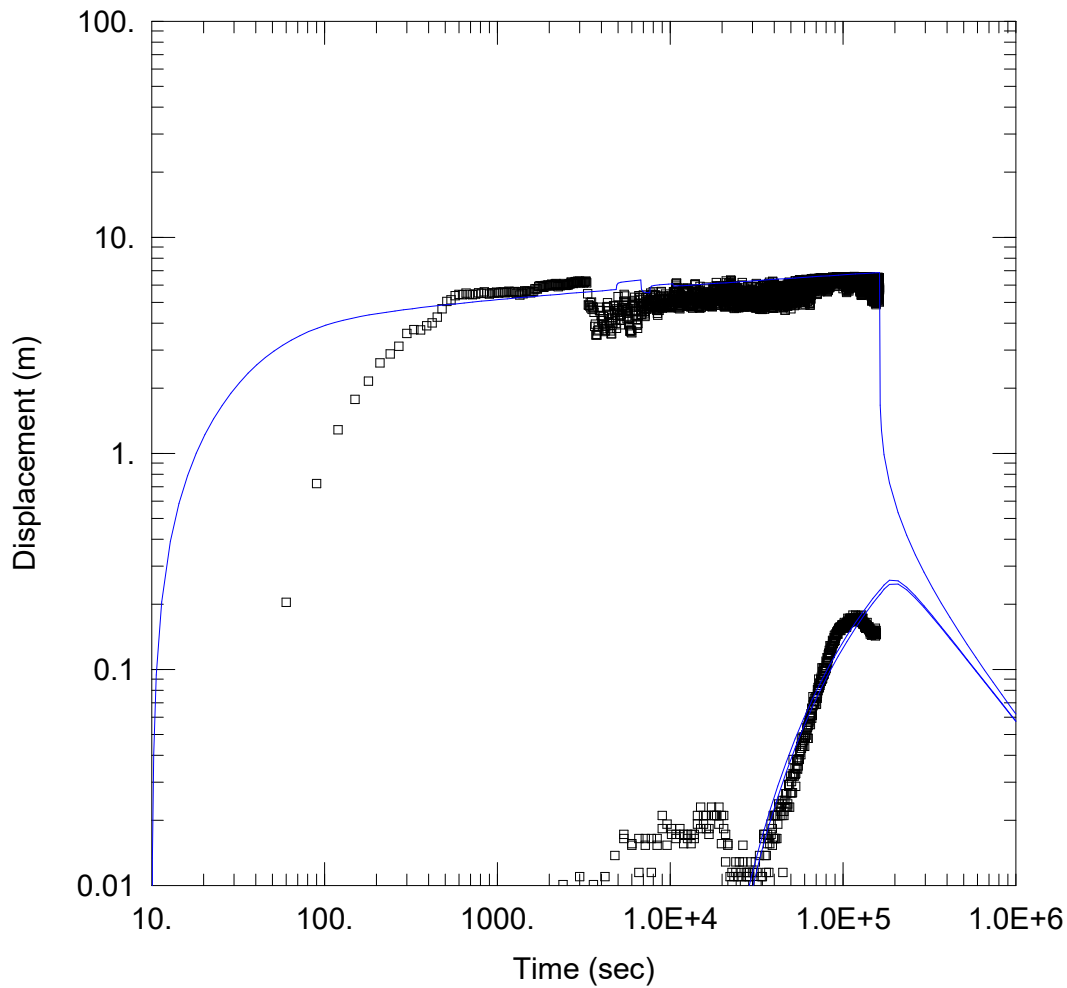
Kz/Kr = 0.01

Sw = 0.

r(w) = 0.0475 m

r(c) = 0.0475 m

Pumptest BH2255



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2255_BH2211_BH2282.aqt

Date: 08/25/23

Time: 14:04:58

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Location: Slite

Test Well: BH2255

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2255	720138.683	6404289.841

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2255	720138.683	6404289.841
□ BH2282	720806.623	6404681.78
□ BH1111	720795.828	6404663.352

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.0002388 m²/sec

S = 0.0001157

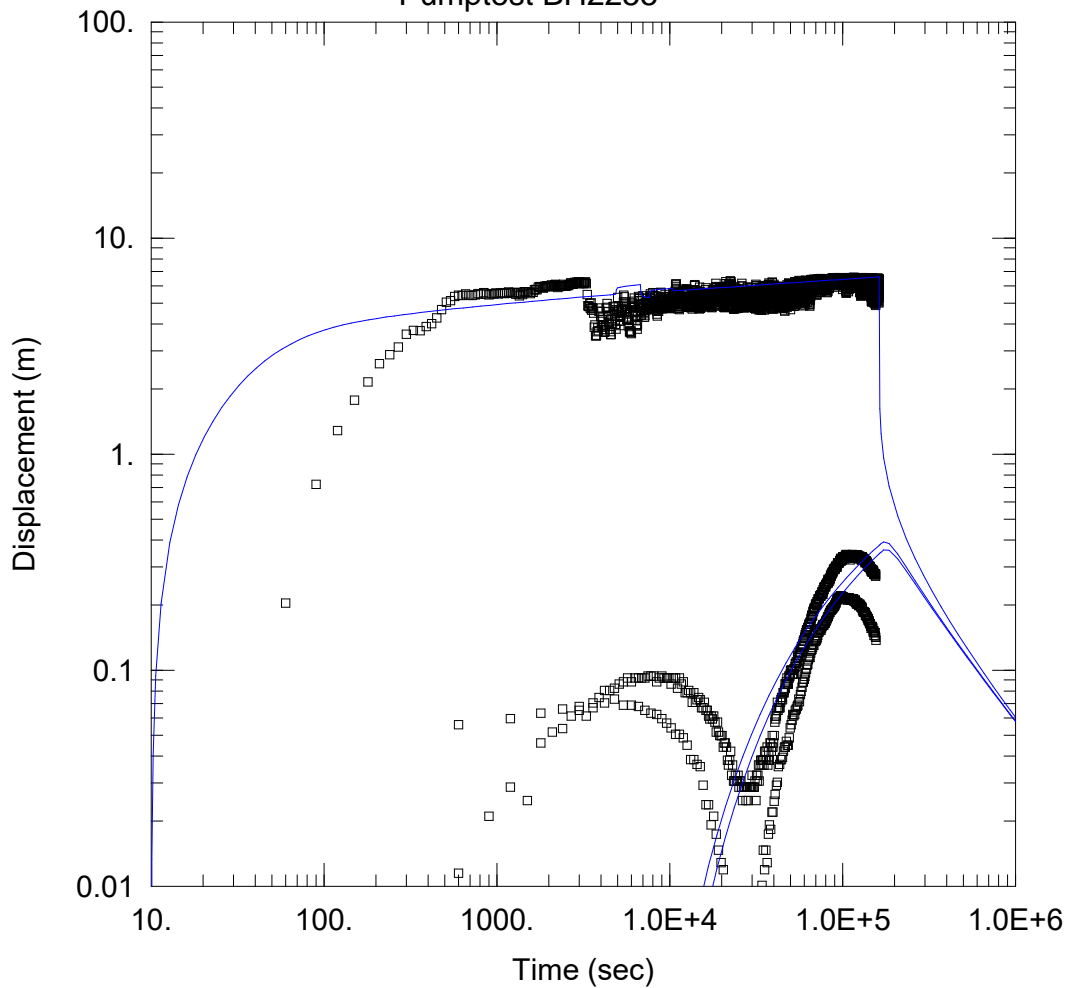
Kz/Kr = 0.01

Sw = 0.

r(w) = 0.0475 m

r(c) = 0.0475 m

Pumptest BH2255



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\...\BH2255_BH2269_BH2266.aqt

Date: 08/25/23

Time: 13:55:19

PROJECT INFORMATION

Company: WSP

Client: Heidelberg Materials

Location: Slite

Test Well: BH2255

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 38. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
BH2255	720138.6836	6404289.841

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ BH2255	720138.6836	6404289.841
□ BH2269	720597.2296	6404487.224
□ BH2266	720533	6404645

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Dougherty-Babu

T = 0.0002457 m²/sec

S = 0.0001476

Kz/Kr = 0.01

Sw = 0.

r(w) = 0.0475 m

r(c) = 0.0475 m

BILAGA E – FÄLTPROTOKOLL BORRHÅLSLOGGNING

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-10-01	Tid (TT:MM)	10:11	Utfört av	Robert Müller, Stefan Rhodin
ID	BH2205				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	1.6	Foderrörlängd [m]	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:	0.15		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:	1.1	Inre diameter [mm]:	125		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	3.49	MPD [m]:	23		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	0.1	Tid: (steady state)	10:50		

Kommentarer:

Maximalt djupet för flödesloggningen var 22m.

Flödesloggningen: 7m/min ner kl10:11
 7m/min upp kl10:15
 9m/min ner kl10:19
 9m/min upp kl10:23
 11m/min ner kl10:26
 11m/min upp kl10:28

Pumpen satts på 5m under r.ö.k.

Flödesloggningen med pump: 7m/min ner kl10:53
 7m/min upp kl10:57
 9m/min ner kl11:00
 9m/min upp kl11:02
 11m/min ner kl11:04
 11m/min upp kl11:06

Pumpstopp vid 11:07.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-10-03	Tid (TT:MM)	10:11	Utfört av (Fullständigt namn)	Robert Müller, Stefan Rhodin
ID	BH2206				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	artesisk	Foderrörlängd [m]	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:	artesisk	Uppstick [m]:	0.21		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:	artesisk	Inre diameter [mm]:	130		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	artesisk	MPD [m]:	41.44		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	artesisk	Tid: (steady state)			

Kommentarer:

Initial flöden (kl 9:53):

Q1 = 18.84 l/min;
Q2 = 18.34 l/min;
Q3 = 18.77 l/min;
Q4 = 18.40 l/min;
Q5 = 17.94 l/min.

Brunnen är artesisk. Flödesloggningen:

7m/min ner kl10:31
7m/min upp kl10:38
9m/min ner kl10:44
9m/min upp kl10:53
11m/min ner kl10:53
11m/min upp kl10:57.

Flöden efter loggningen (kl 11:07):

Q6 = 10.59 l/min
Q7 = 11.01 l/min
Q8 = 11.21 l/min

Uppstig röret för flödesmätningen över brunnsröret var 0.175m.

Diversnörret är 20.73m.

Mätningarna utfördes till 40m djupet.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-10-01	Tid (TT:MM)	13:07	Utfört av (Fullständigt namn)	Robert Müller, Stefan Rhodin
ID	BH2208				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	artesisk	Foderrörlängd [m]	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:	artesisk	Uppstick [m]:	0.23		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:	artesisk	Inre diameter [mm]:	130		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:		MPD [m]:	26.5		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:		Tid: (steady state)			

Kommentarer:

BH2208 är en artesisk brunn därför genomfördes ingen flödesloggning med pumpningen.

Flödesloggningen:

- 7m/min ner kl13:11
- 7m/min upp kl13:15
- 9m/min ner kl13:19
- 9m/min upp kl13:23
- 11m/min ner kl13:26
- 11m/min upp kl13:29

Mätningarna kördes ner till maximalt till 25m. Det var mycket silt och lera i brunnen.

Flödesmätningar (vid kl 12:34):

- Q1 = 86.08 l/min
- Q2 = 84.15 l/min
- Q3 = 86.96 l/min
- Q4 = 82.76 l/min
- Q5 = 86.08 l/min

Röret som används för flödesmätningen var 1.14m över marken.

Flödesmätningen efter flödesloggning vid 13:50:

- Q1 = 58.08 l/min
- Q2 = 60.54 l/min

Röret för flödesmätningen var 1.07m över marken.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449
Datum (ÅÅMMDD)	2022-09-30	Tid (TT:MM)	14:05
ID	BH2211	Utfört av (Fullständigt namn)	Robert Müller; Stefan Rhodin
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	6.49	Foderrörlängd [m]	3
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:	0.215
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:	6.47	Inre diameter [mm]:	145
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	7.42	MPD [m]:	71.25
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	16.2536	Tid: (steady state)	16:14

Kommentarer:

Flödesloggning startade 14:30 utan pump. I tre olika winch hastigheter 7m/min, 9m/min, 11m/min (ner och upp) genomfördes flödesloggningen. Loggningen genomfördes till 68m djupet.

Flödesloggning: 7m/min ner kl14:30
 7m/min upp kl14:41
 9m/min ner kl14:53
 9m/min upp kl15:01
 11m/min ner kl15:10
 11m/min upp kl15:18

Flödesloggningen med pumpningen startades 16:09. Pumpen satt på 10m under rörkanten och en avsänkning av 1m genomfördes. Mätningen kunde bara utföras ner och upp för 7m/min efter ett teknisk fel med pumpen.

Nedmätningen r.ö.k -vy i BH2212 vid 15:30 var 5.10m.
Nedmätning r.ö.k - vy i BH2212 vid kl 15:53 var 5.12m.

Vid kl 16:05 dog elväcket.Startat om elvärk vid 16:07 men dog igen.

Startat om vid 16:09. Q = 16.25 l/min

Flödesloggningen: 7m/min ner kl16:17
 7m/min upp kl16:24

Pumpen dog ner flödesloggern var på initial nivå. Kunde inte genomföras mer flödesloggningen för dagen.

Nedmätningen r.ö.k - vy BH2212 vid 16:26 var 5.18m.

Diversnörre är 37m långt.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-09-29	Tid (TT:MM)	15:00	Utfört av	Robert Müller; Stefan Rhodin
ID	BH2212				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	4.44	Foderrörlängd [m]	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:	0.27		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	130		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:		MPD [m]:	69.68		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:		Tid: (steady state)			

Kommentarer:

Start flödesloggning 16:44. Bara flödesloggning utan pumpningen utfört. Flödesloggning genomförd ner och upp i tre olika hastigheter 7m/min; 9m/min och 11m/min. Mätningen genomfördes bara till 68m djupet.

Flödesloggning: 7m/min ner kl16:44
 7m/min upp kl16:55
 9m/min ner kl17:05
 9m/min upp kl17:13
 11 m/min ner kl17:21
 11m/min upp kl17:28

Diversnörre längden är 51,58m.

Nedmätning r.ö.k. till vattenytan i angränsande brunne BH2211 var 6,04m vid 19:32.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449
Datum (ÅÅMMDD)	2022-09-30	Tid (TT:MM)	09:44
ID	BH2212	Utfört av (Fullständigt namn)	Robert Müller, Stefan Rhodin
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	4.8	Foderrörlängd [m]	3
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:	0.27
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:	5.36	Inre diameter [mm]:	130
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	5.36	MPD [m]:	69.68
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	57.64	Tid: (steady state)	11:35

Kommentarer:

CT - diver sättes fast på SFM. Flödesloggning med CT-diver på startades 10:11 ner och 10:21 upp med en hastighet av 7m/min.

Pumpningen startades runt 11:16.

Flöden vid 11:19: Q1 = 61.47 l/min;
 Q2 = 67,15 l/min;
 Q3 = 62.96 l/min;
 Q4 = 63.42 l/min;
 Q5 = 67.42 l/min.

Pumpens position i brunnen ändrades 11:33 från 10m till 8m från rörkanten. Flödeslogger nu på 13m under rörkanten.

Flöde vid 11:35 Q = 57.5 l/min.

Start flödesloggning med pump på vid 11:38 med 7m/min ner och vid 11:48 upp.

Start flödesloggning med 9 m/min ner vid 11:56 och vid 12:04 upp.

Start flödesloggning med 11 m/min ner vid 12:12 och vid 12:17 upp.

Nedmätningen r.ö.k. - vy i BH2211 6.56 m vid kl12:06 och 6.59m vid kl12:20.

Nedmätningen r.ö.k.-vy i BH2212 vid kl12:23 var 5.49m.

Pumpen stängdes av vid kl 12:26.

Nedmätningen i BH2211 kl12:26 var 6.60m.

Nedmätningen när pumpen och flödeslogger var kvar i brunnen vid 13:05 var 5.02m.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-10-03	Tid (TT:MM)	12:43	Utfört av (Fullständigt namn)	Robert Müller, Stefan Rhodin
ID	BH2213				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	10.15	Foderrörlängd [m]	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:	10.08	Uppstick [m]:	0.155		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	130		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	12.94	MPD [m]:	58.61		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	14.73	Tid: (steady state)	14:25		

Kommentarer:

Lämnat CT diversn på flödeslogger för mätningen utan och med pump.

Flödesloggningen: 7m/min ner kl13:13
 7m/min upp kl13:21
 9m/min ner kl13:29
 9m/min upp kl13:37
 11m/min ner kl13:43
 11 m/min upp kl13:49

Flödesmätningen med pump startades kl 14:00 (pumpstart). Pumpen satt på 15m och flödeslogger på 17.50m. Vid 14:05 avbröts pumpningen eftersom avsäckningen var för högt. Omstart pumpningen vid 14:15.

Flöde vid steady state var 14.73 l/min.

Start flödesloggningen pump: 7m/min ner kl14:30
 7m/min upp kl14:36
 9m/min ner kl14:42
 9m/min upp kl14:47
 11m/min ner kl14:52
 11m/min upp kl14:56

Slut flödesloggningen vid 15:00.
Pumpen stängdes av vid 15:02.
Mätningarna genomfördes till 57m djupet.
Diversnörret är 31.36m.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-10-06	Tid (TT:MM)	09:00	Utfört av (Fullständigt namn)	Robert Müller, Stefan Rhodin
ID	BH2267				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	18.42	Foderrörlängd [m]:	0.5		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:	0.05		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:	18.69	Inre diameter [mm]:	100		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	19.21	MPD [m]:	56		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	13	Tid: (steady state)	09:54		

Kommentarer:

Flödesloggningen start kl 8:57. CT-Diver var på alla mätningar på loggern.

7m/min ner kl9:00
7m/min upp kl9:09
9m/min ner kl9:18
9m/min upp kl9:25
11m/min ner kl9:31
11m/min upp kl9:36

Slut 9:42.

Pumpen på 22.5m under rörkanten. Flödesloggern på 26m under rörkanten. Första pumpstart kl 9:50:

7m/min ner kl9:56
7m/min upp kl10:00 (elväcket dog på vägen upp)

Omstart Flödesloggningen med pump kl10:03 (ungefär). Ny steady state kl10:08 med 20.48m rök vy.

7m/min ner kl10:09
7m/min upp kl10:14
9m/min ner kl10:19
9m/min upp kl10:22
11m/min ner kl10:26
11m/min upp kl10:31

Slut 10:32.

Pumpen stängd av 10:33.

Mätningen utfördes mellan 26 - 55m djupet.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449
Datum (ÅÅMMDD)	2022-10-04	Tid (TT:MM)	10:01
ID	BH2274	Utfört av (Fullständigt namn)	Robert Müller, Stefan Rhodin
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	12.53	Foderrörlängd [m]	1
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:	12.52	Uppstick [m]:	0.17
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	100
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	13.52	MPD [m]:	40.5
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	5.8	Tid: (steady state)	11:53

Kommentarer:

Kalibrering flödesloggningen start 10:22:

5m/min ner kl11:14
5m/min upp kl11:15
7m/min ner kl11:18
7m/min upp kl11:21
9m/min ner kl11:23
9m/min upp kl11:25

Kalibreringen genomfördes mellan 12 och 27m under rörkanten.
Stopp vid 11:27.

Flödesloggningen startades 10:22 och genomfördes till 39m djupet under rörkanten.

5m/min ner kl10:22
5m/min upp kl10:30
7m/min ner kl10:38
7m/min upp kl10:44
9m/min ner kl10:50
9m/min upp kl10:55
11m/min ner kl11:00
11m/min upp kl11:04

Flödesloggningen avslutades 11:27.

Pumpen satts (11:30) på 15m rök och loggaren på 18m rök.

Pumpen startades 11:32. Q1 (kl11:38) = 7.5 l/min
Q2 (kl11:50) = 6.81 l/min

7m/min ner kl11:53 (kort stopp vid 37m rök pga hanteringsfel)
7m/min upp kl 11:57
9m/min ner kl12:00
9m/min upp kl12:03

Mätningar med 11m/min genomfördes inte för att batterin till pumpen tog slut. Pumpen stängdes av 12:06. CT - diver på flödesloggern var på från kalibrering till slutet av pumpningen.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-10-04	Tid (TT:MM)	13:55	Utfört av (Fullständigt namn)	Robert Müller, Stefan Rhodin
ID	BH2277				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	19.3	Foderrörlängd [m]	0.5		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:	19.31	Uppstick [m]:	0.16		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	100		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	19.61	MPD [m]:	40.5		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	4	Tid: (steady state)	15:23		

Kommentarer:

Kalibrering startades 14:18 och genomfördes mellan 18.5 och 33.5m rök.

5m/min ner kl14:19
5m/min upp kl14:23
7m/min ner kl14:26
7m/min upp kl14:44
9m/min ner kl14:50
9m/min upp kl14:54
11m/min ner kl14:59
11m/min upp kl15:04

Stopp kalibreringen 15:07.

Flödesloggningen börjades 14:37. Loggningen genomfördes till 39m rök.

7m/min ner kl15:24
7m/min upp kl15:27
9m/min ner kl14:50
9m/min upp kl14:54
11m/min ner kl14:59
11m/min upp kl15:04

Slut flödesloggningen 15:07.

Pumpen startades 15:18. Start pump med flödesloggningen 15:23. Pumpen satts på 20.5m rök och loggern på 25m rök.

7m/min ner kl15:24
7m/min upp kl15:27
9m/min ner kl15:30
9m/min upp kl15:32
11m/min ner kl15:34
11m/min upp kl15:36

Slut av mätningen 15:37.

CT - divers var på från kalibreringen till slutet av pump flödesloggningen.

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar Slite	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-12-01	Tid (TT:MM)	11:58	Utfört av (Fullständigt namn)	Gustav T & Ro
ID	BH85				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	19.18	Foderrörlängd [m]	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:	0.52		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:	19.23	Inre diameter [mm]:	115		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	19.67	MPD [m]:	62.34		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	46.2	Tid: (steady state)			

Kommentarer:

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar Slite	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-11-29	Tid (TT:MM)	11:00	Utfört av (Fullständigt namn)	Gustav T & Ro
ID	BH86				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	18.61	Foderrörlängd [m]	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:	0.47		
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	250		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	22.02	MPD [m]:	44.31		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	20	Tid: (steady state)	12:55		

Kommentarer:

MPD avviker från gammal information, blockage?

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar Slite	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-11-30	Tid (TT:MM)	08:45	Utfört av	Gustav T & Ro
ID	BH1104			(Fullständigt namn)	
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	18.38	Foderrörlängd [m]			
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:			
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	115		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	19.15	MPD [m]:	62.2		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	52	Tid:			
		(steady state)			

Kommentarer:

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar Slite		Uppdragsnr	10330449	
Datum (ÅÅMMDD)	2022-12-01	Tid (TT:MM)	09:00	Utfört av (Fullständigt namn)	Gustav T & Ro
ID	BH2001				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	0	Foderrörlängd [m]:	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:	0	Uppstick [m]:			
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:	0	Inre diameter [mm]:	115		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	0	MPD [m]:	40		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	32.4	Tid: (steady state)			

Kommentarer:

Artesisk brunn

Q1	20l/22,5s	09:10	53.33333333
Q2	20l/58,5s	10:29	20.5
Q3	20l/51,2s	10:51	23.4375
Qavg	32.4		

Projektnamn	Cementa Fältundersökningar Slite	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2022-11-30	Tid (TT:MM)	13:55	Utfört av (Fullständigt namn)	Gustav T & Ro
ID	BH2005				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	1.49	Foderrörlängd [m]	3		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:			
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	115		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	1.23	MPD [m]:	40		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	38.21	Tid:			
	52	(steady state)			

Kommentarer:

Brunnen blev artesisk under borrhålsloggning.
När vi lämnade (kl 17:00) var brunnen artesisk.

GVY var 0,22 15:19

Blockage/utfall i borrhålet vid ca 35m, sonden fastnade men kunde ta sig förbi.
Detta skedde efter att dummy hade passerat.

Återhämtning skedde momentant efter att loggningen avslutats.



PROTOKOLL FÖR FLÖDESLOGGNING

Lilla Bommen 6 * 411 04 Göteborg

Kund Uppdragsnr

Datum Tid Utfört av

(ÅÅMMDD) (TT:MM)

ID

Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]: Foderrörlängd [m]

Djup till vatten med logger i borrhål [m]: Uppstick [m]:

Djup till vatten med logger & pump i borrhål: Inre diameter [mm]:

Djup till vatten vid steady state-pumpning: MPD [m]:

Flöde vid steady state-pumpning [l/min]: Tid:

(steady state)

Kommentarer:



PROTOKOLL FÖR FLÖDESLOGGNING

Lilla Bommen 6 * 411 04 Göteborg

Kund	Heidelberg Materials Cement Sverige	Uppdragsnr	10330449
Datum (ÅÅMMDD)	2023-04-05	Tid (TT:MM)	
ID	BH2301	Utfört av	RM & KH
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	3.6	Foderrörlängd [m]	6
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:	
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	115
Djup till vatten vid steady state-pumpning:	7.6	MPD [m]:	60
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:	2.1	Tid: (steady state)	

Kommentarer:

MPD 60 m



PROTOKOLL FÖR FLÖDESLOGGNING

Lilla Bommen 6 * 411 04 Göteborg

Kund	Heidelberg Materials Cement Sverige	Uppdragsnr	10330449		
Datum (ÅÅMMDD)	2023-03-30	Tid (TT:MM)	15:30	Utfört av	RM & SR
ID	BH2302				
Djup till vatten utan utrustning i borrhål [m]:	36.9	Foderrörlängd [m]	6		
Djup till vatten med logger i borrhål [m]:		Uppstick [m]:			
Djup till vatten med logger & pump i borrhål:		Inre diameter [mm]:	115		
Djup till vatten vid steady state-pumpning:		MPD [m]:	40		
Flöde vid steady state-pumpning [l/min]:		Tid: (steady state)			

Kommentarer:

Loggning med pump genomförs inte

BILAGA F – UTVÄRDERADE BORRHÅLSLOGGAR



Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

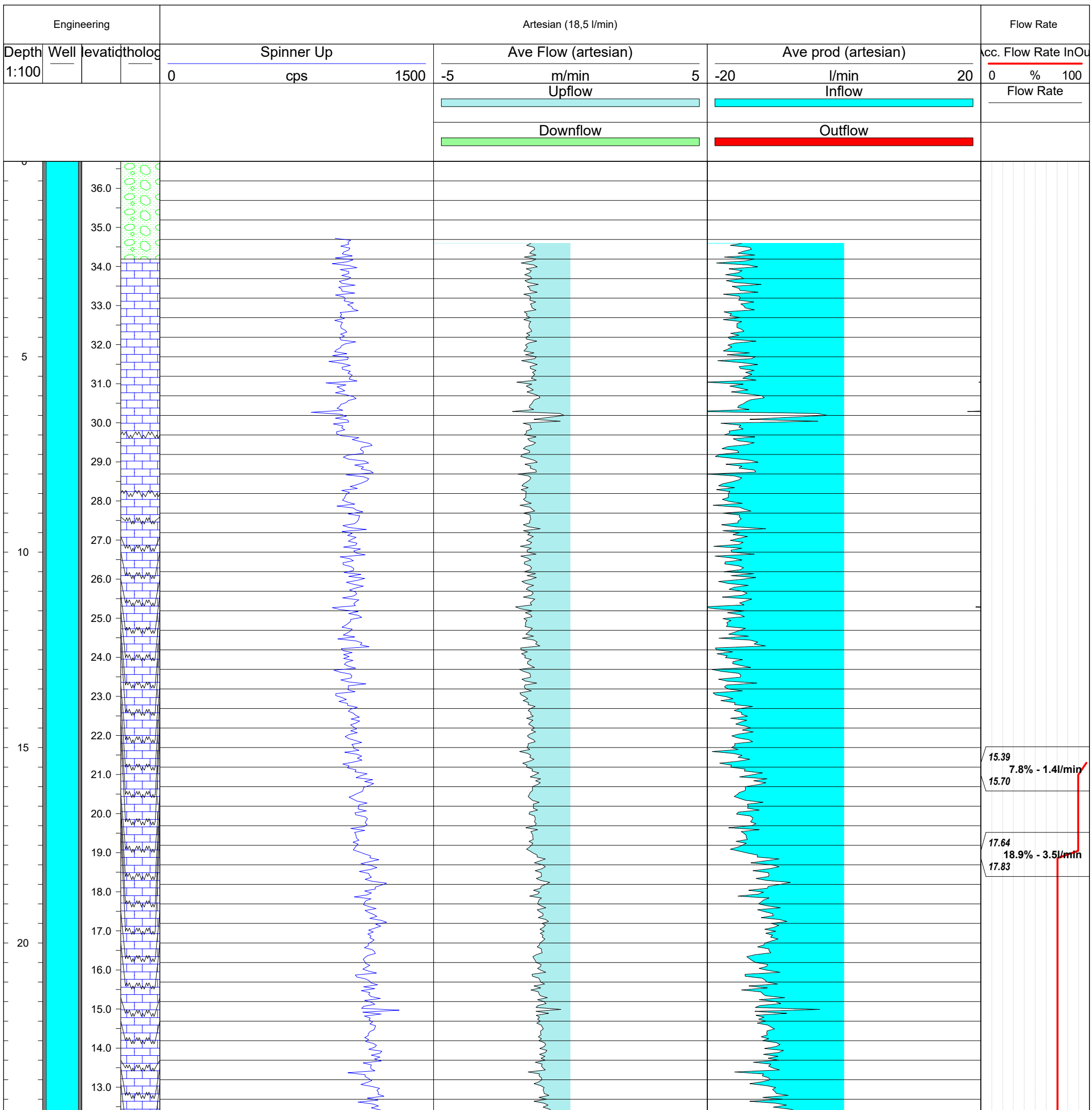
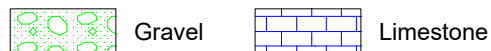
Datum: 18/10/22

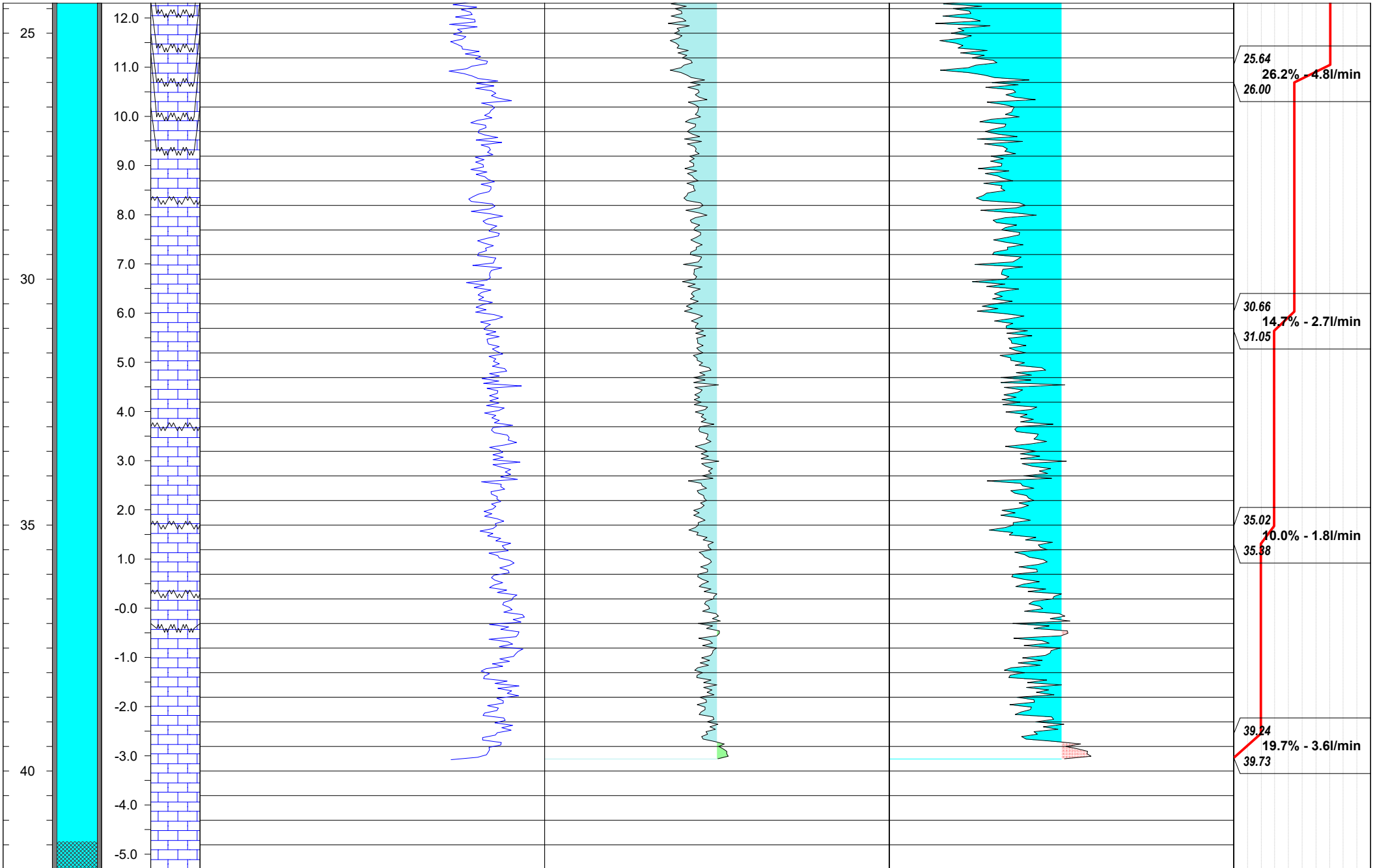
Utfört: 01/10/22

Utfört av: Robert M, Stefan R

Borrhåls ID: BH2206

Log: Spinner flödesloggning







Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

Datum: 20/10/22

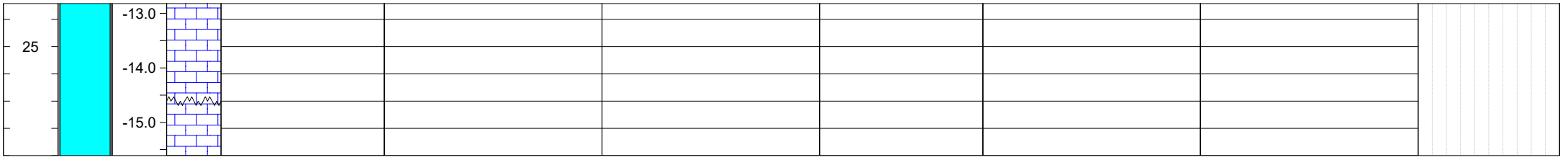
Utfört: 01/10/22

Utfört av: Robert M, Stefan R

Borrhåls ID: BH2207

Log: Spinner flödesloggning







Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

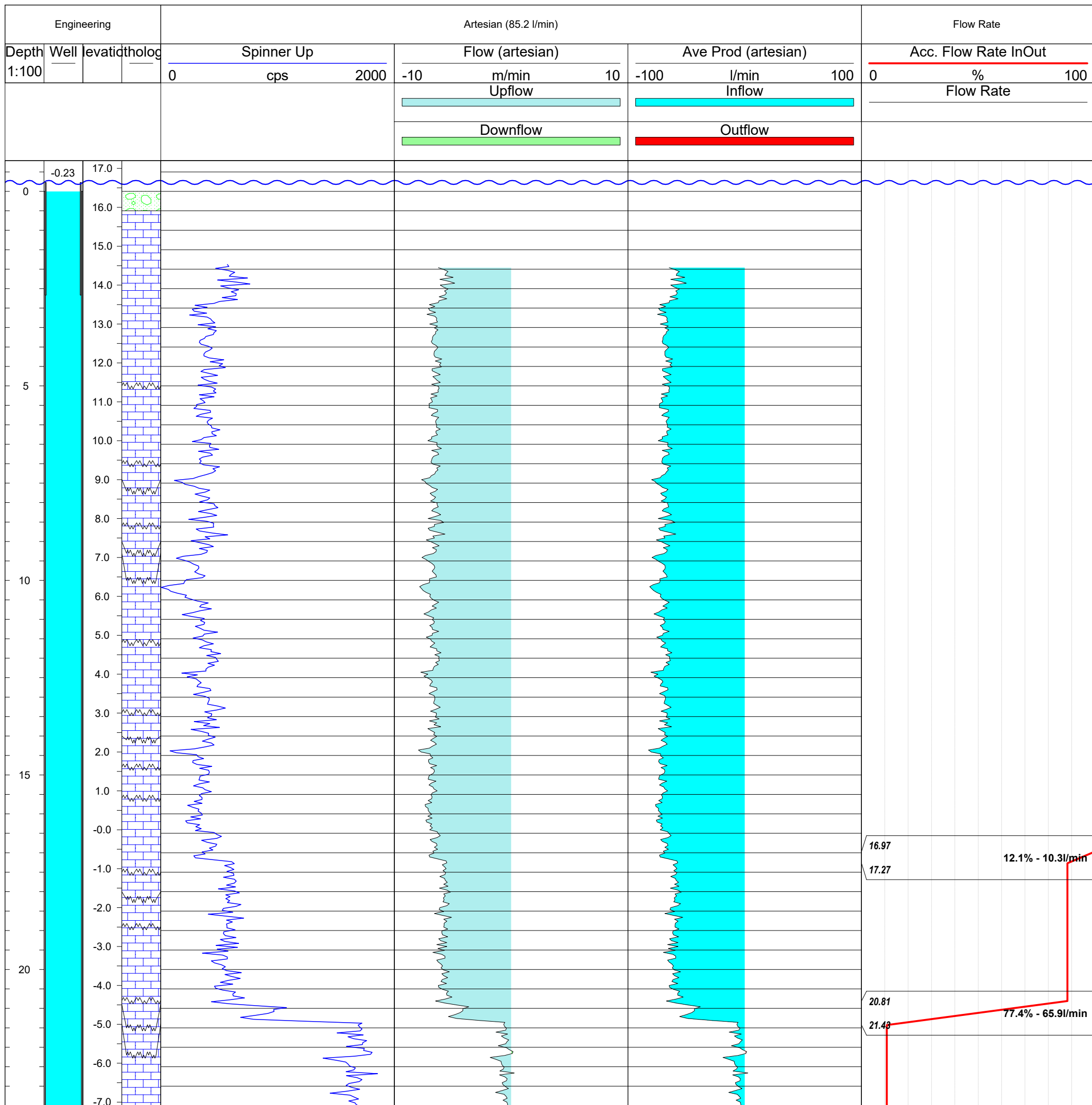
Datum: 18/10/22

Utfört: 01/10/22

Utfört av: Robert M, Stefan R

Borrhåls ID: BH2208

Log: Spinner flödesloggning





Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

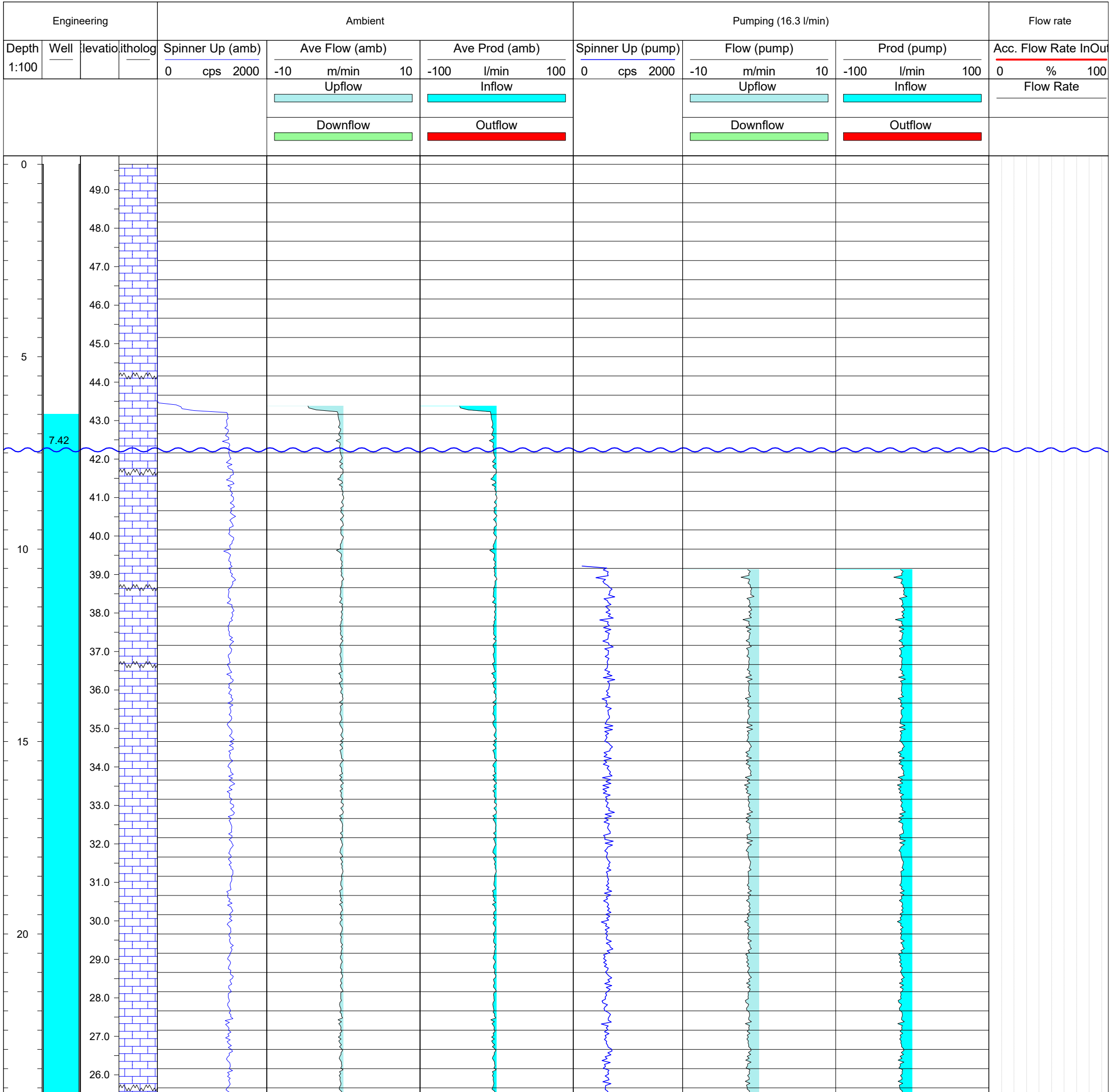
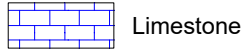
Datum: 20/10/22

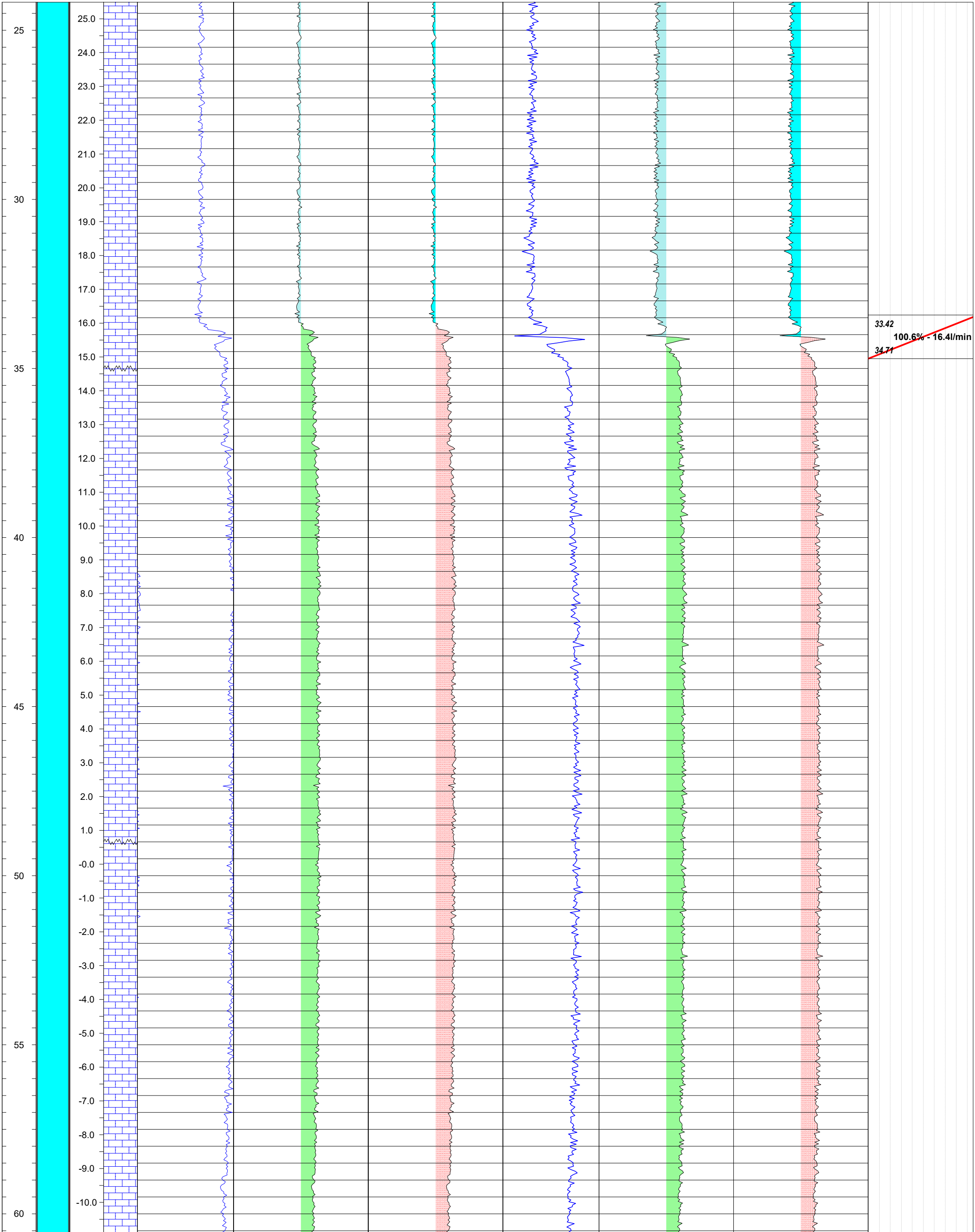
Utfört: 30/09/22

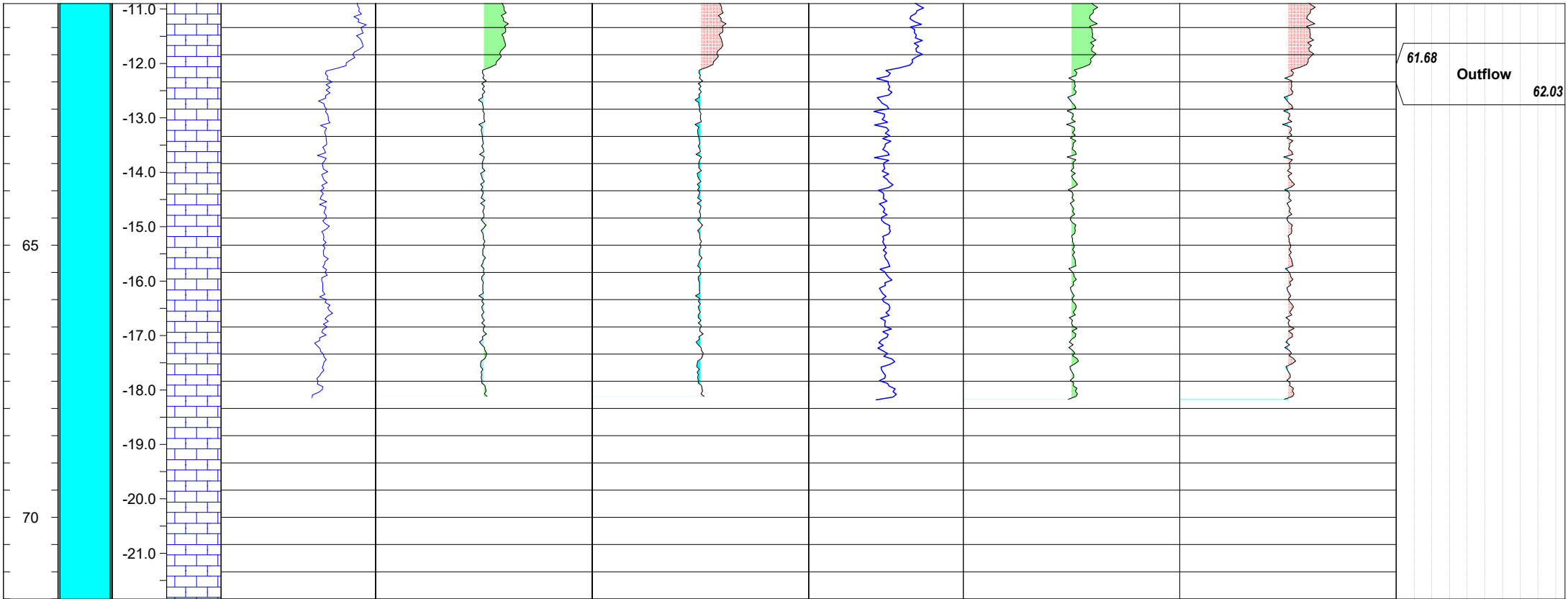
Utfört av: Robert M, Stefan R

Borrhåls ID: BH2211

Log: Spinner flödesloggning









Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

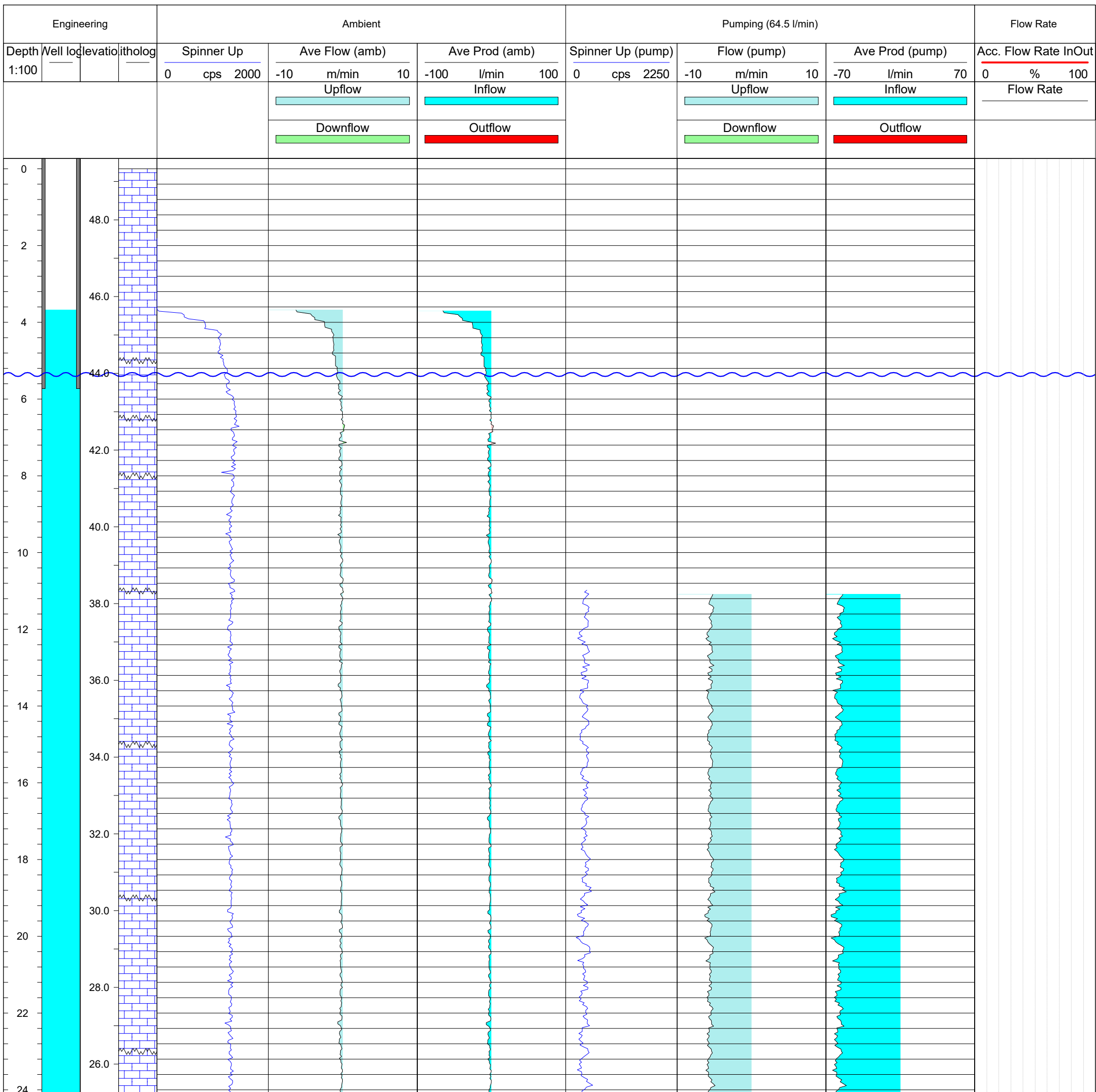
Datum: 20/10/22

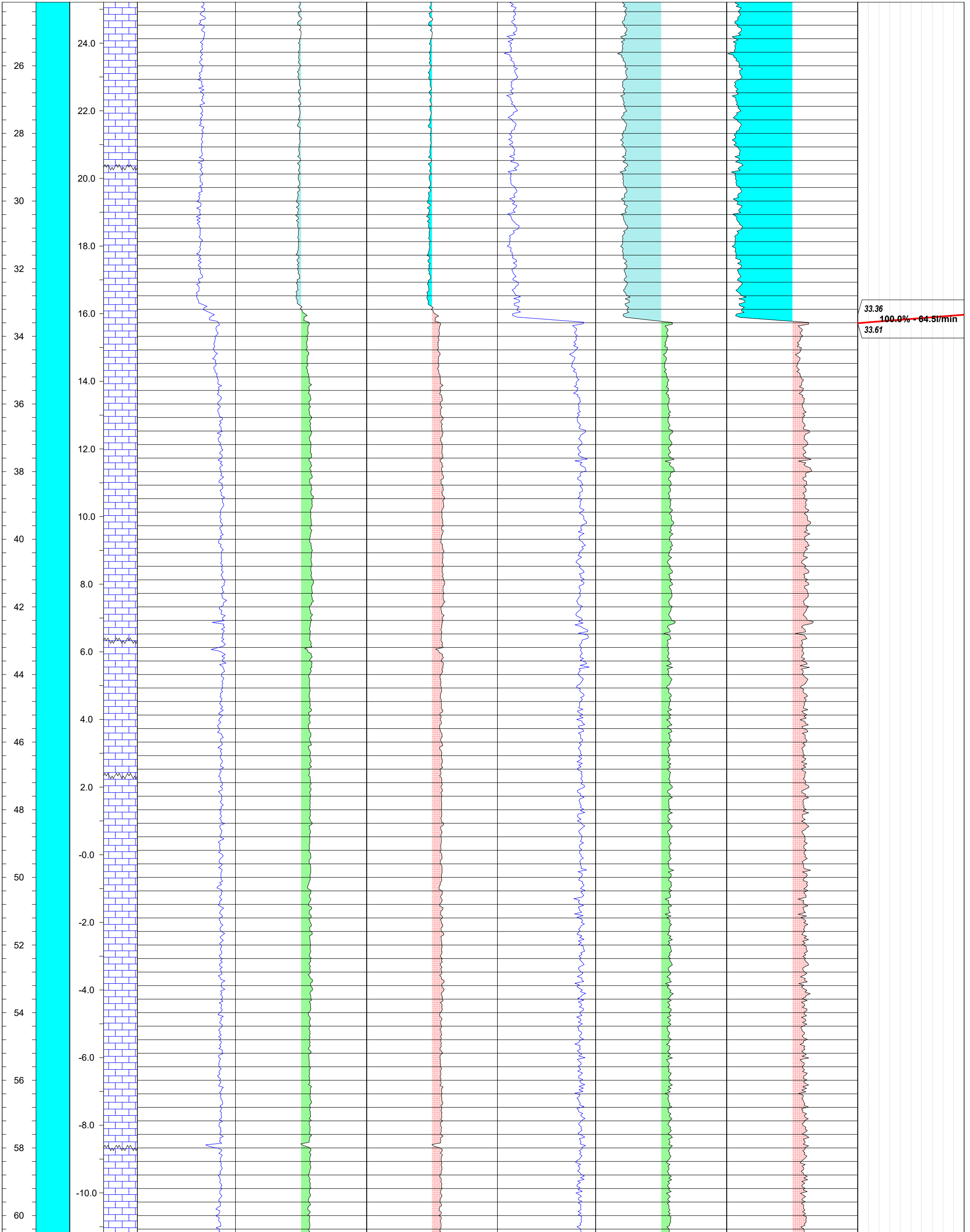
Utfört: 29/09/22

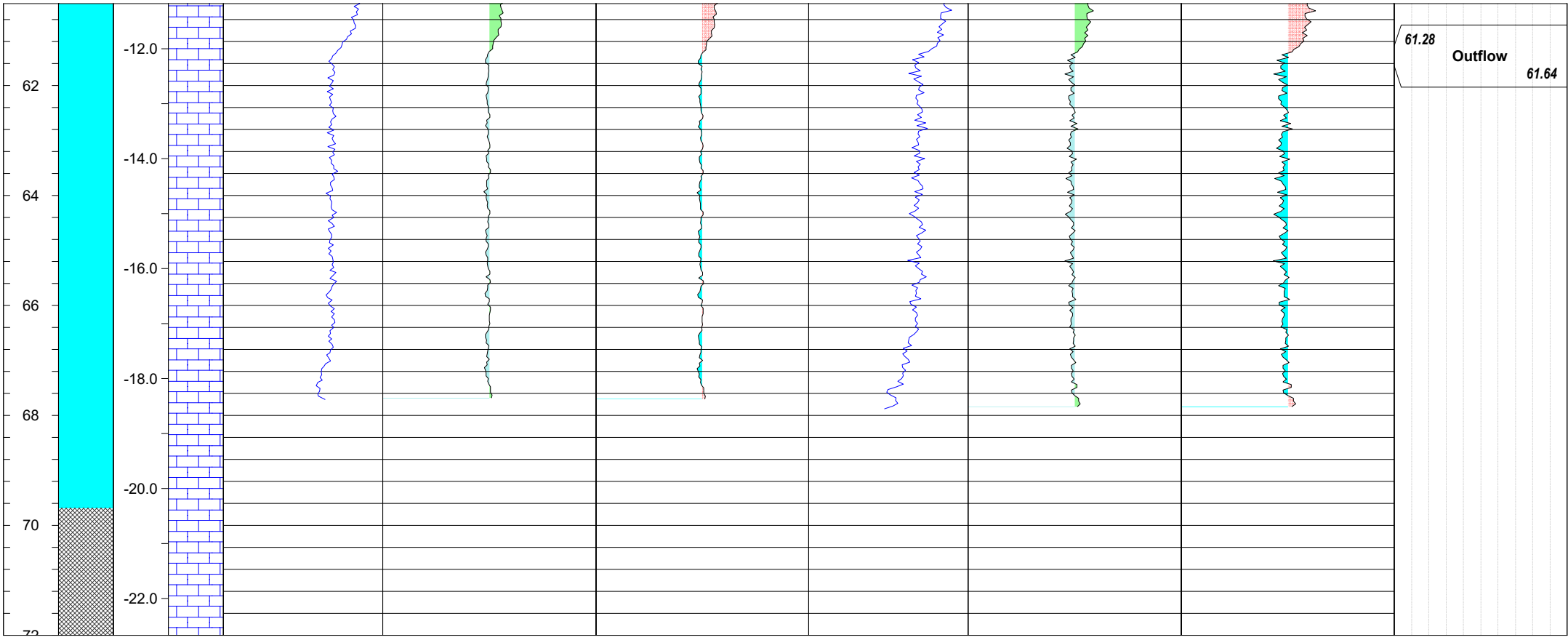
Utfört av: Robert M, Stefan R

Borrhåls ID: BH2212

Log: Spinner flödesloggning









Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

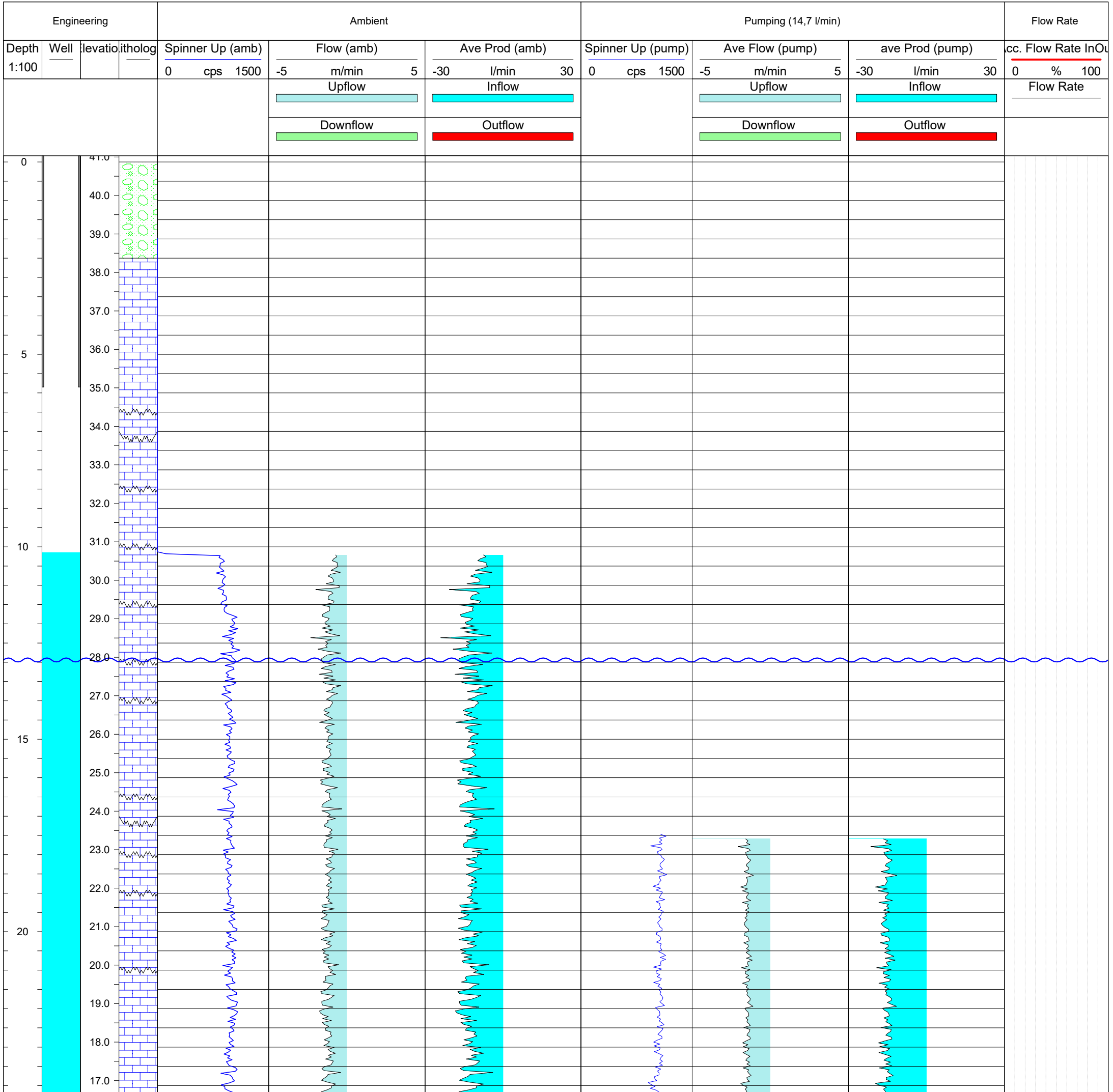
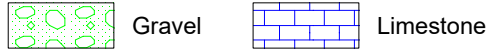
Datum: 20/10/22

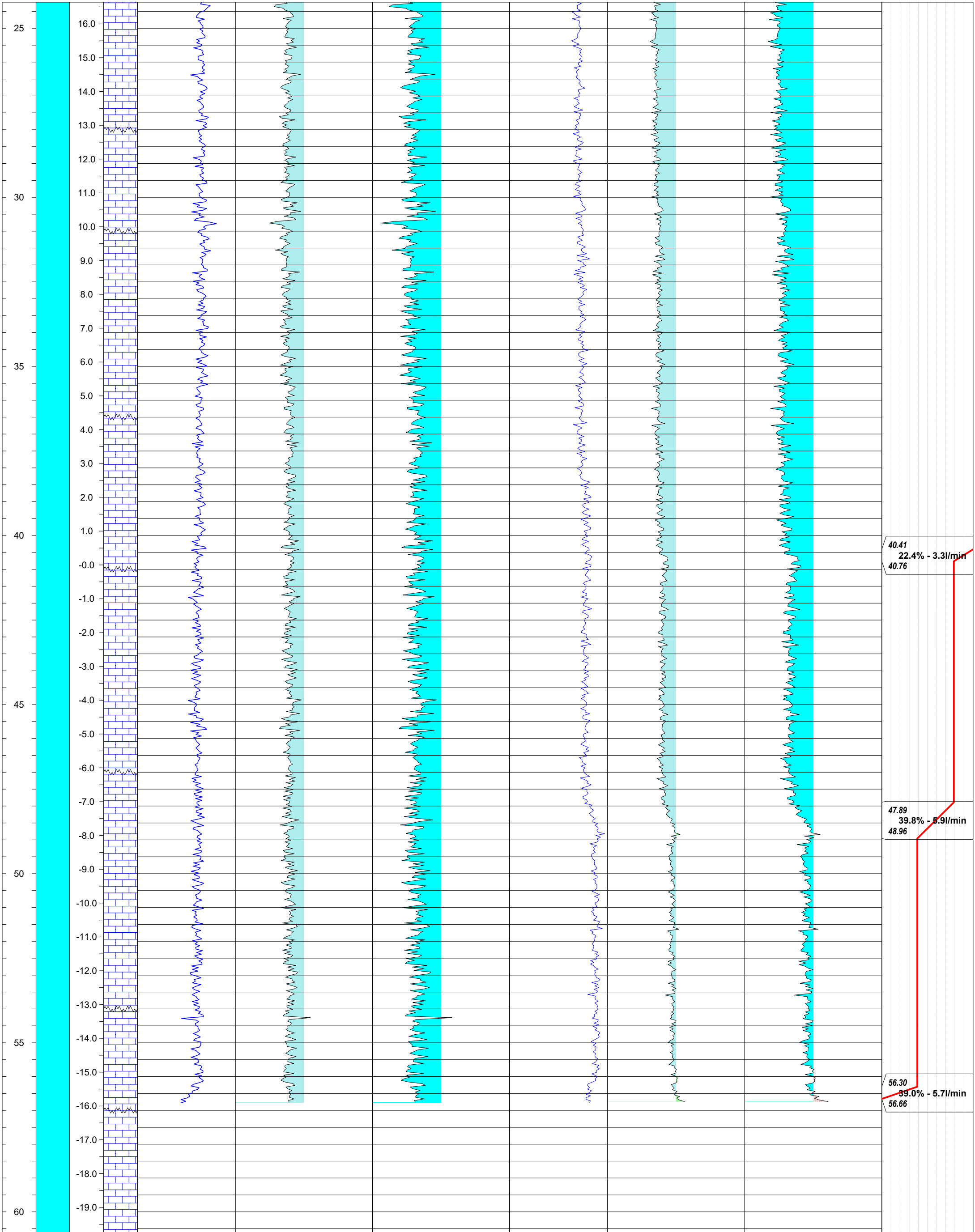
Utfört: 03/10/22

Utfört av: Robert M, Stefan R

Borrhåls ID: BH2213

Log: Spinner flödesloggning





40.41
22.4% - 3.3l/min
40.76

47.89
39.8% - 5.9l/min
48.96

56.30
59.0% - 5.7l/min
56.66



Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

Datum: 27/12/22

Utfört: 29/12/22

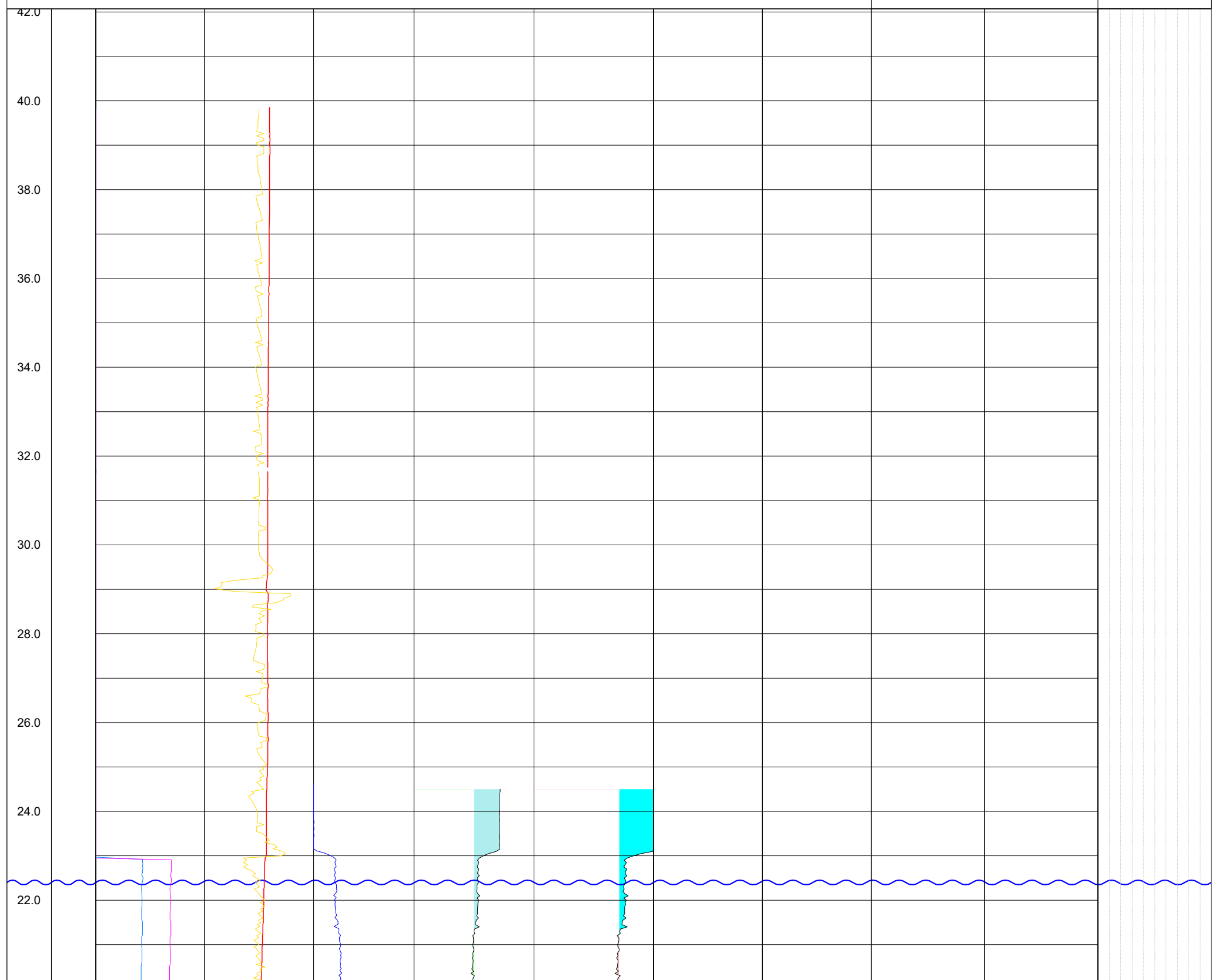
Utfört av: Gustav T & Robert M

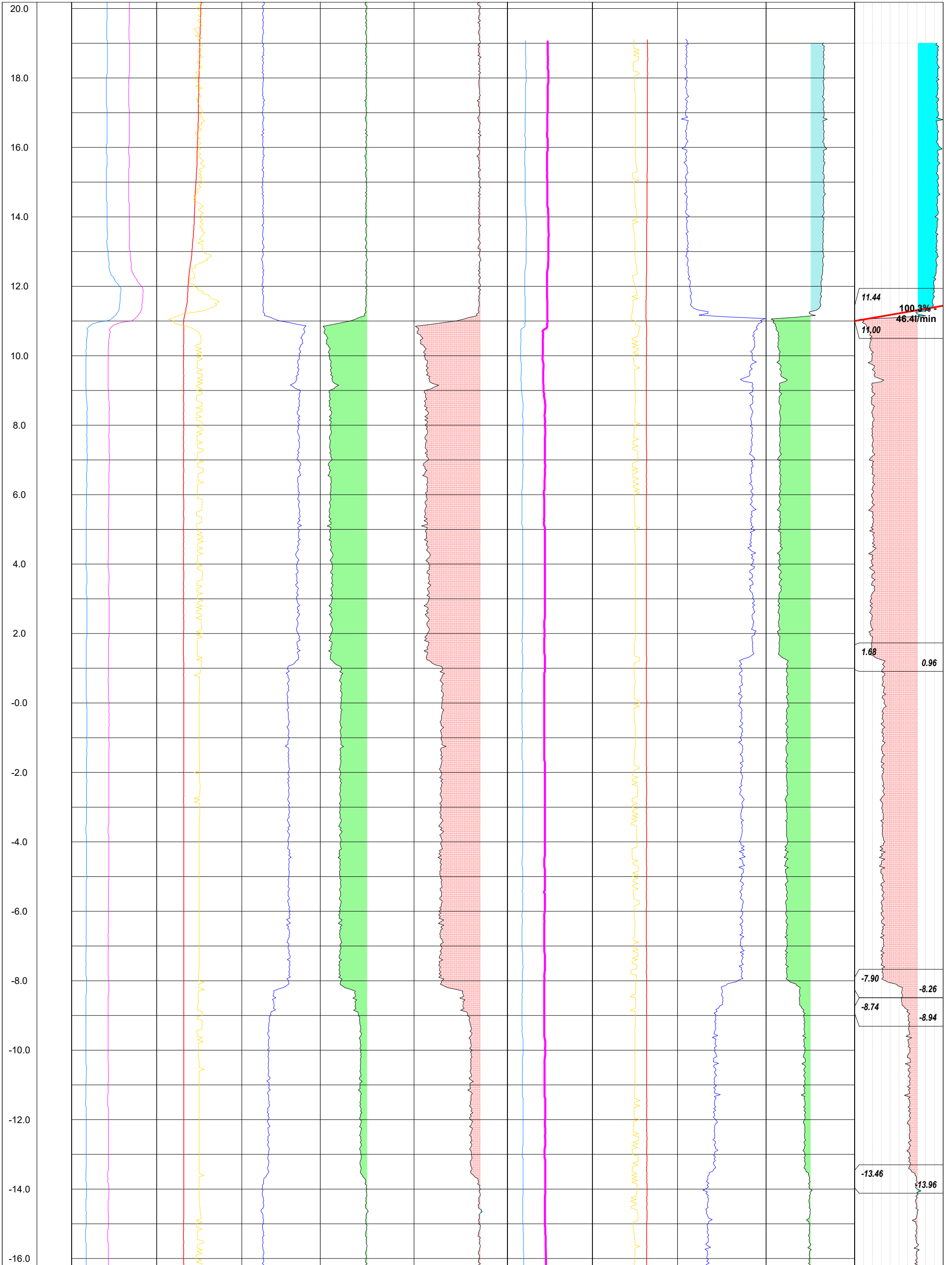
Borrhåls ID: BH85

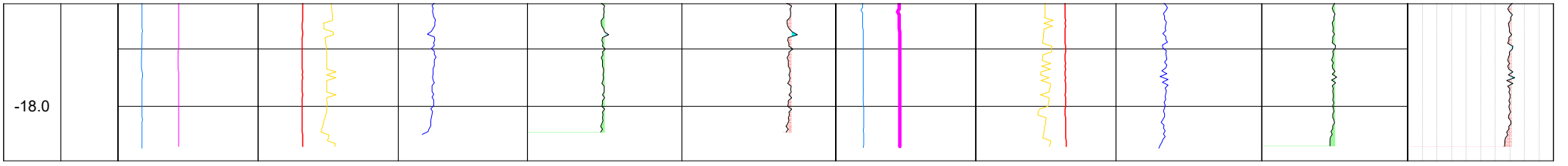
Log: Spinner Flödeslog

Elevation 1:100	Depth	Fluid Parameters (ambient)				Flow (ambient)				Fluid Parameters (pumping)				Flow (pumping, 46.2 l/min)							
		Cond (amb)	Temp (amb)	Spinner Up (p)	Flow (Amb)	Ave prod (Amb)	Cond (pump)	Temp (pump)	Spinner Up (p)	Flow (pump)	Ave Prod (pump)										
		250	350	7 °C	9	0	5000	-15 m/min	15	-150 l/min	60	250	350	7 °C	8	0	4000	-15 m/min	15	-150	60
		NaCl (amb)	HFT (amb)			Upflow	Inflow	NaCl (pump)	HFT (pump)			Upflow	Inflow								
		60 mg/l	85	-0.03	0.03	Downflow	Outflow	60 mg/l	85	-0.03	0.03	Downflow	Outflow								

c. Flow Rate In
0 % 100
Flow Rate









Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

Datum: 27/12/22

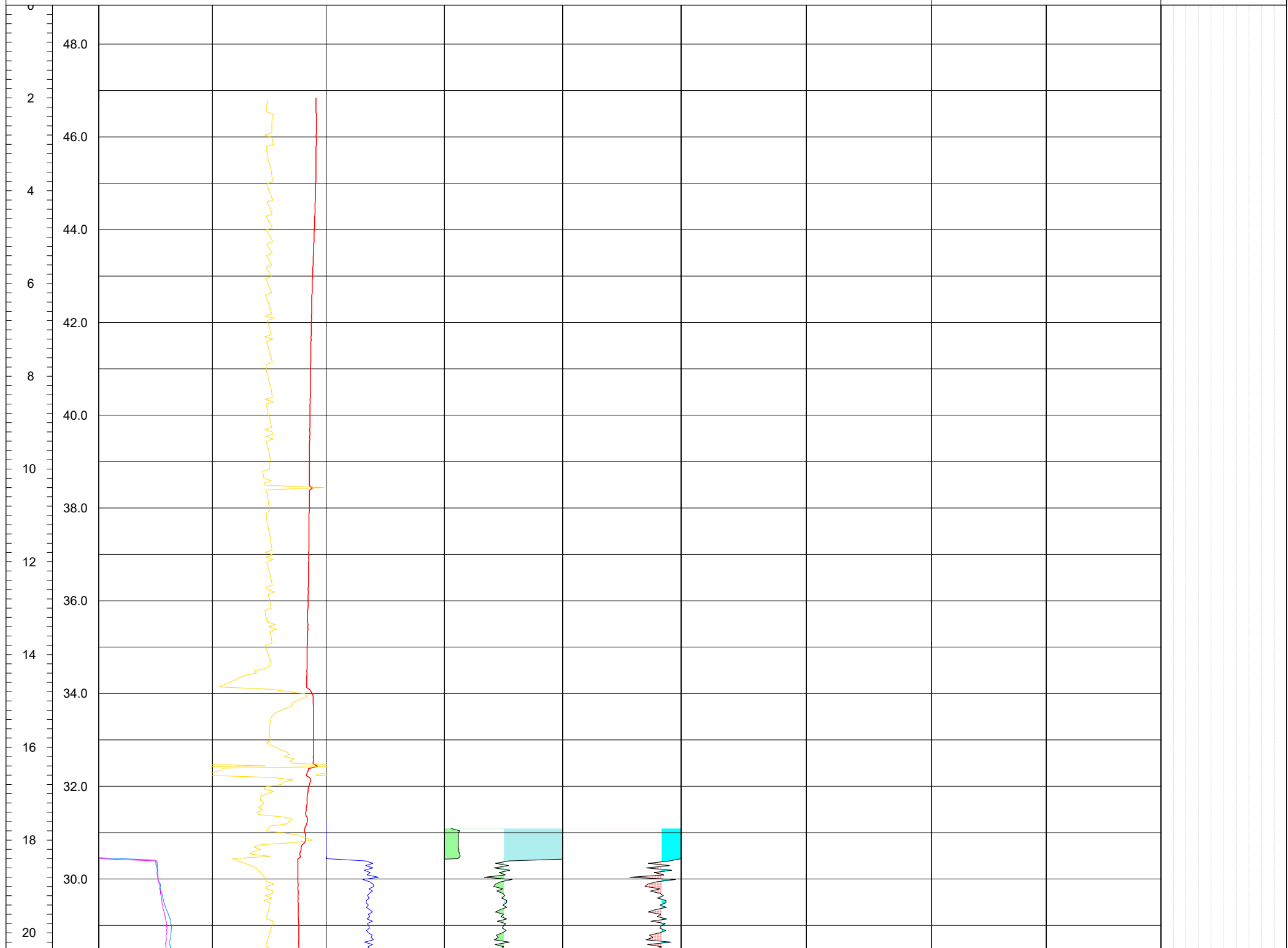
Utfört: 29/11/22

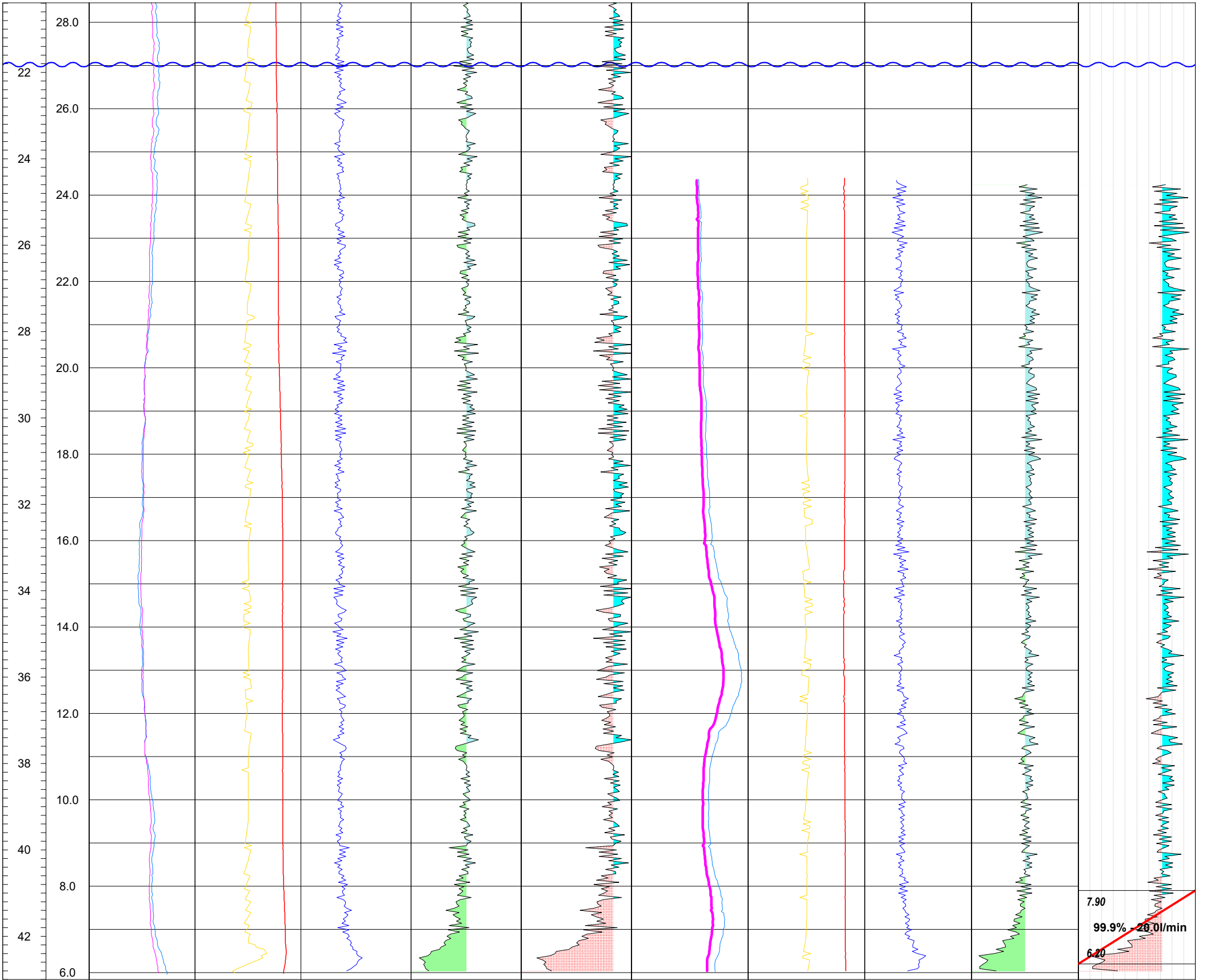
Utfört av: Gustav T & Robert M

Borrhåls ID: BH86

Log: Spinner Flödeslog

Engineering	Fluid Parameters (ambient)				Flow (ambient)				Fluid Parameters (pumping)				Flow (pumping 20 l/min)							
Depth	Cond (amb)		Temp (amb)		Mean Spinner U		Flow (amb)		Ave Prod (amb)		Cond (pump)		Temp (pump)		n Spinner Up p		Flow (pump)		Ave Prod (pump)	
1:100	200	250	7	8	0	2000	-5	5	-250	50	200	250	7	8	0	2000	-5	5	-250	100
	NaCl (amb)		HFT (amb)				Upflow		Inflow		NaCl (pump)		HFT (pump)				Upflow		Inflow	
	50	70	-0.03	0.03			Downflow		Outflow		50		-0.03 0.03				Downflow#1		Outflow	







Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

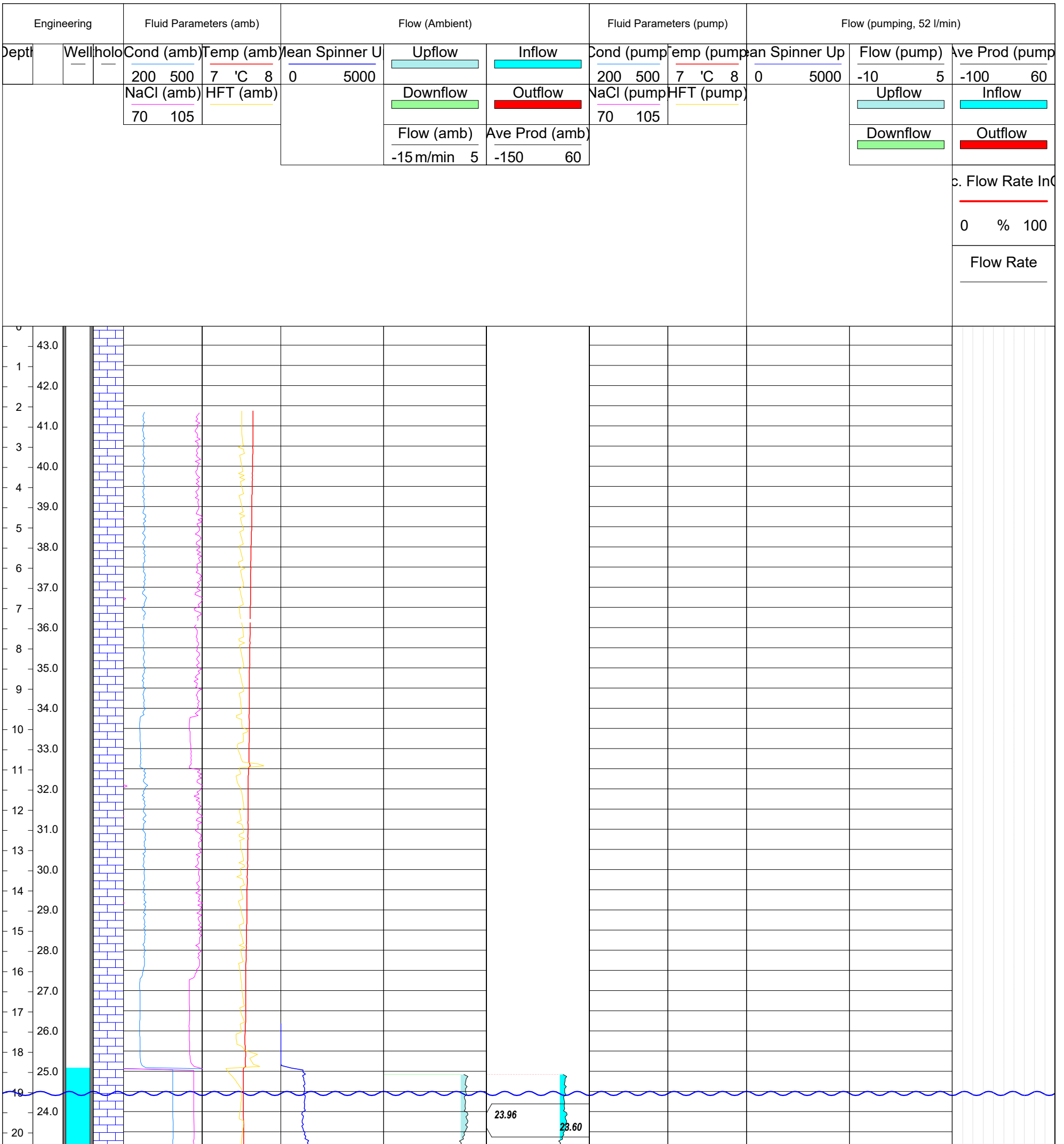
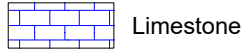
Datum: 27/12/22

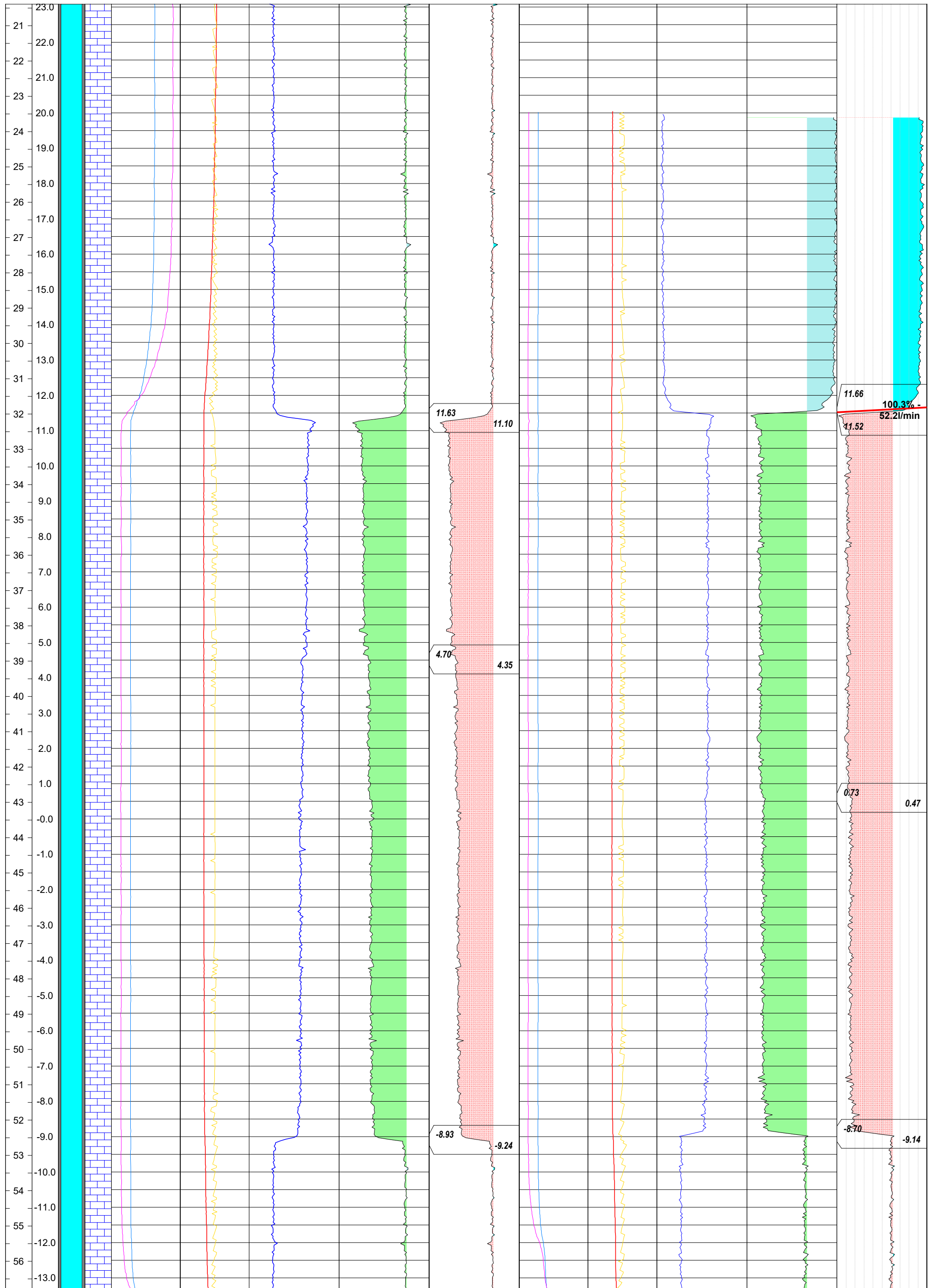
Utfört: 30/11/22

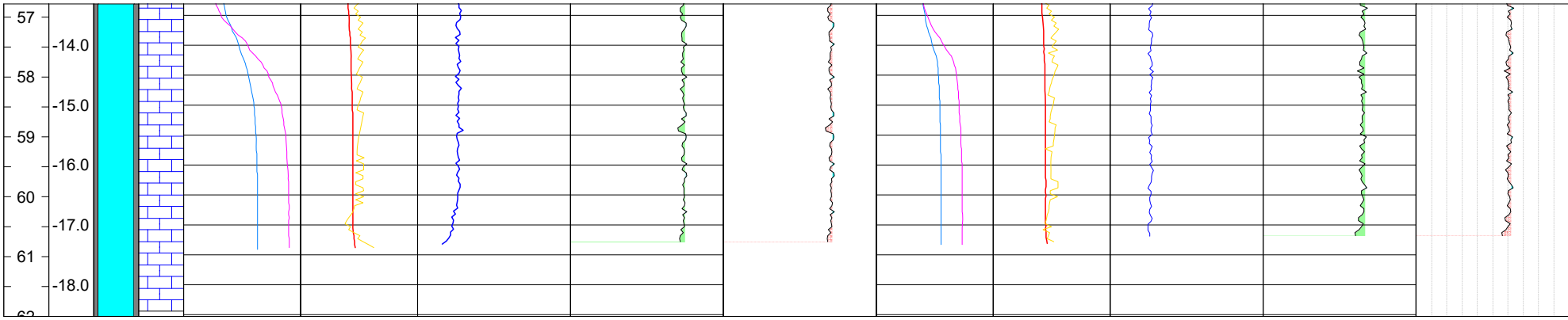
Utfört av: Gustav T & Robert M

Borrhåls ID: BH1104

Log: Spinner Flödeslog









Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

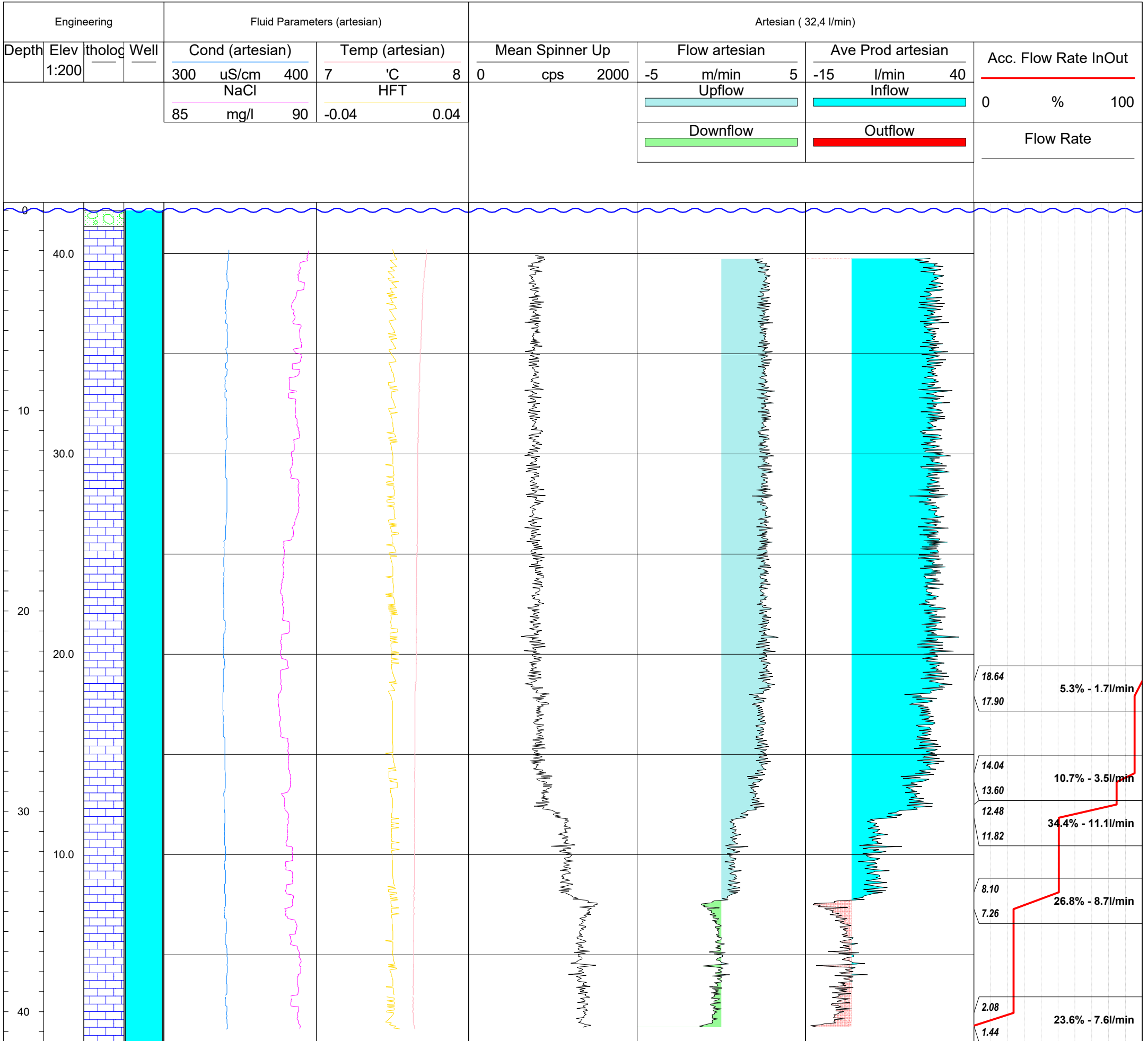
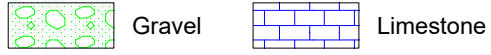
Datum: 27/12/22

Utfört: 01/12/22

Utfört av: Gustav T & Robert M

Borrhåls ID: BH2001

Log: Spinner flödeslog





Kund: Cementa AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementa Slite Fältundersökningar

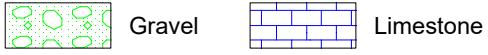
Datum: 27/12/22

Utfört: 30/11/22

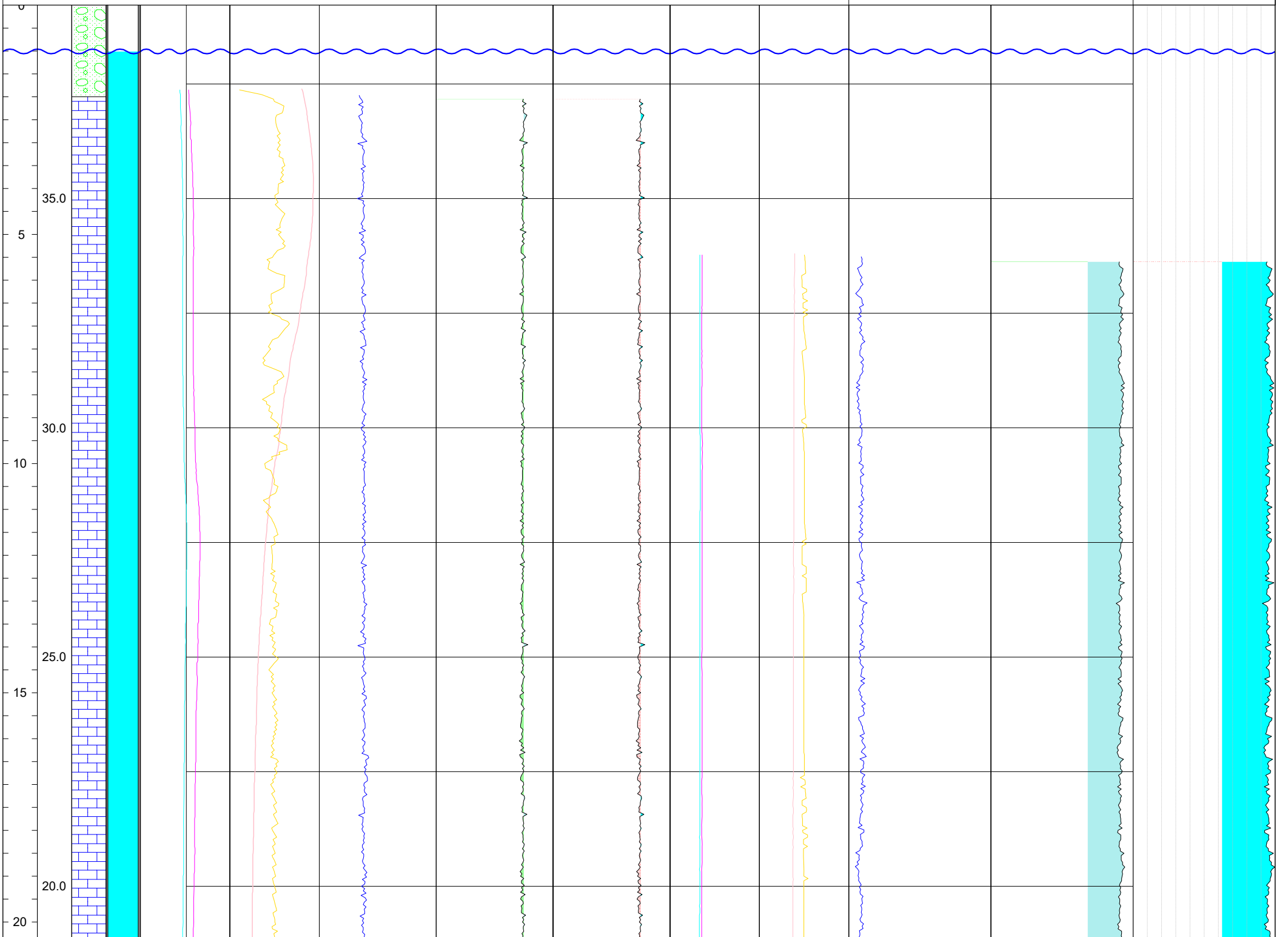
Utfört av: Gustav T & Robert M

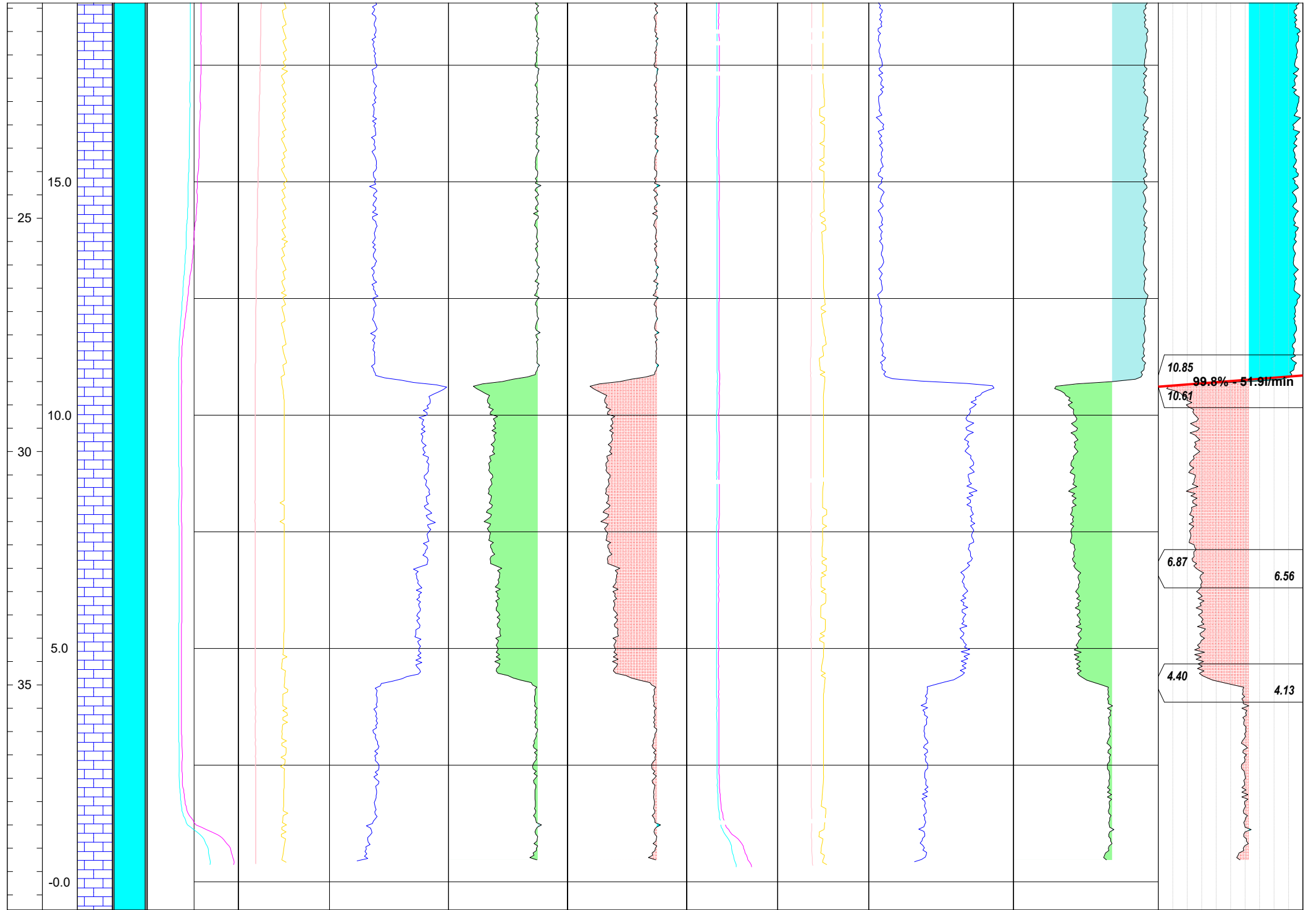
Borrhåls ID: BH2005

Log: Spinner-flödeslogg



Engineering		Fluid Parameters (ambient)		Ambient				Fluid Parameters (pumping)				Pumping (52 l/min)				
Depth (m)	Well	Cond (amb)	Temp (amb)	Spinner Up (a)	Flow (amb)	Ave Prod Amb	Cond (pump)	Temp (pump)	Spinner Up (pur)	Flow (pump)	Ave prod Pump	Cond (pump)	Temp (pump)	Spinner Up (pur)	Flow (pump)	Ave prod Pump
1:100		200 400	7 °C 9	0 3500	-15 m/min 5	-150 50	200 400	7 °C 8	0 cps 3500	-15 m/min 7	-100 60	200 400	7 °C 8	0 cps 3500	-15 m/min 7	-100 60
		NaCl (amb)	HFT (amb)		Upflow	Inflow	NaCl (pump)	HFT (pump)		Upflow	Inflow	NaCl (pump)	HFT (pump)		Upflow	Inflow
		60mg/l90			Downflow	Outflow	60mg/l90			Downflow	Outflow	60mg/l90			Downflow	Outflow
																cc. Flow Rate InOut
																0 % 100
																Flow Rate







Kund: Heidelberg Materials Cement Sverige

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementslita Fältundersökningar

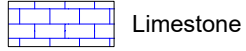
Datum: 14/04/23

Utfört: 05/04/23

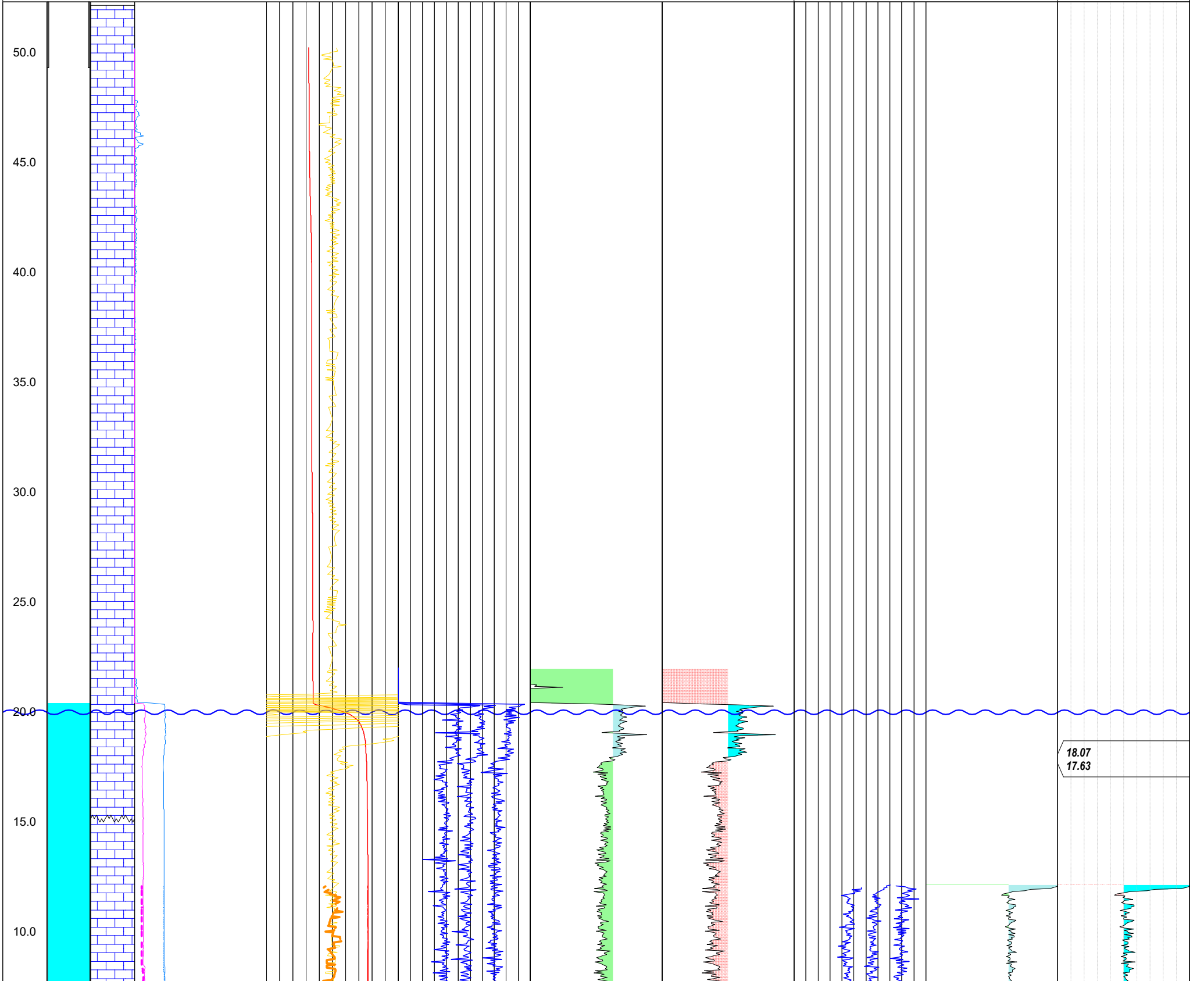
Borrhåls ID: BH1702

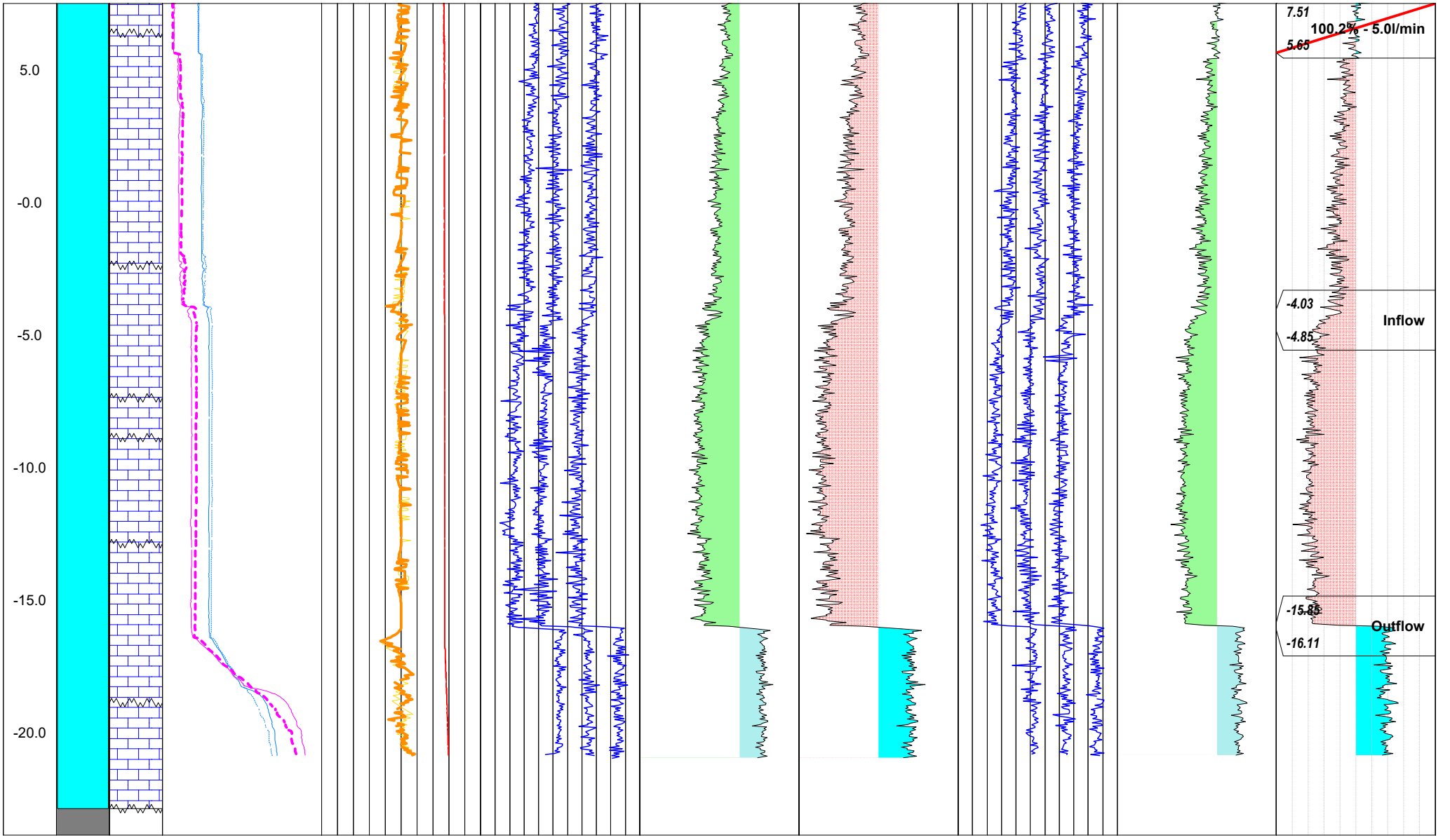
Log: FTC & Spinnerlog

Utfört av: Robert M & Kajsa-Stina H



Elevation 1:200	Well	Tholog	FTC				Spinner (ambient)			Spinner (5 l/min)		
			Cond Dn	Temp Dn	Spinner Dn 7	Mean Flow Dn	Ave Prod (amb)	Spinner Dn 7 (p)	Mean Flow Dn (p)	Ave Prod (p)		
			0 1000	0 °C 10	0 cps 2200	-5 3	-30 30	0 cps 2200	-5 3	-30 30		
			Cond Dn (p)	Temp Dn (p)	Spinner Dn 9	Upflow	Inflow	Spinner Dn 9 (p)	Upflow (p)	Inflow (p)		
			0 1000	0 °C 10	0 cps 2200			0 cps 2200				
			NaCl	HFT	Spinner Dn 11	Downflow	Outflow	Spinner Dn 11 (p)	Downflow (p)	Outflow (p)		
			50 mg/l 200	-0.03 0.03	0 cps 2200			0 cps 2200				
			NaCl (p)	HFT (p)						cc. Flow Rate In/Out		
			50 mg/l 200	-0.03 0.03						0 % 100		
										Flow Rate		







Kund: Heidelberg Materials Cement Sverige

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementslita Fältundersökningar

Datum: 14/04/23

Utfört: 05/04/23

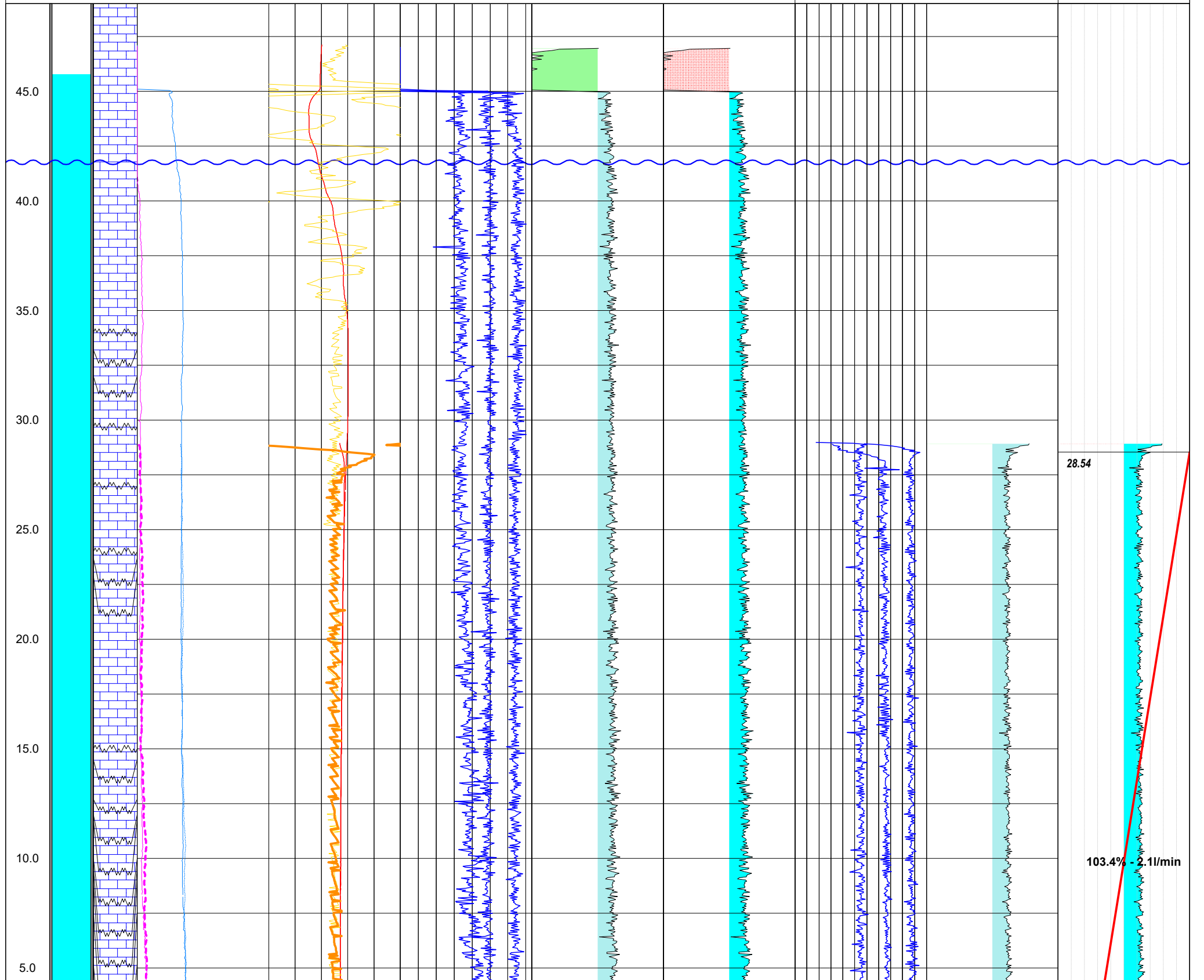
Borrhåls ID: BH2301

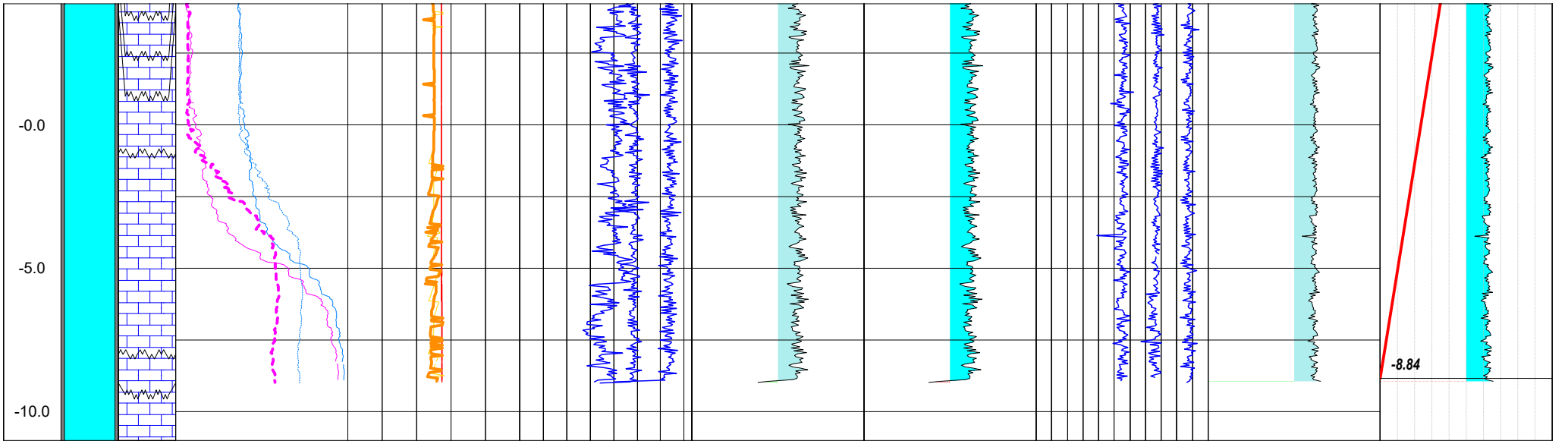
Log: FTC & Spinnerlog

Utfört av: Robert M & Kajsa-Stina H



Depth	BH	tholog	FTC		Spinner (ambient)			Spinner (2 l/min)		
			Cond Dn	Temp Dn	Spinner Dn 7	Mean Flow Dn	Ave Prod Dn (amb)	Spinner Dn 7 (p)	Mean Flow Dn (p)	Ave Prod Dn (p)
#2 1:200		#1	200 uS/cm 400	5 °C 10	0 cps 2200	-5 5	-50 50	0 cps 2200	-5 5	-50 50
			Cond Dn (p)	Temp Dn (p)	Spinner Dn 9	Upflow	Inflow	Spinner Dn 9 (p)	Upflow (p)	Inflow (p)
			200 uS/cm 400	5 °C 10	0 cps 2200			0 cps 2200		
			NaCl Dn	HFT	Spinner Dn 11	Downflow	Outflow	Spinner Dn 11 (p)	Downflow (p)	Outflow (p)
			70 mg/l 105	-0.03 0.03	0 cps 2200			0 cps 2200		
			NaCl Dn (p)	HFT (p)						cc. Flow Rate In/Out
			70 mg/l 105	-0.03 0.03						0 % 100
										Flow Rate







Kund: Heidelberg Materials AB

Projekt nr: 10330449

Projekt: Cementslitage Fältundersökningar

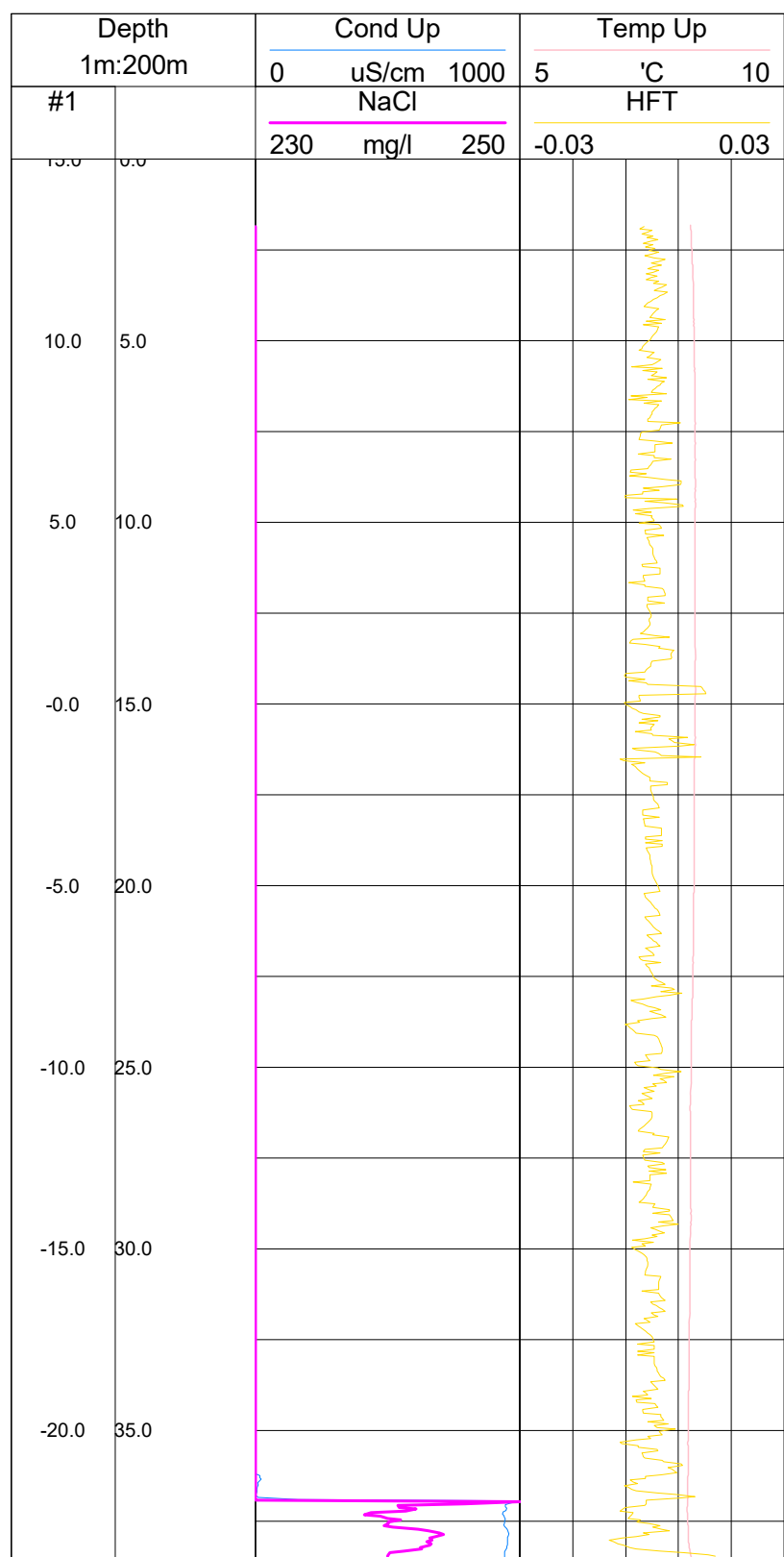
Datum: 01/09/23

Utfört: 01/04/23

Borrhåls ID: BH2302

Log: Temperatur och konduktivitet

Utfört av: Robert M & Kajsa-Stina H



BILAGA G - GRUNDVATTENNIVÅER

Nivåövervakning av grundvattennivåer i borrhål.

I detta dokument presenteras data från de borrhål där nivåövervakning av grundvattennivåer som loggas kontinuerligt. De borrhål som presenteras är de borrhål som har nivådata från 2014 och framåt.

All data finns i databasen Gaudi och fylls kontinuerligt på med mer data allt eftersom. De borrhål som finns i Gaudi presenteras i Tabell 1 .

Tabell 1: De borrhål där nivåövervakning av grundvattennivå sker.

ID	Sweref99TM_Y	Sweref99TM_X	Tidsperiod	Loggning
BH1104	6402861.39	721561.018	2014 - 2023	GSM, Automatisk, varje hel timma
BH1105	6402890.41	724202.801	2014 - 2023	GSM, Automatisk, varje hel timma
BH1106	6402200.97	724321.295	2014 - 2023	GSM, Automatisk, varje hel timma
BH43	6404351.24	721569.076	1967 - 2000, 2014 - 2023	GSM, Automatisk, varje hel timma
BH86	6403455.75	720685.195	1978 -2000, 2014 - 2023	GSM, Automatisk, varje hel timma
BH98	6404537.62	721428.587	1989 - 2000, 2014 - 2023	GSM, Automatisk, varje hel timma
BH85	6403187.04	721750.81	1977 - 1994, 2016 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1803B	6404551.87	721802.185	1977 - 2003, 2019 - 2020. 2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1803J	6404515.17	721810.706	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
SGU11001	6403528.21	718214.479	1977 - 2002, 2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
SGU11012	6403149.84	719117.719	1967 - 1990, 2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
SGU11018	6404354.49	719870.454	1977 - 1990, 2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
SGU11095	6404556.01	720266.936	1977 - 2000, 2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2006	6404102.71	717223.285	1977 - 2000, 2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2007ÖM	6405588.79	720532.564	2020 - 2022	Automatisk, varje hel timma
BH1701	6404232.61	720268.409	2018 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1702	6403709.64	720389.032	2018 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1111	6404663.35	720795.828	2015 - 2019, 2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma

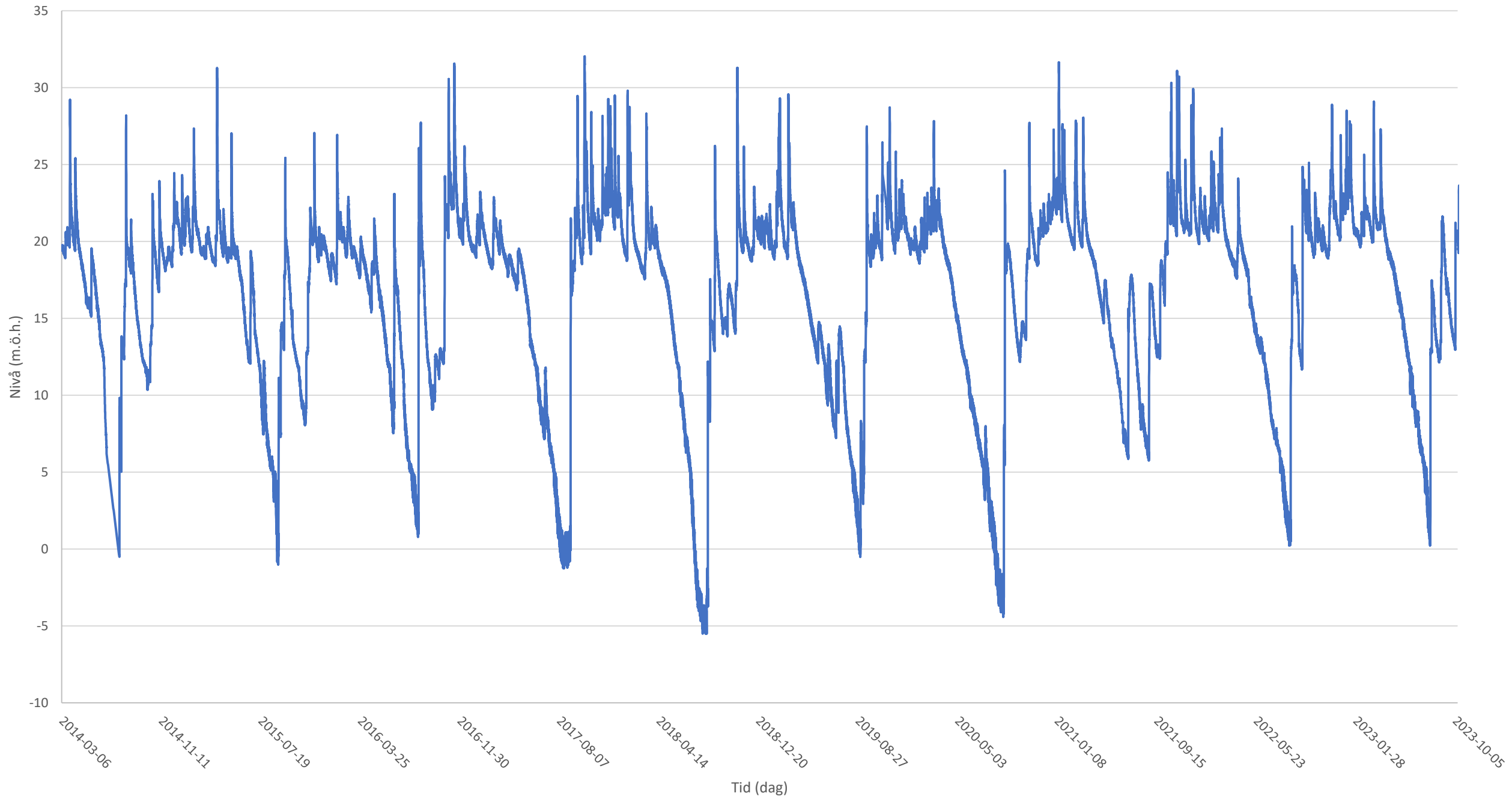
ID	Sweref99TM_Y	Sweref99TM_X	Tidsperiod	Loggning
BH80	6403572.98	721874.707	1977 - 2004, 2016 - 2023	Automatisk, varje hel timma
SGU2017	6404867	720289	2018 - 2020, 2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1801B	6402183.33	720453.431	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1801J	6402183.33	720453.442	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1802B	6402074.65	721339.592	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1802J	6402073.18	721334.474	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1905J	6402246.42	719430.345	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1906J	6402307.04	719566.226	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2001	6402469.19	719568.08	2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2002	6401727.93	718921.551	2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2003	6401962.38	719984.181	2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2004	6400509.71	721077.343	2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2005	6402574.62	721094.663	2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2016	6401965.51	719976.806	2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK1801	6403381.43	720243.099	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK1802	6403176.17	720792.485	2019 - 2022	Automatisk, varje hel timma
VK1803	6402468.63	720620.919	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK1804	6401905.2	721232.659	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH1804B	6403683.88	725044.221	2019 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2017	6403826.03	724318.395	2020 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2007UM	6405588.79	720532.564	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2101	6404720.93	720589.71	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma

ID	Sweref99TM_Y	Sweref99TM_X	Tidsperiod	Loggning
BH2102	6404457.28	720376.489	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2103UM	6404427.55	719444.472	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2103ÖM	6404427.55	719444.472	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2104UM	6404589.33	718414.141	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2205	6403022.7	717066.135	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2206UM	6400071.27	719607.637	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2206ÖM	6400071.27	719607.637	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2207UM	6400634.33	722582.239	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2207ÖM	6400634.33	722582.239	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2208UM	6398827.72	721397.216	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2208ÖM	6398827.72	721397.216	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2210J	6404029.63	717415.217	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2211	6403075.21	720030.756	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2212	6403010.41	720002.012	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2213	6402449.94	720286.272	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2220UM	6404325.5	717079.54	2023	Automatisk, varje hel timma
BH2220ÖM	6404325.5	717079.54	2023	Automatisk, varje hel timma
BH2231J	6402356.69	719258.721	2023	Automatisk, varje hel timma
BH2232J	6403793	717646	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2233J	6406283.67	719472.365	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2277UM	6404965,001	721044,336	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2277ÖM	6404965,001	721044,336	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma

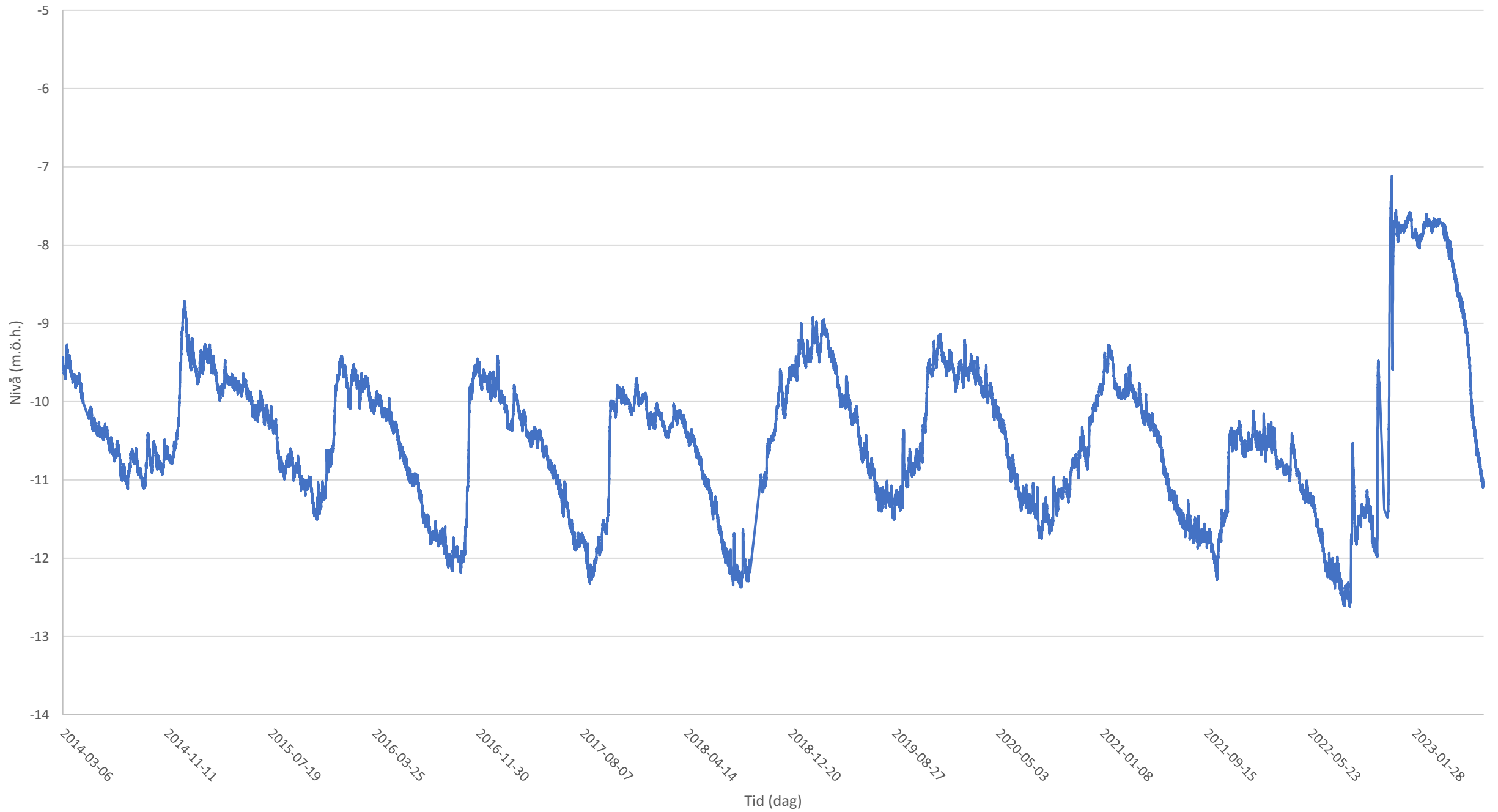
ID	Sweref99TM_Y	Sweref99TM_X	Tidsperiod	Loggning
BH2301	6405629.27	719208.244	2023	Automatisk, varje hel timma
Slite 9	6398507	719052	2019 - 2023	Automatisk, var sjätte timma
BH2202	6402268.66	724601.995	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2203	6402604.85	724435.62	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH2204	6403198.1	724132.4	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH1107	6402579.79	725169.27	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH1108	6402762.88	725859.305	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
BH1109	6402438.56	725457.208	2022 -2023	Automatisk, varje hel timma
VK2222	6405272.88	720209.161	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK2223	6405309.8	720293.261	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK2224	6402179	724433	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK2228	6399626	722114	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK2229	6400430	721243	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK2230	6400500	721791	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK2234	6403992.82	717412.841	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
VK2221	6405254.35	720240.008	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2005YB	6402573.21	721099.902	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2103YB	6404427.55	719442.472	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2104YB	6404627.57	718460.632	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2205YB	6403021.58	717064.792	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2206YB	6400072.71	719606.835	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma
BH2207YB	6400632.7	722581.577	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma

ID	Sweref99TM_Y	Sweref99TM_X	Tidsperiod	Loggning
BH2208YB	6398829.35	721397.145	2022 - 2023	Automatisk, varje hel timma

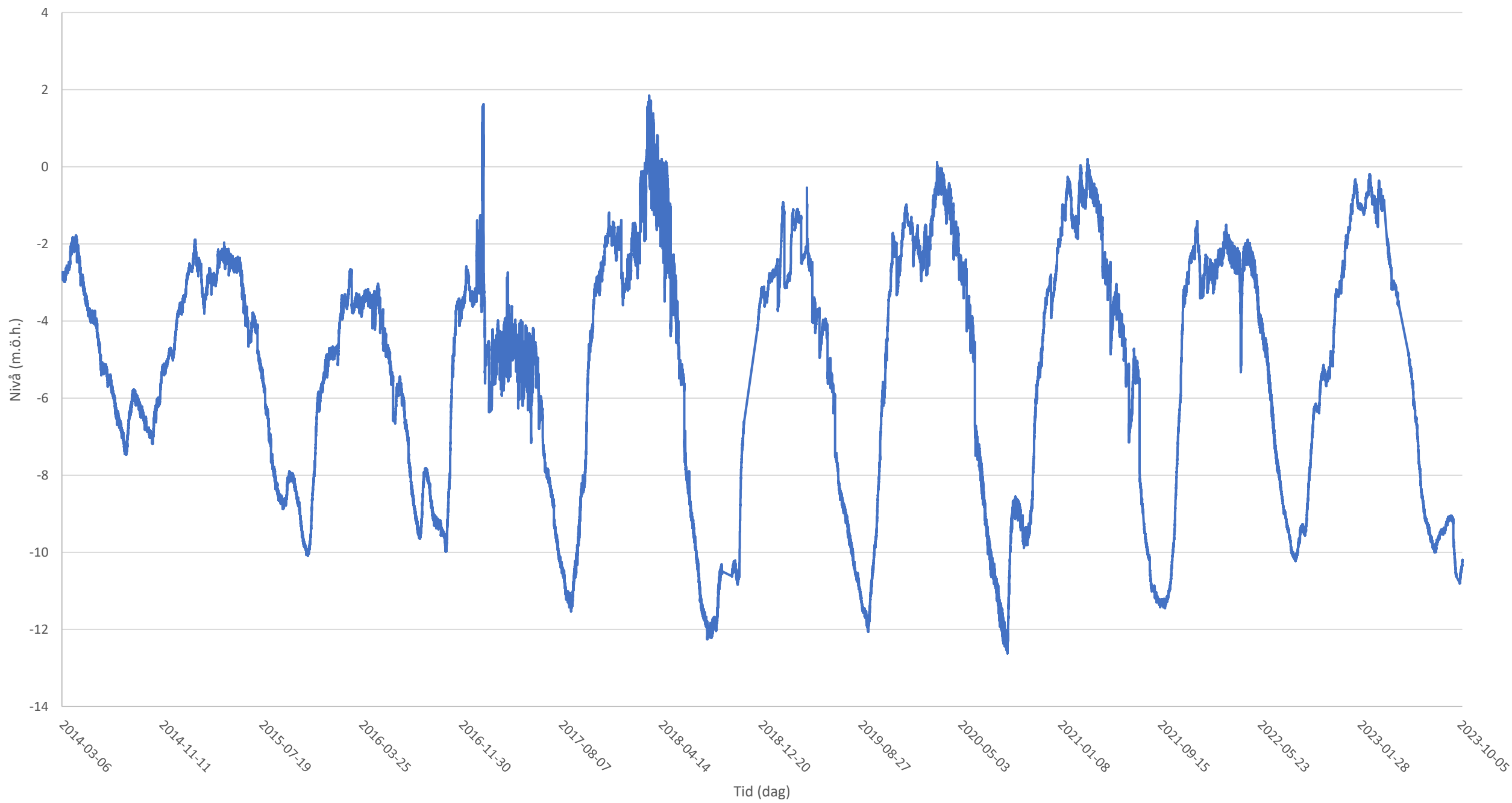
BH1104



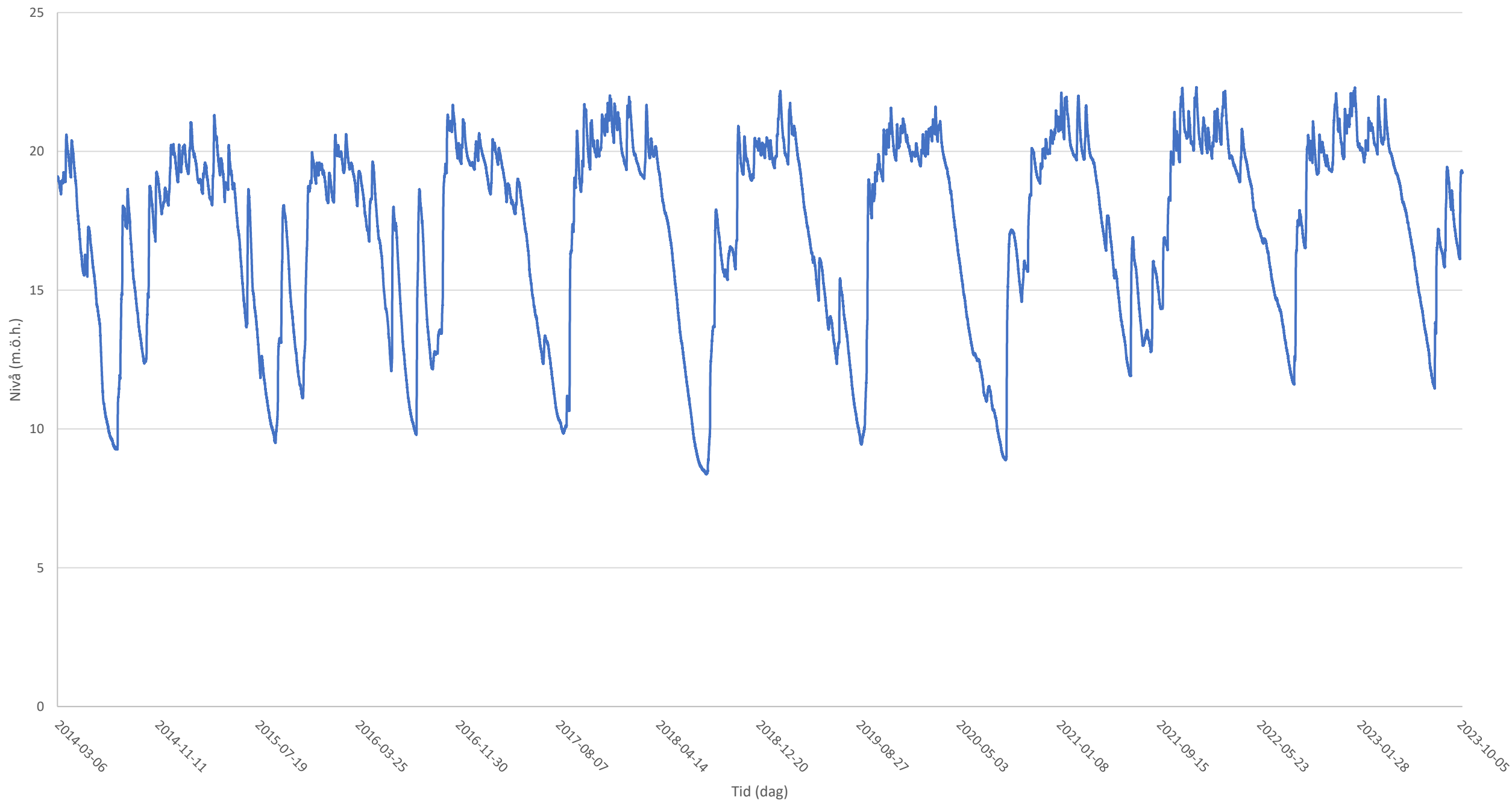
BH1105



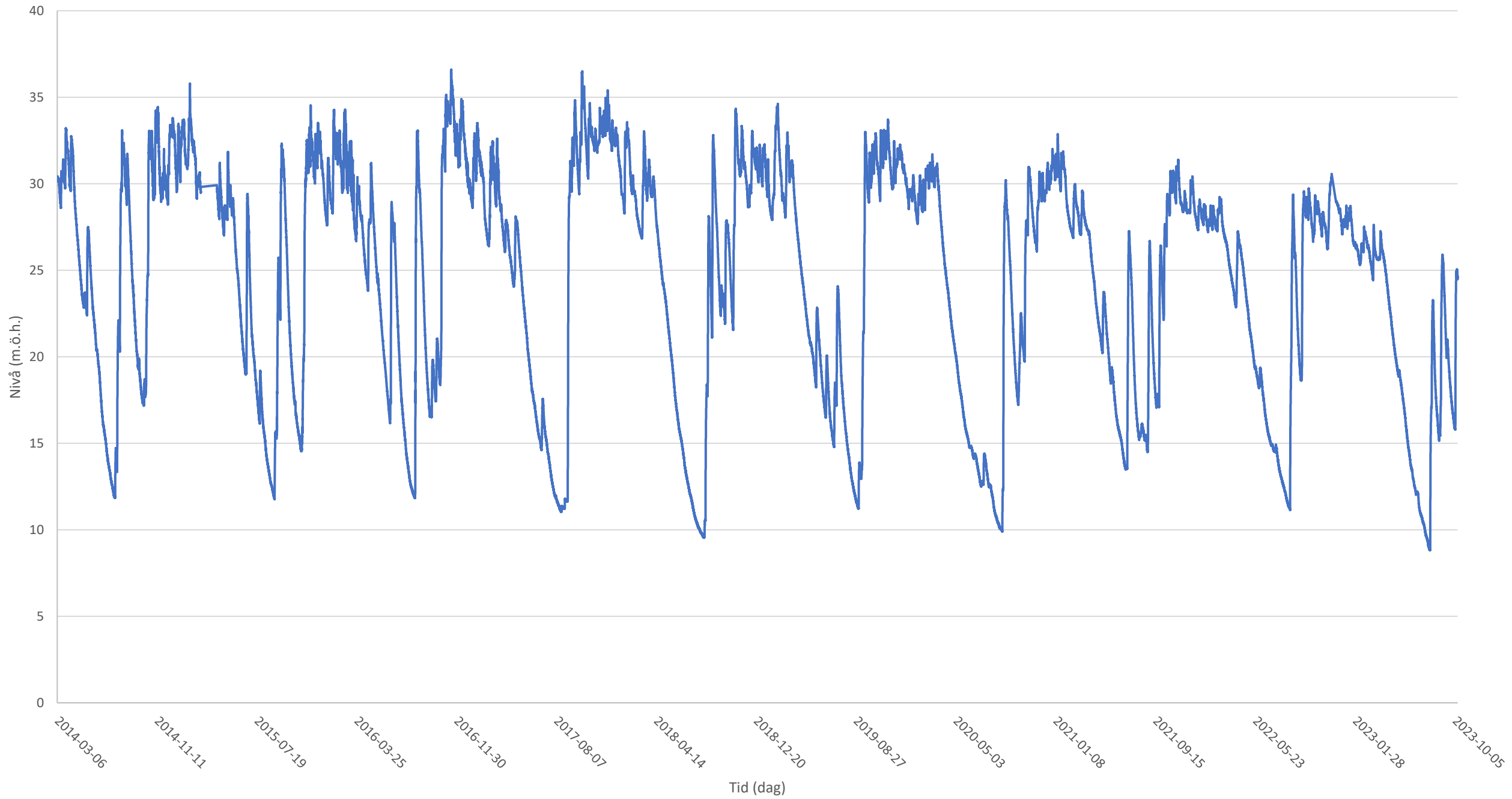
BH1106



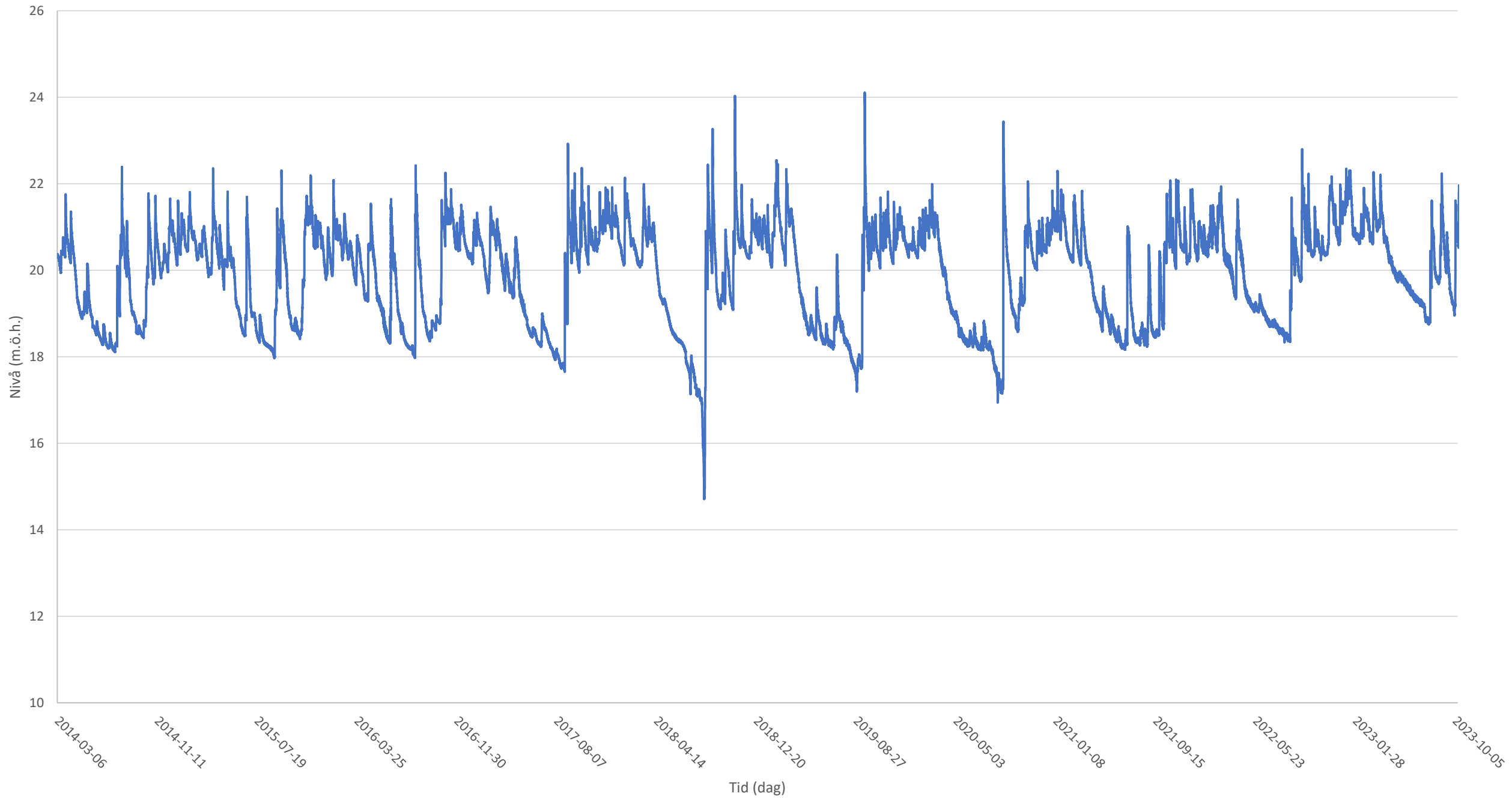
BH43



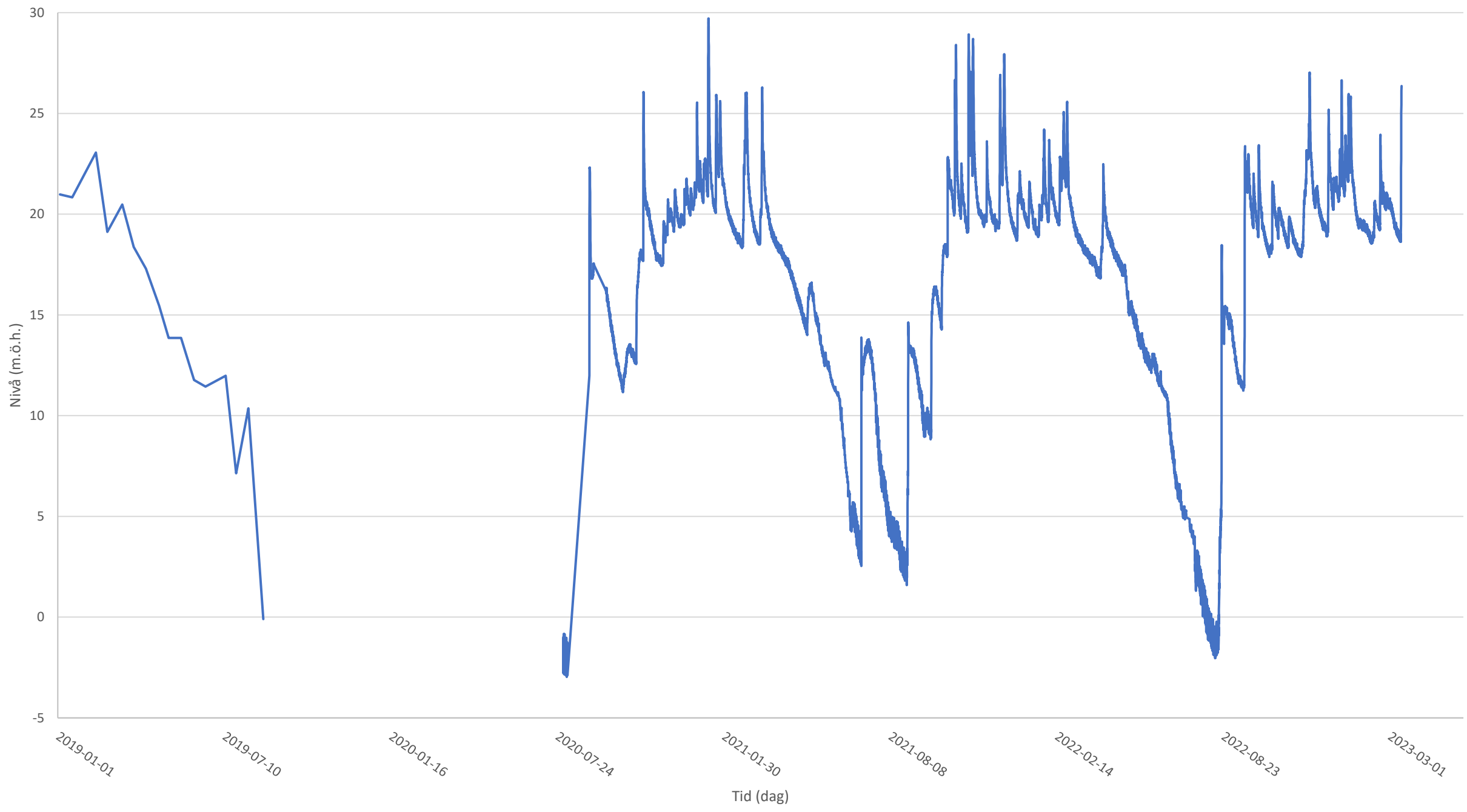
BH86



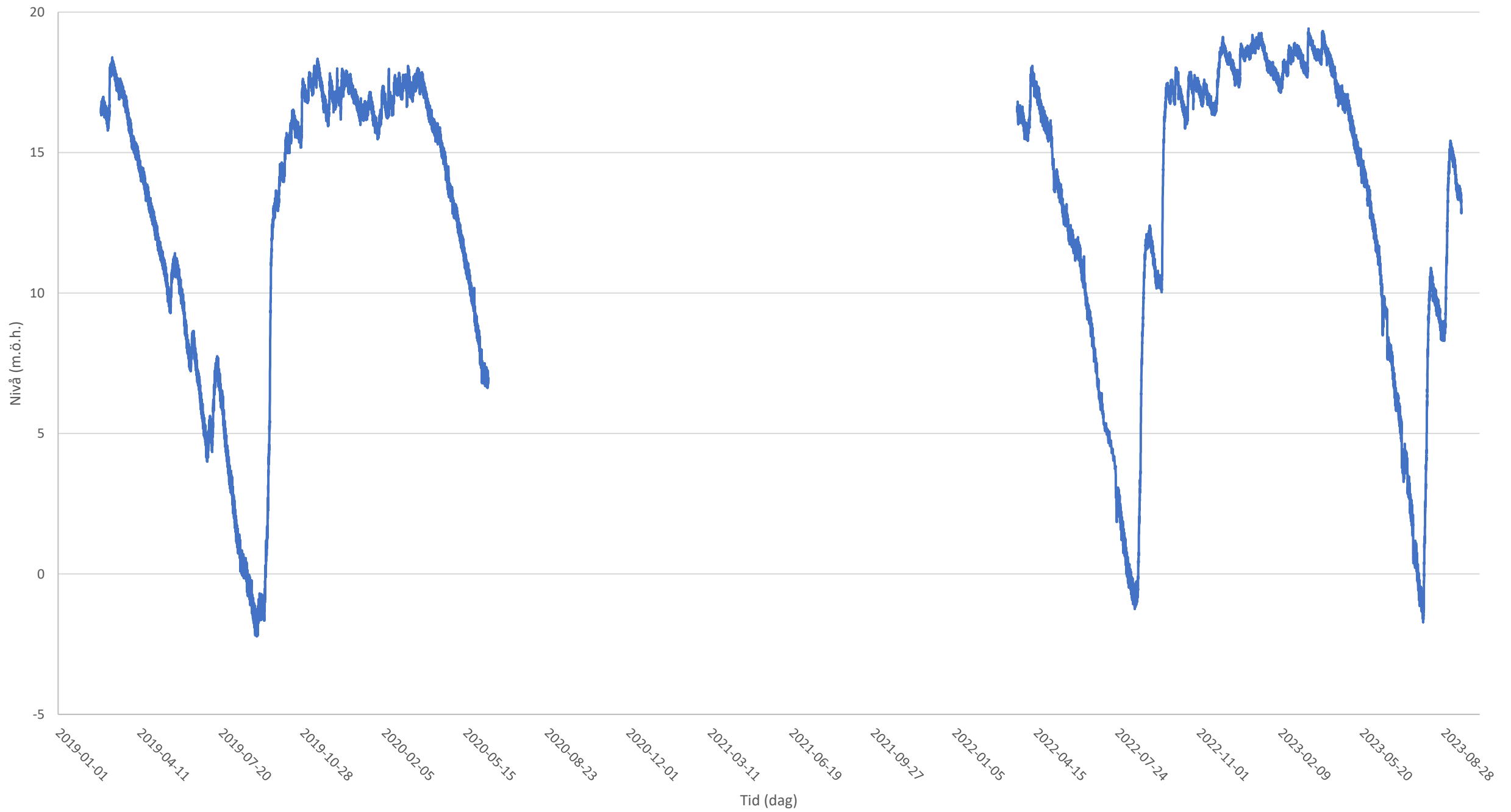
BH98



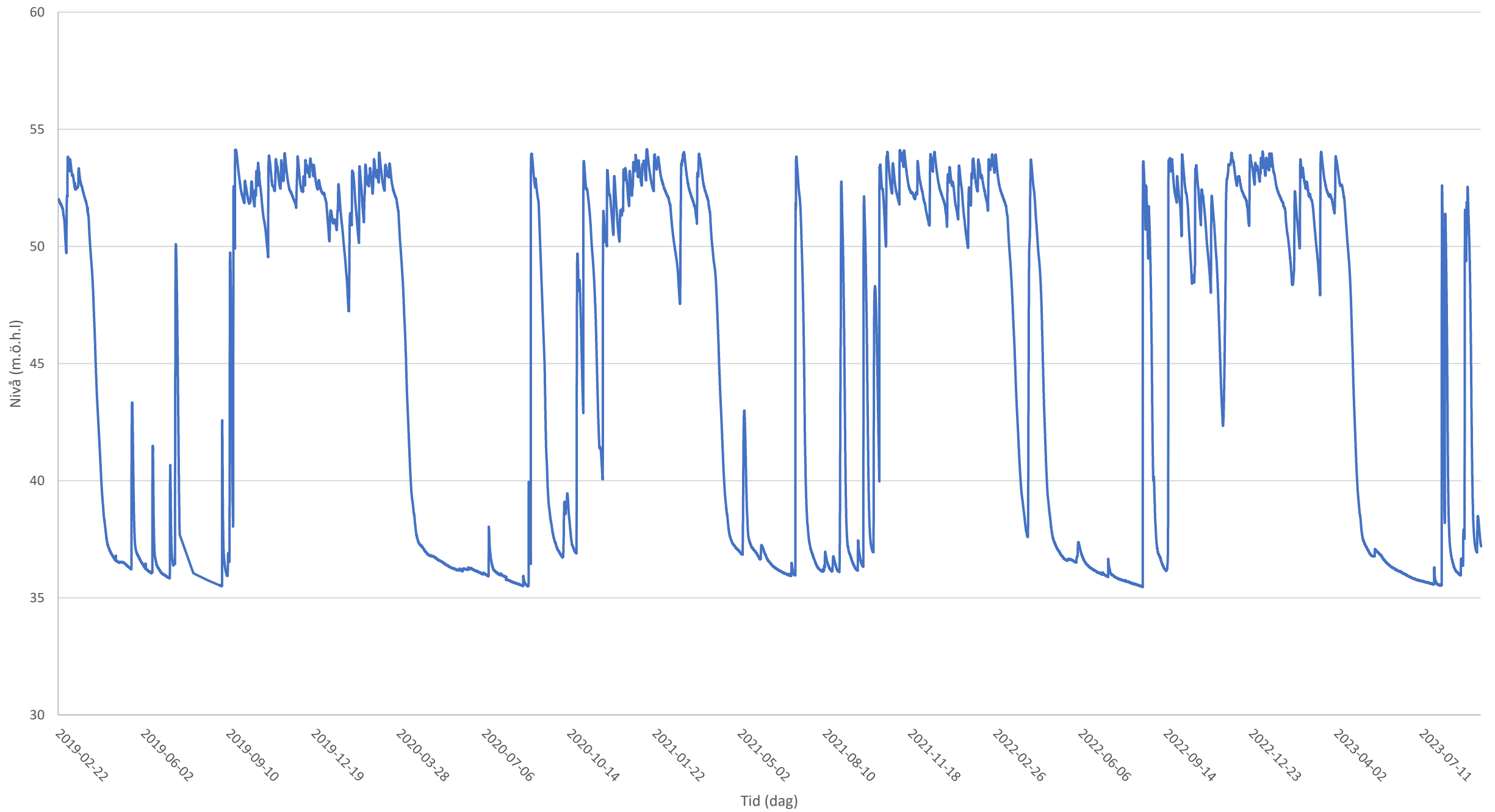
BH85



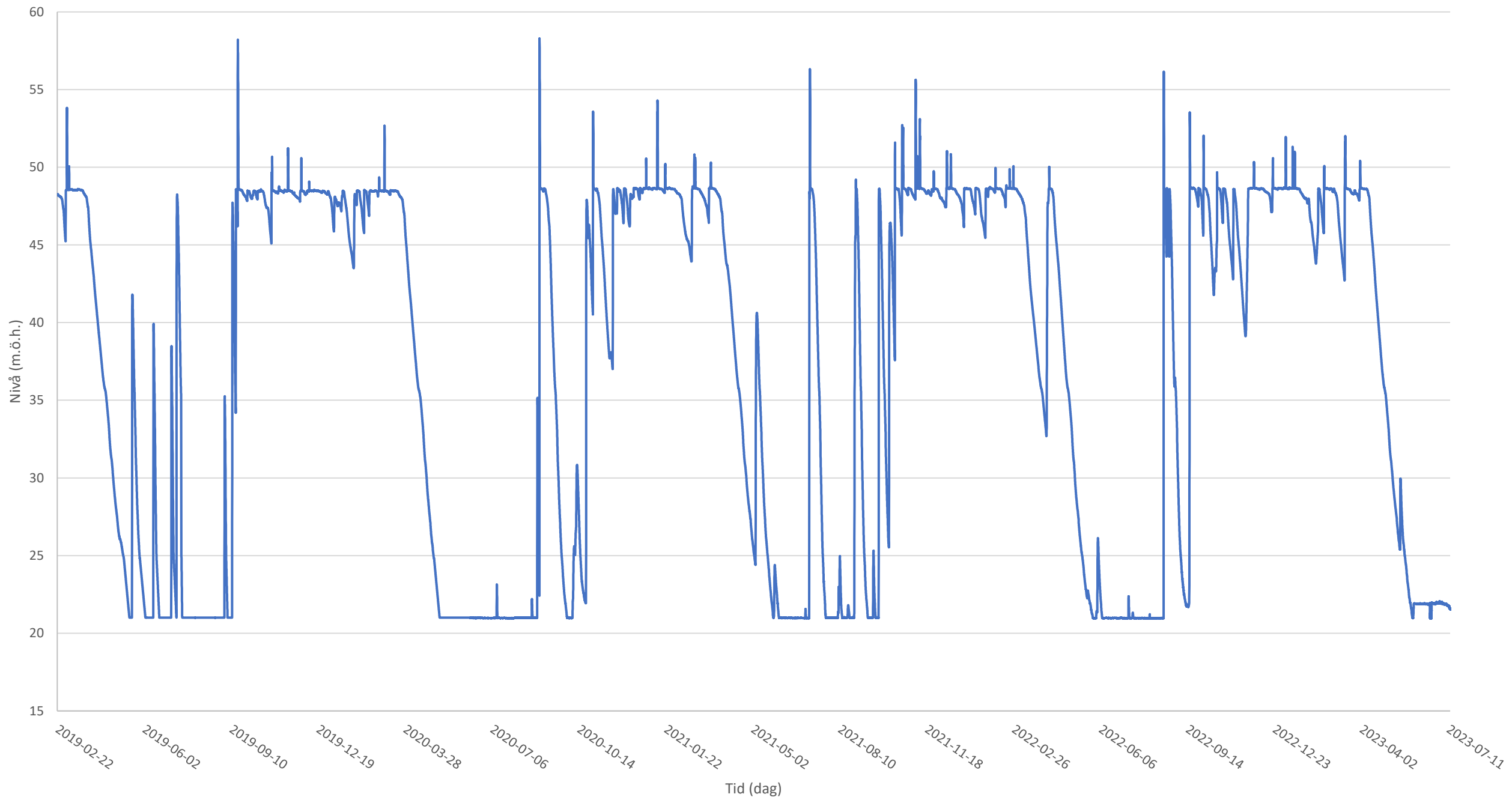
BH1803B



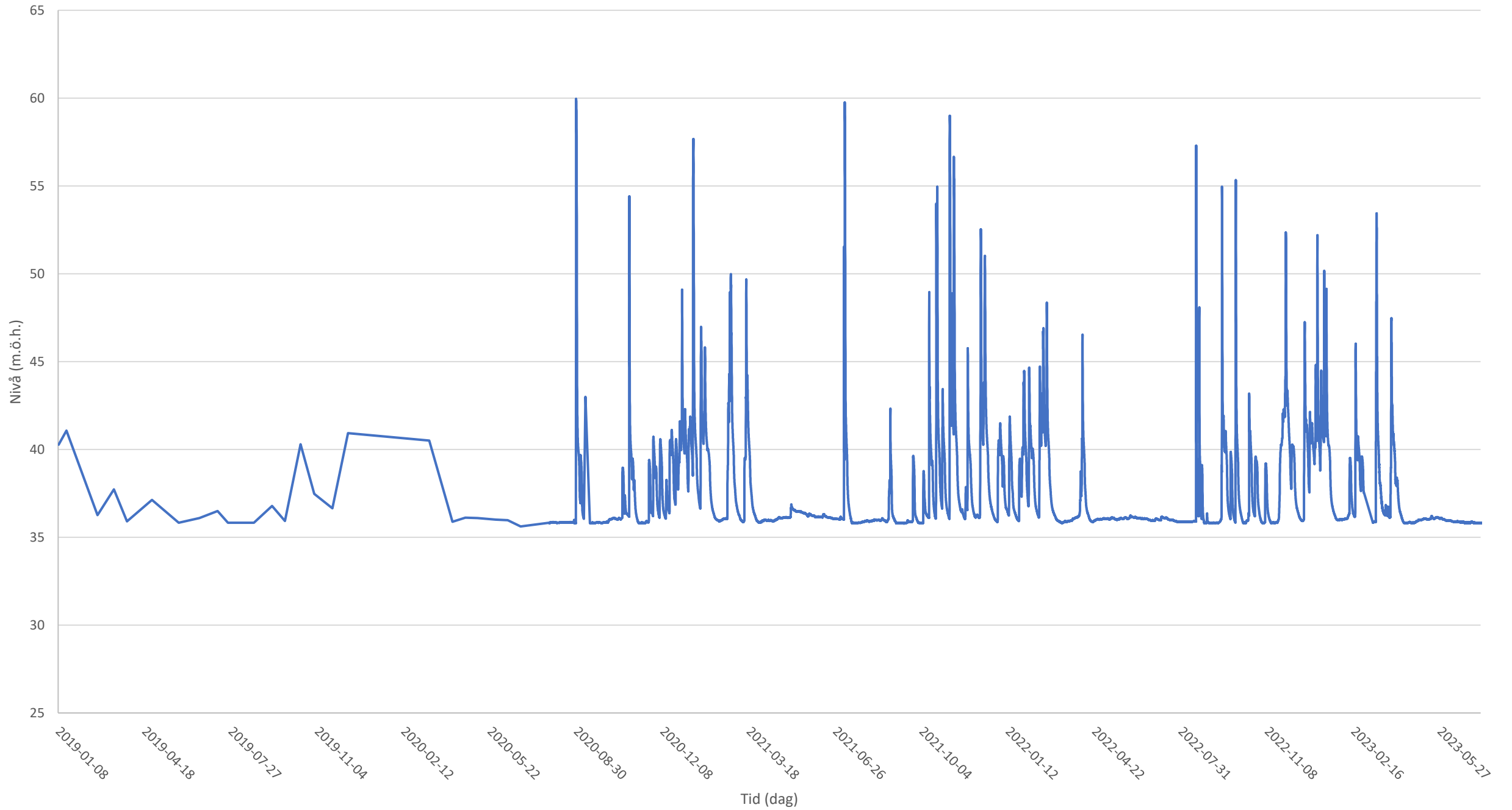
SGU11001



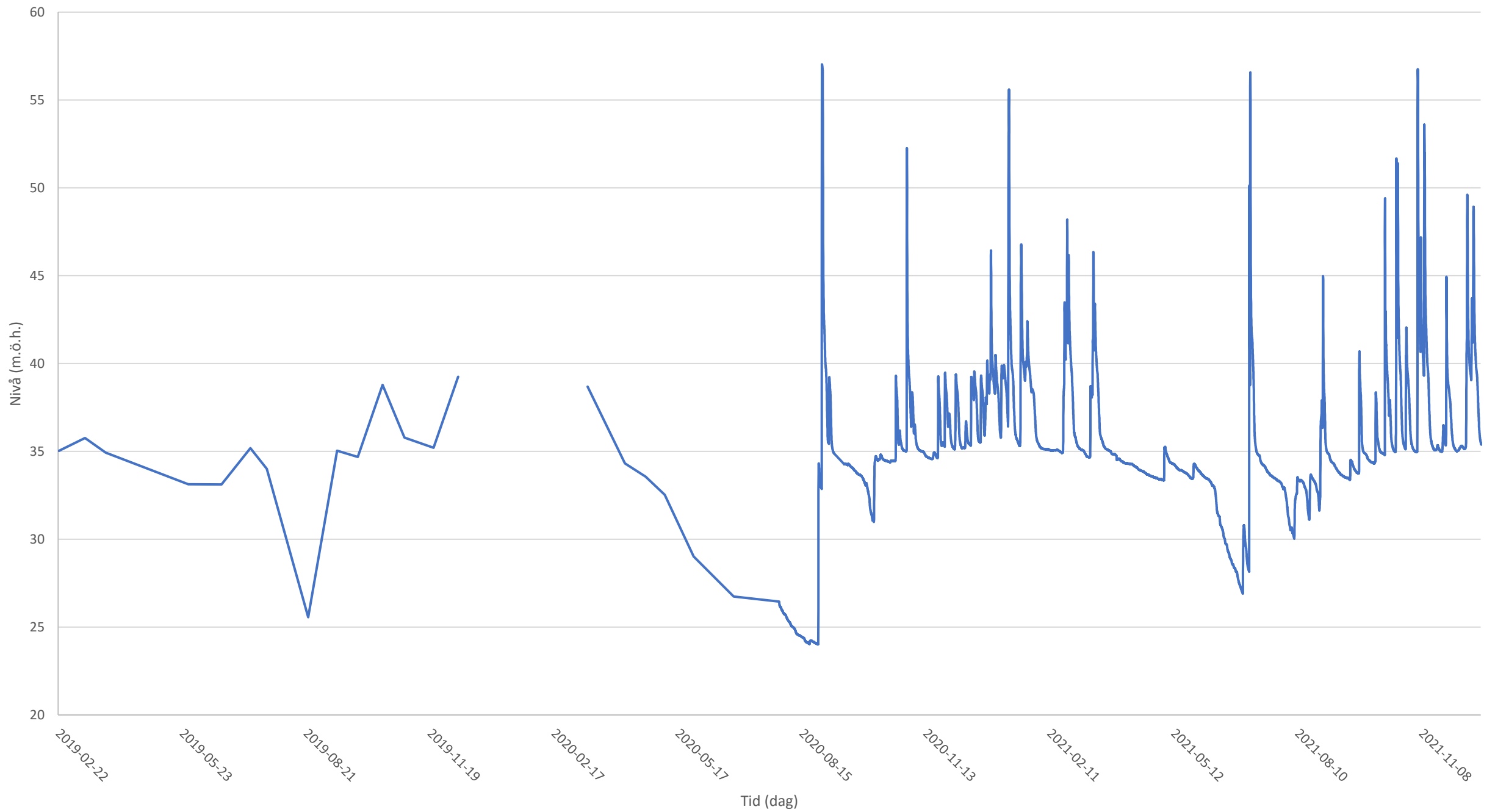
SGU11012



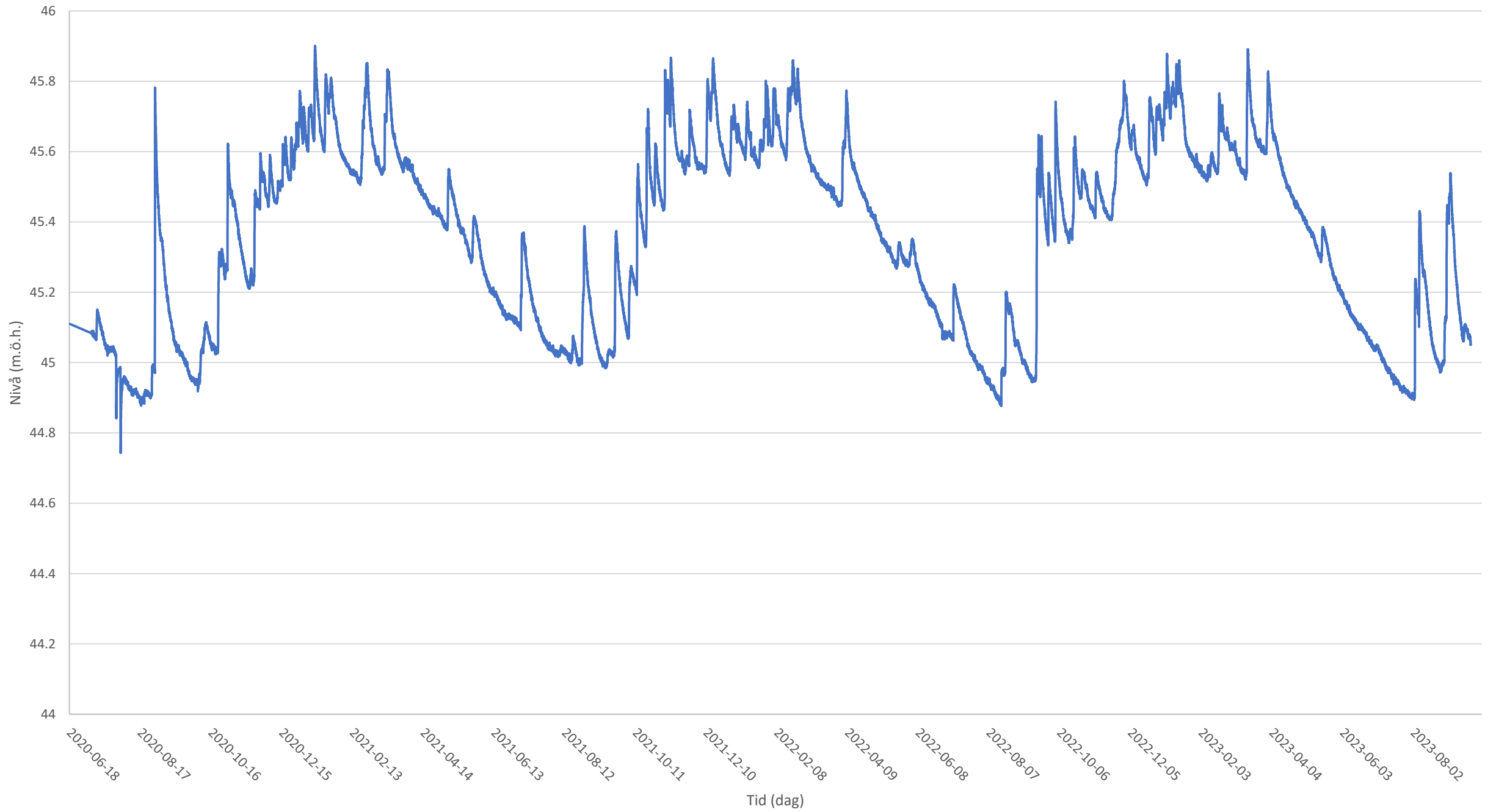
SGU11018



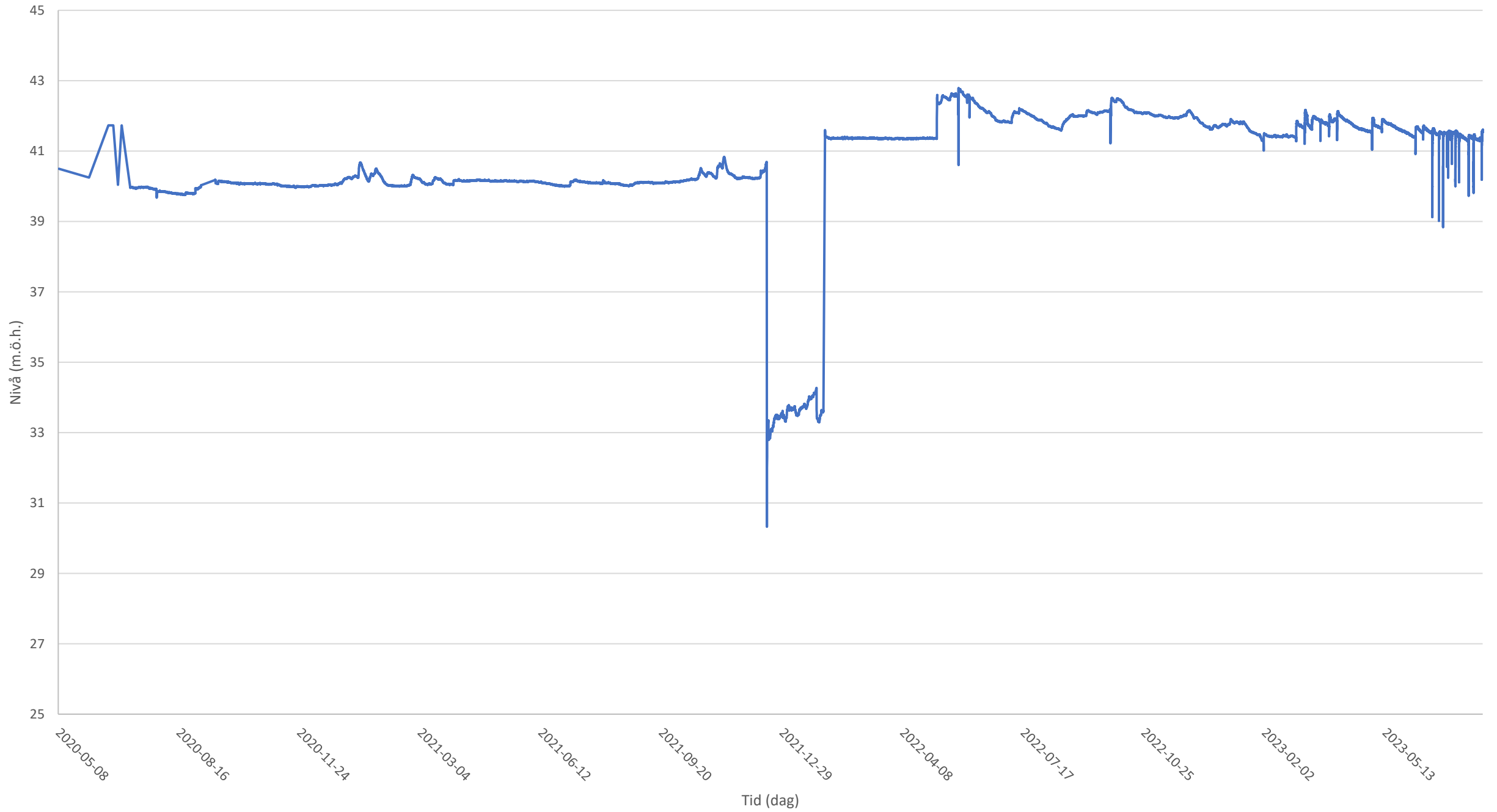
SGU11095



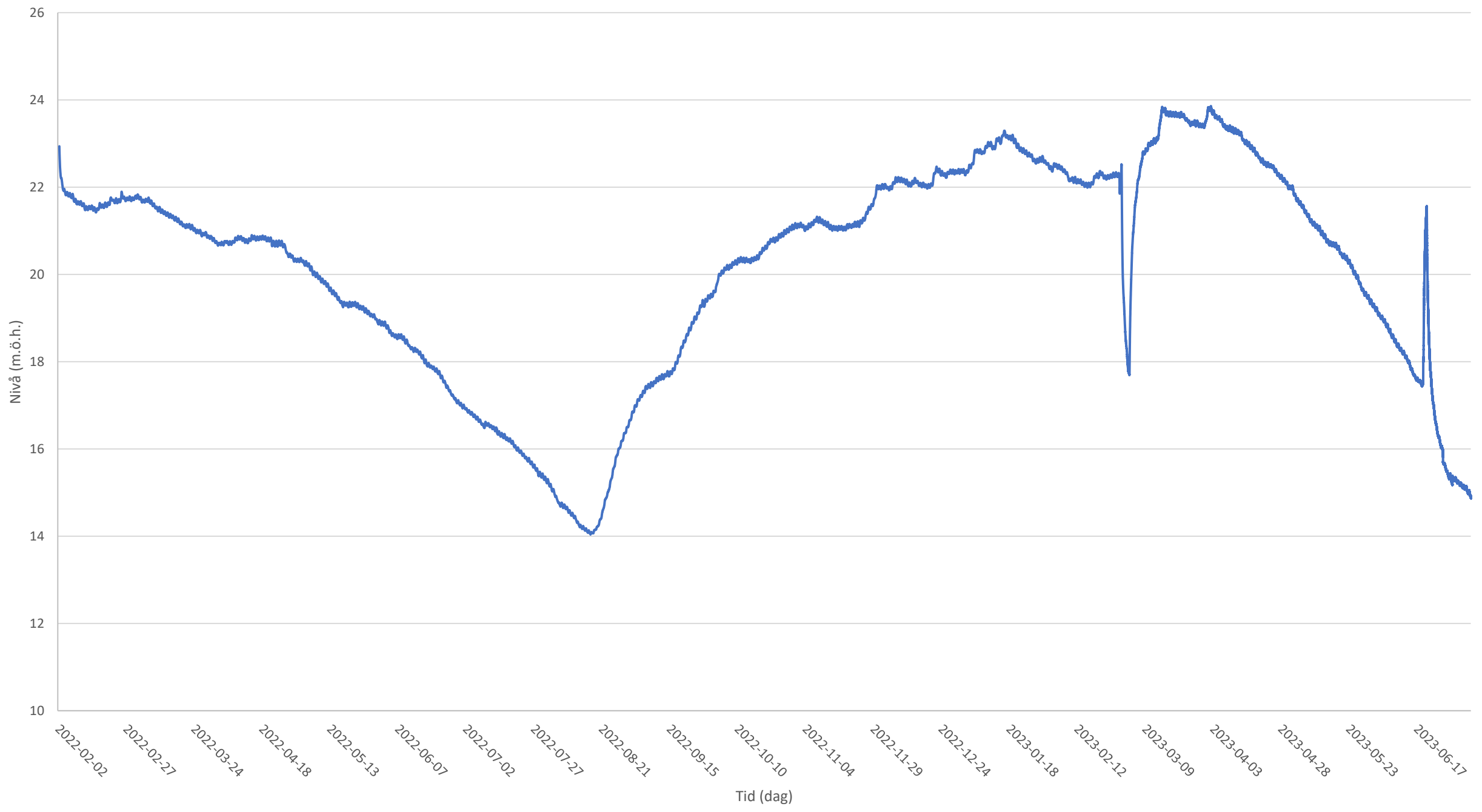
BH2006



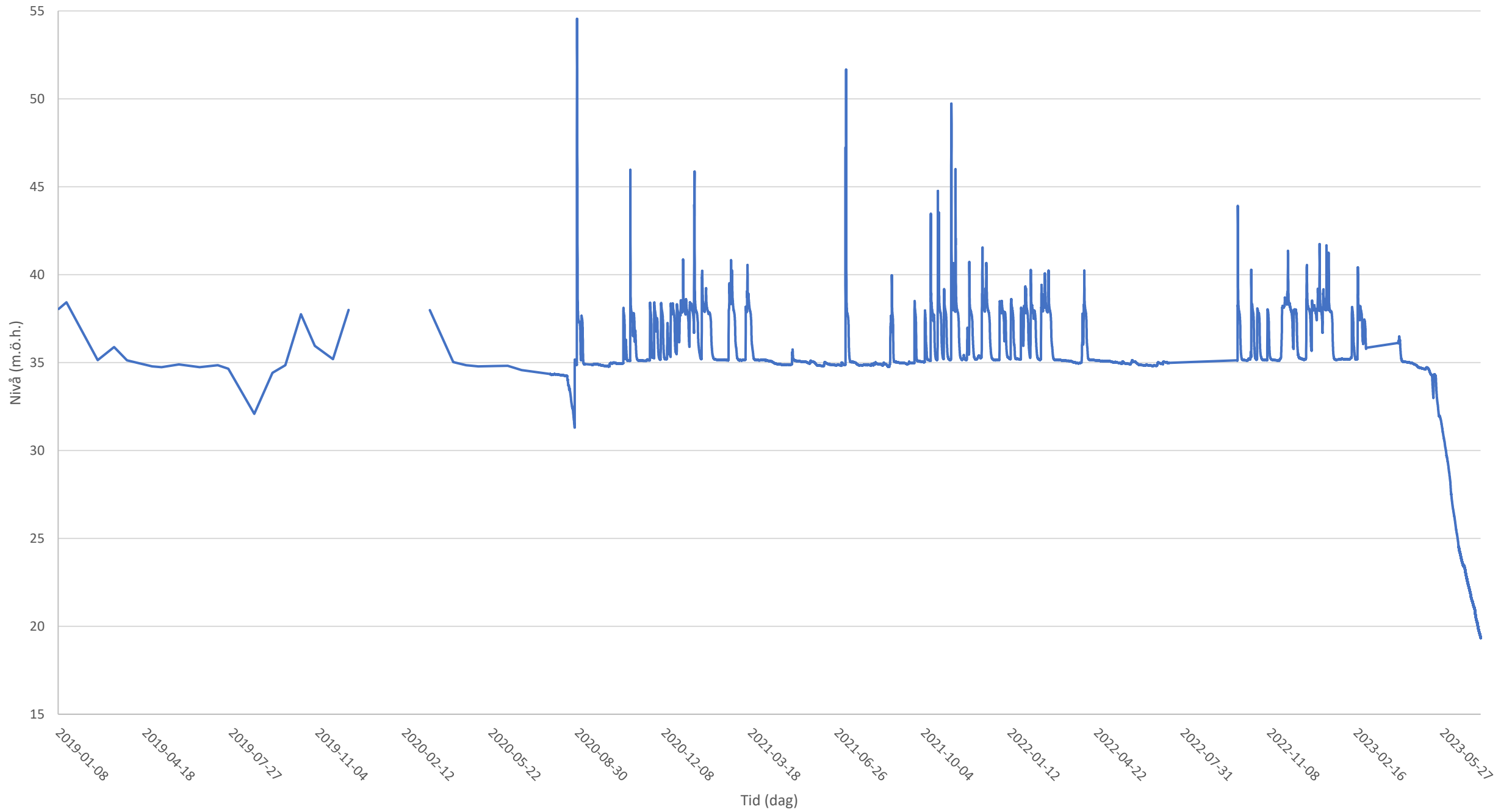
BH2007ÖM



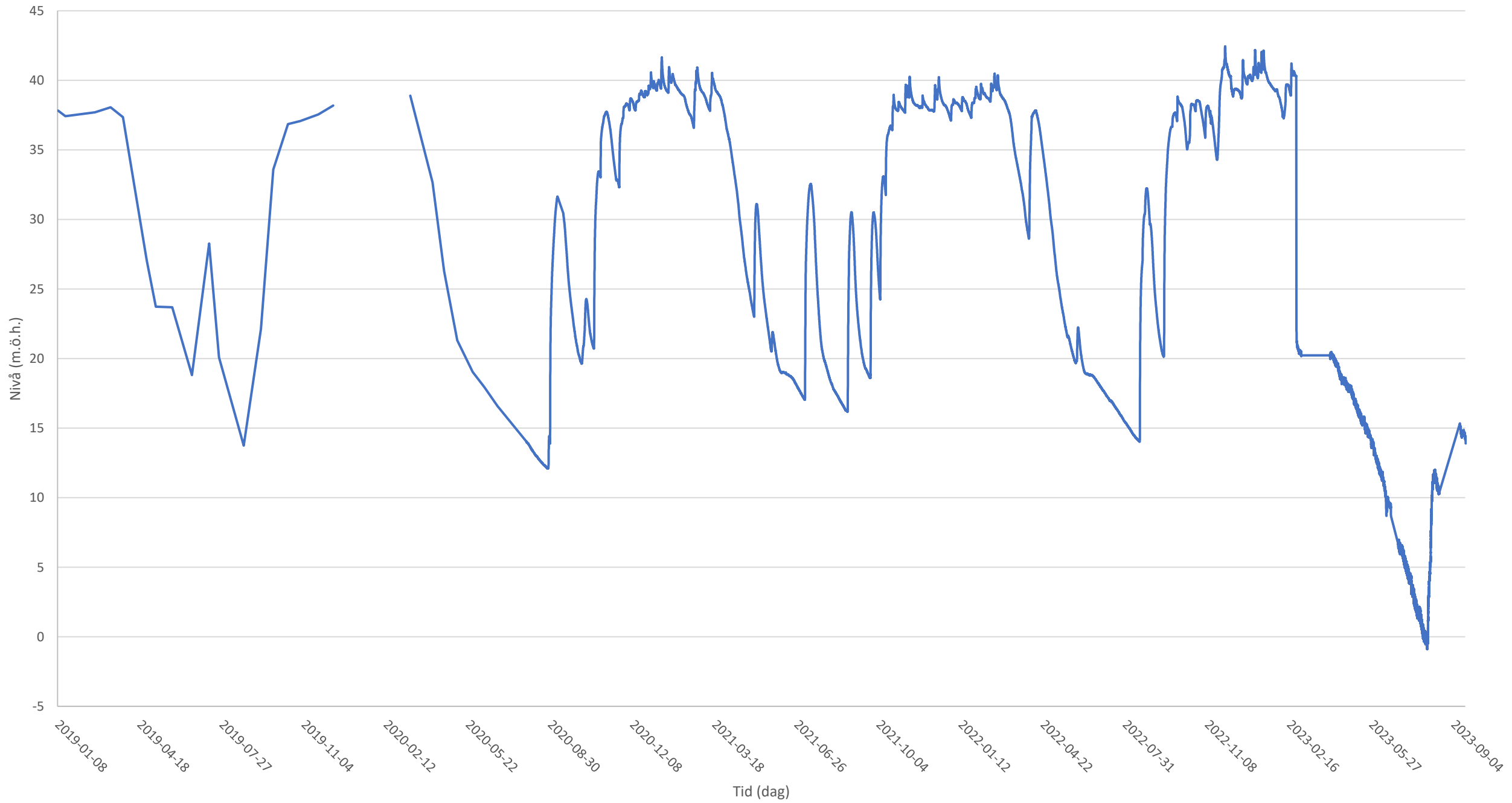
BH2007UM



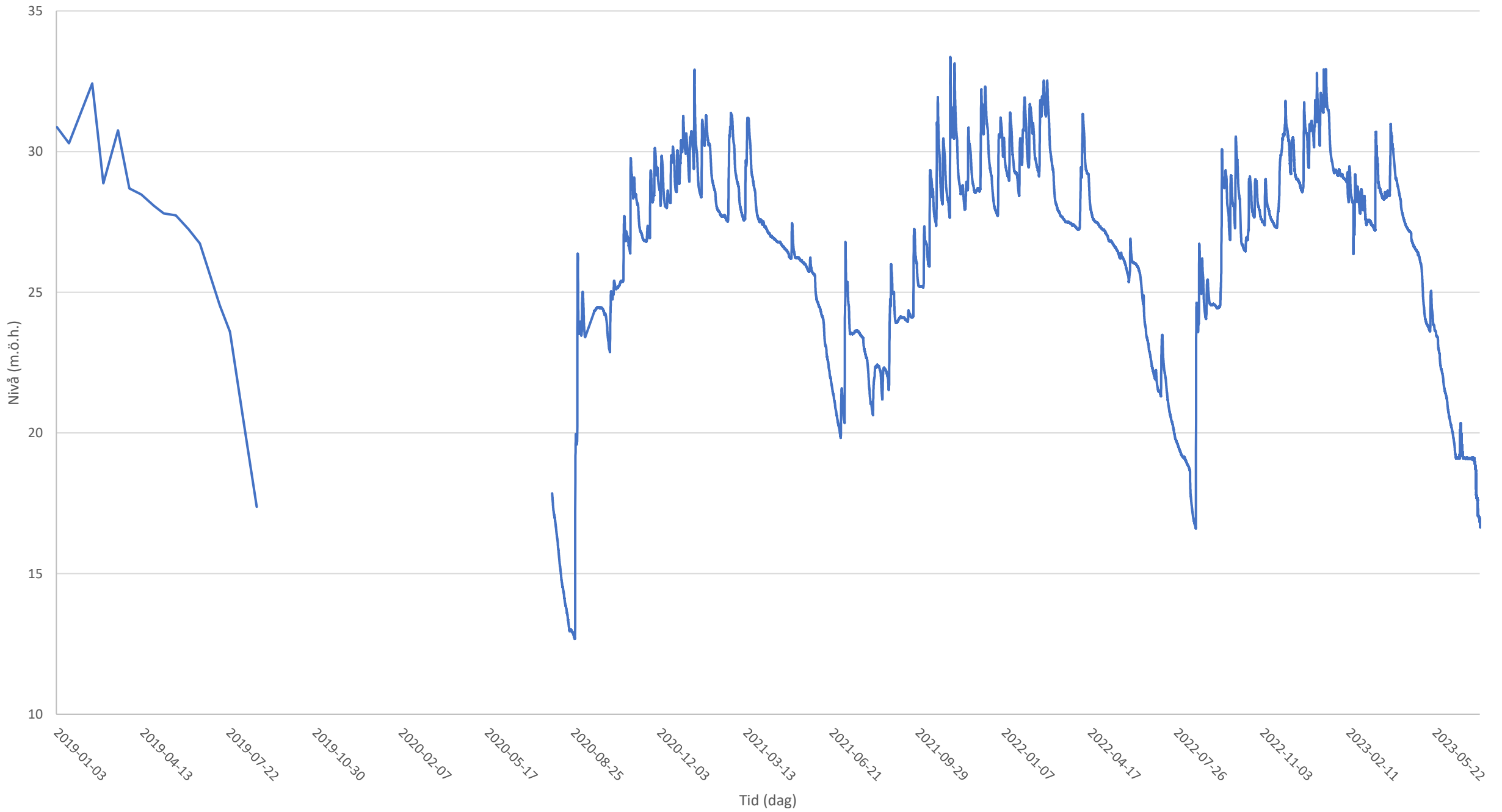
BH1701



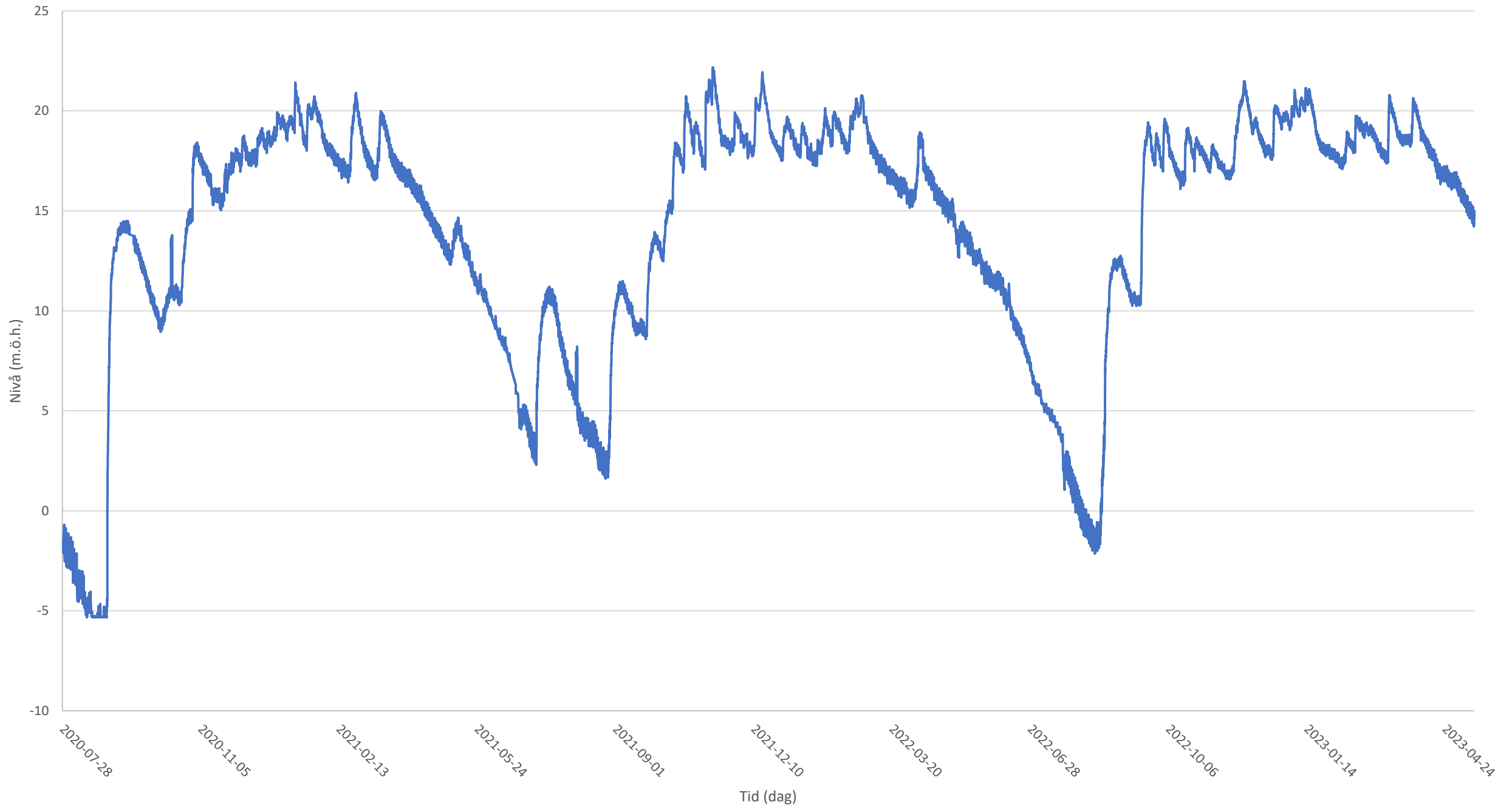
BH1702



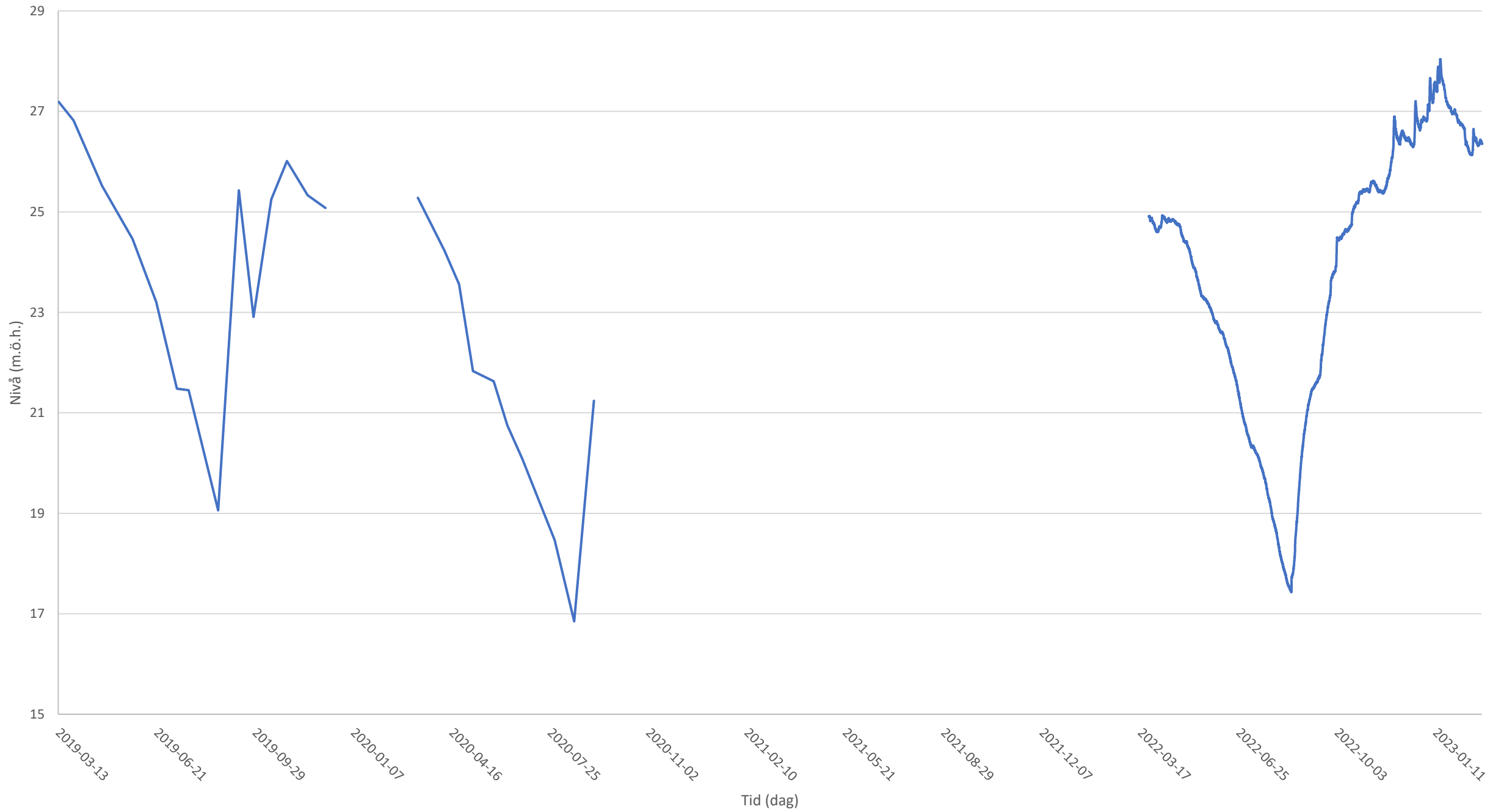
BH1111



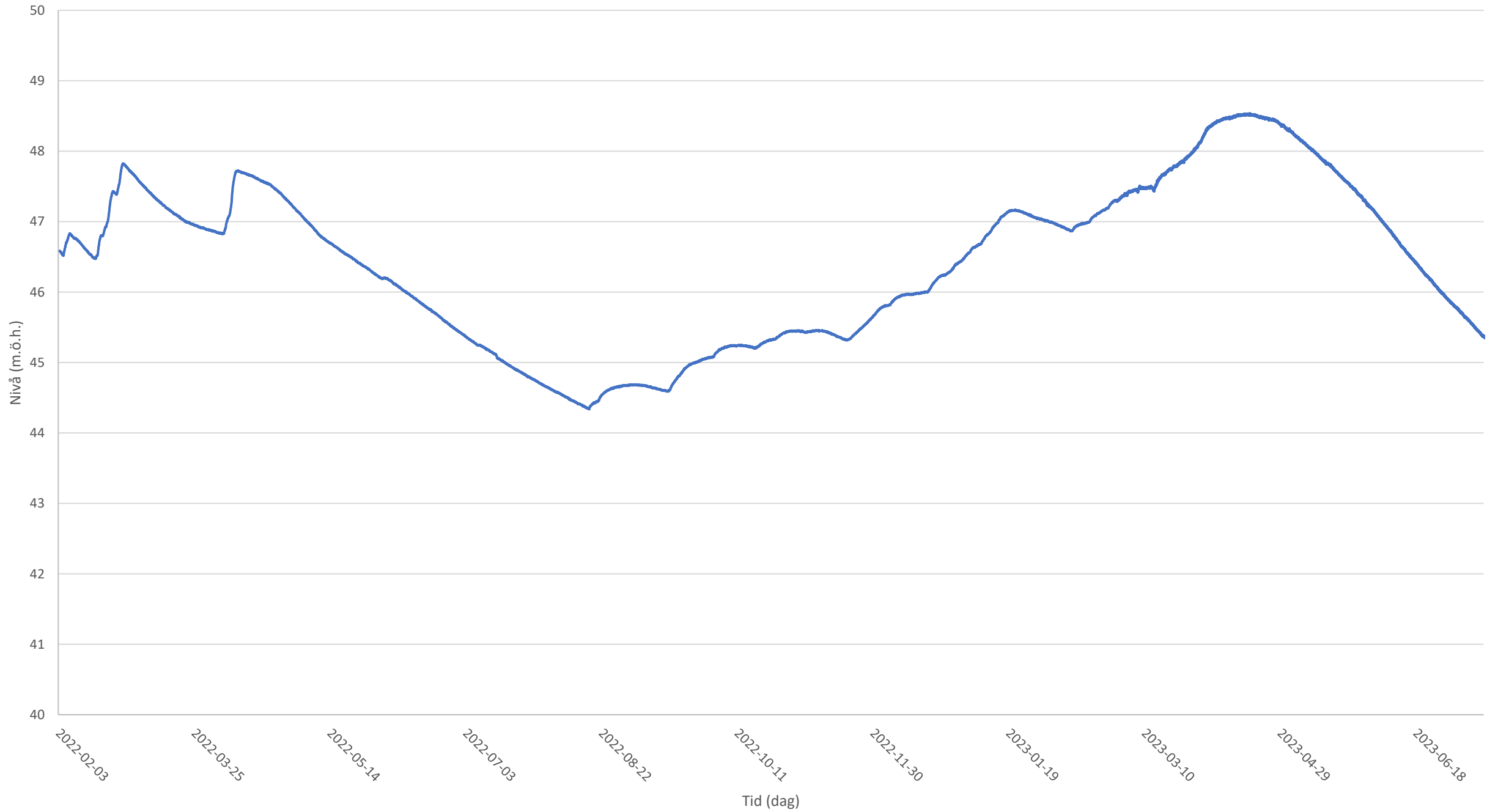
BH80



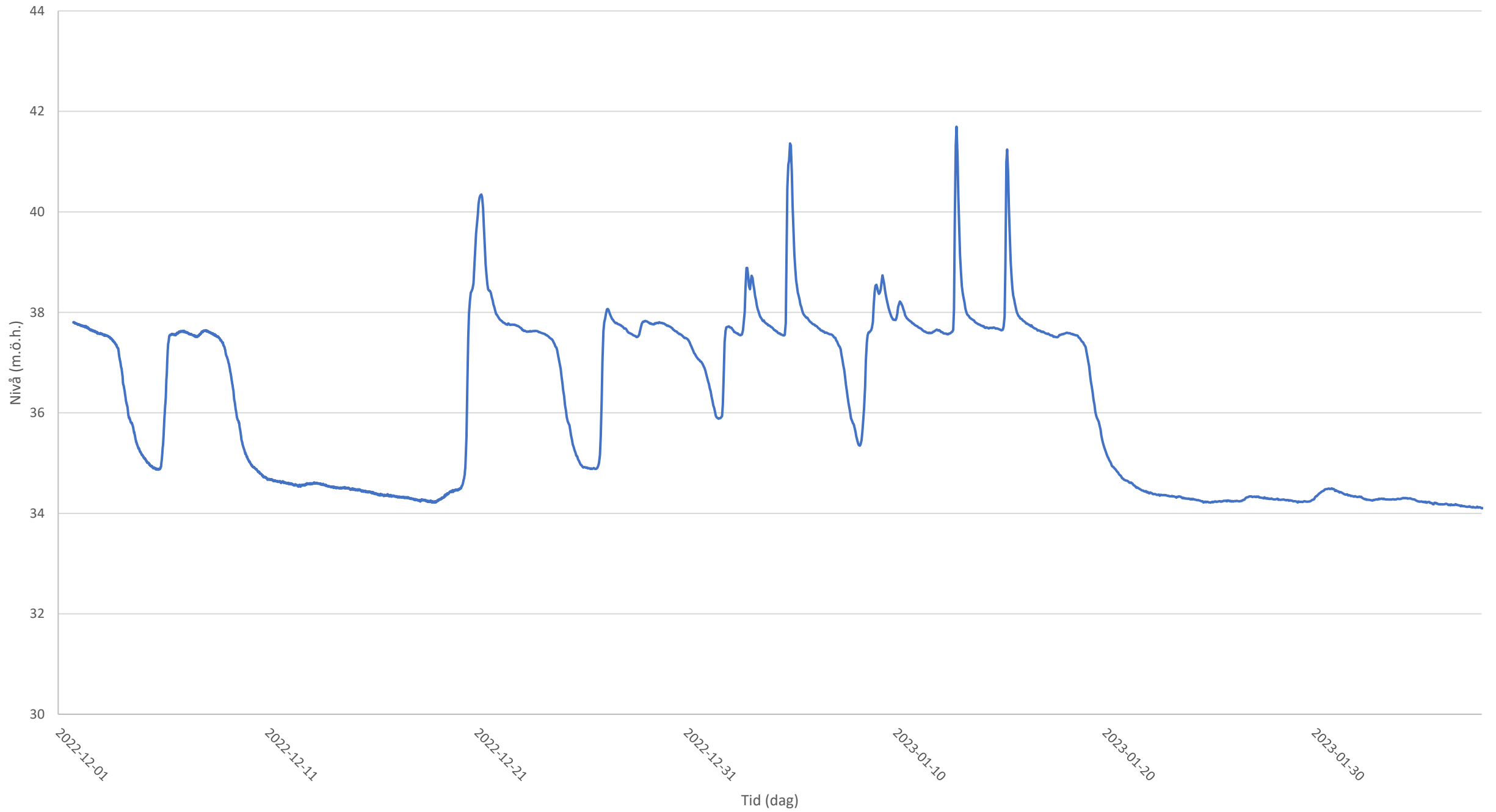
SGU2017



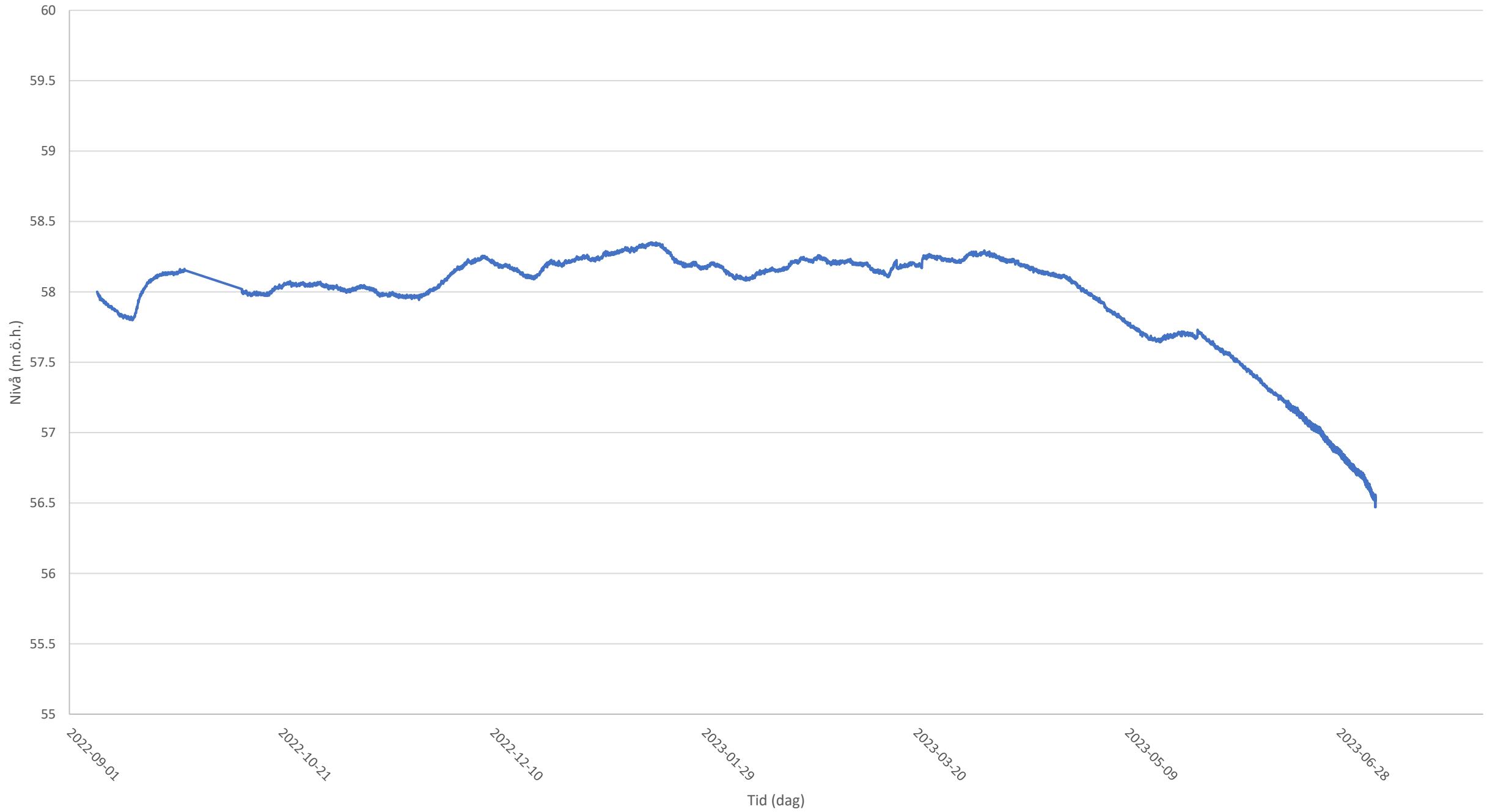
BH2101



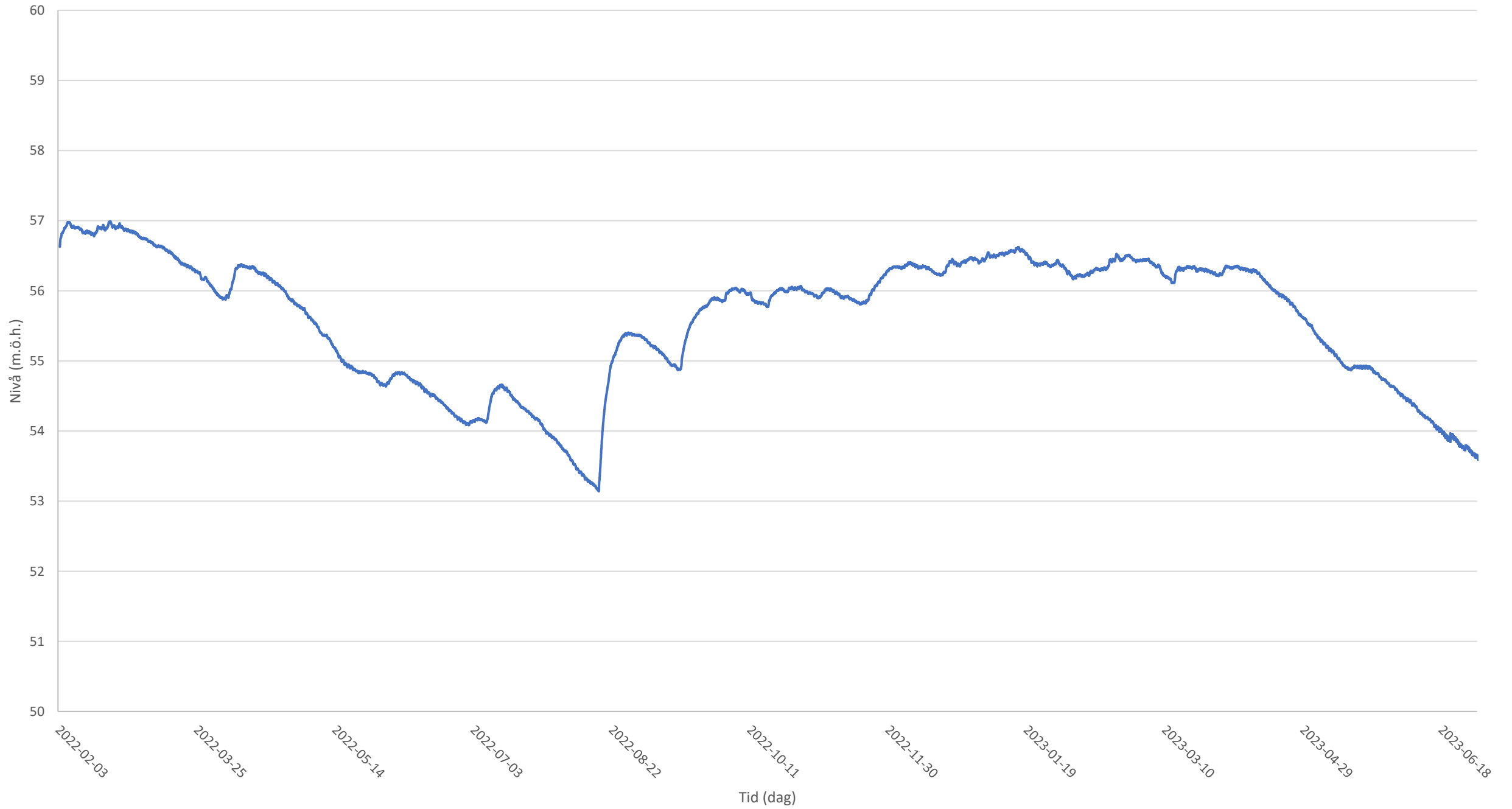
BH2102



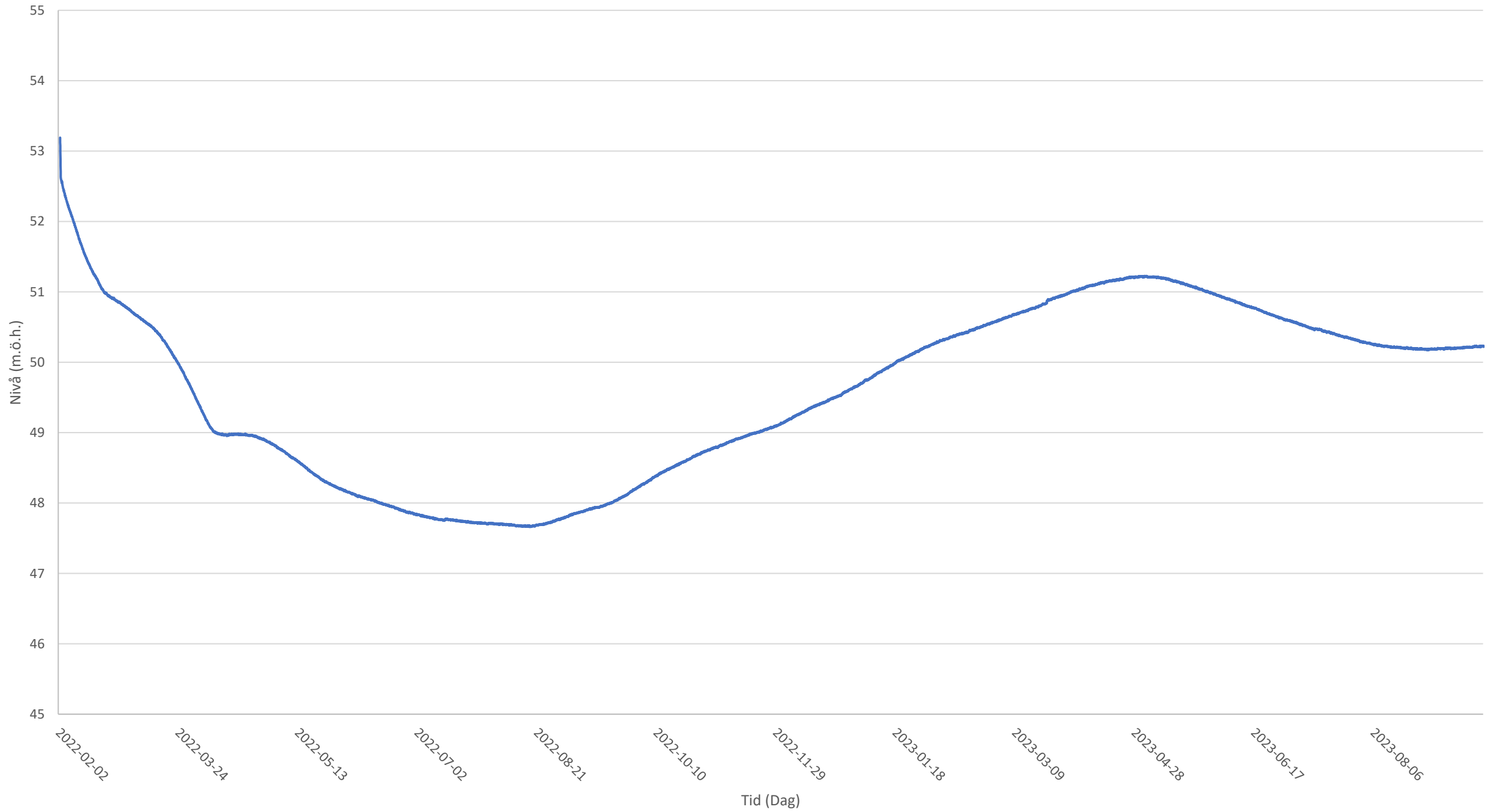
BH2103ÖM



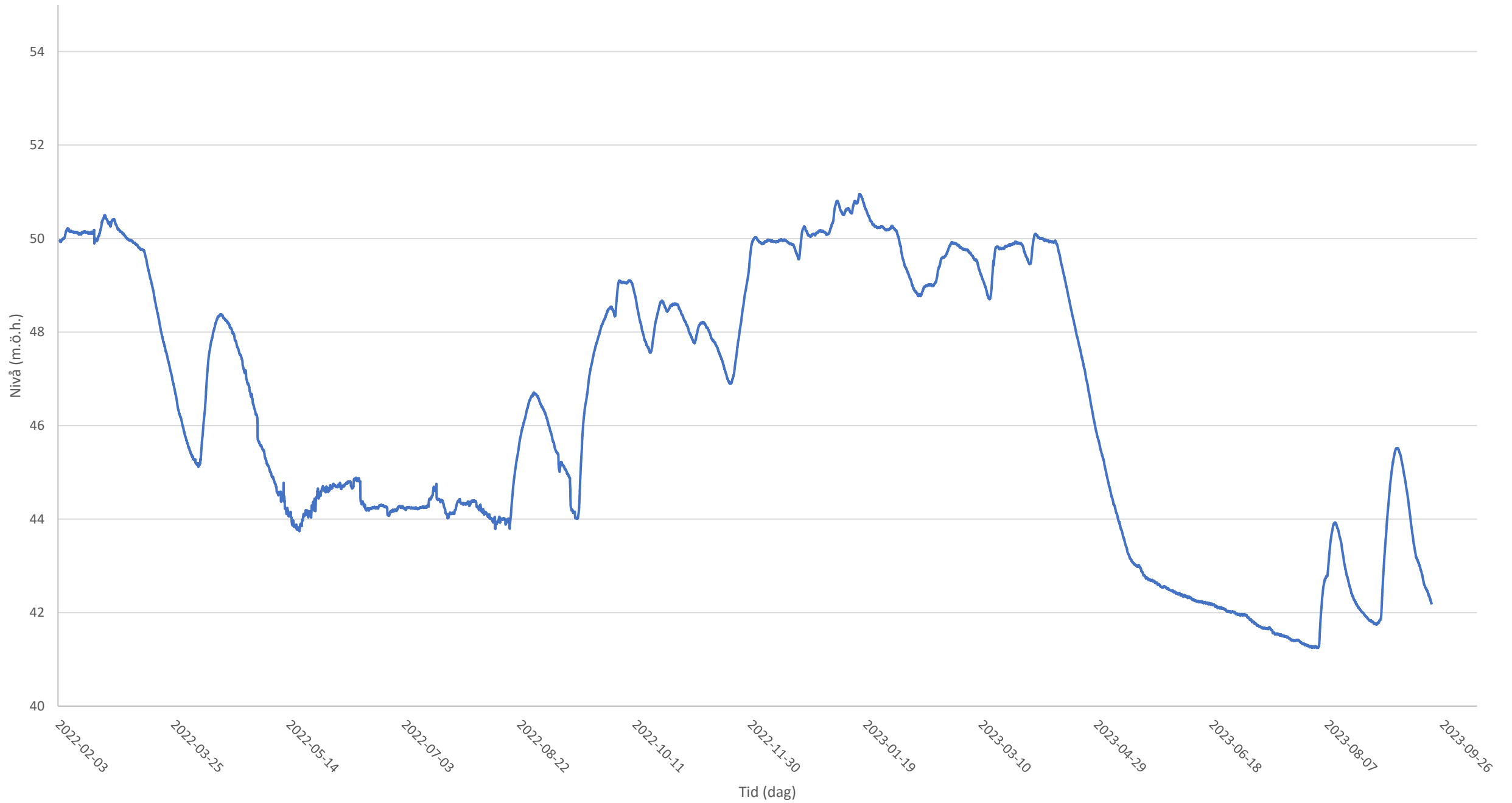
BH2103UM



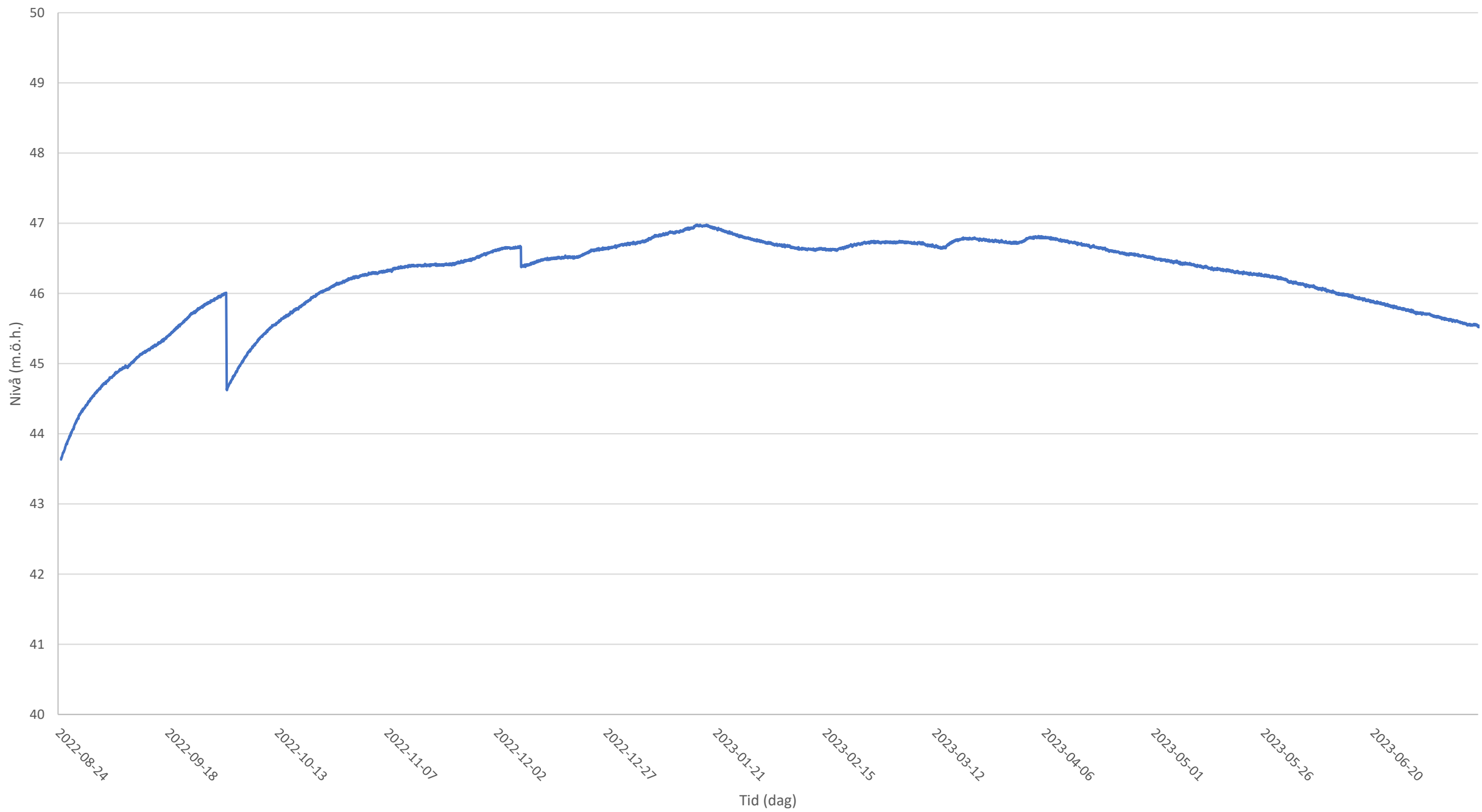
BH2104ÖM



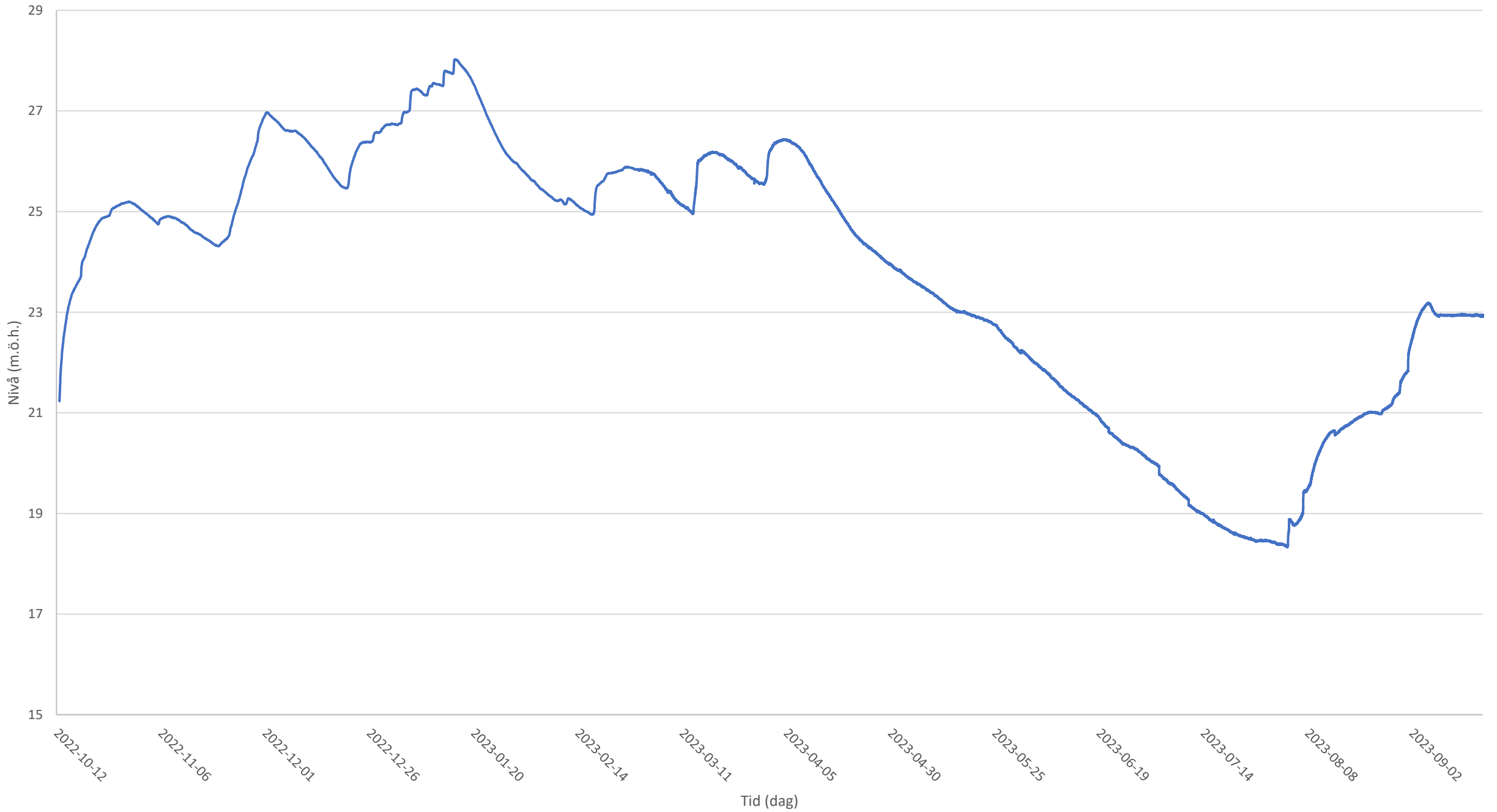
BH2104UM



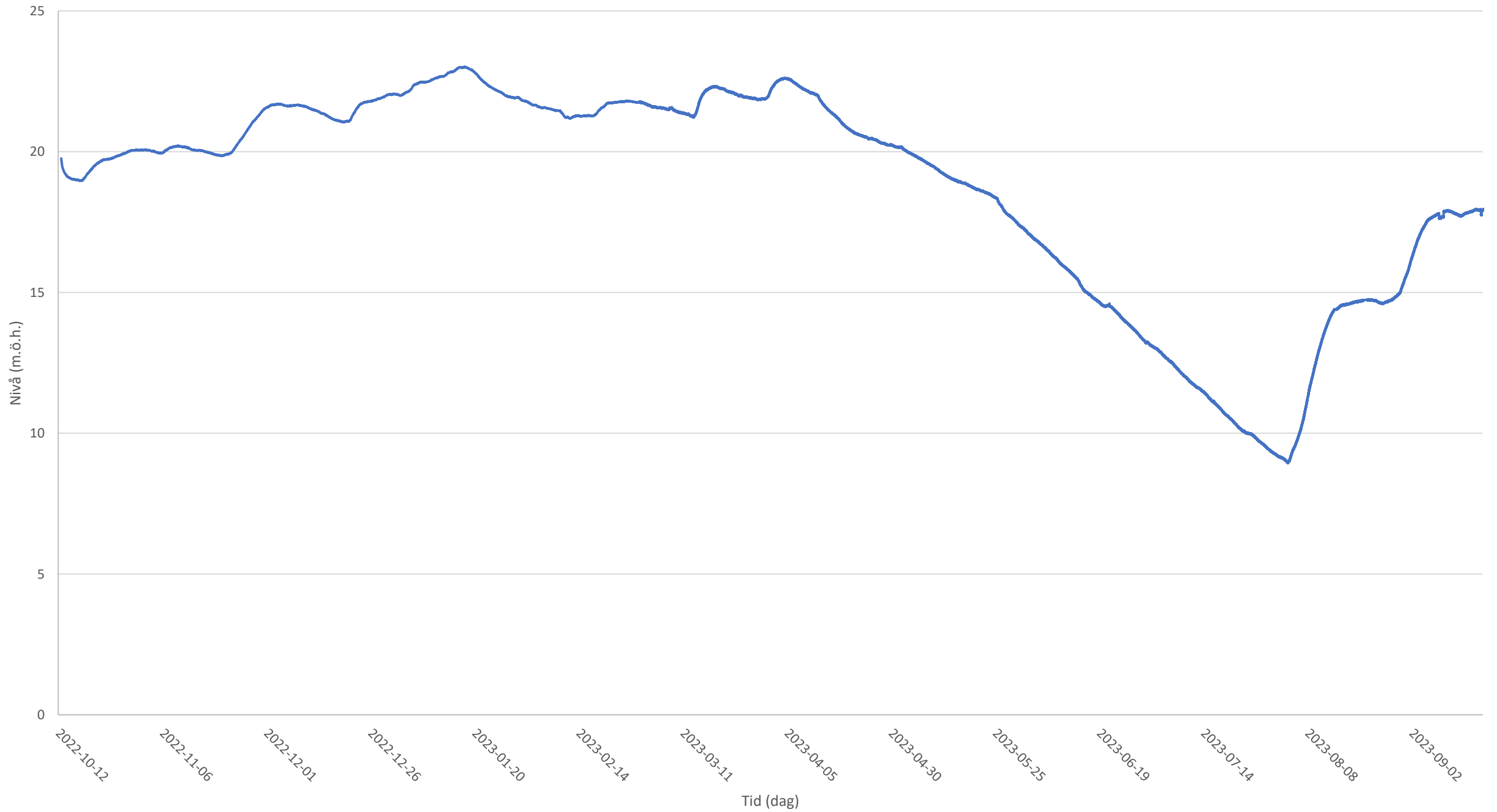
BH2205



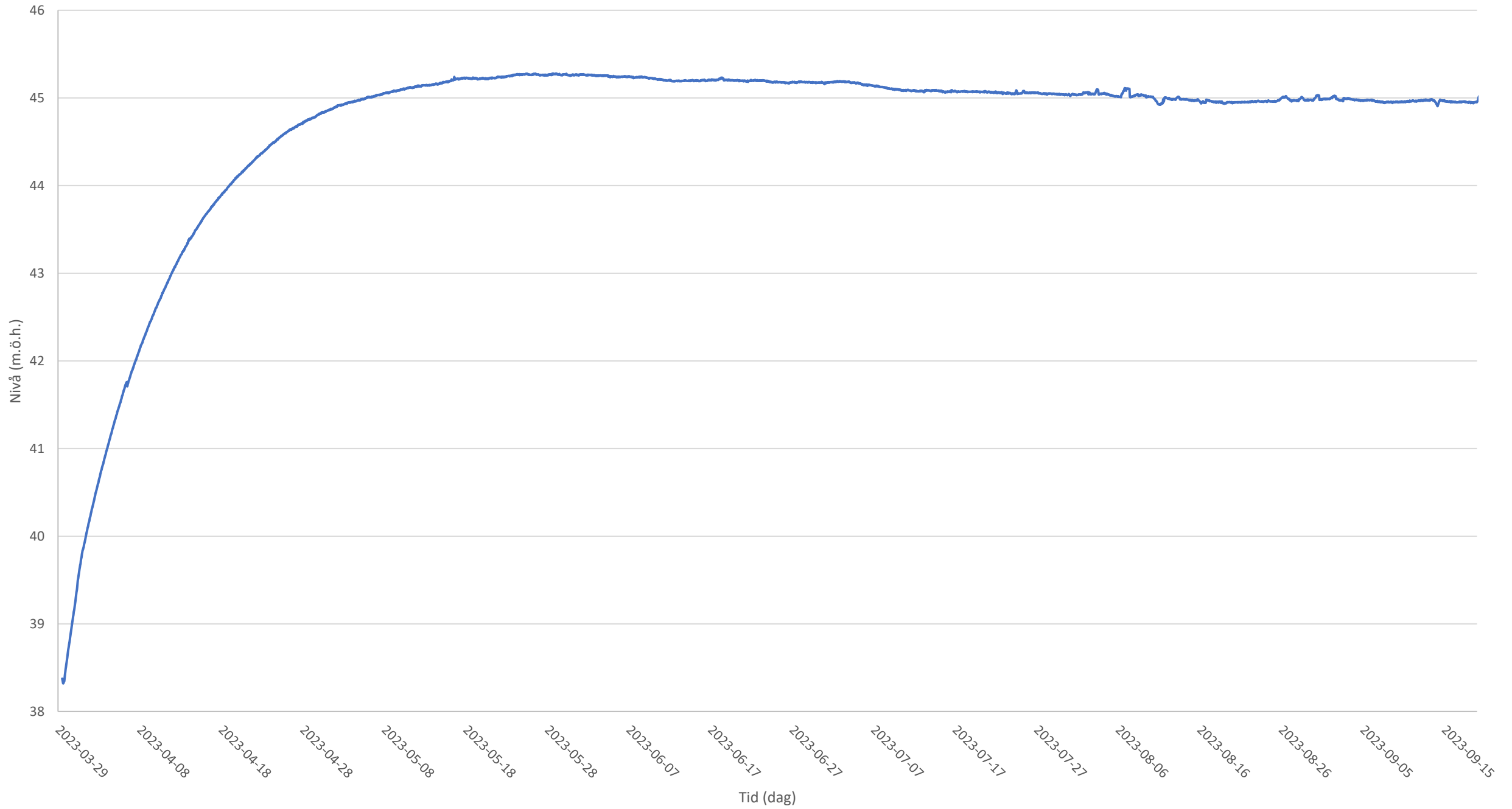
BH2277ÖM



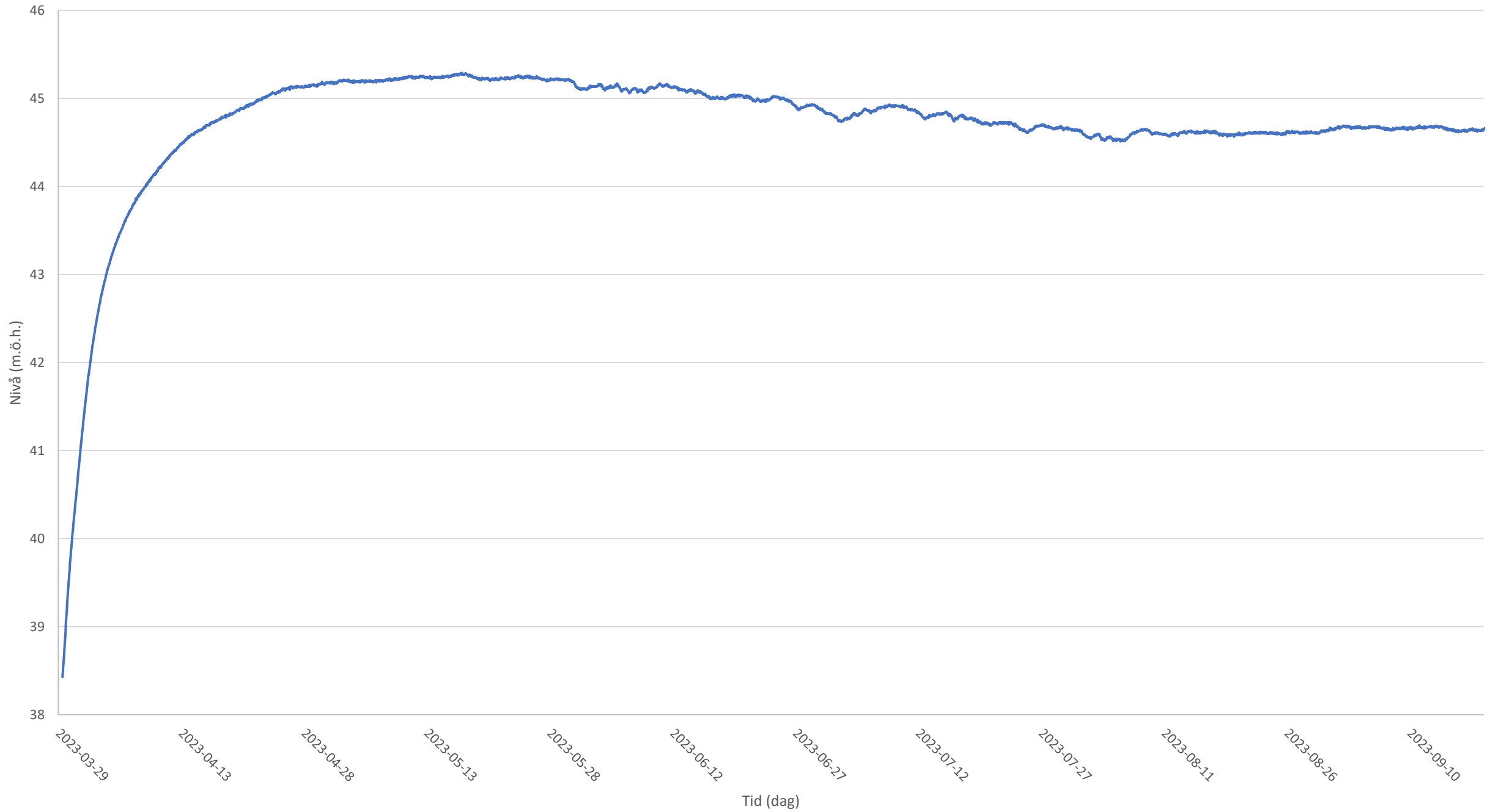
BH2277UM



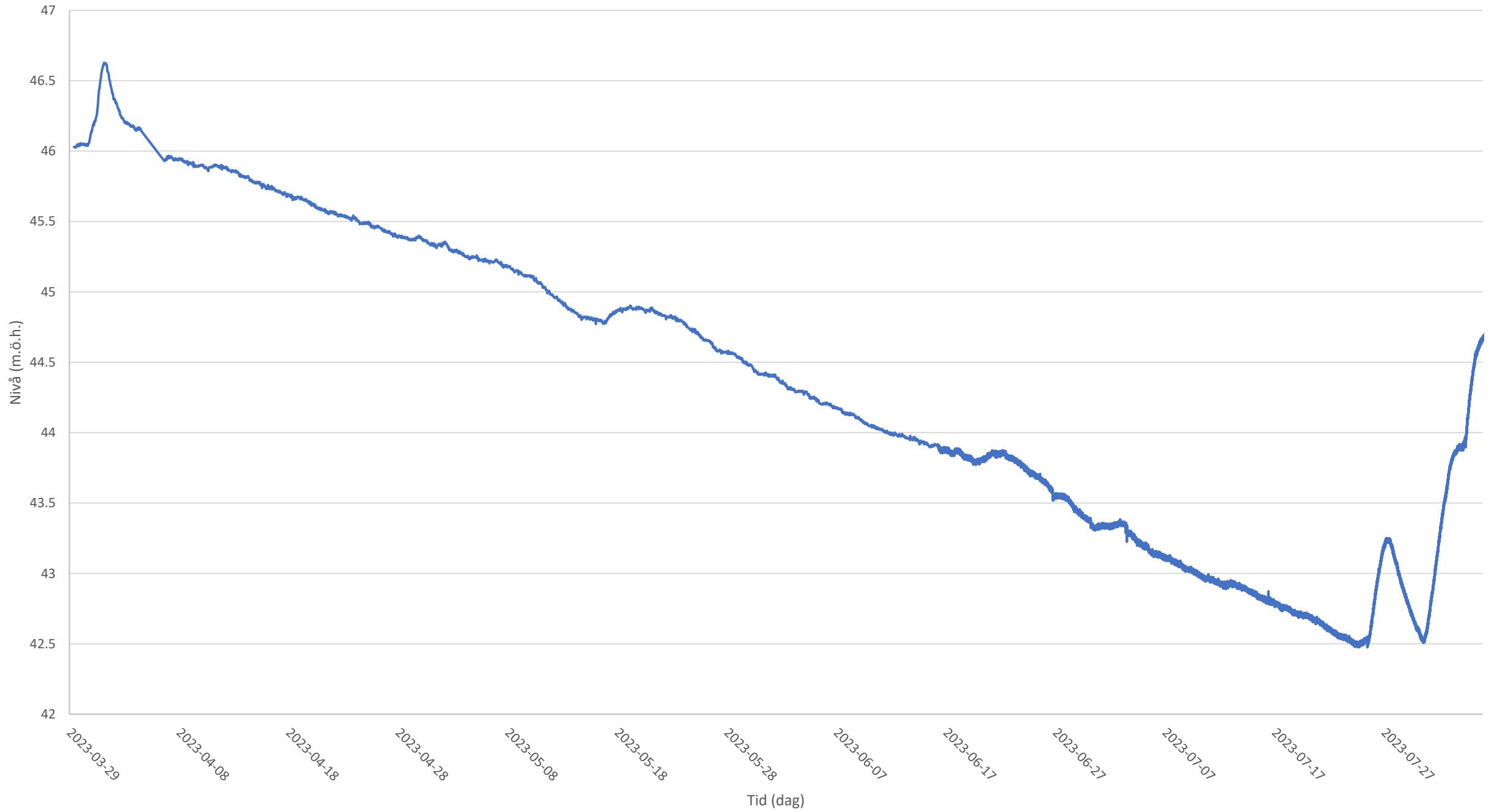
BH2220ÖM



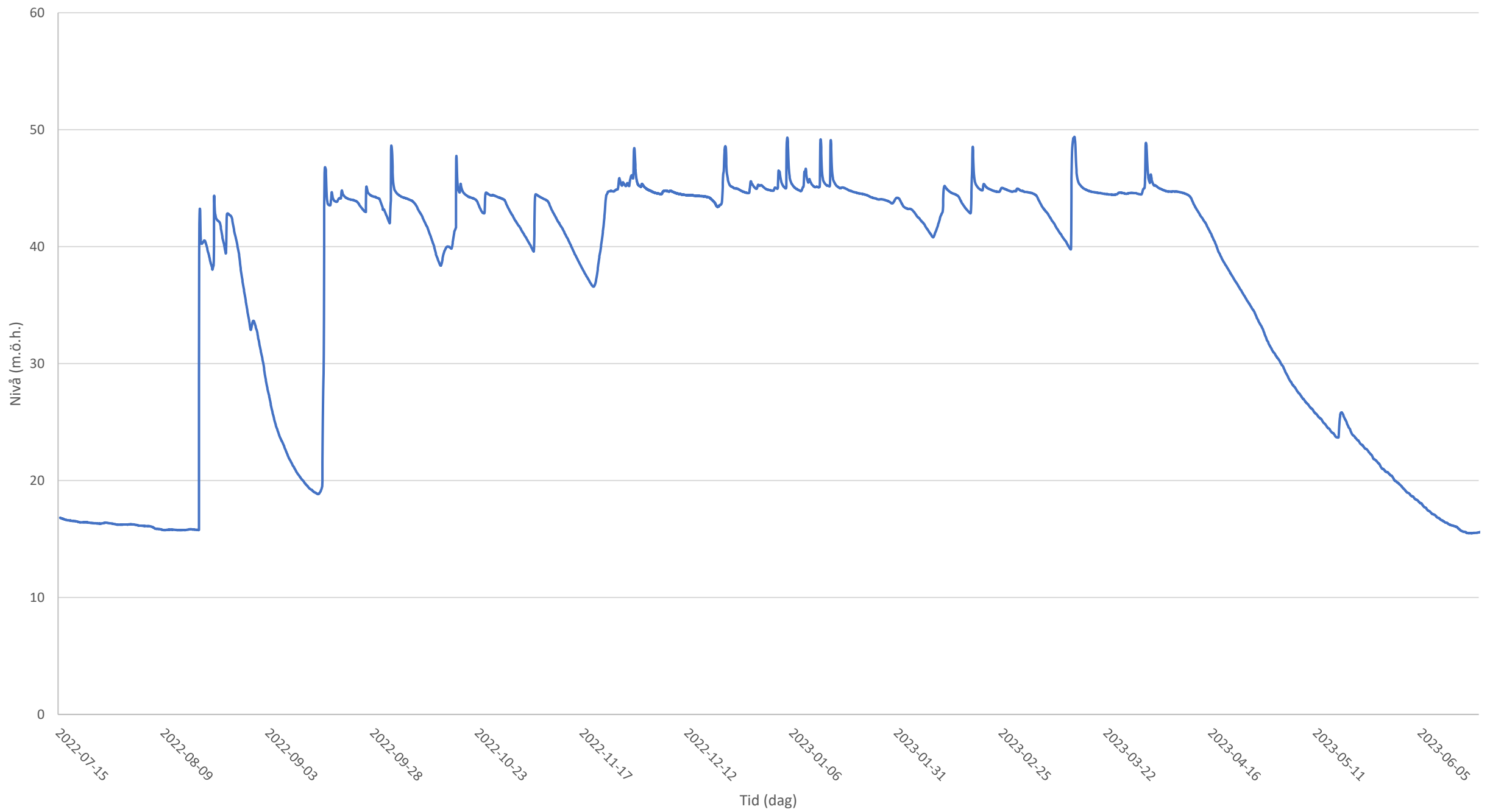
BH2220UM



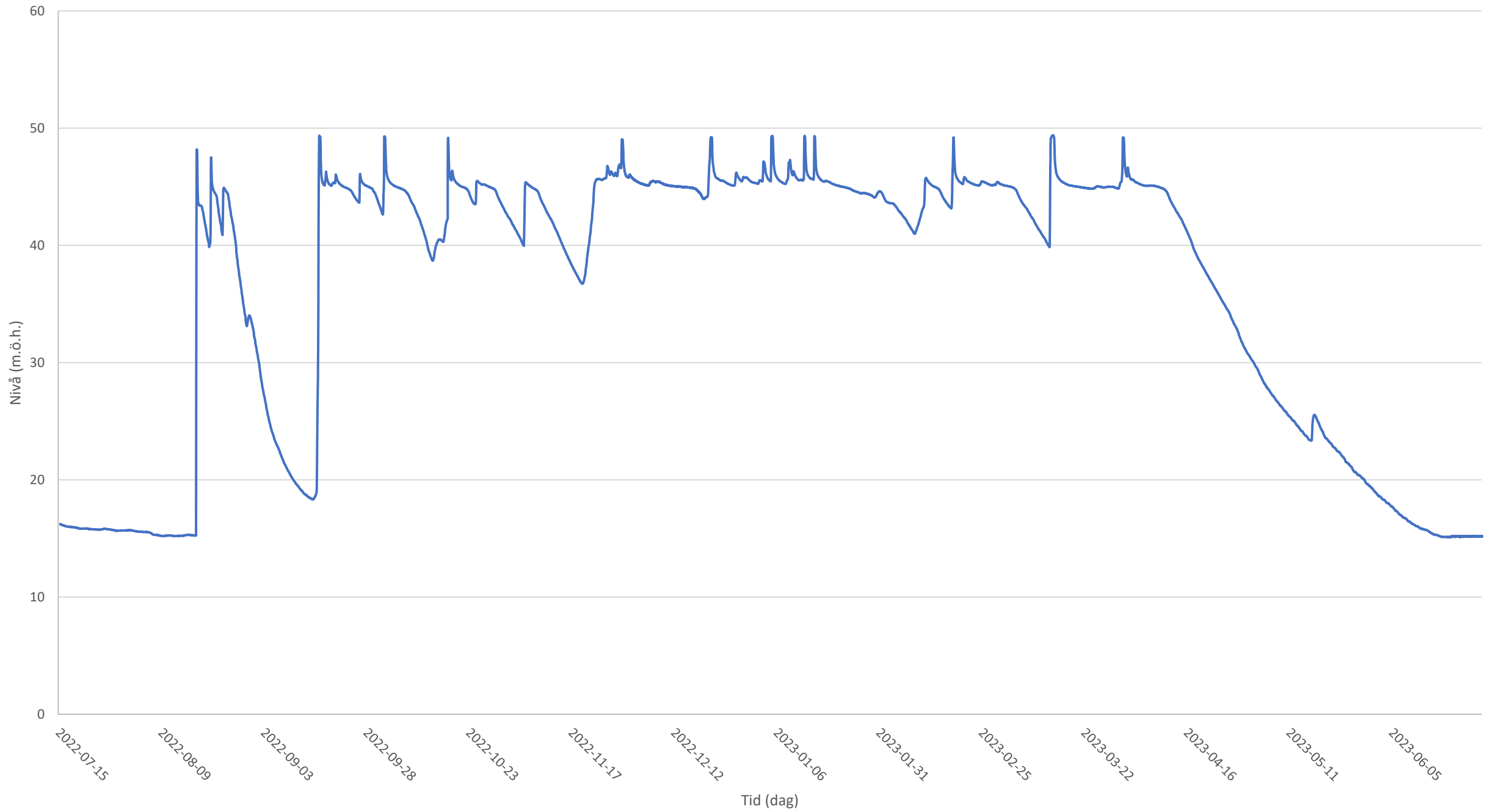
BH2301



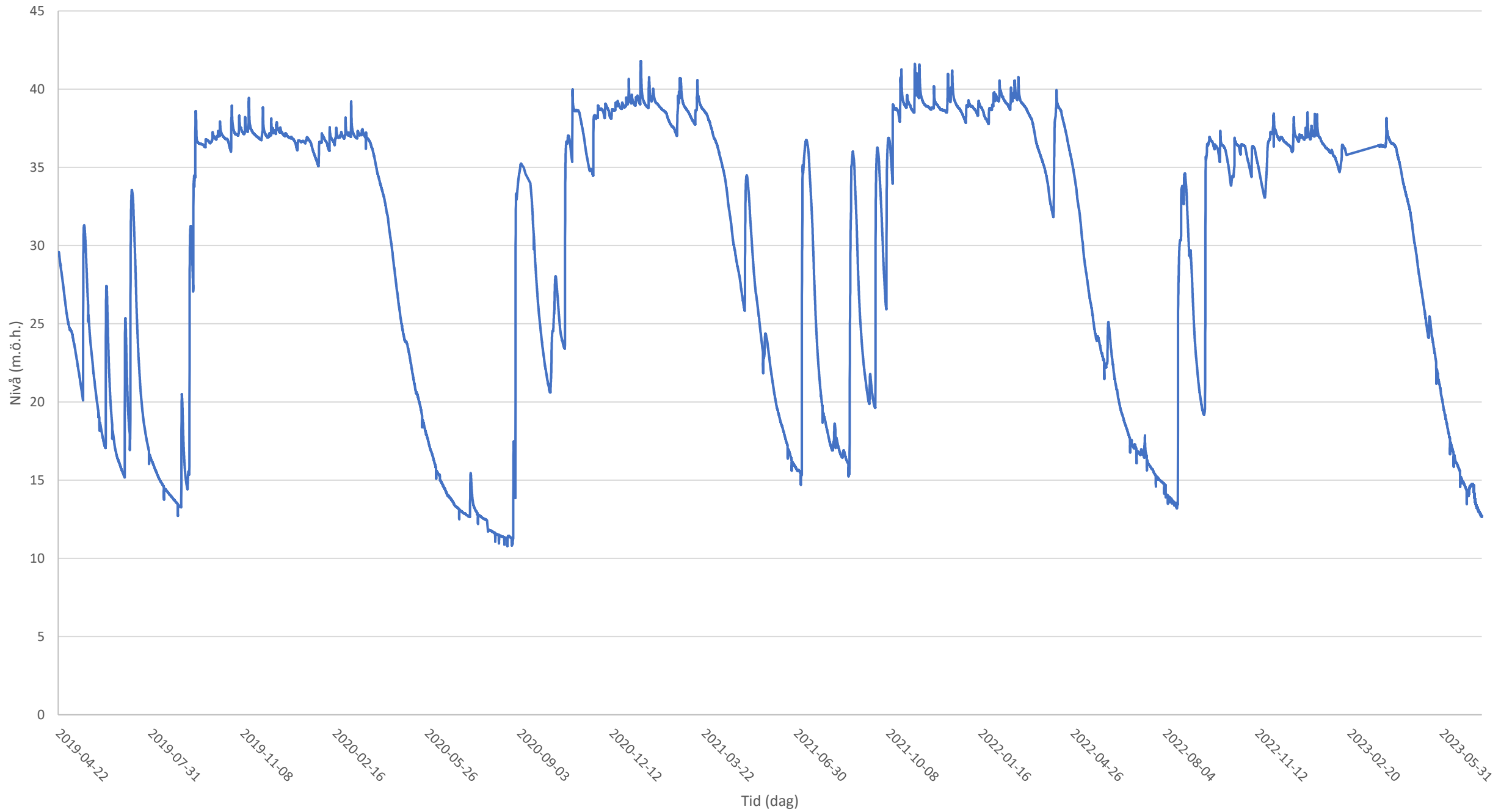
BH2211



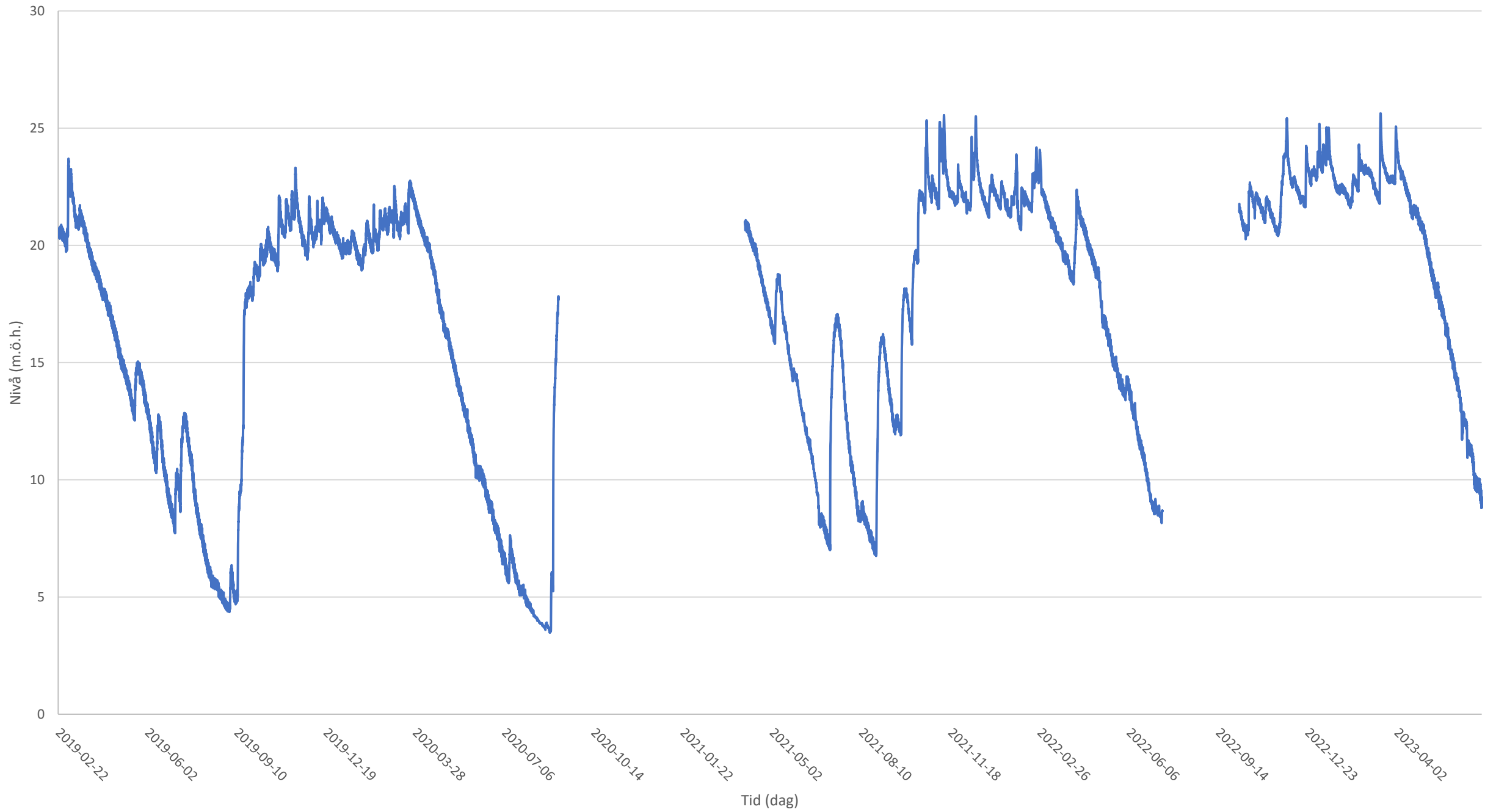
BH2212



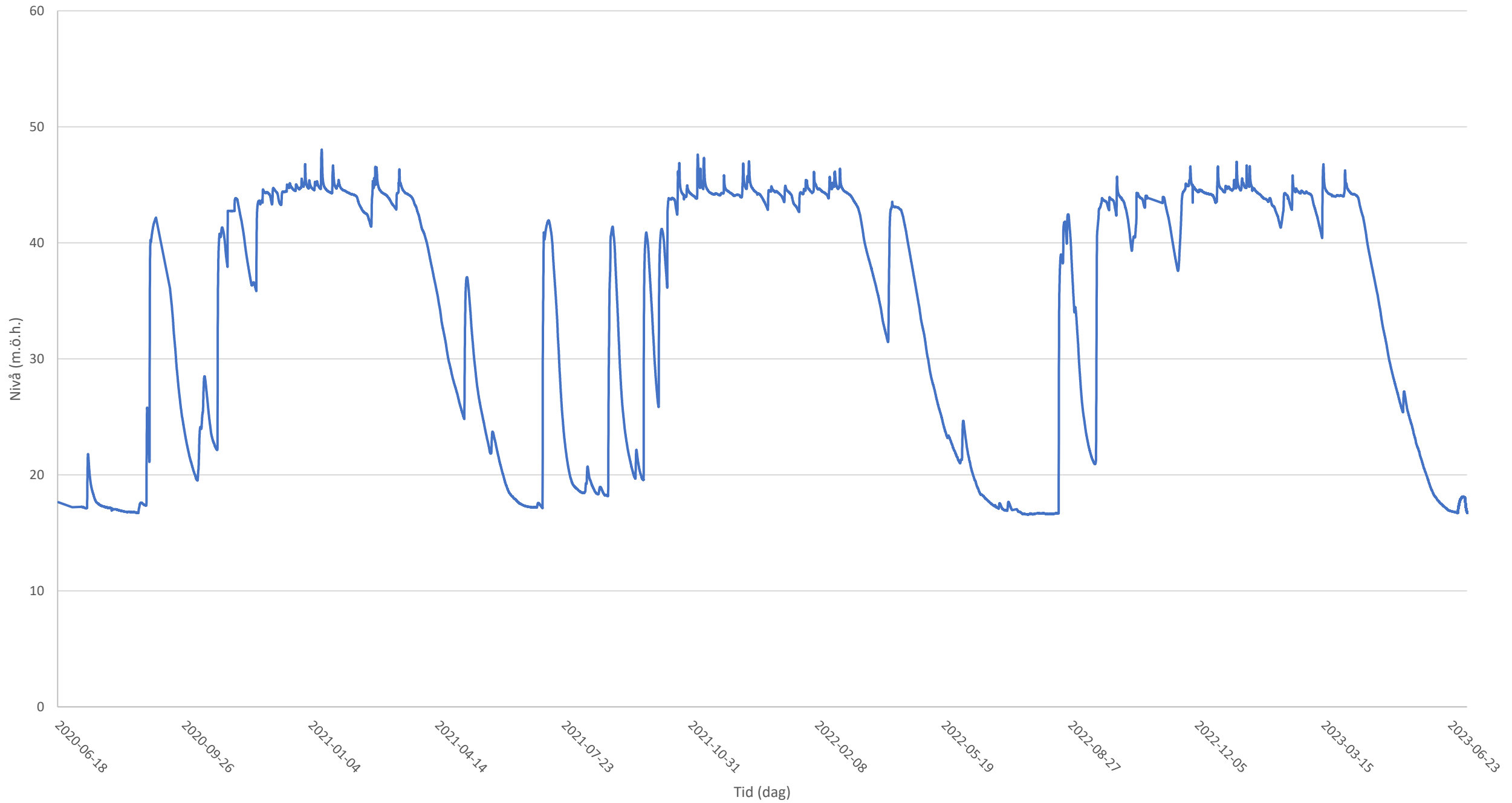
BH1801B



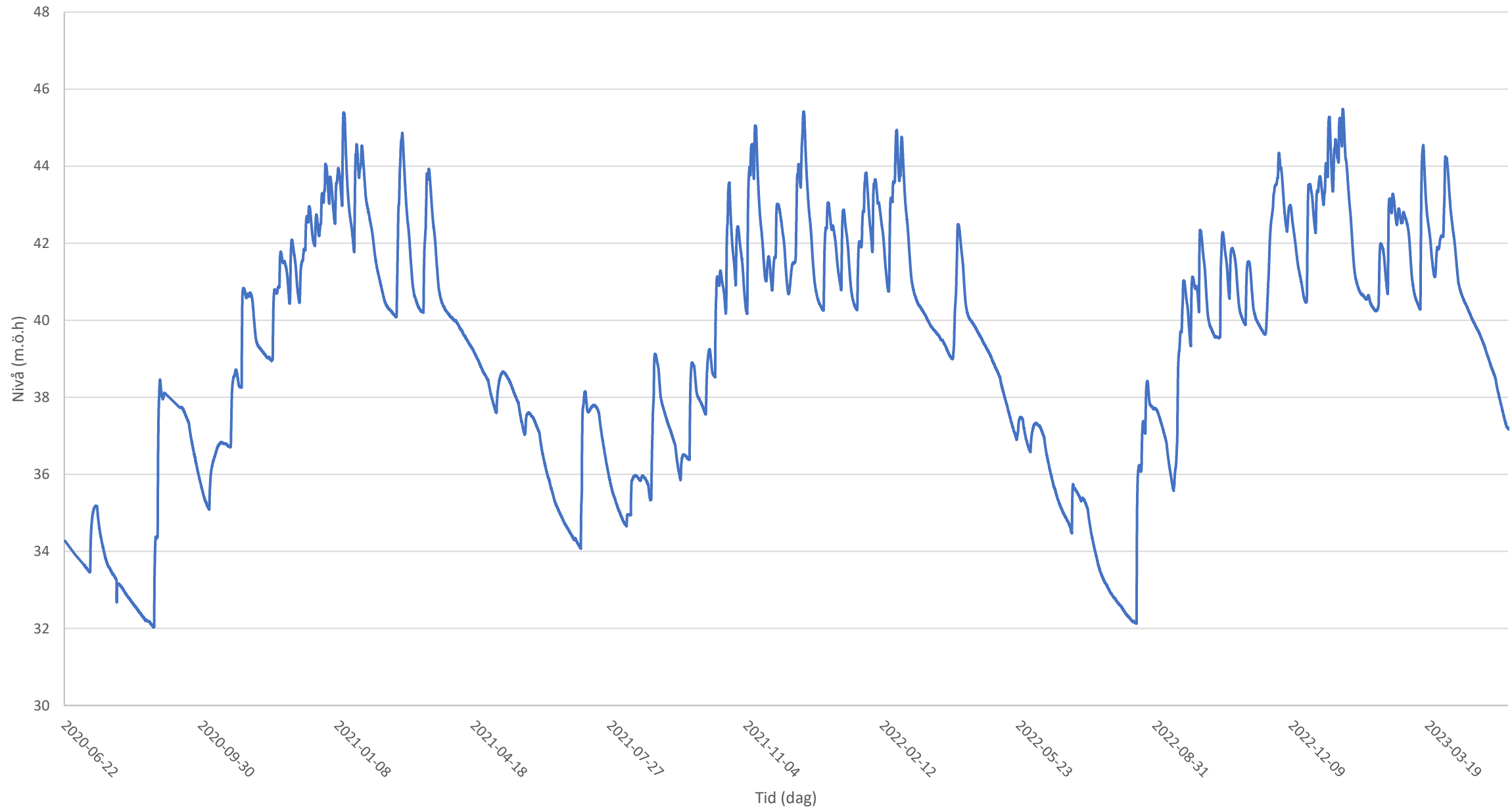
BH1802B



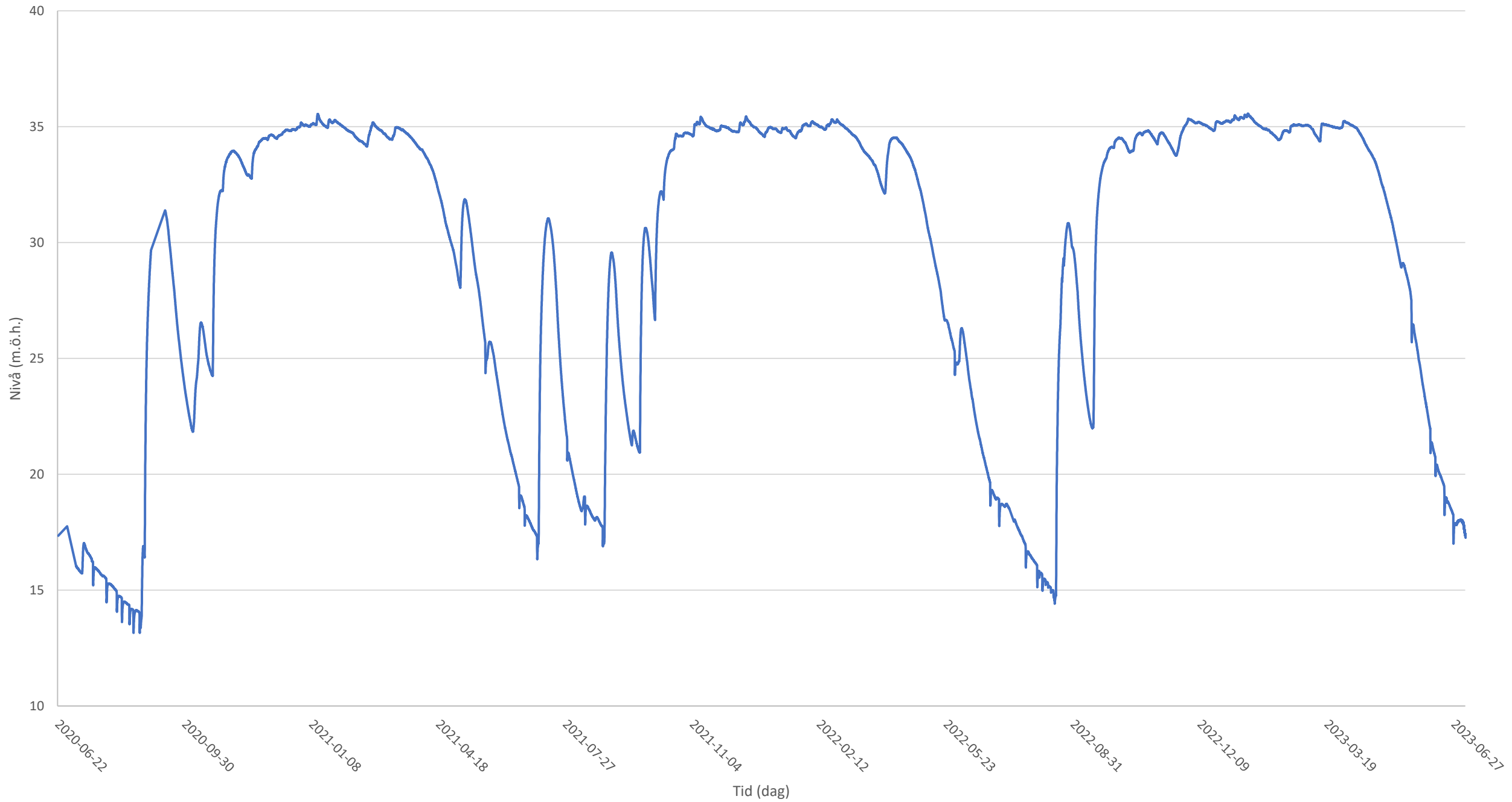
BH2001



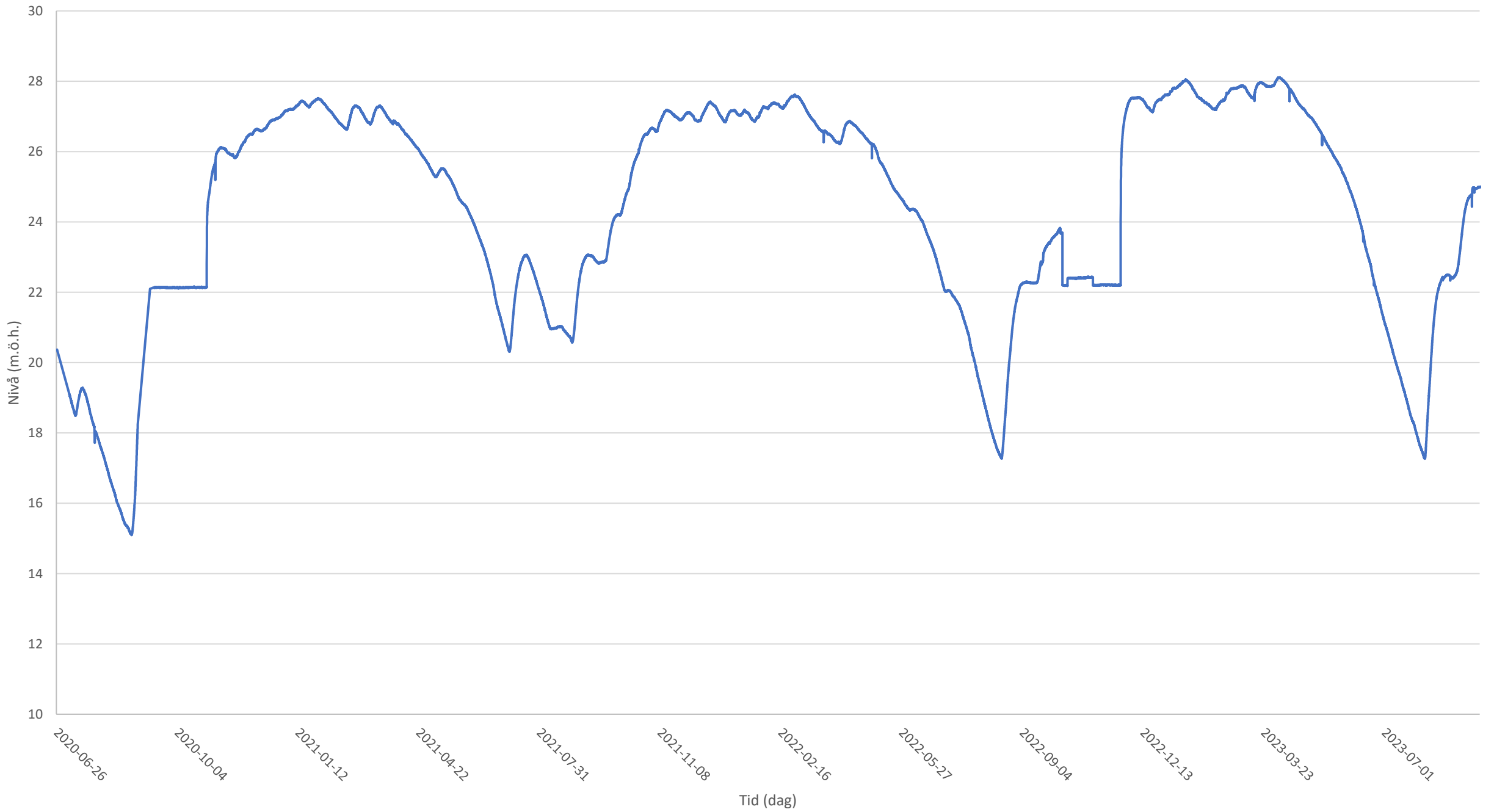
BH2002



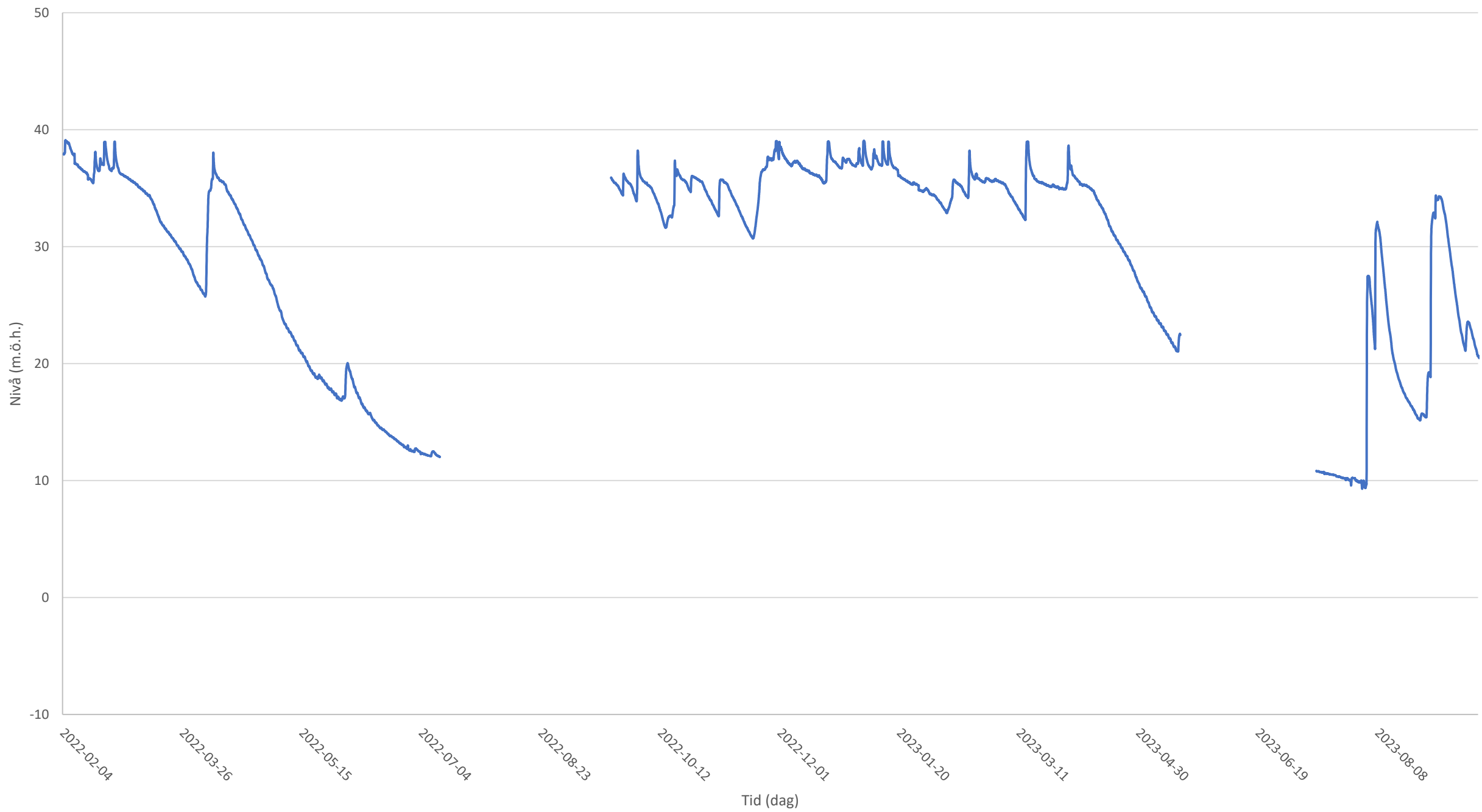
BH2003



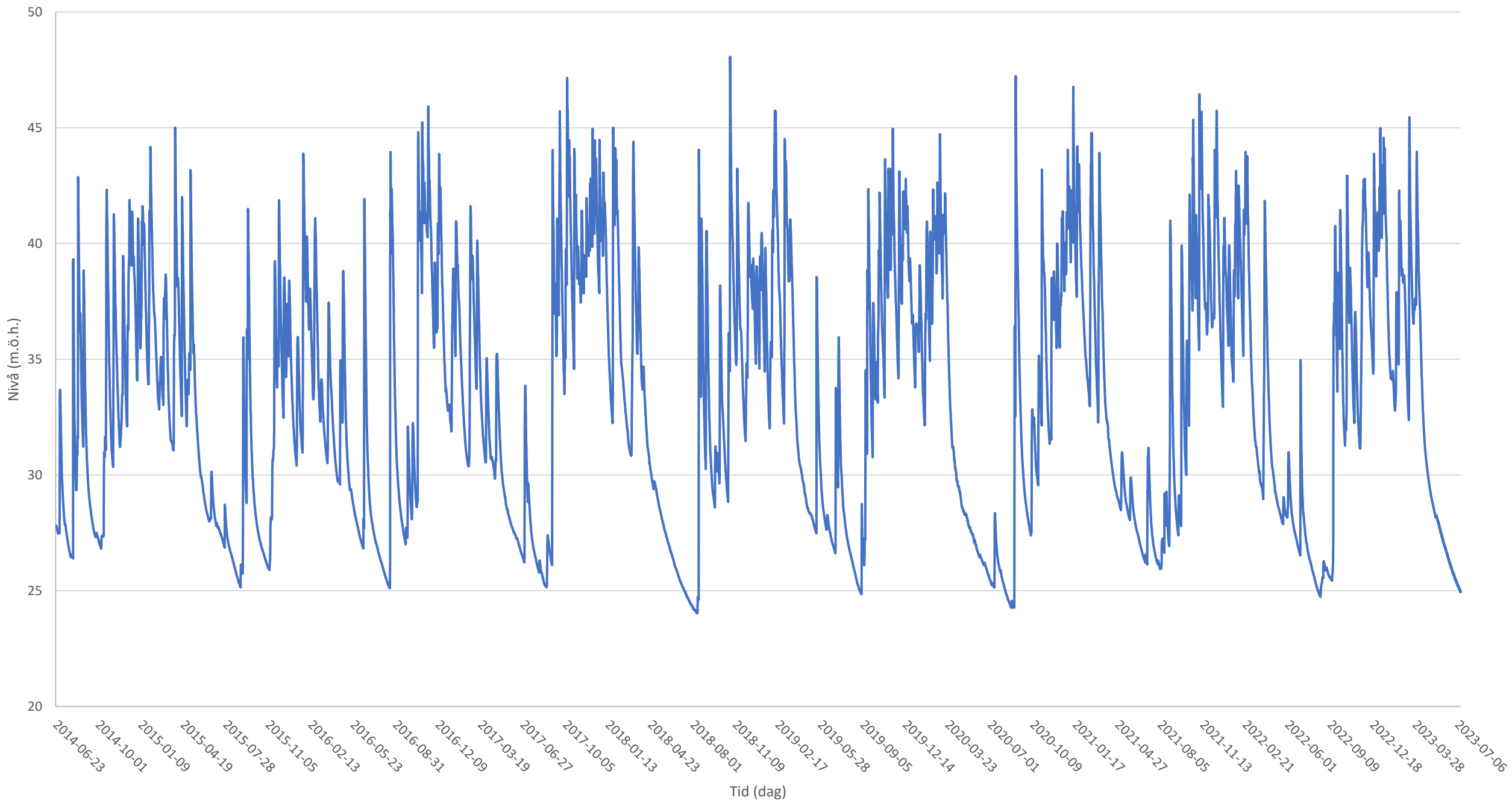
BH2004



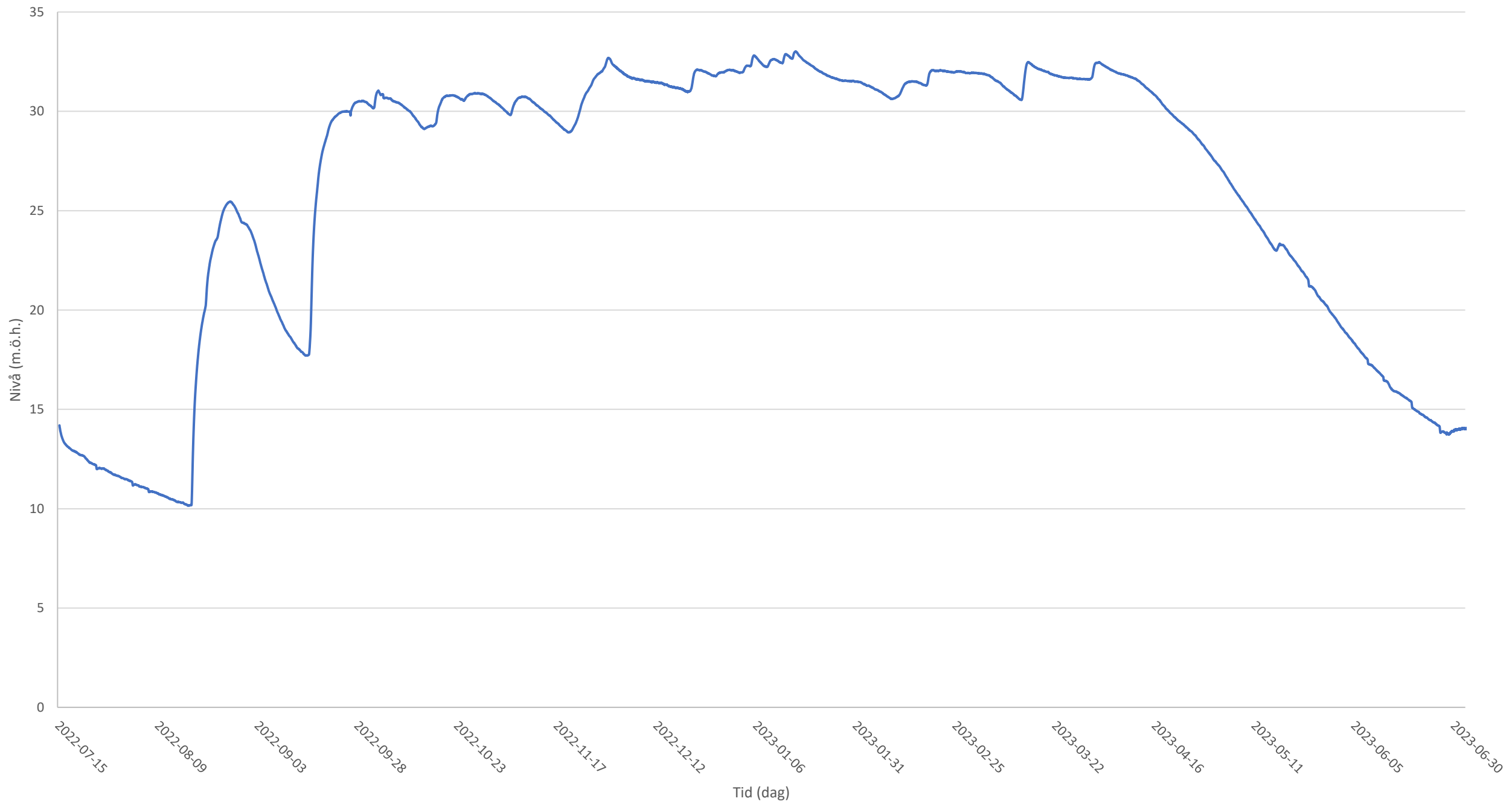
BH2005



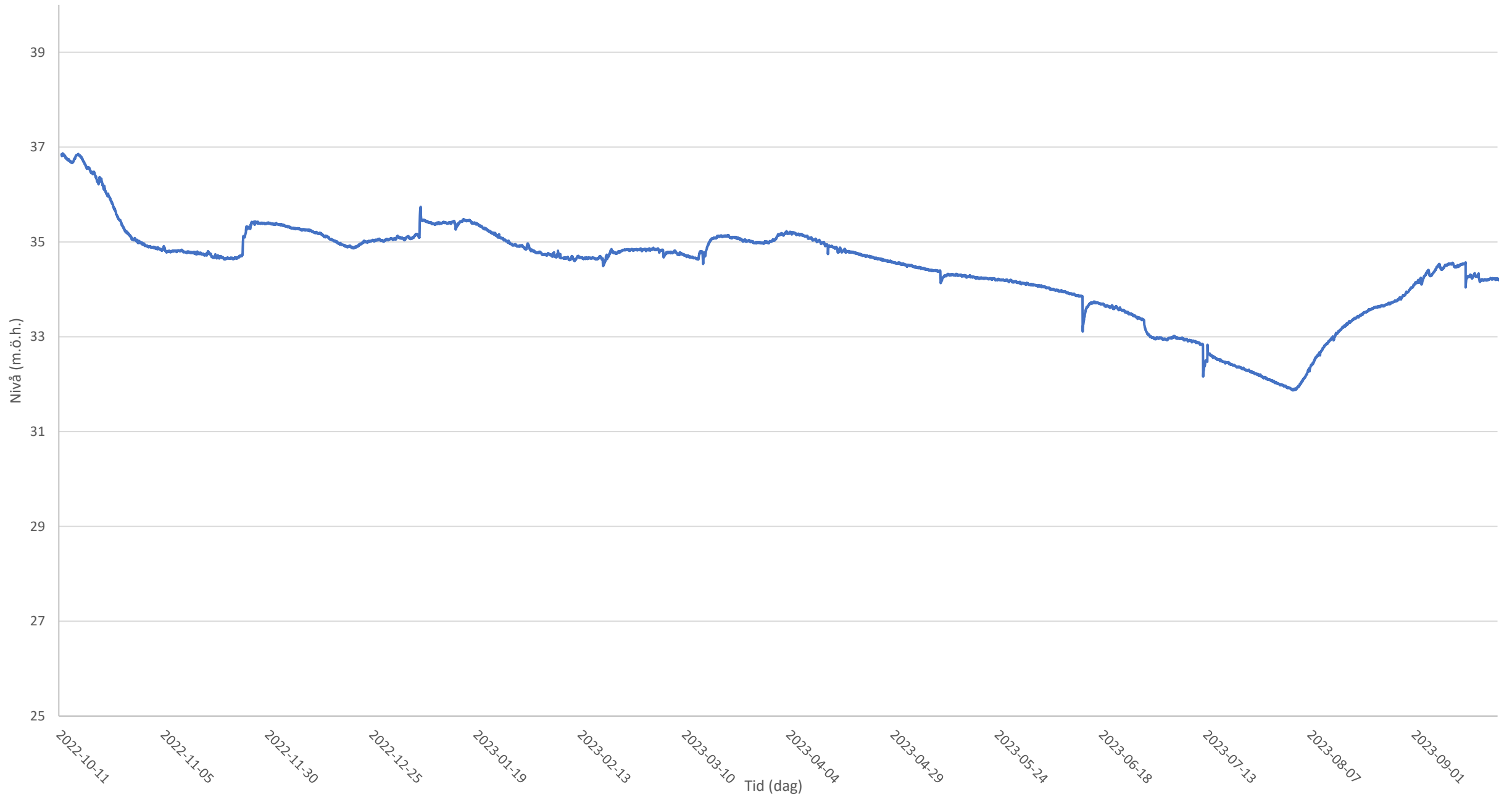
Slite 9



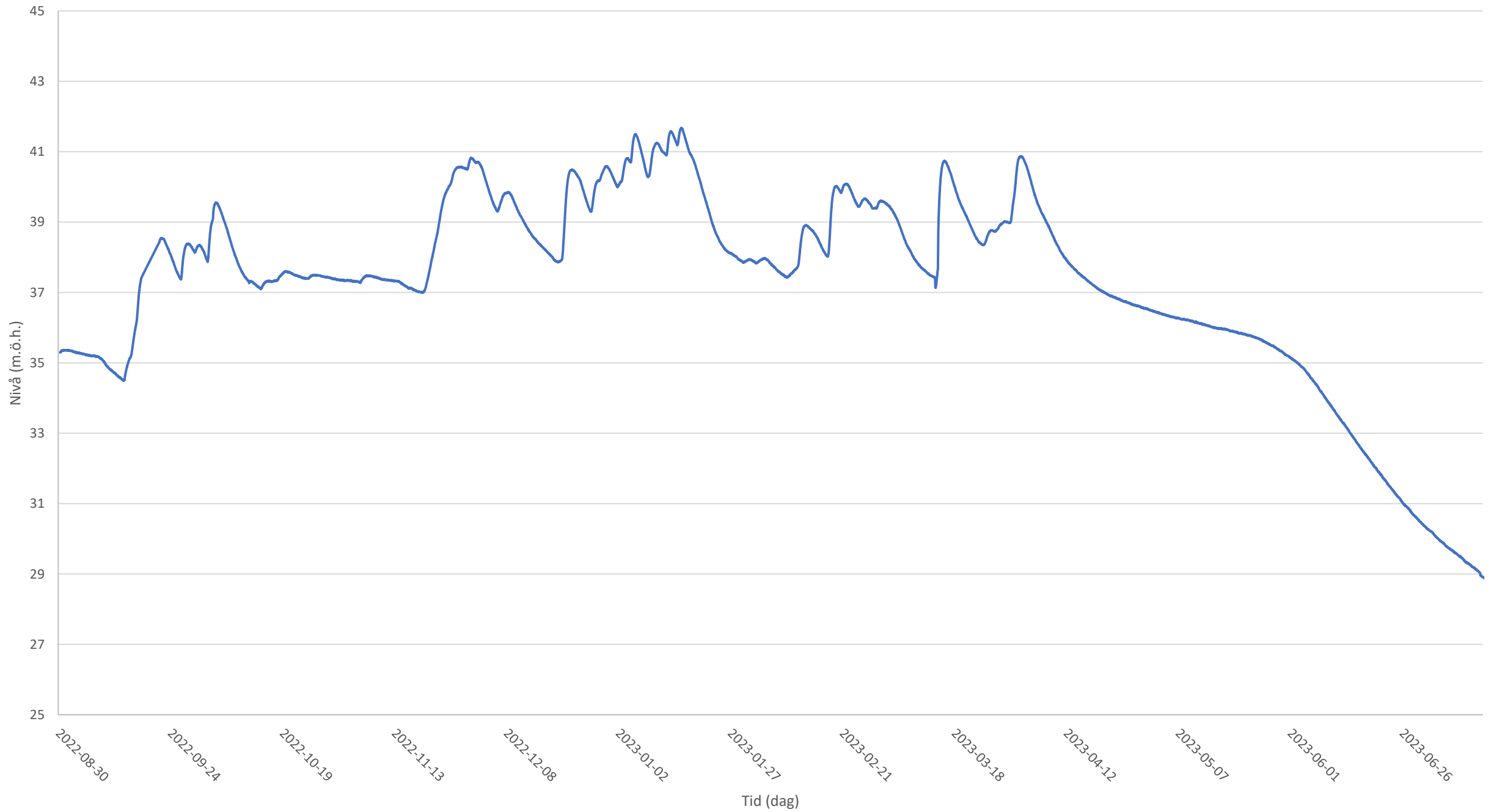
BH2213



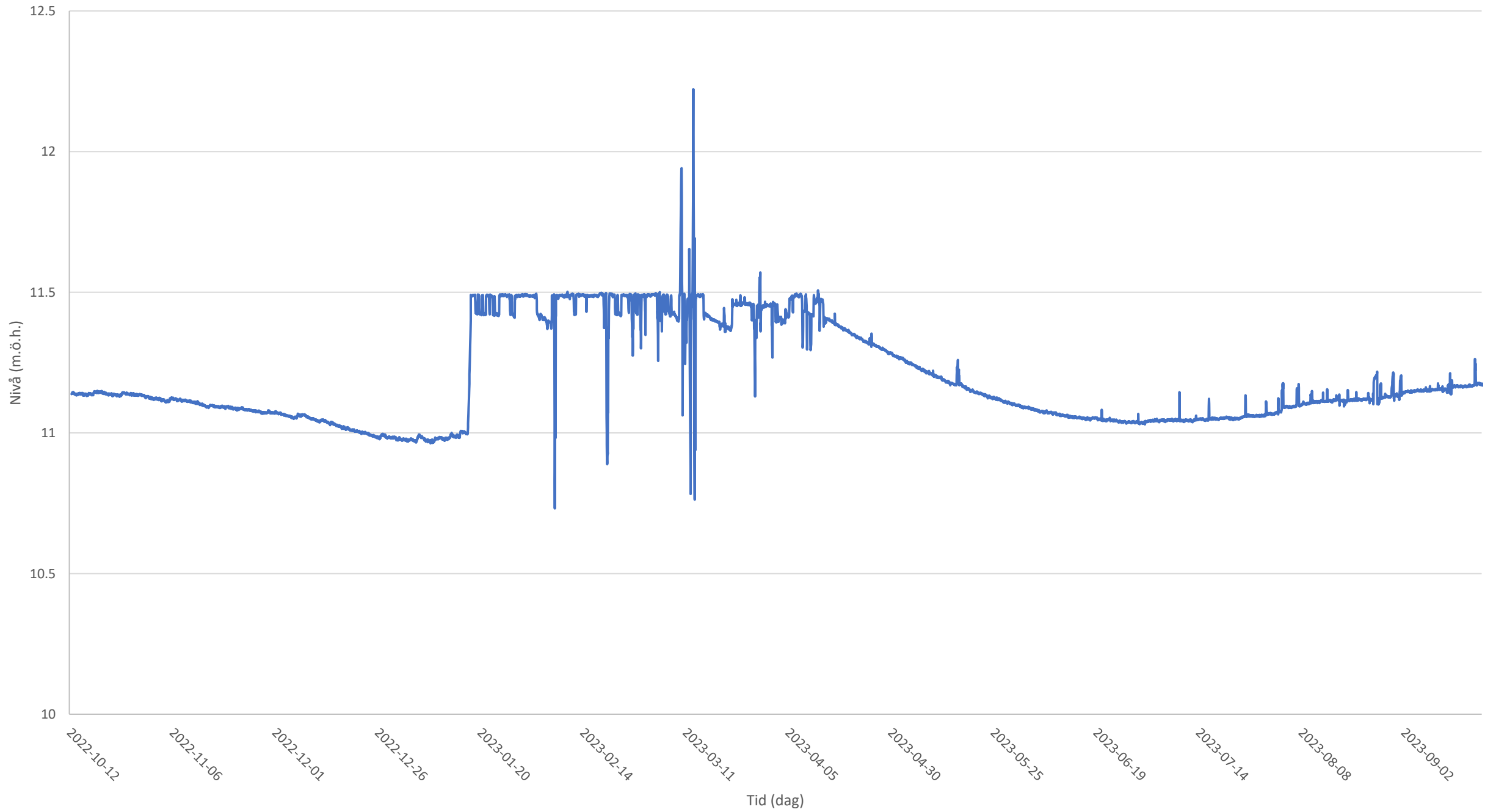
BH2206ÖM



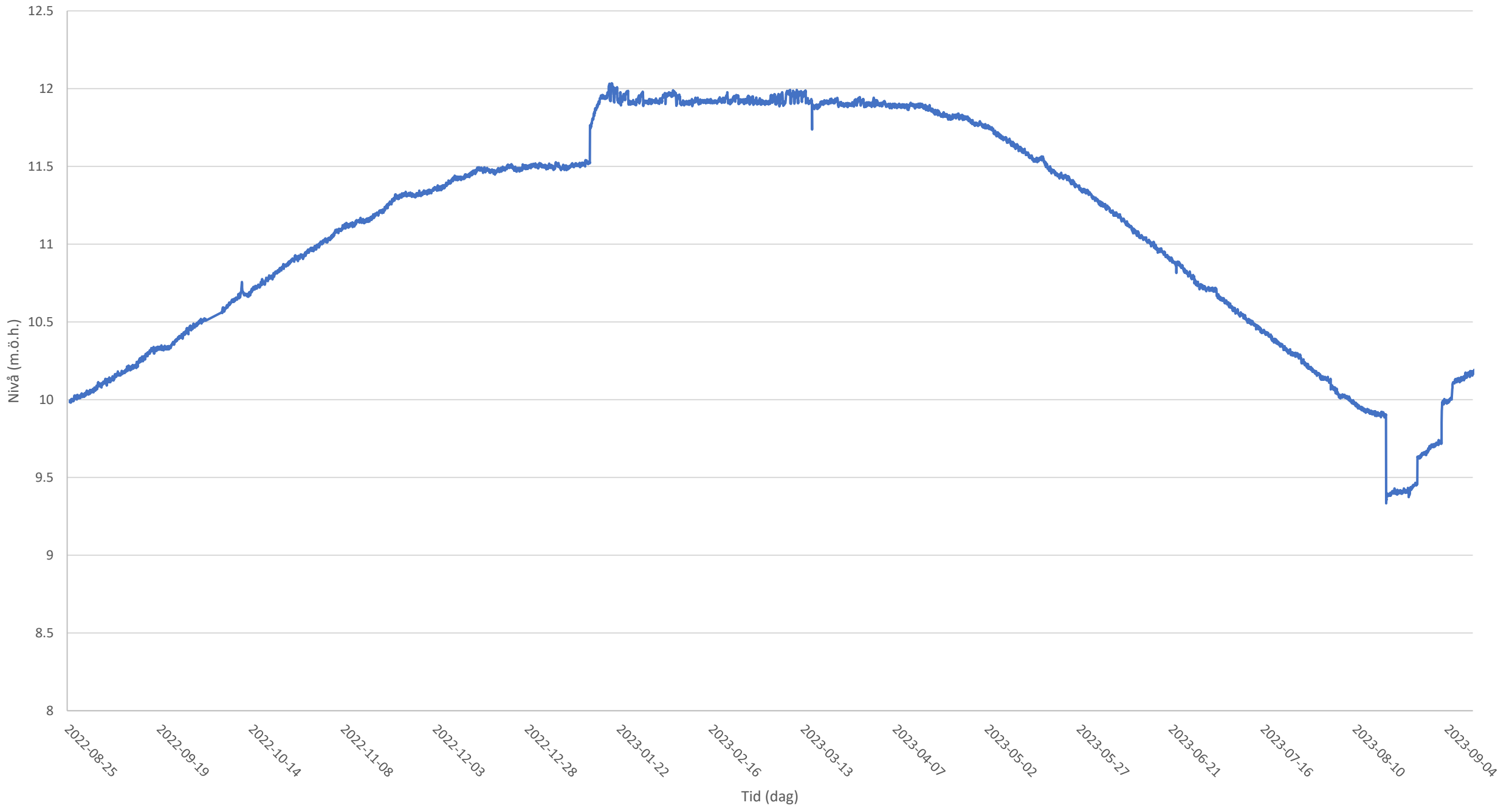
BH2206UM



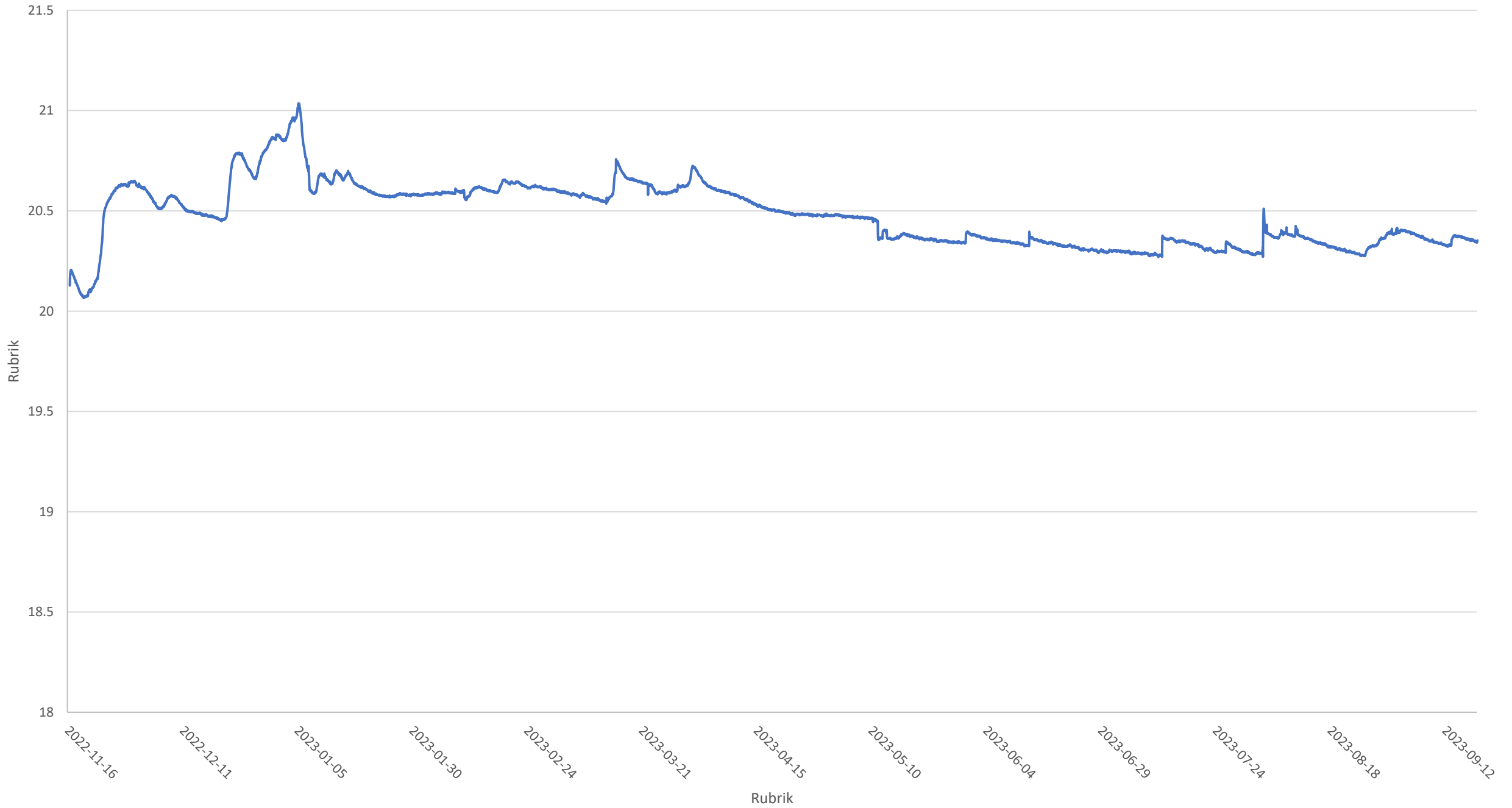
BH2207ÖM



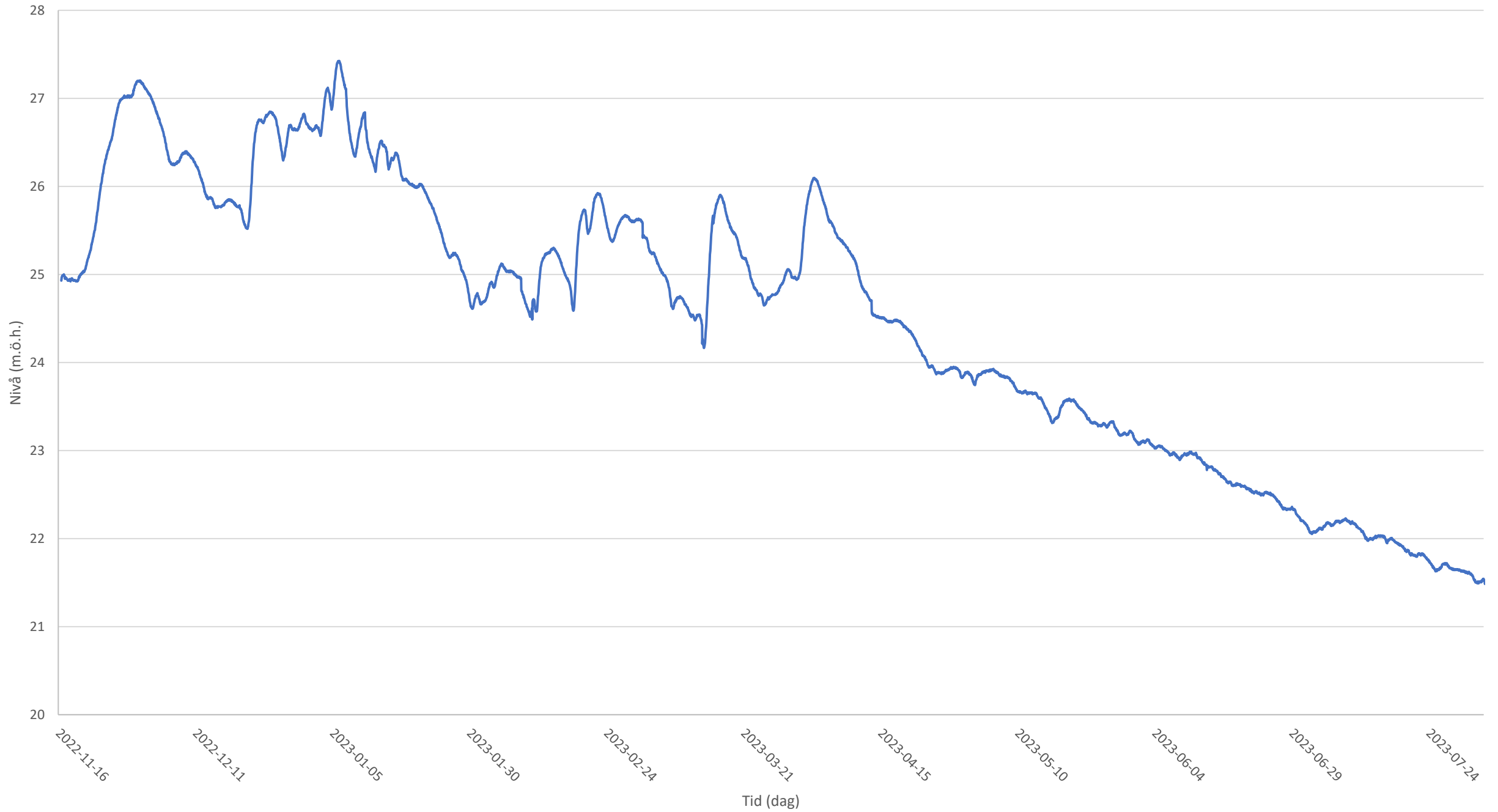
BH2207UM



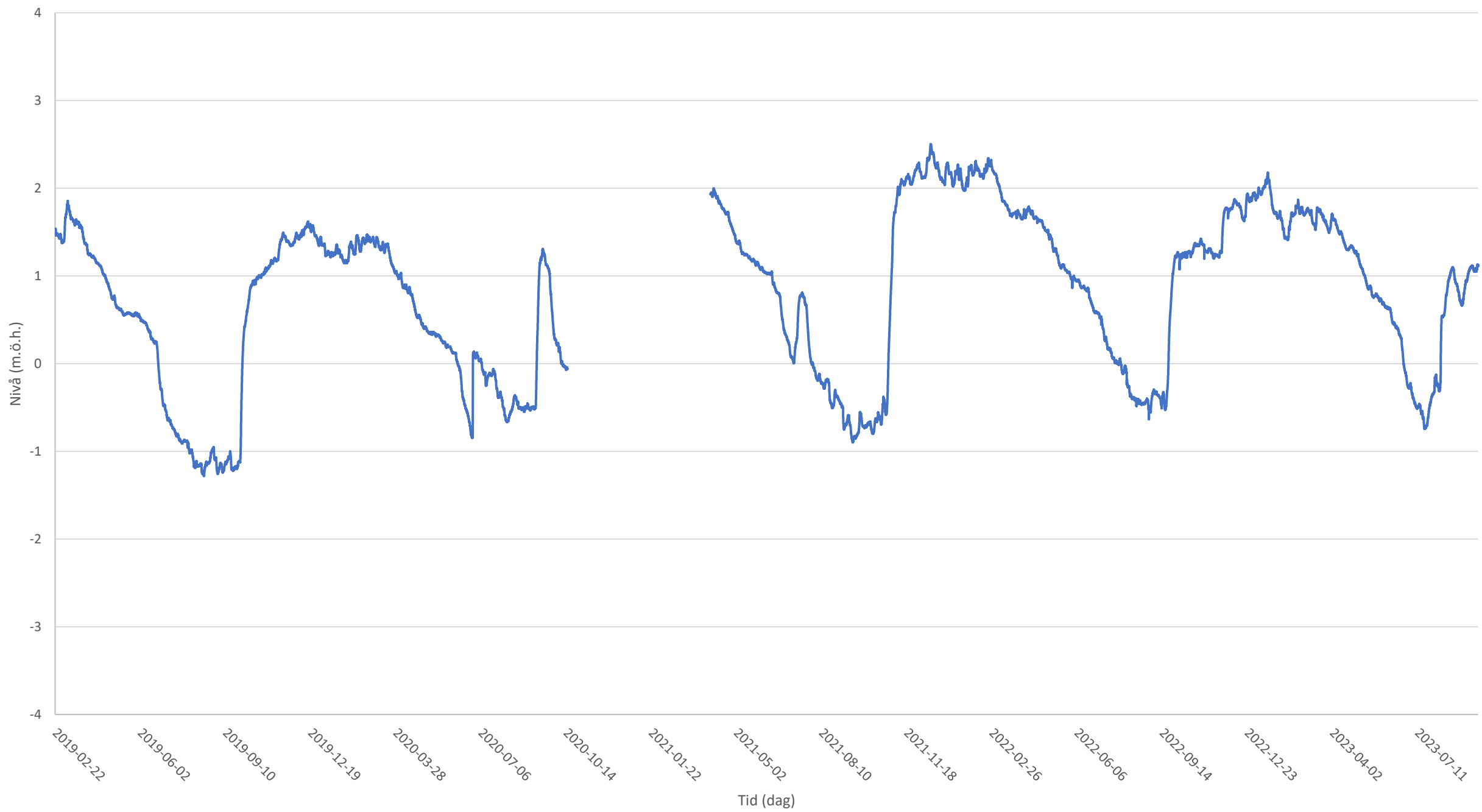
BH2208ÖM



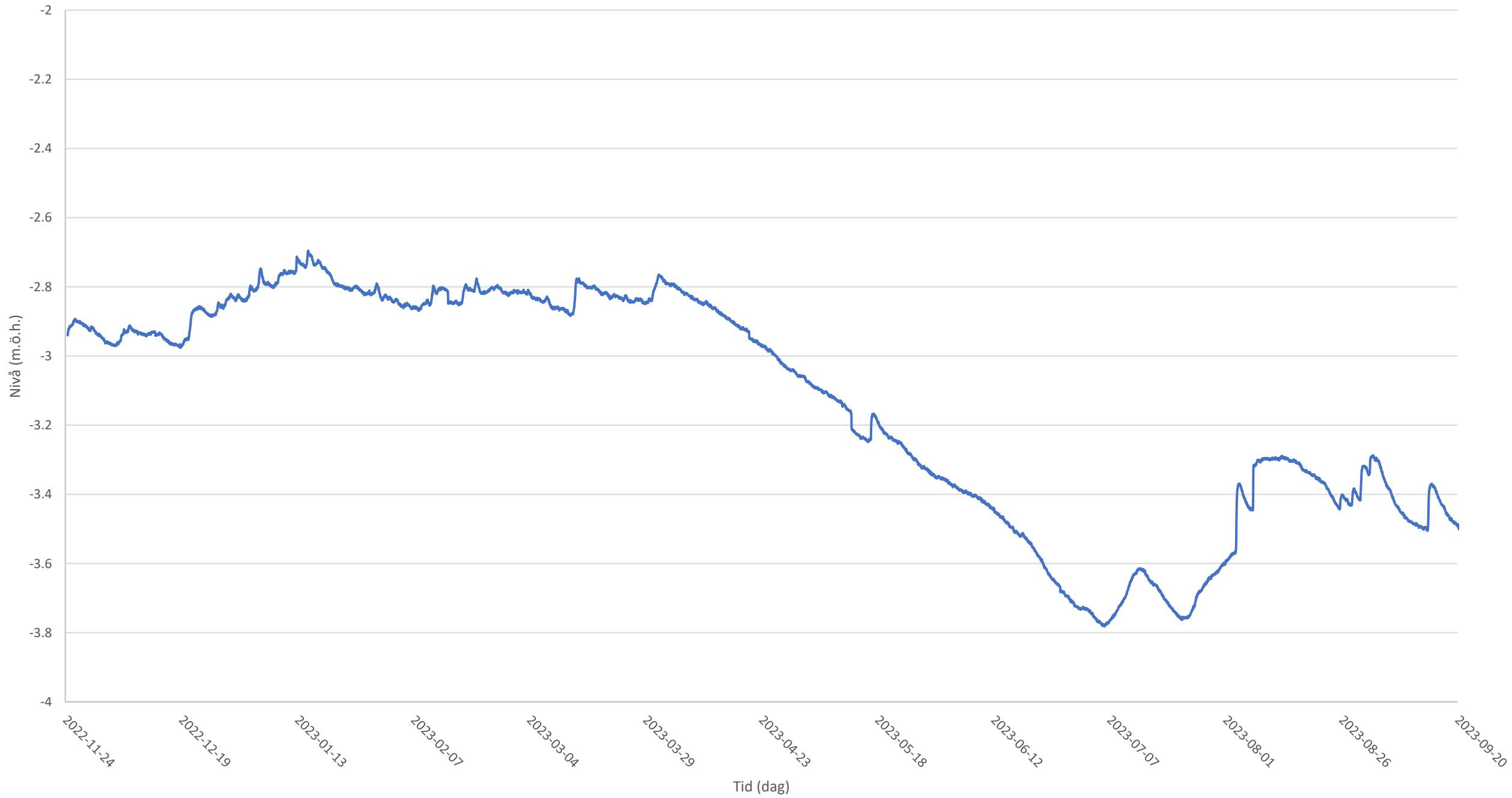
BH2208UM



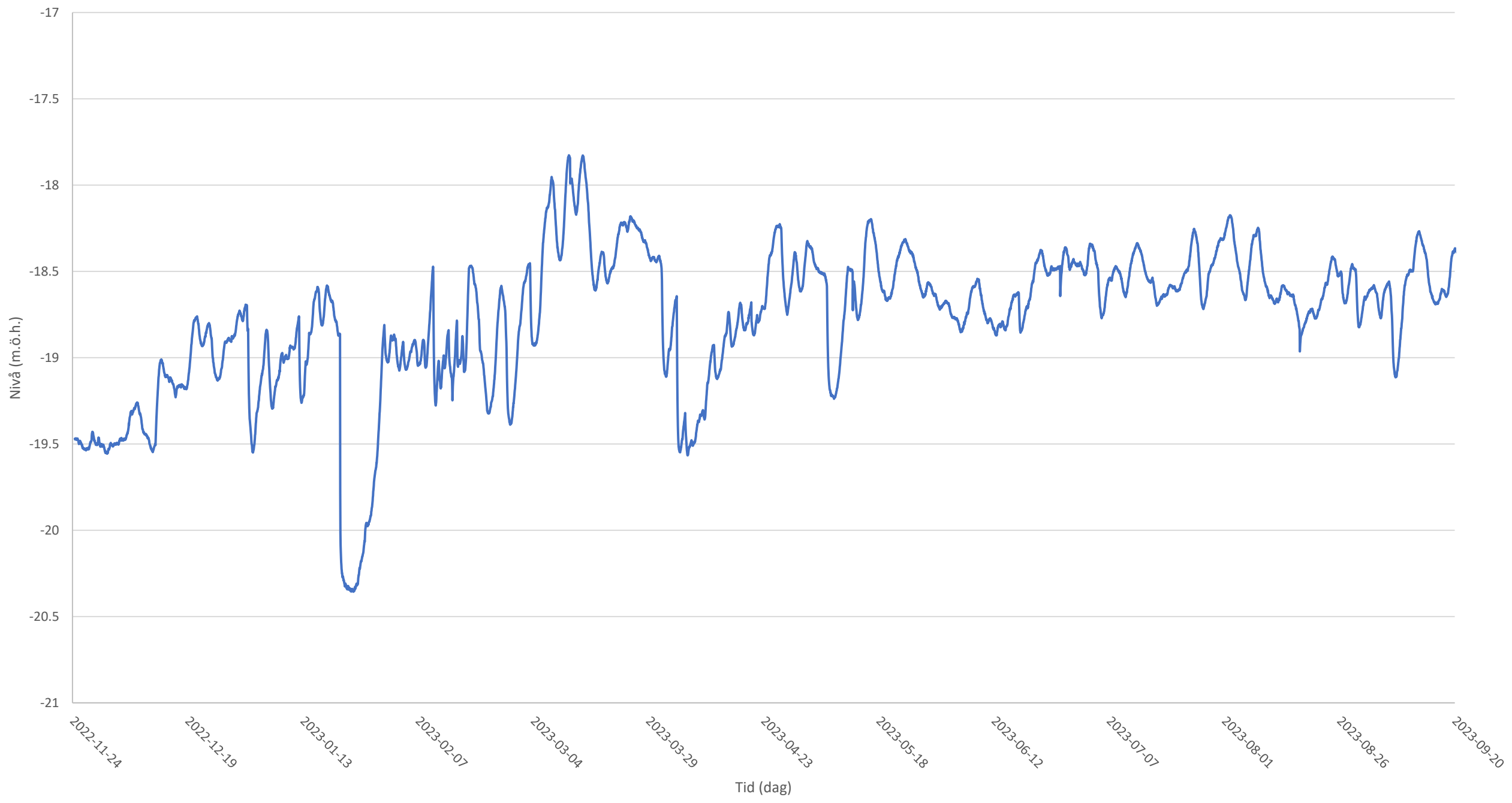
BH1804B



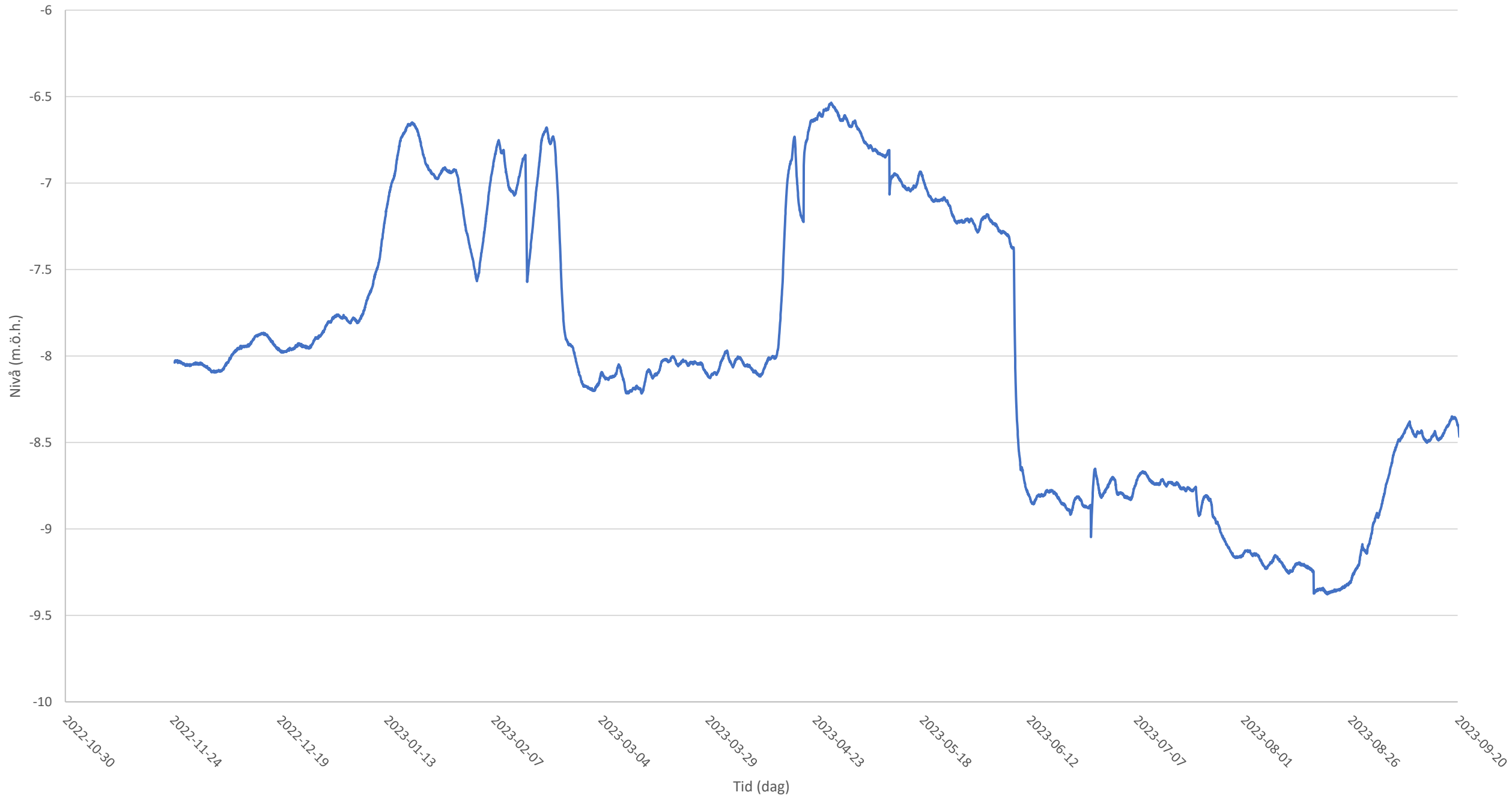
BH1107



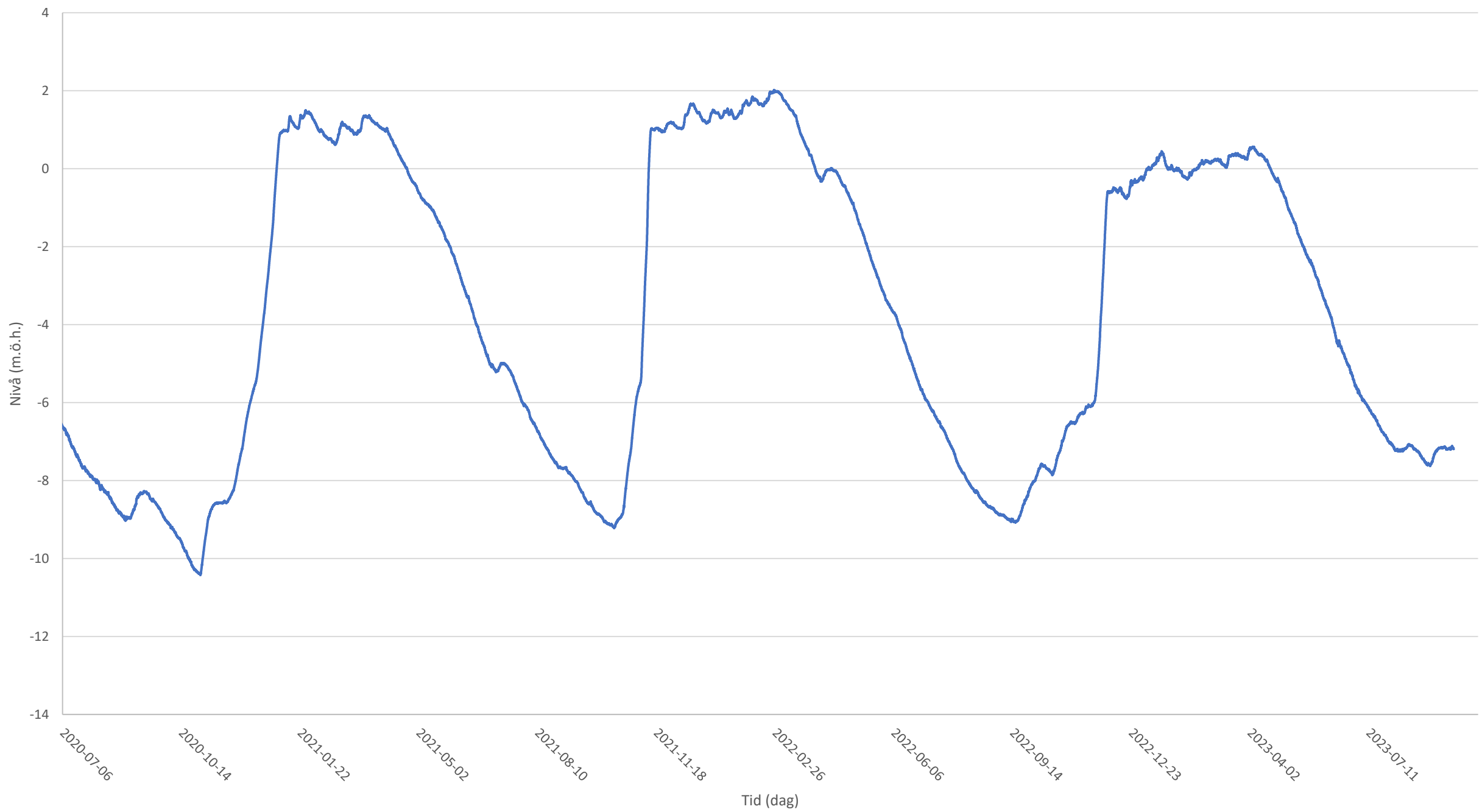
BH1108



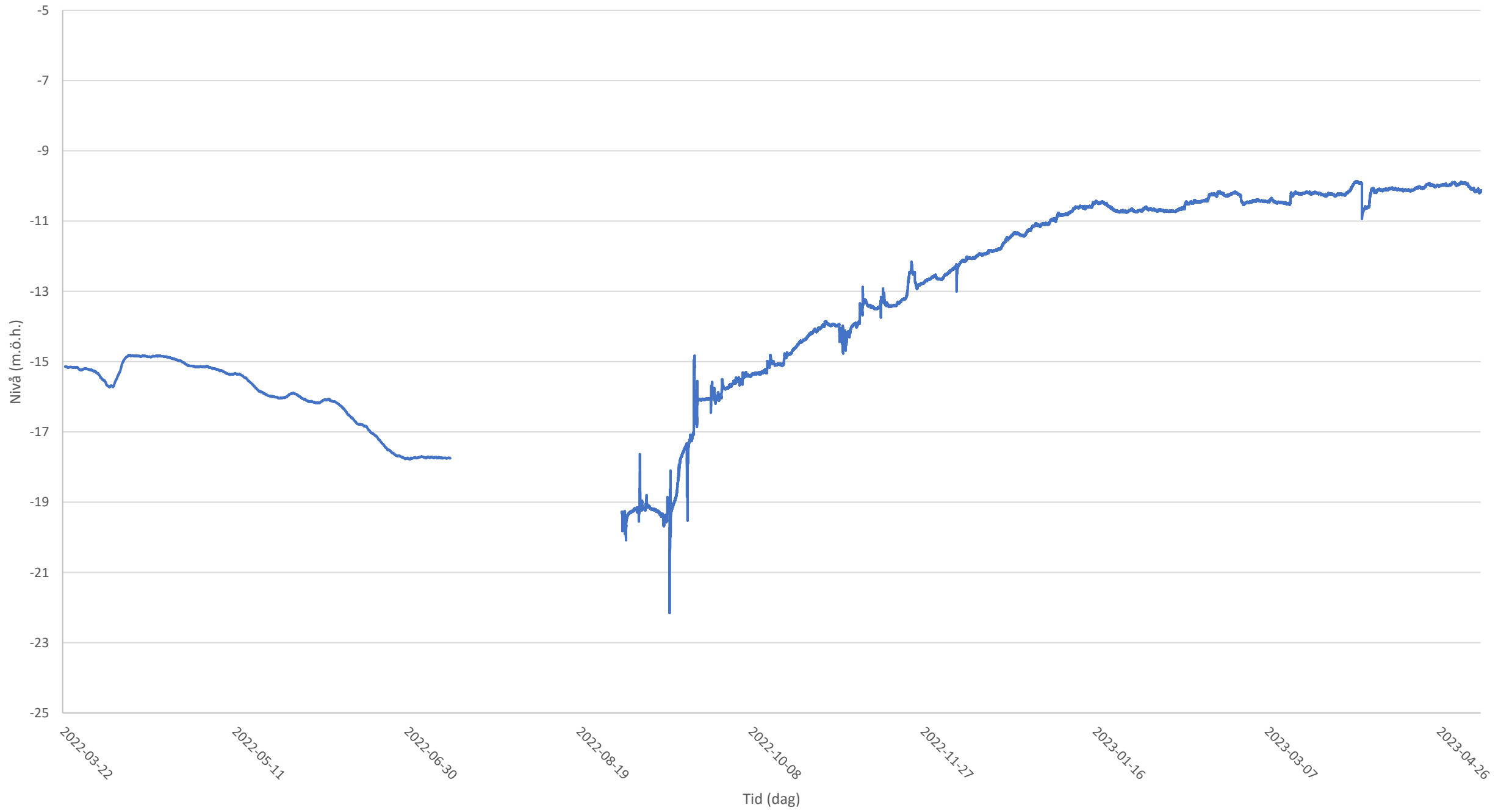
BH1109



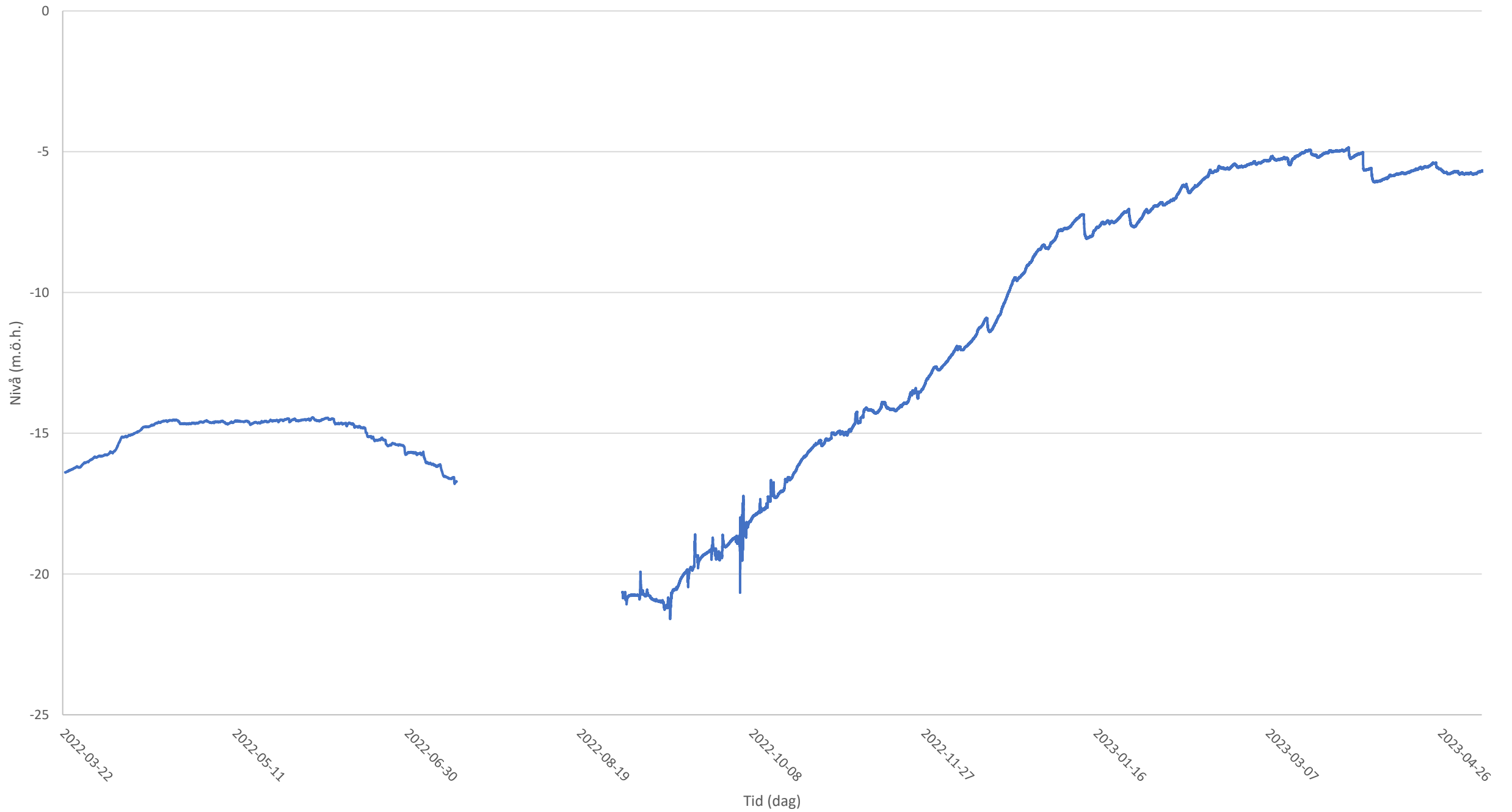
BH2017



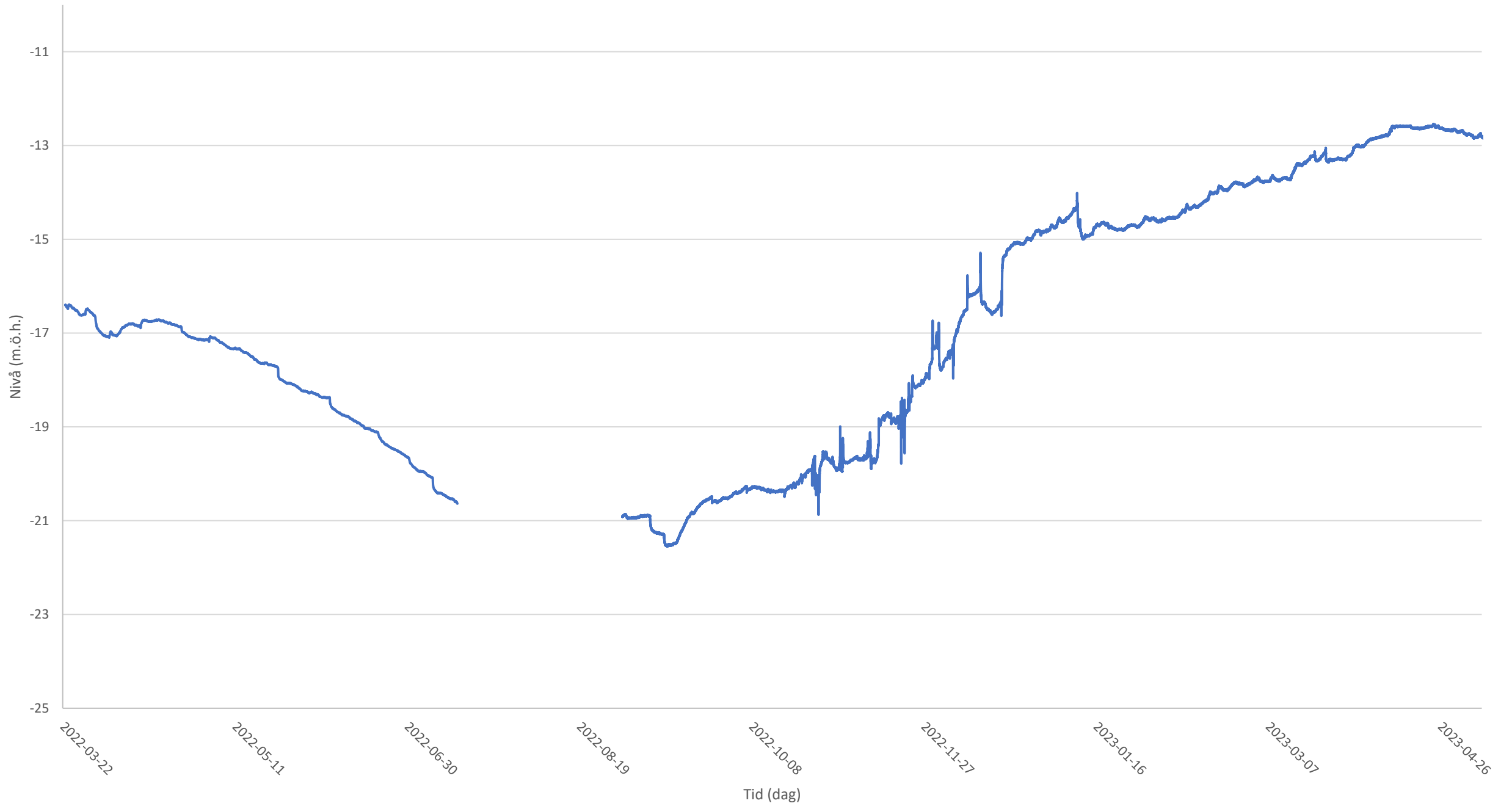
BH2202



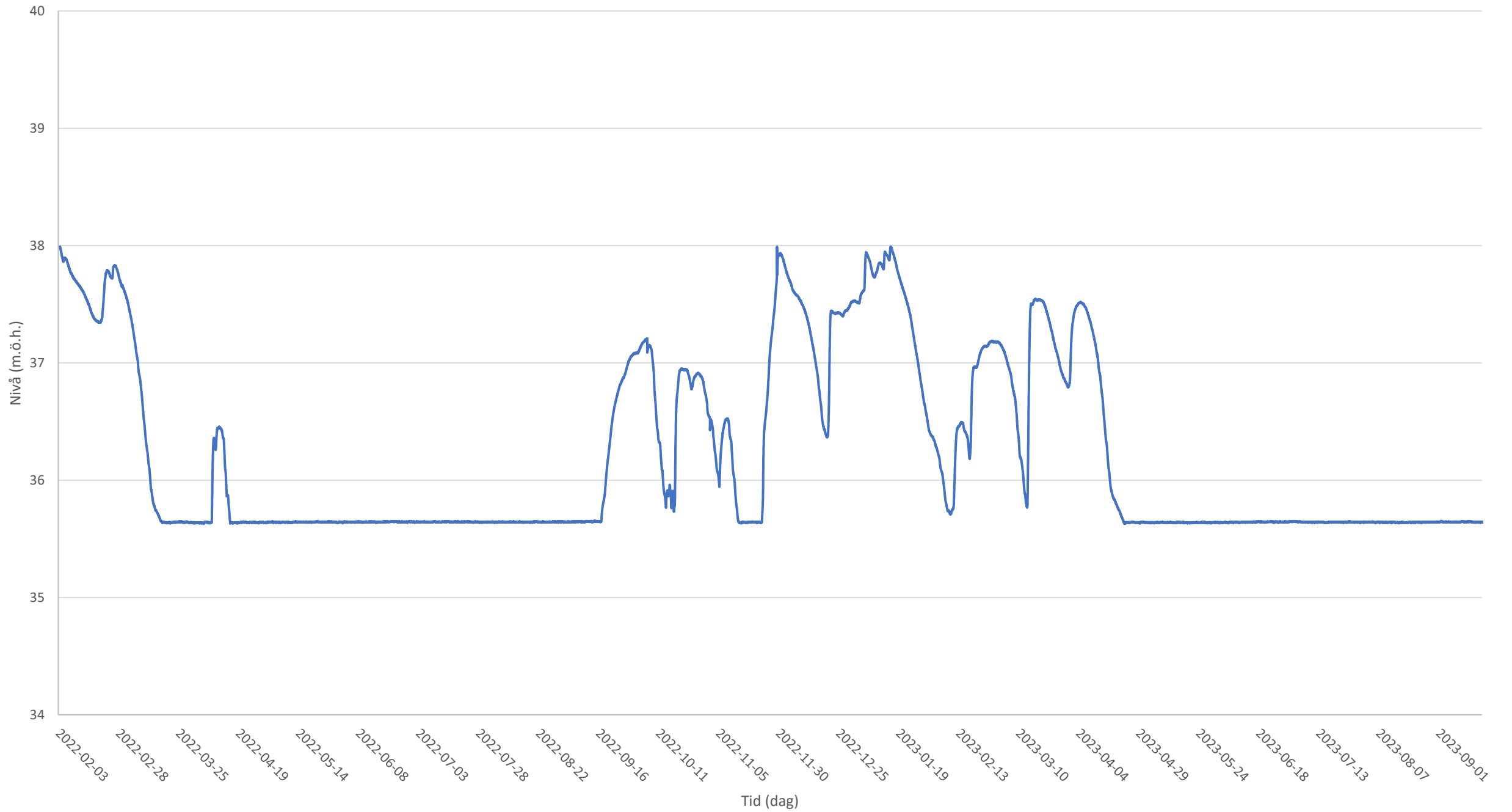
BH2203



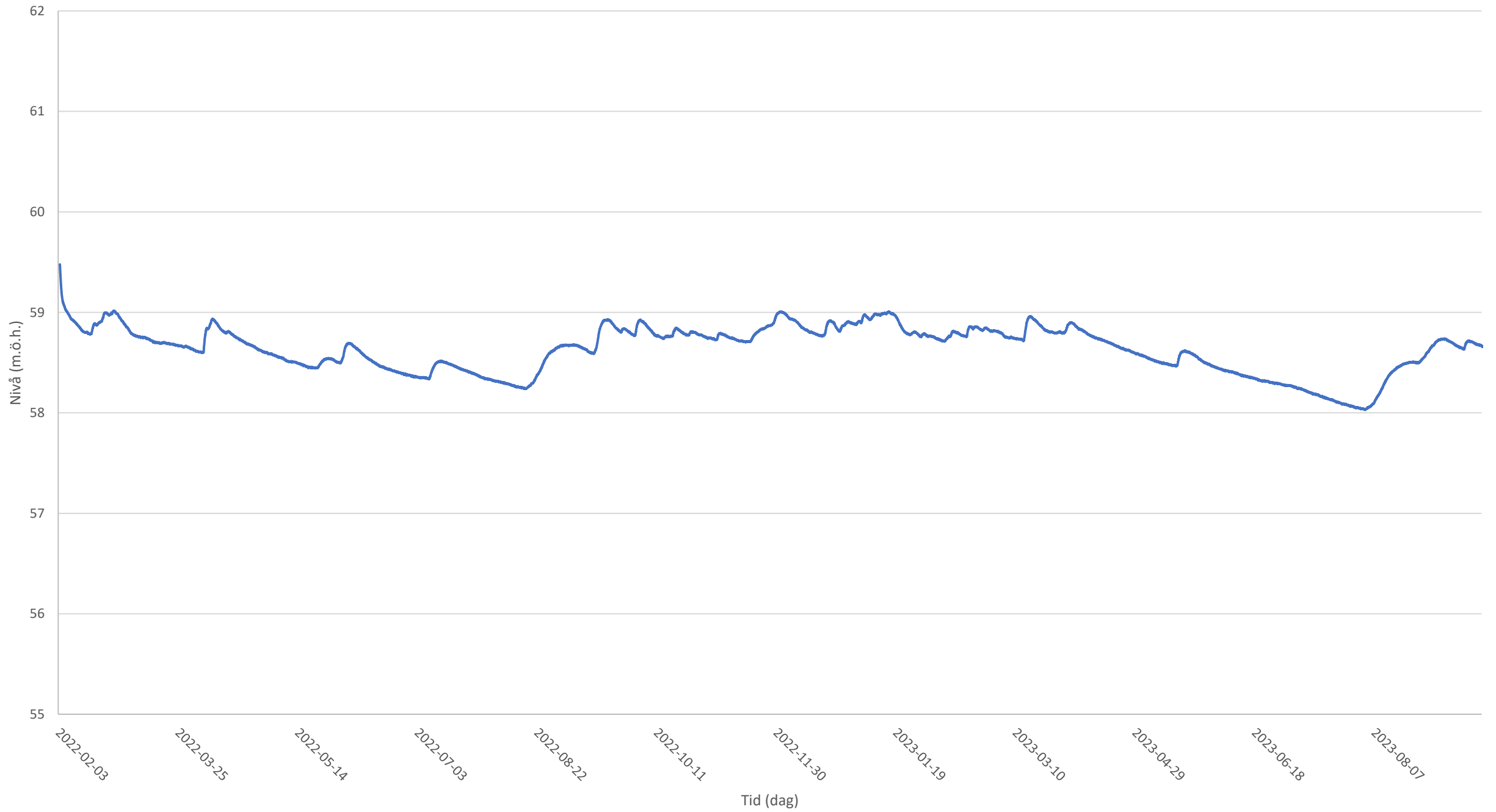
BH2204



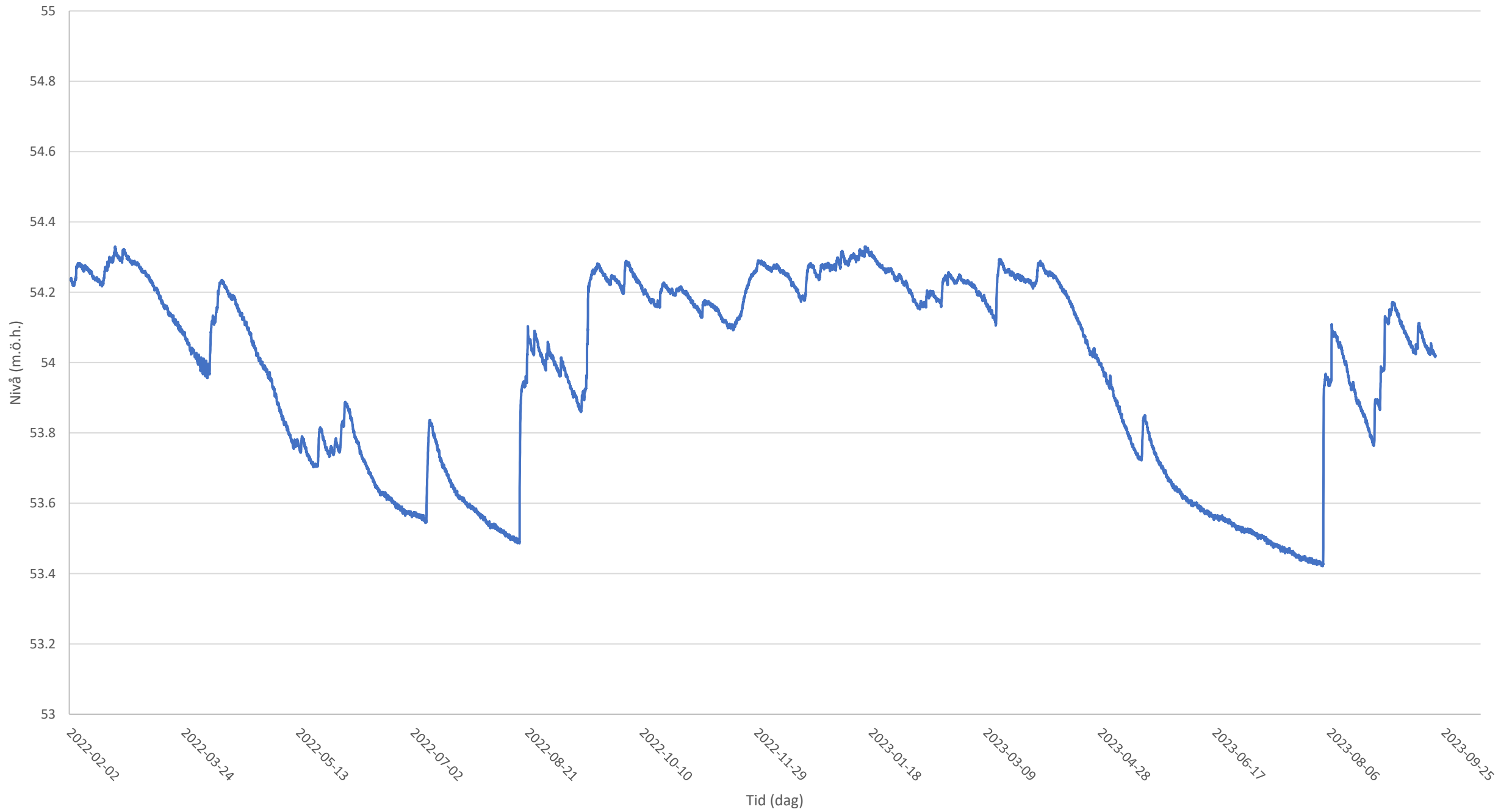
BH2005YB



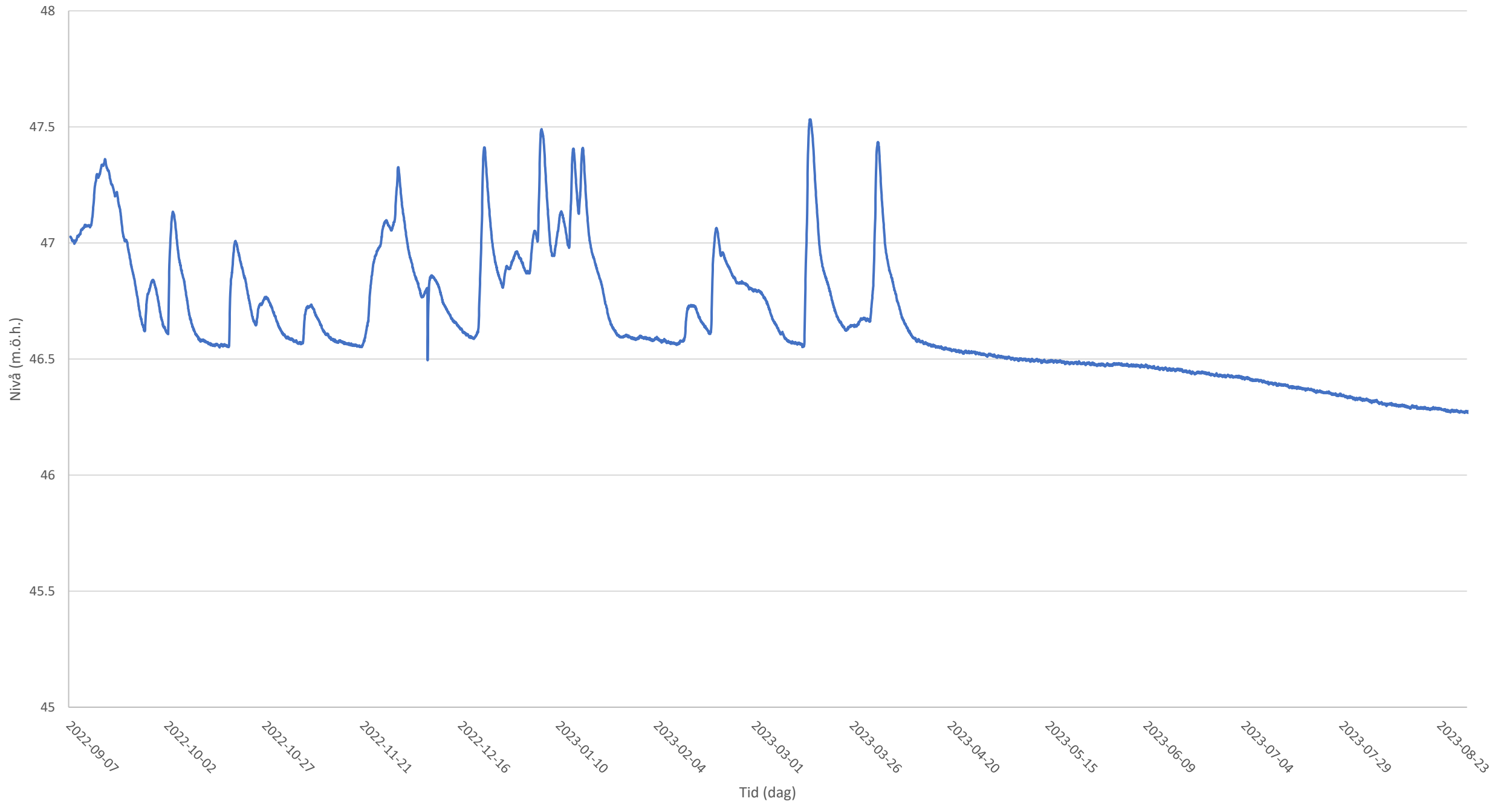
BH2103YB



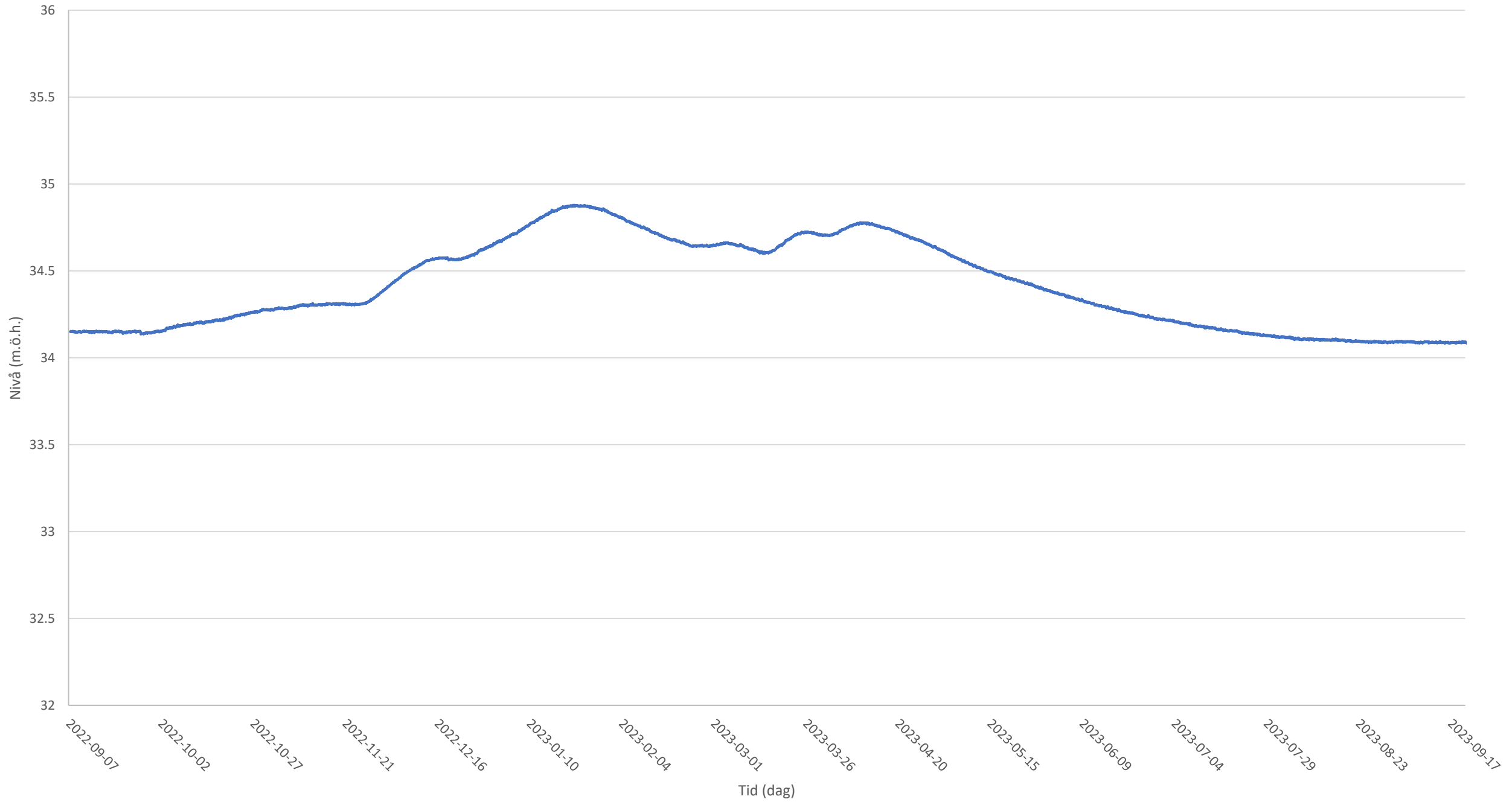
BH2104YB



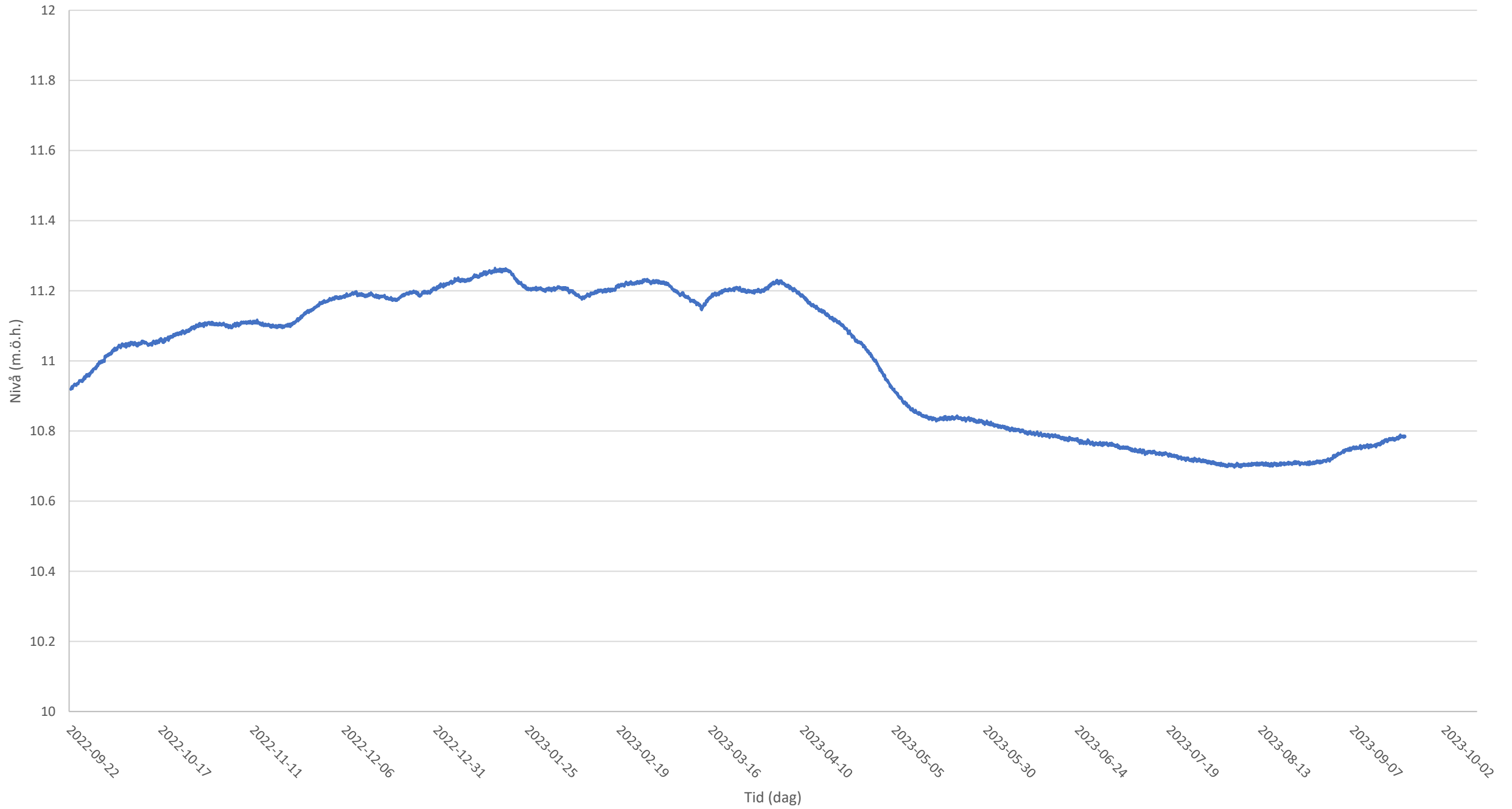
BH2205YB



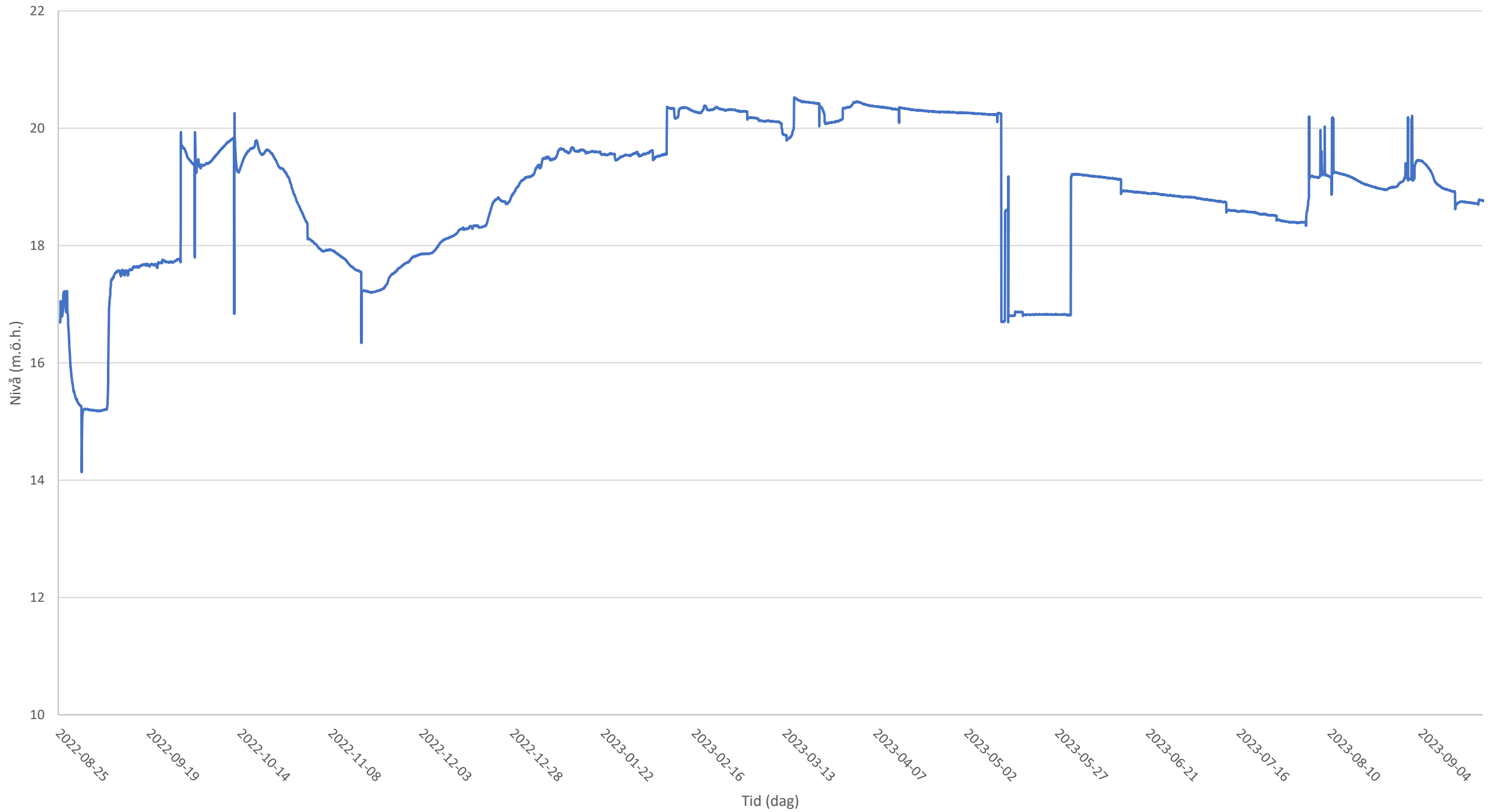
BH2206YB



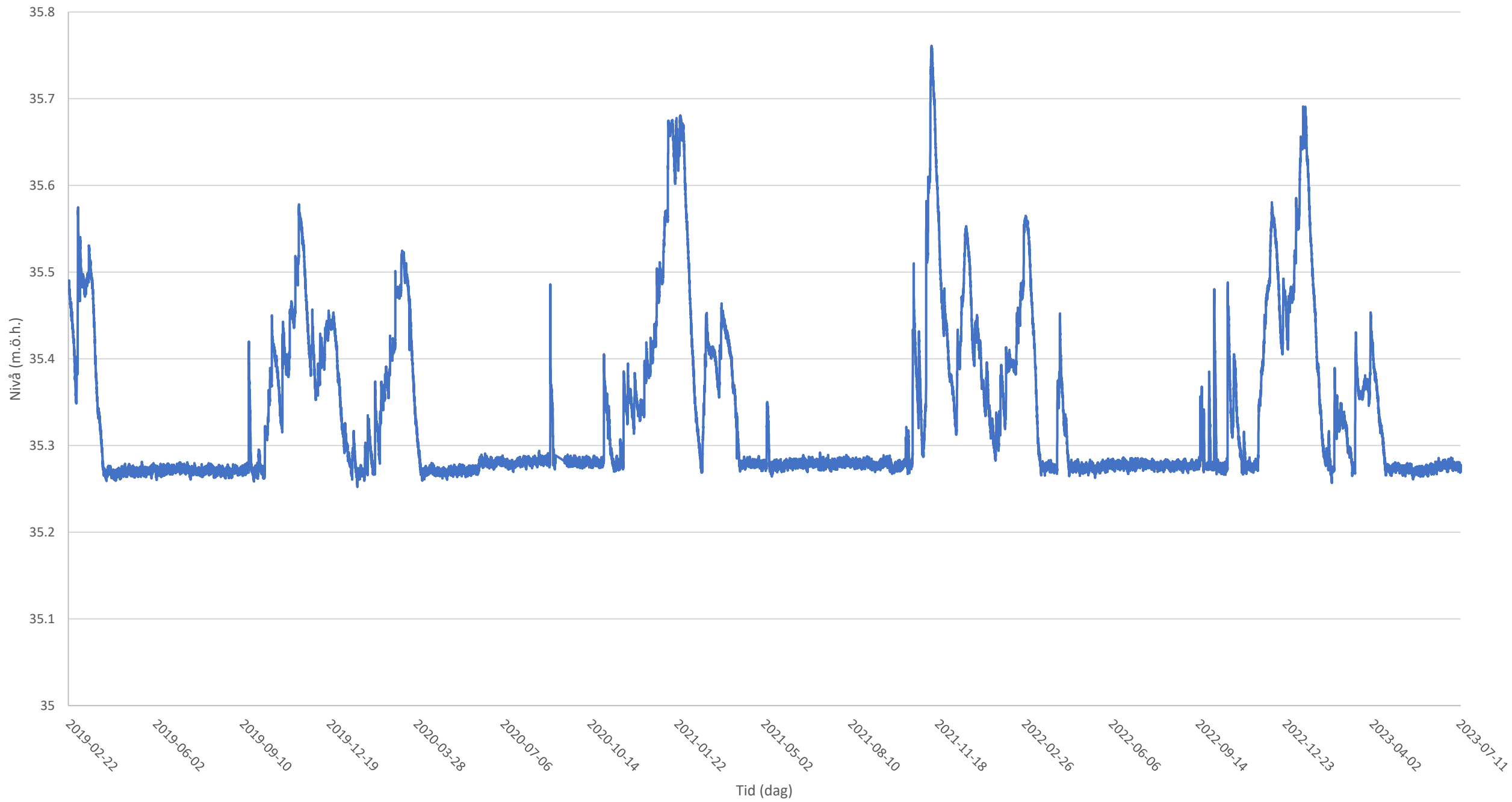
BH2207YB



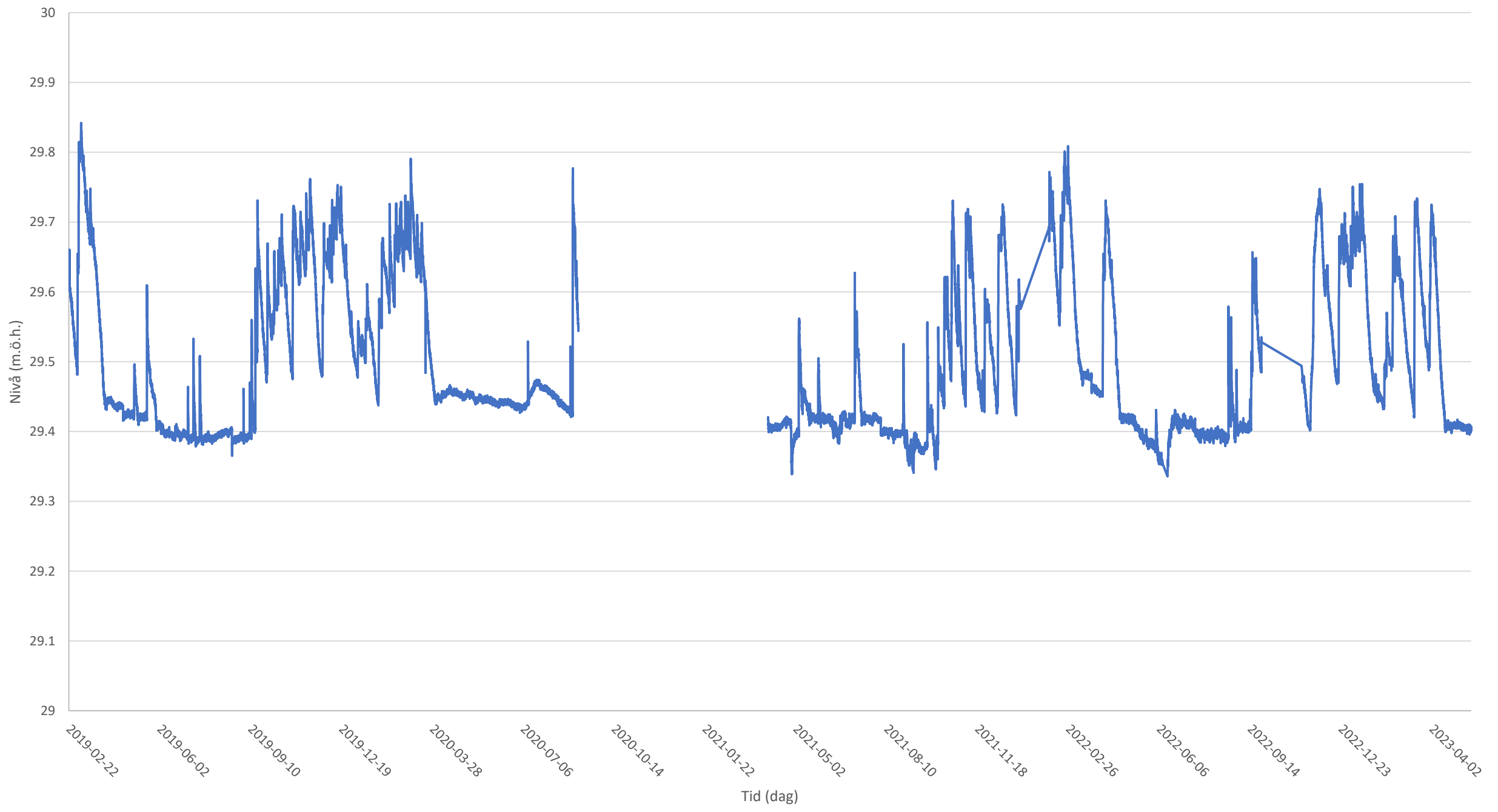
BH2208YB



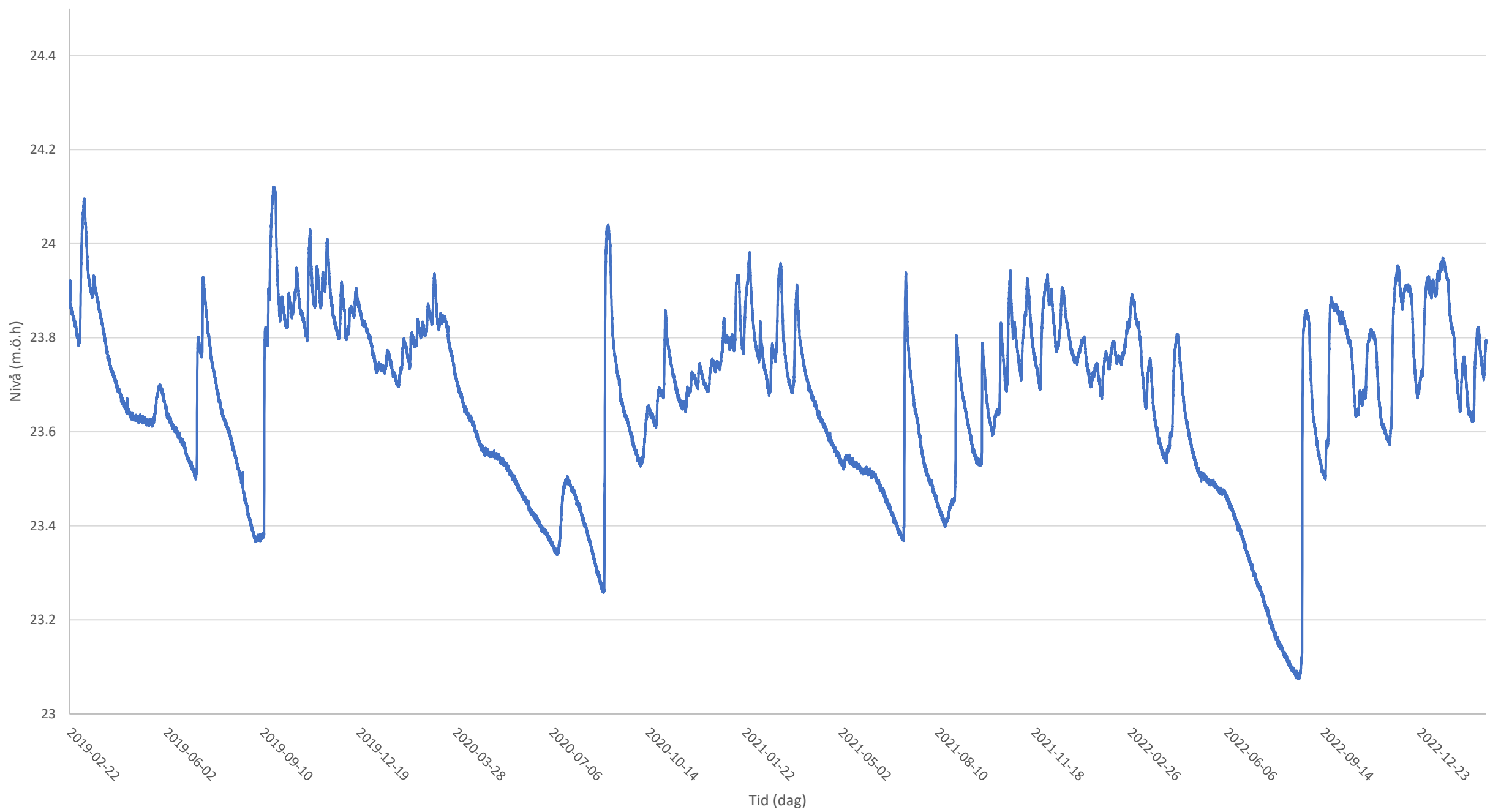
BH1801J



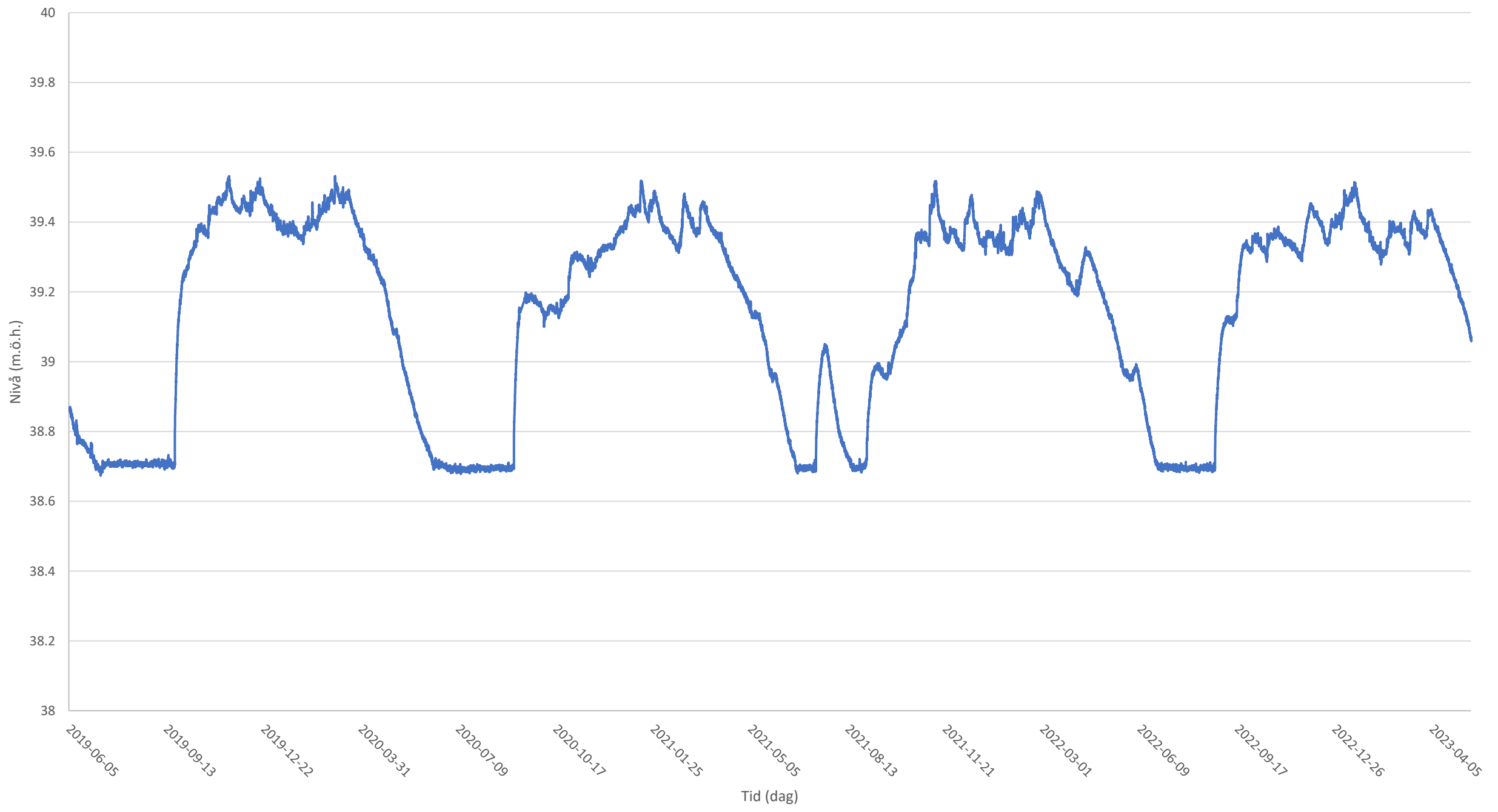
BH1802J



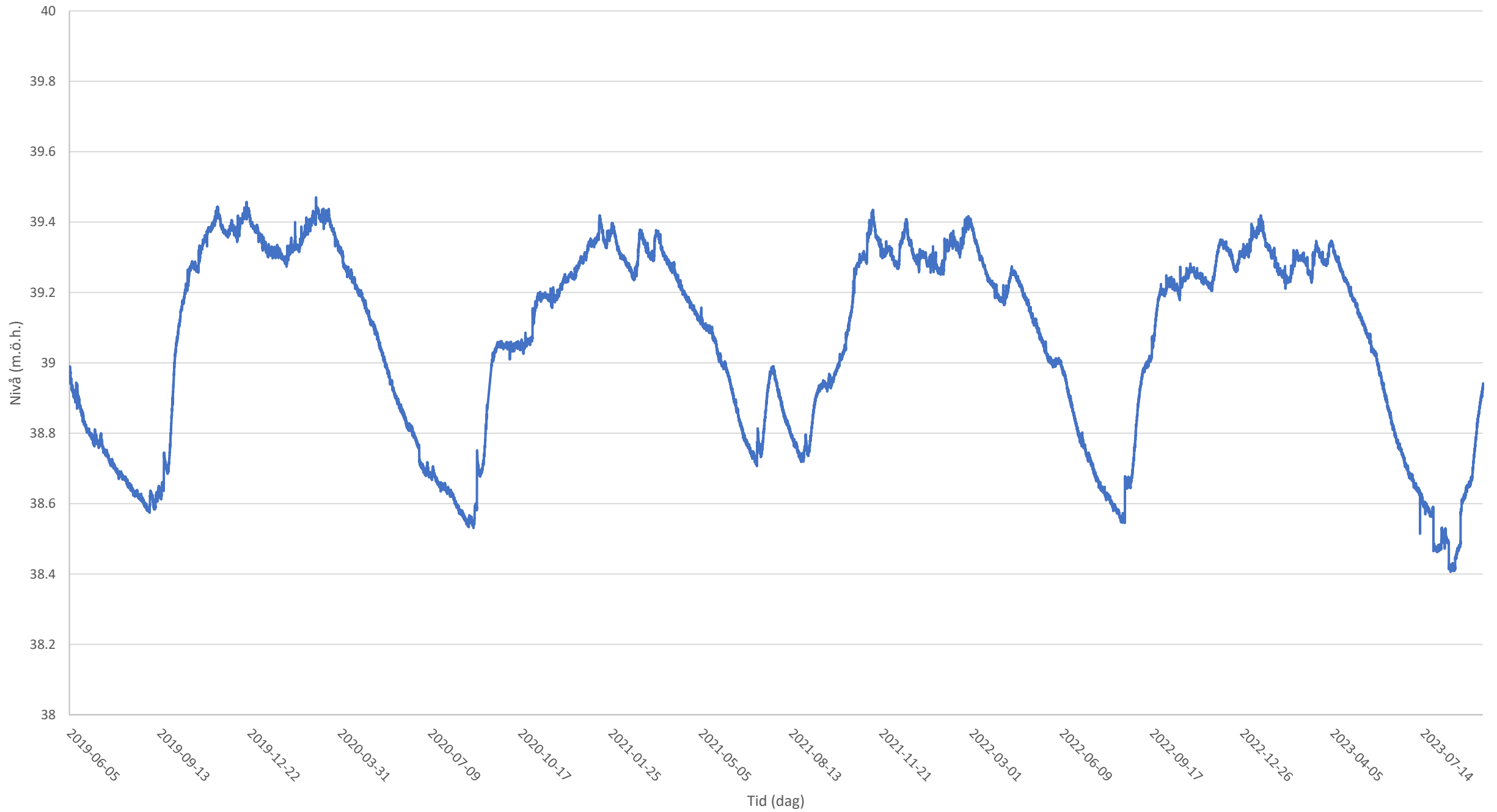
BH1803J



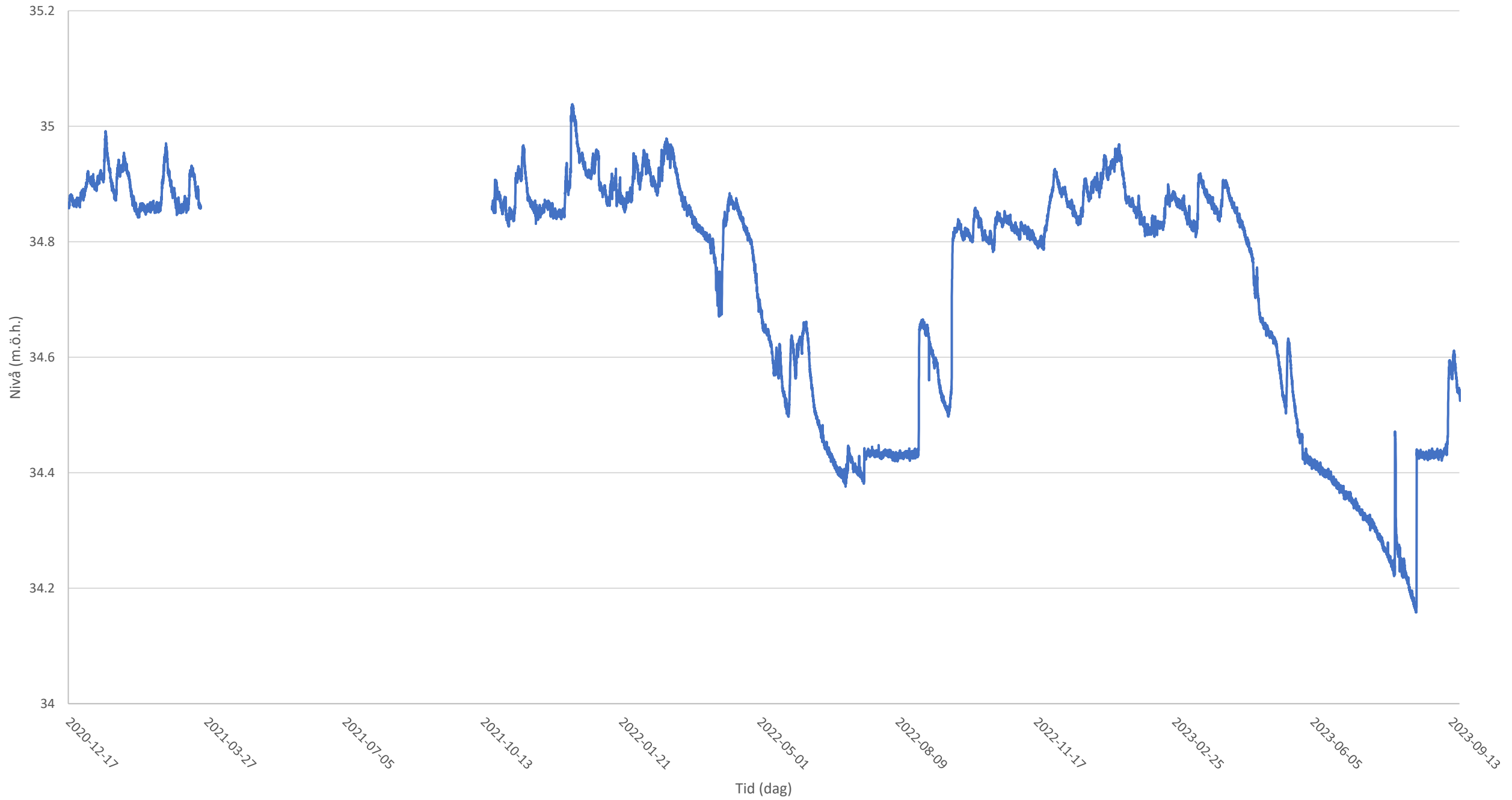
BH1905J



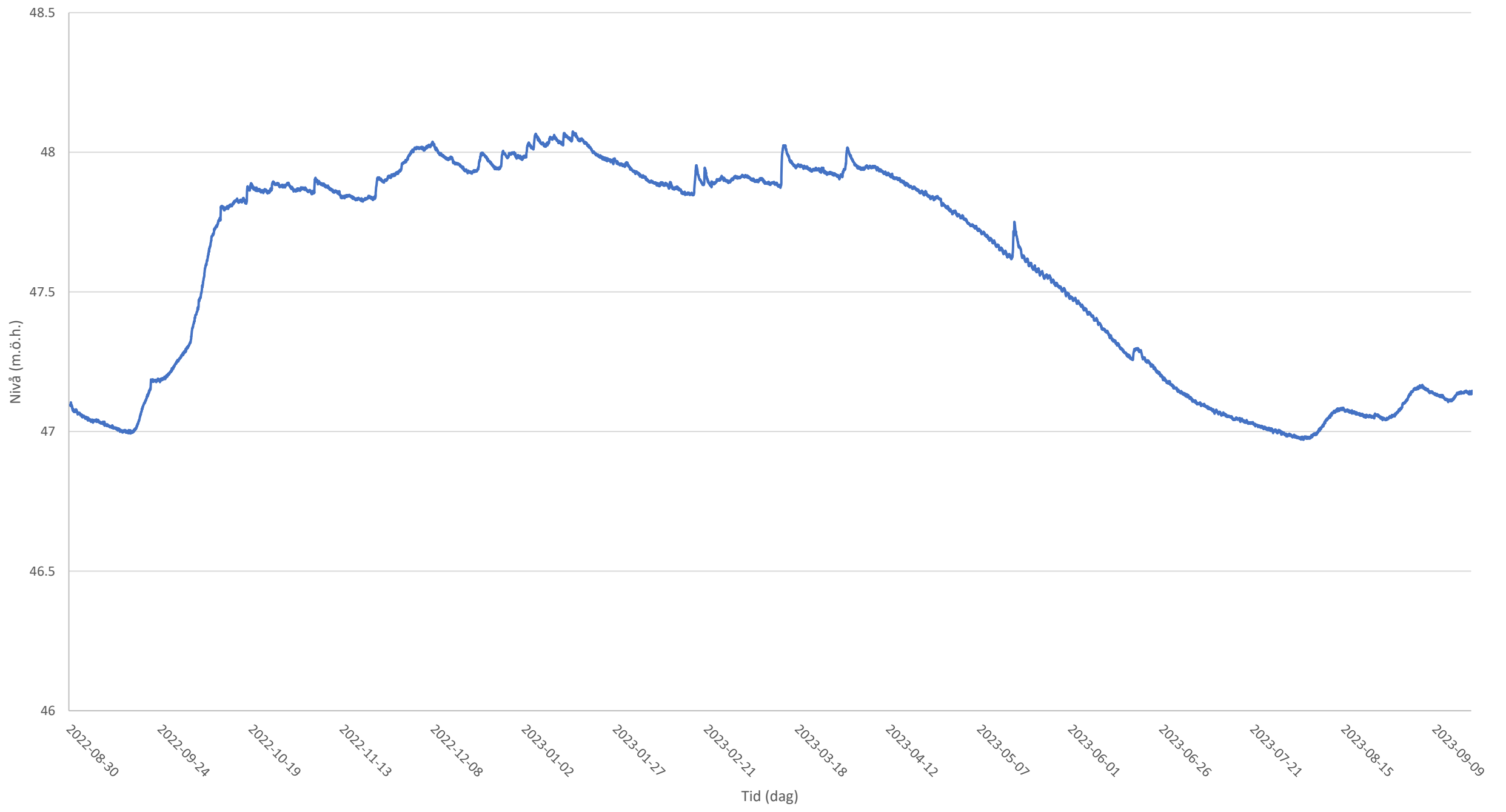
BH1906J



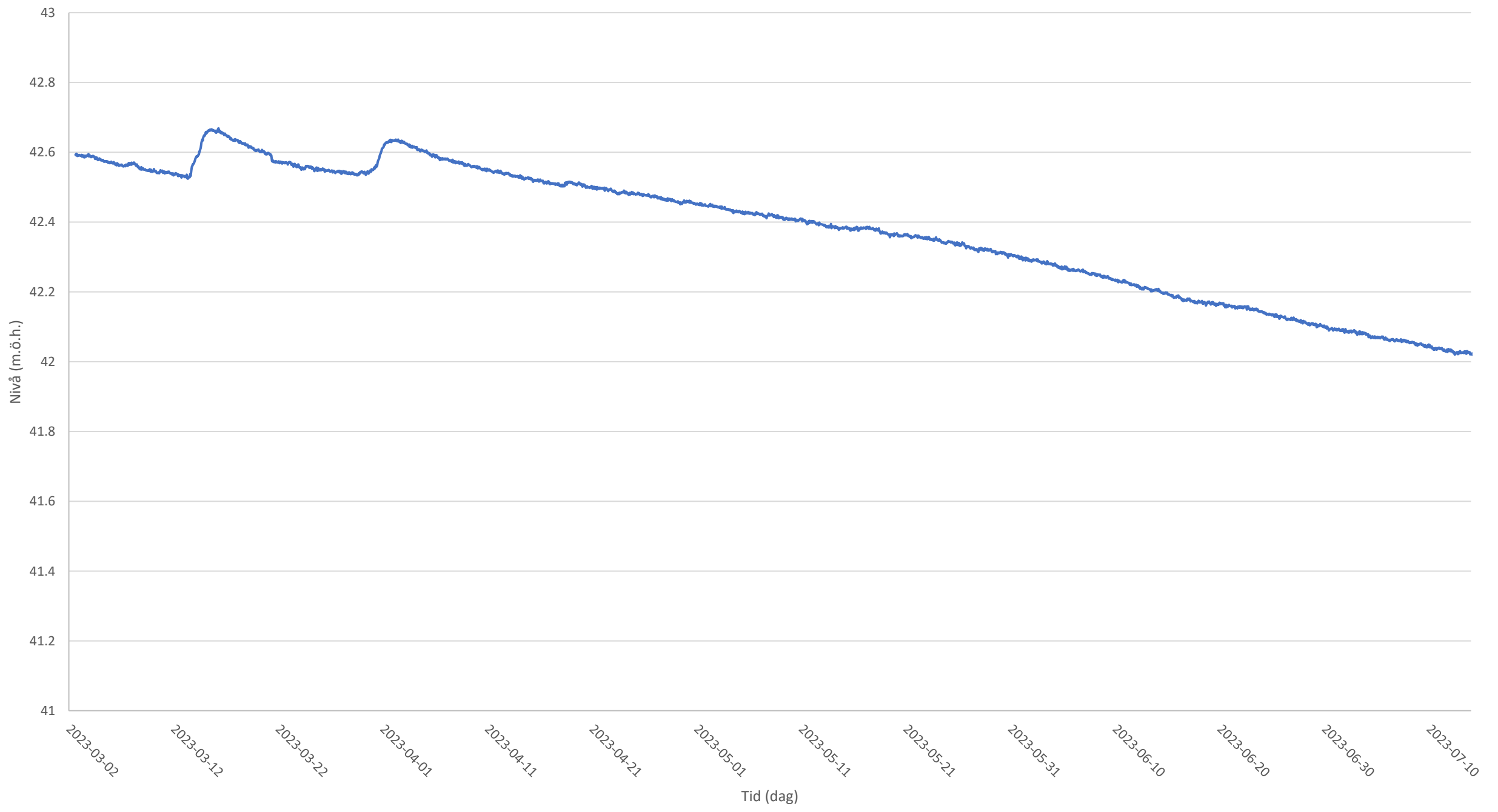
BH2016



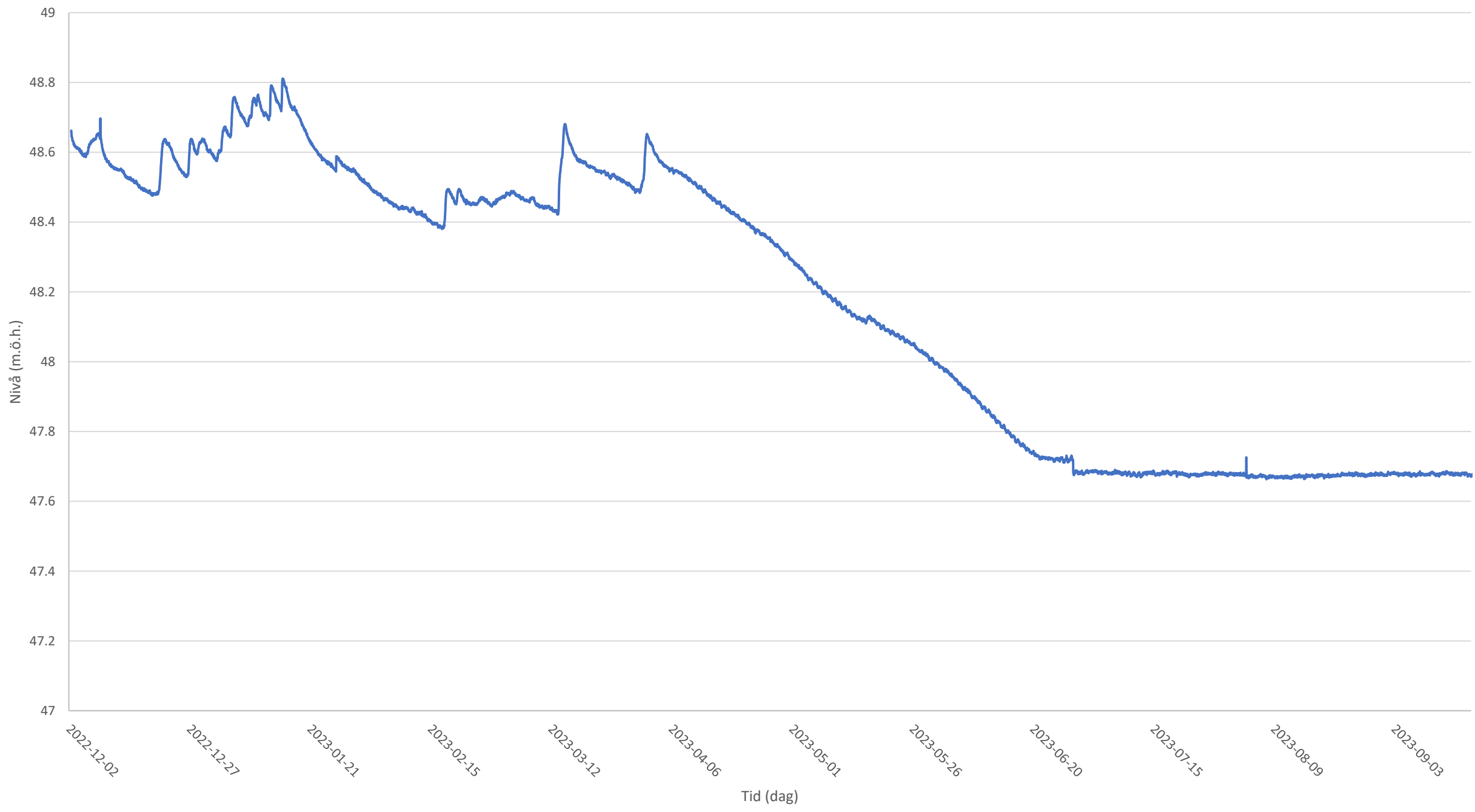
BH2210J



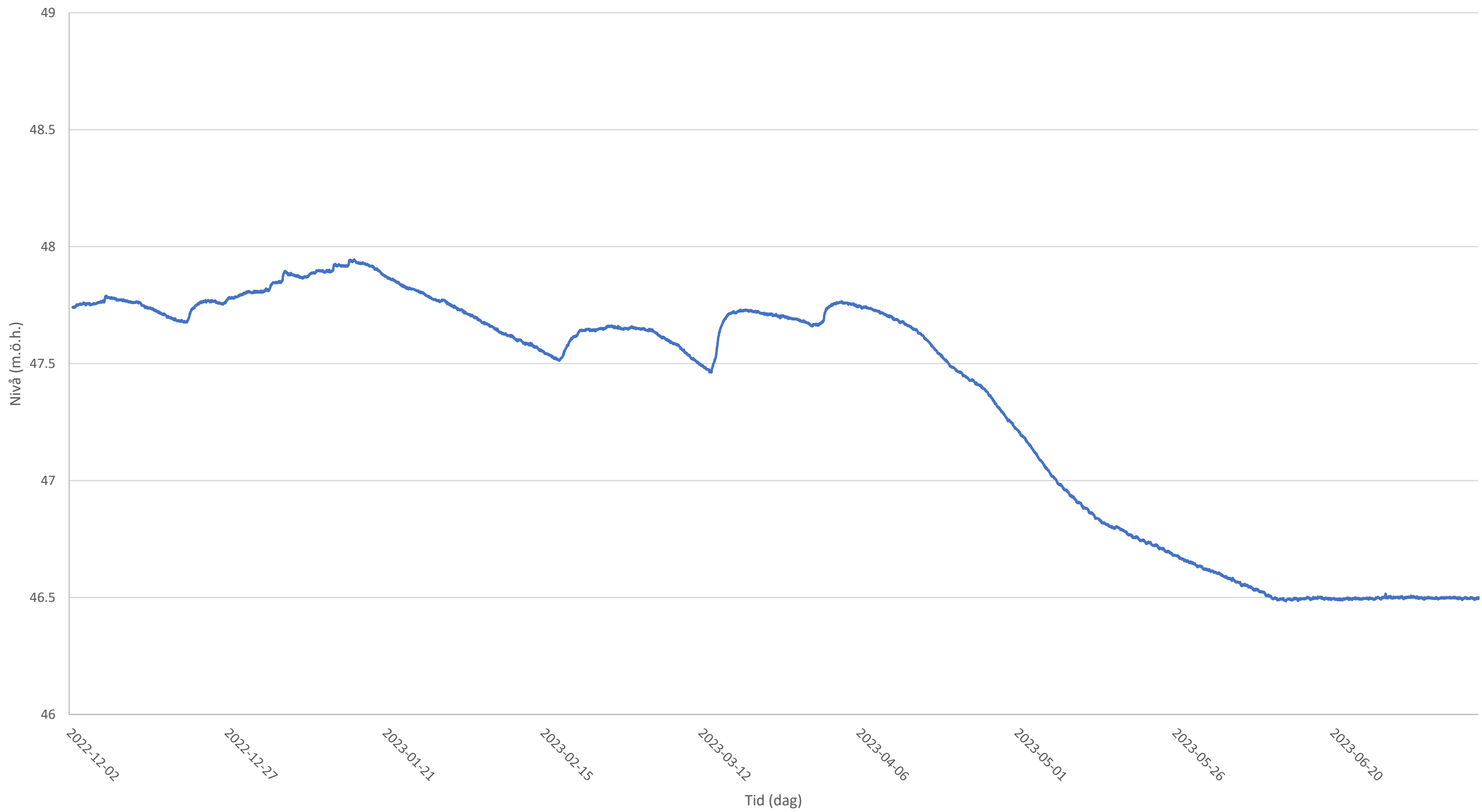
BH2231J



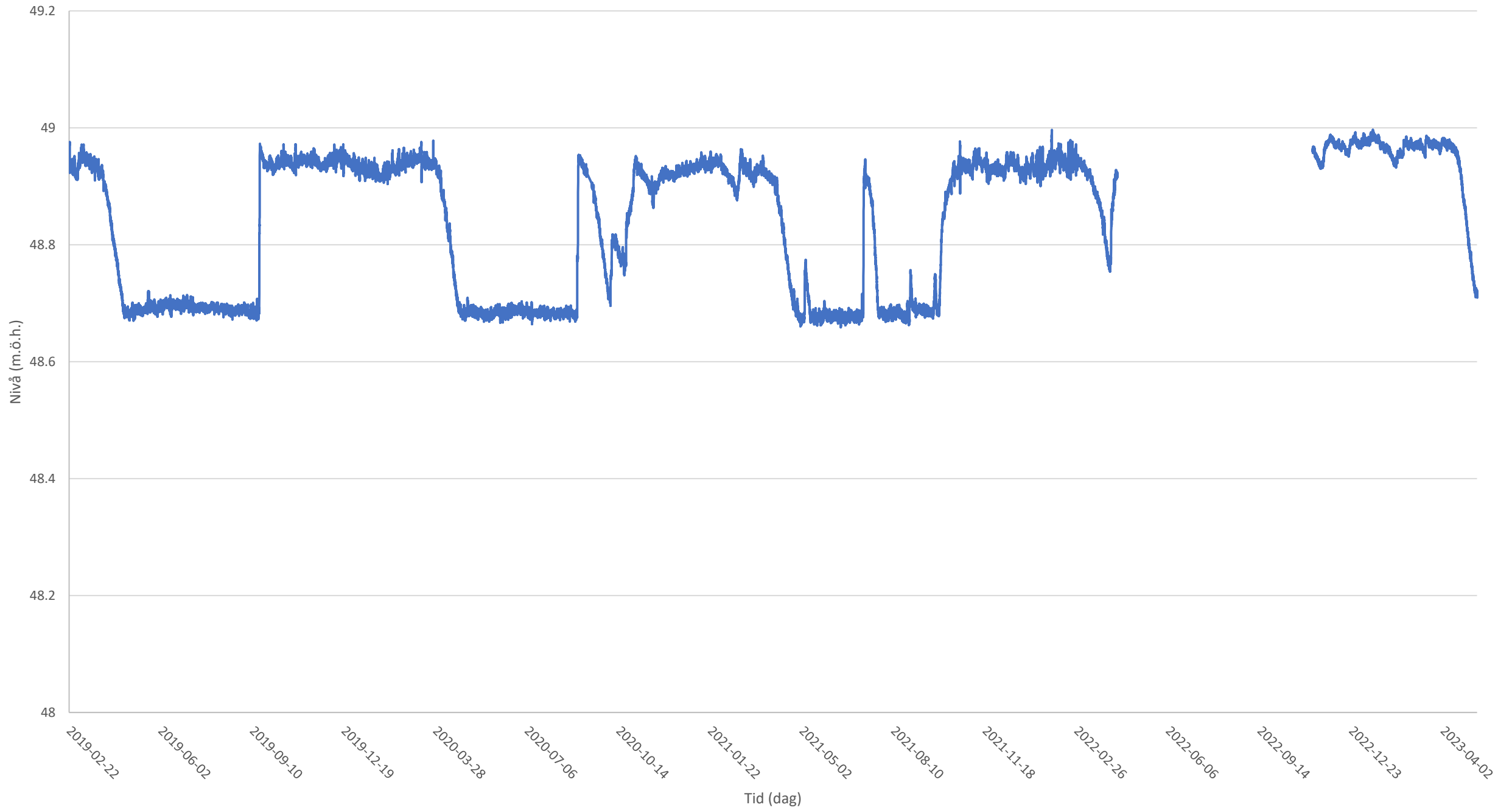
BH2232J



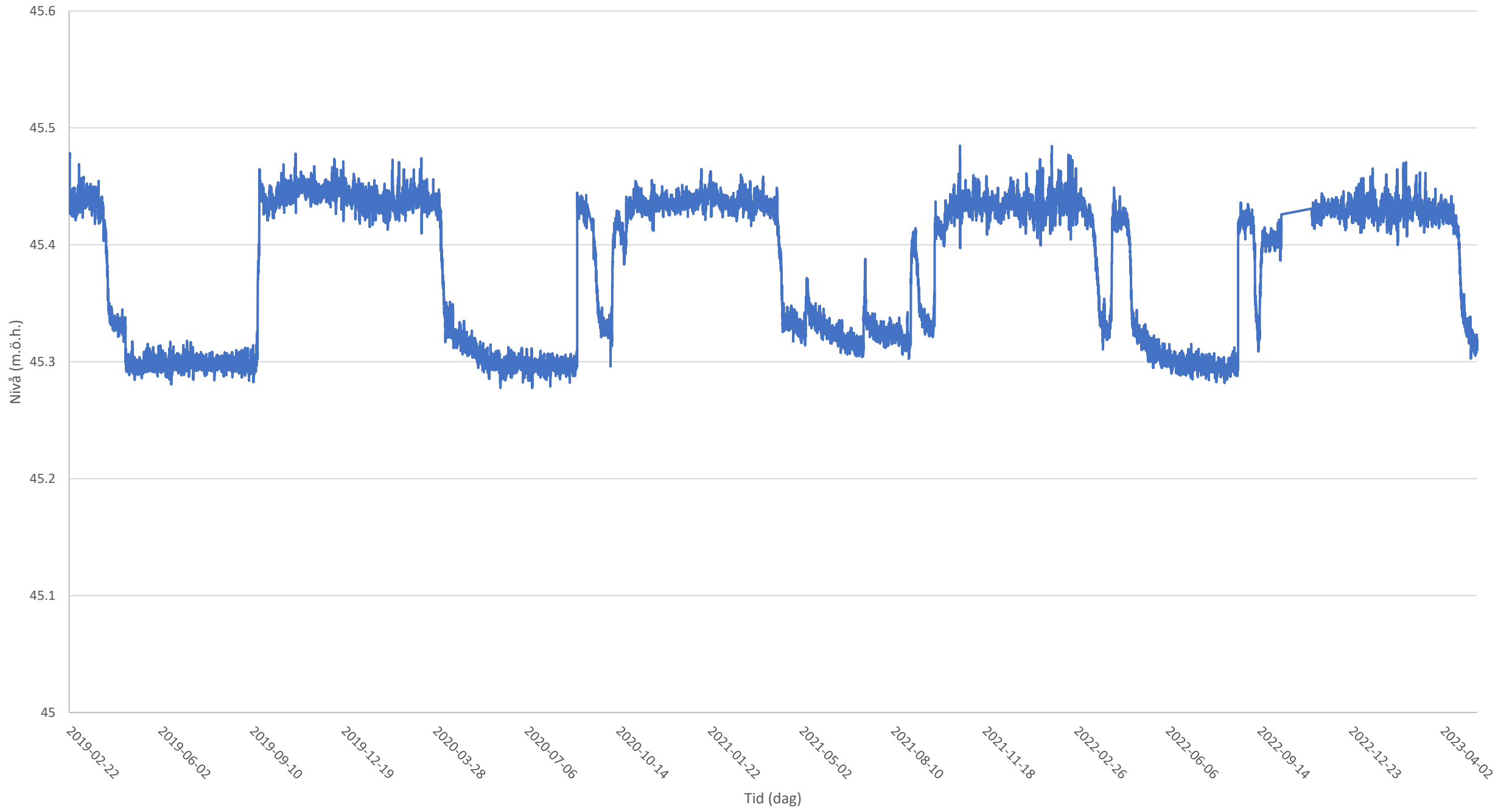
BH2233J



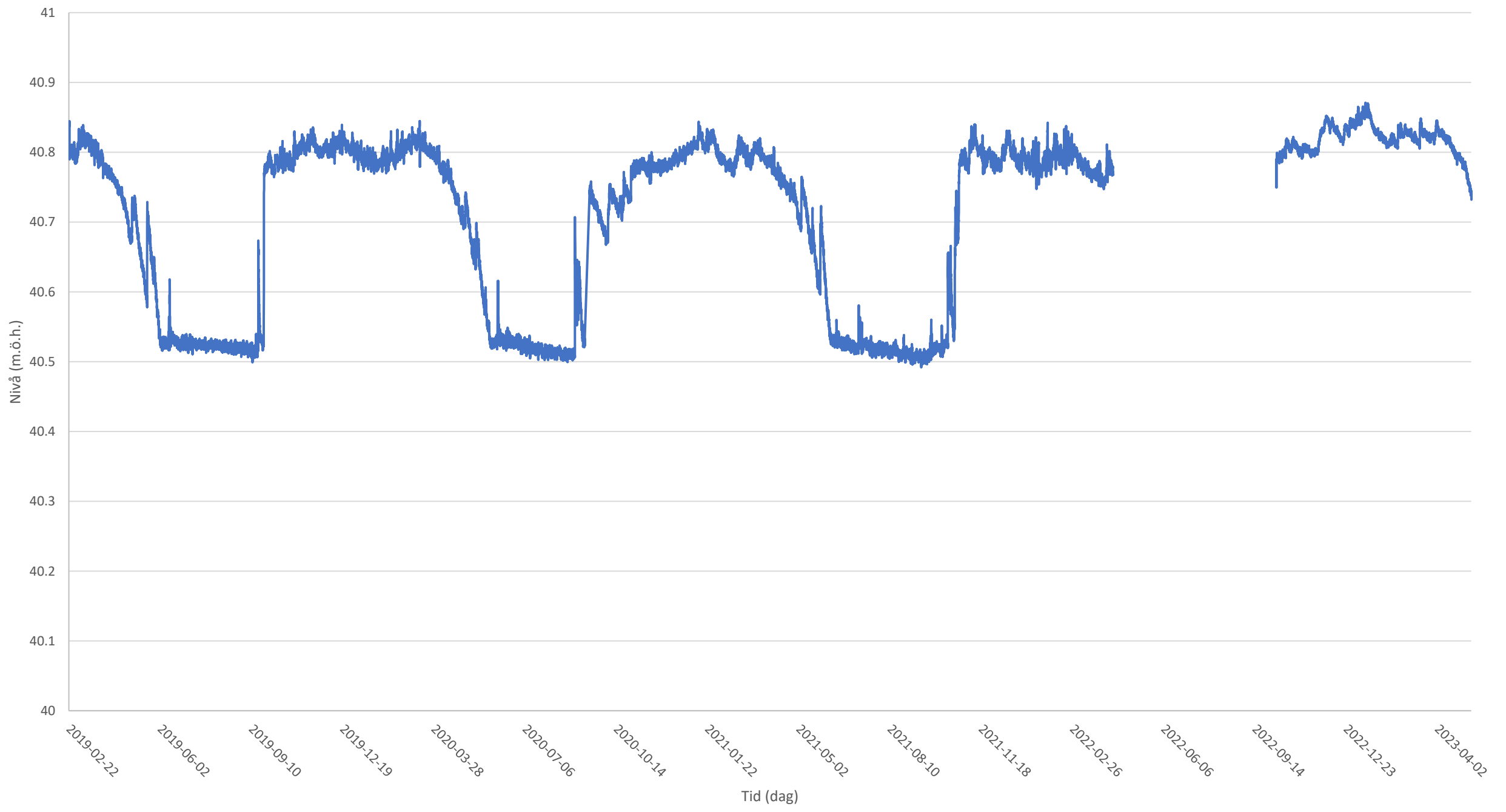
VK1801



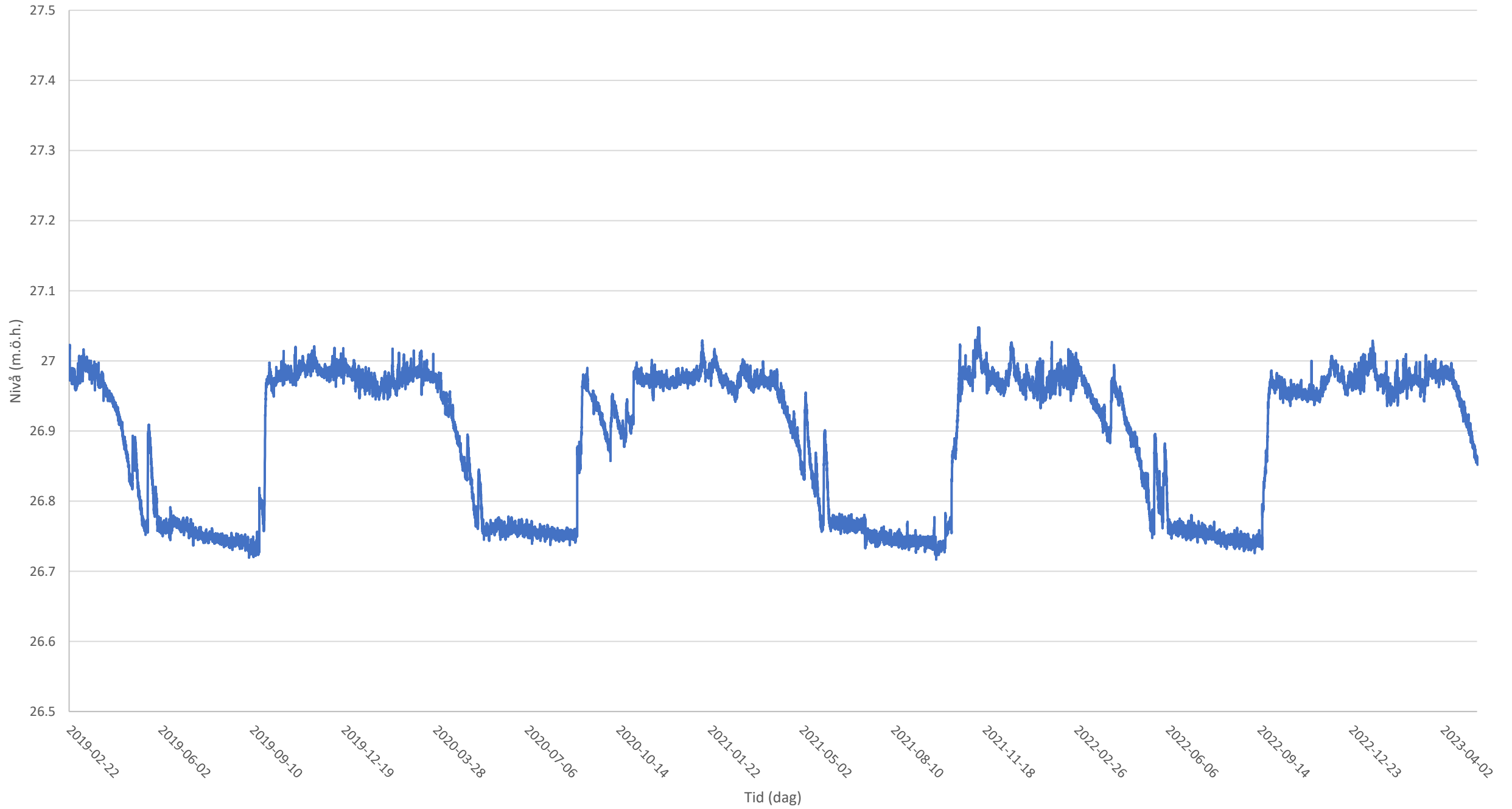
VK1802



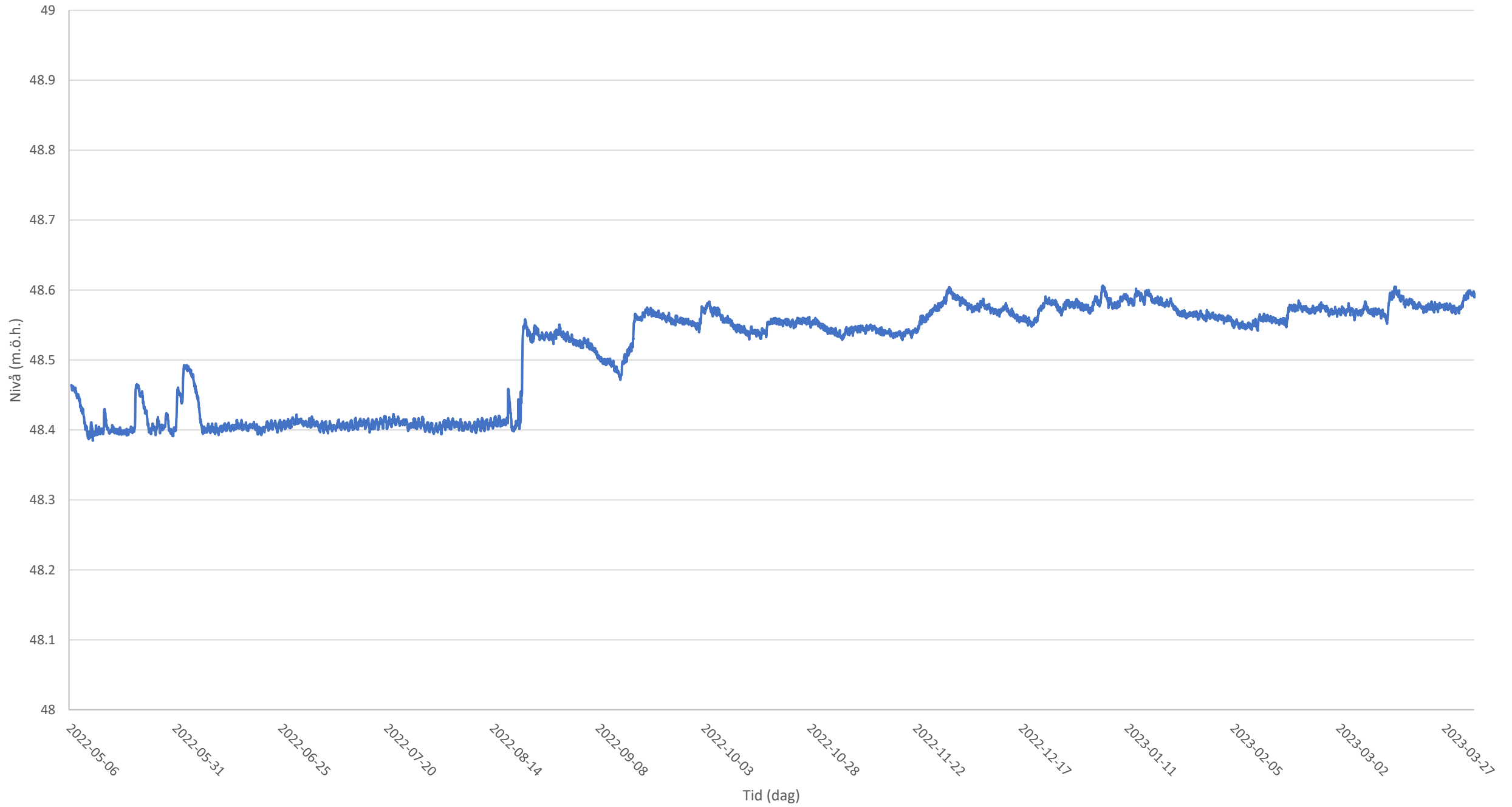
VK1803



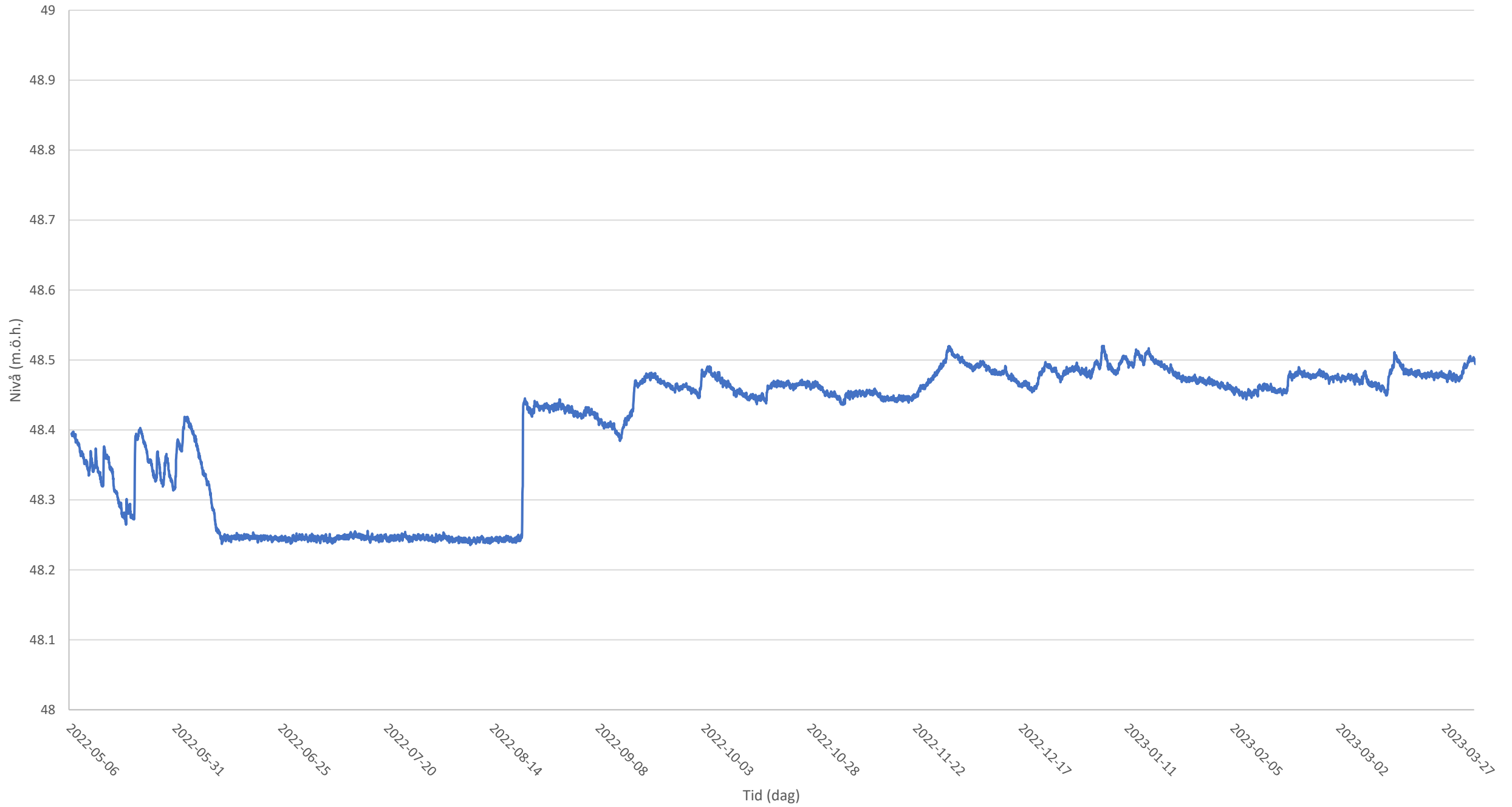
VK1804



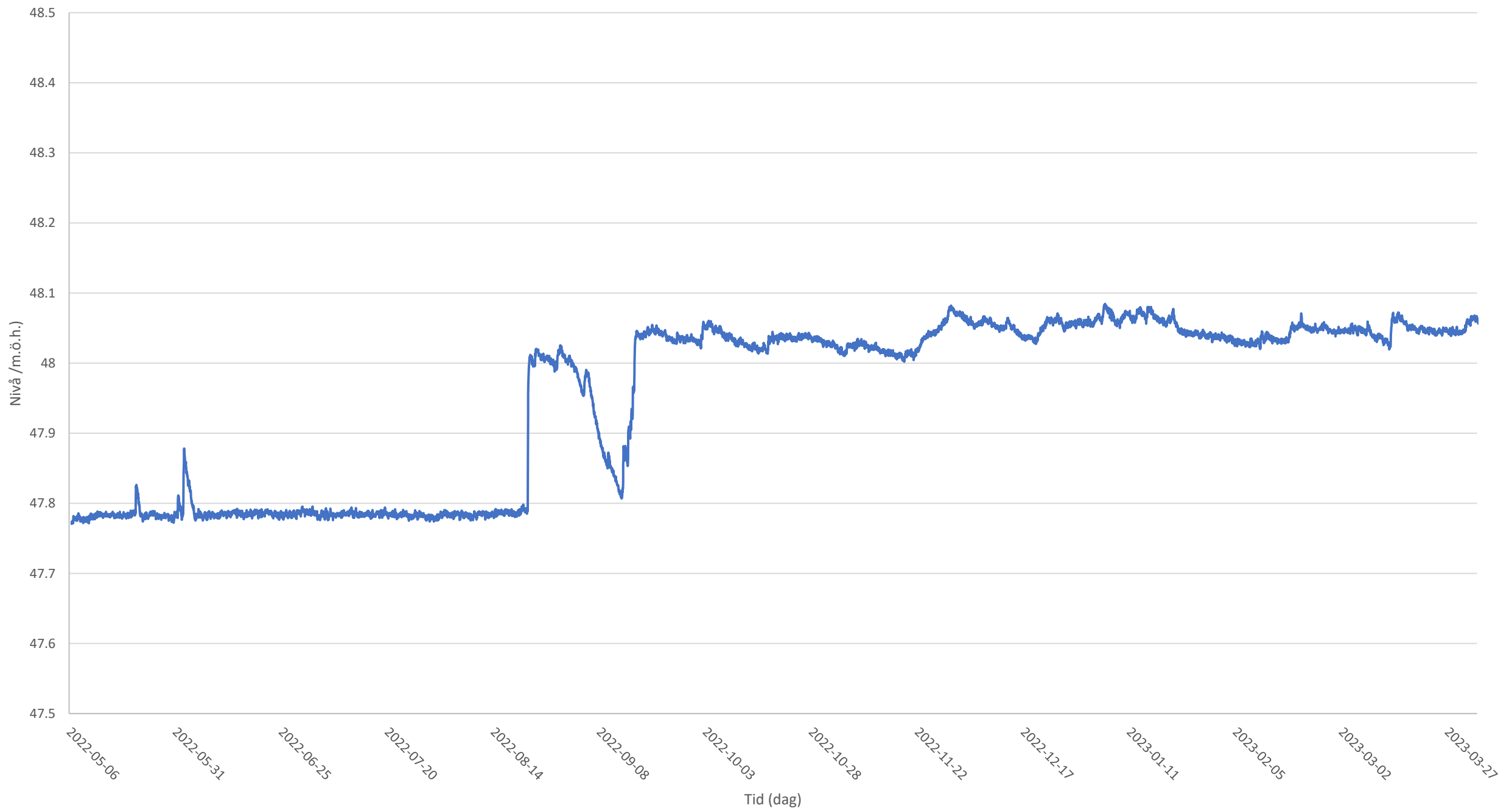
VK2221



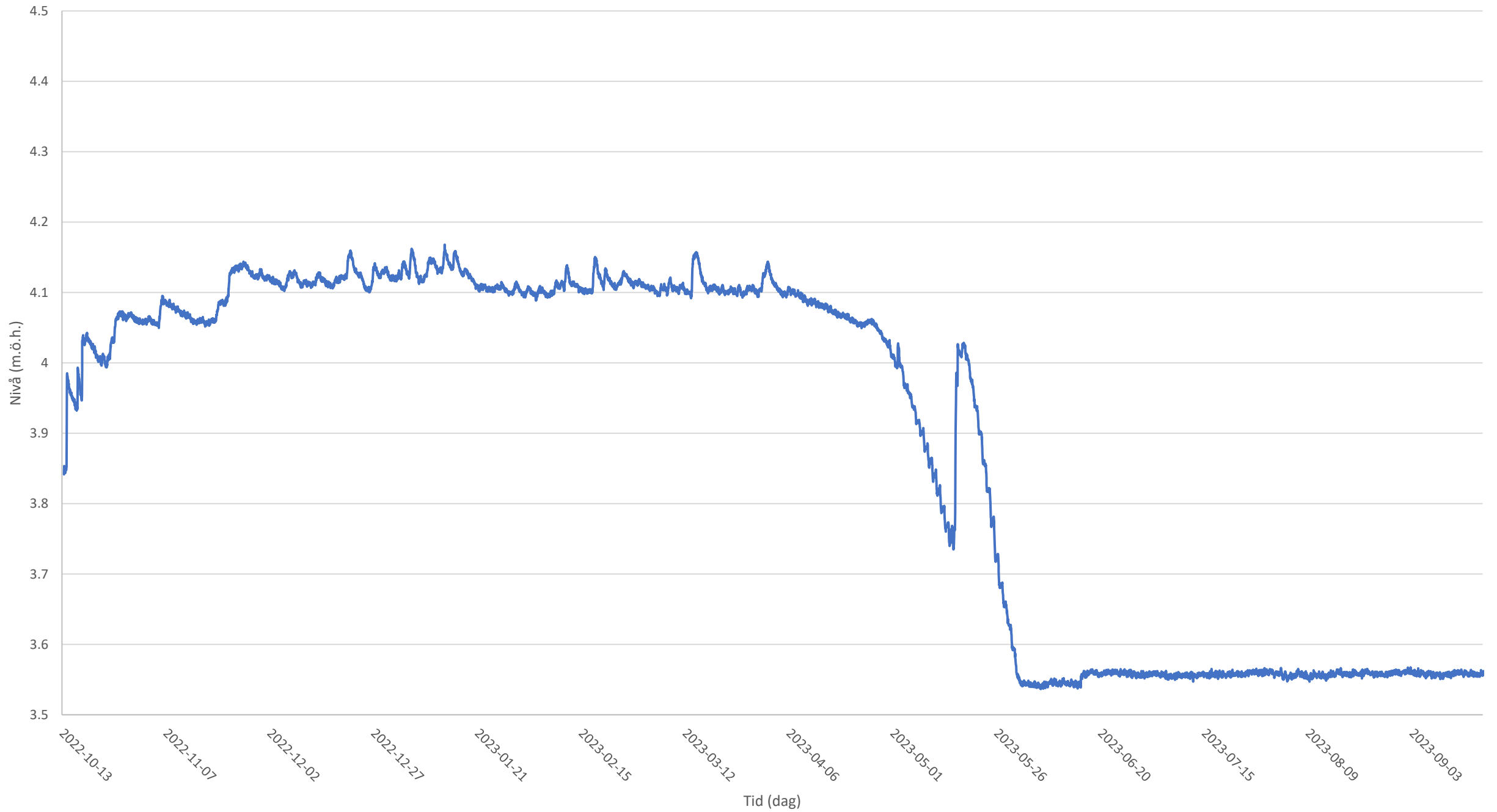
VK2222



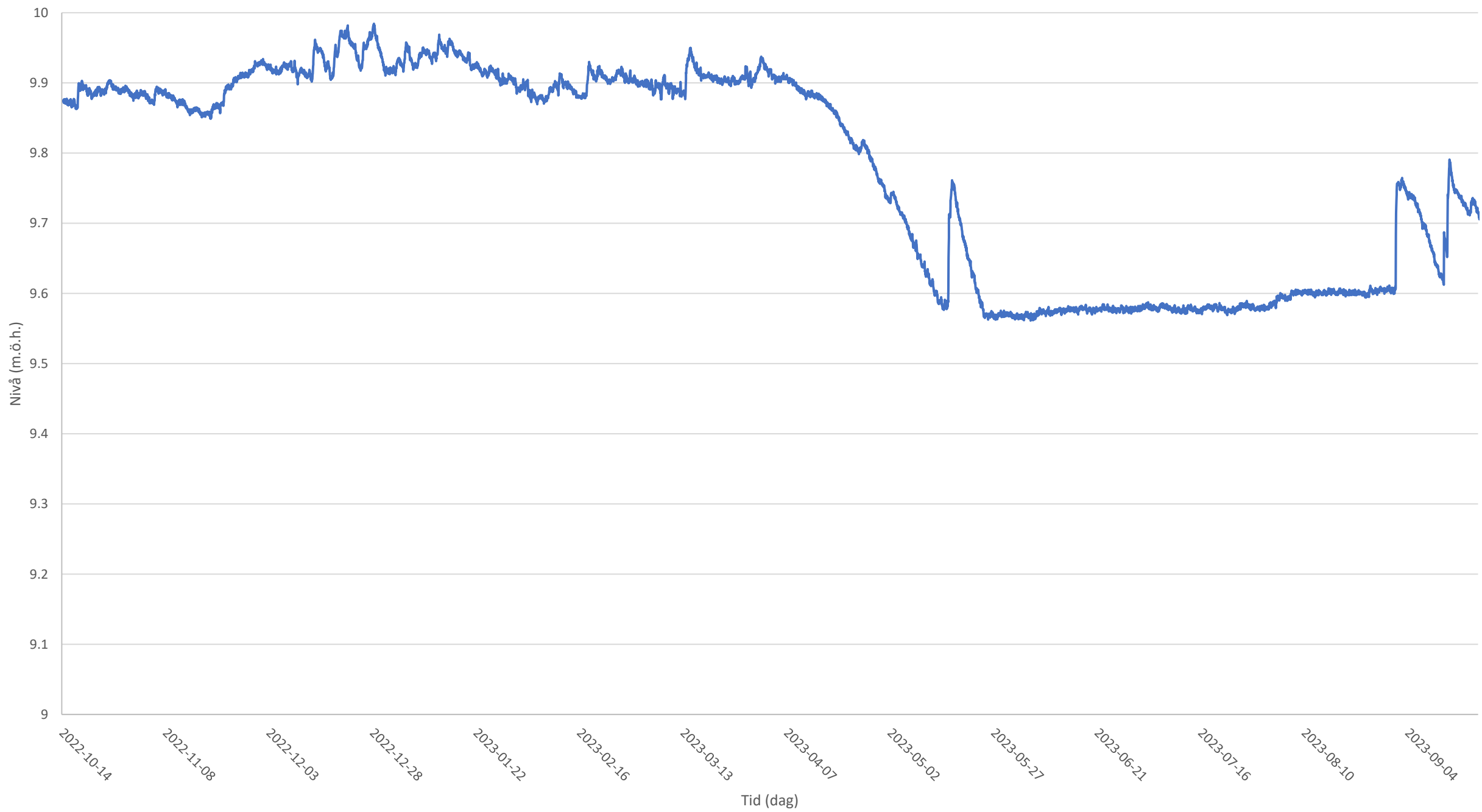
VK2222



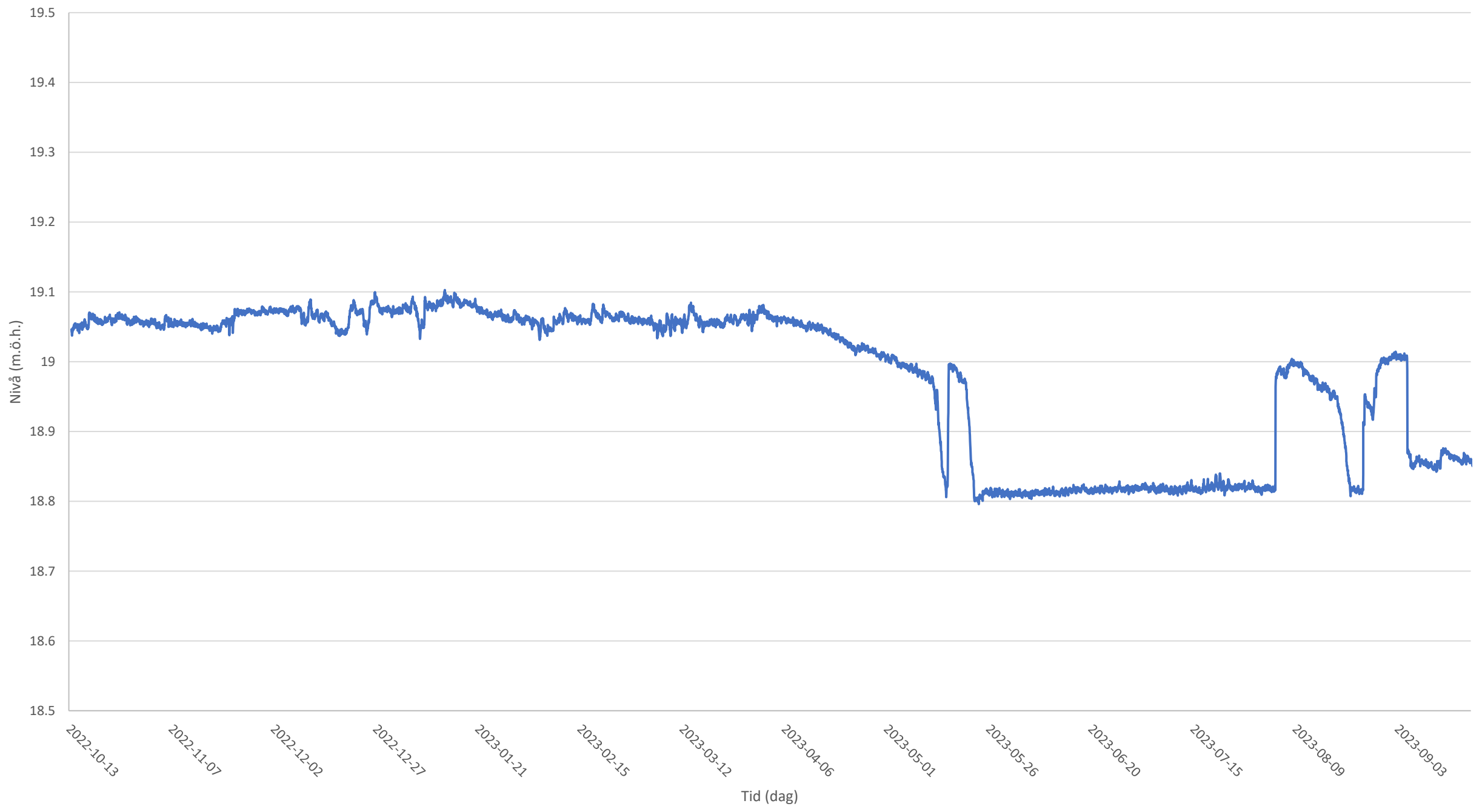
VK2224



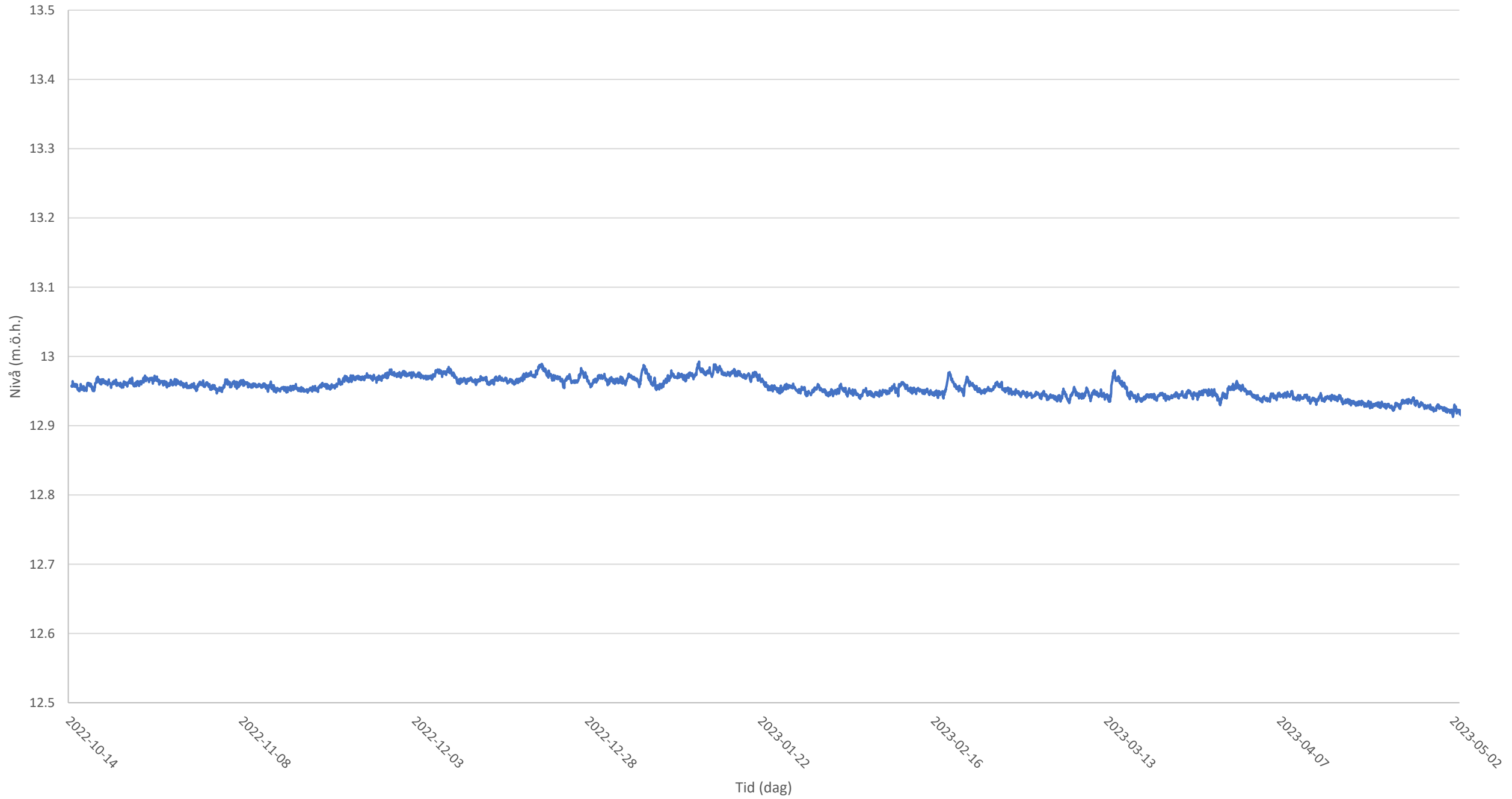
VK2228



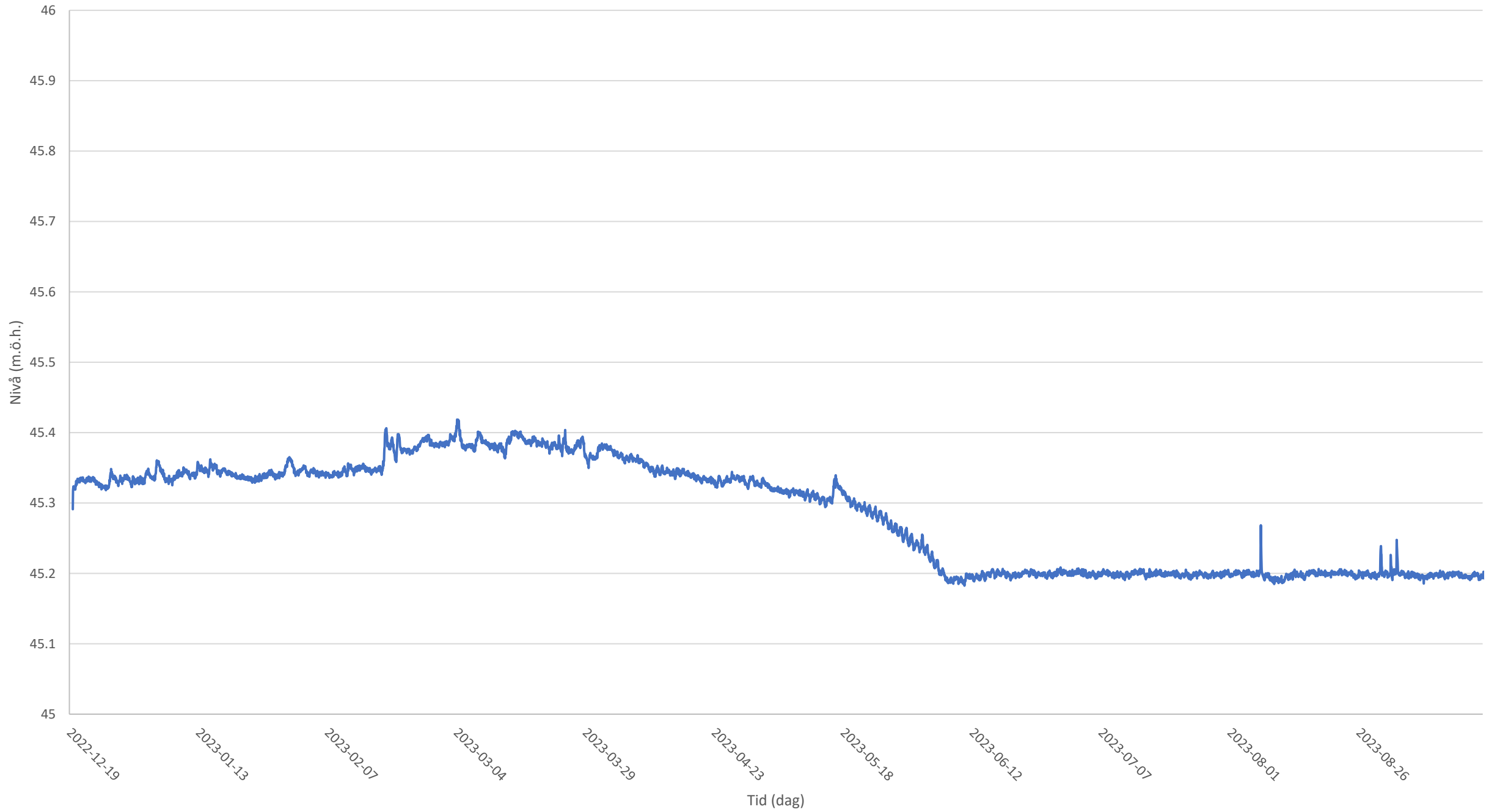
VK2229



VK2230



VK2234



VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 48 000 medarbetare på 550 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 200 medarbetare. wsp.com

WSP Sverige AB
Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Fabrikstorget 1

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

