



Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder.

E8 Borealis, Skibotn-Riksgrense Finland, Troms- og Finnmark fylke

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 707

— Aurora
— Borealis



Tittel

Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder.

Undertittel

E8 Borealis, Skibotn-Riksgrense Finland, Troms- og Finnmark fylke

Forfatter

Per Otto Aursand

Avdeling

Drift og vedlikehold

Seksjon

Geofag Drift og vedlikehold

Prosjektnummer

C13404

Rapportnummer

Nr. 707

Prosjektleder

Leif Bakløkk

Godkjent av

Leif Bakløkk

Emneord

Georadar, bæreevne, grøfter

Sammendrag

I forbindelse med testprosjektet E8 Borealis i 2019 ønsket Statens vegvesen å sammenligne ulike utstyr for måling av dekketilstand og få dokumentasjon på forskjeller og fordeler/ulempes for de ulike systemer. I tillegg er det ønskelig å få best mulig dokumentasjon av dekketilstand på E8 Skibotn-Riksgrense Finland i Troms og Finnmark fylke. Målingene er gjort både med tanke på overflatetilstand (spor, jevnhet, skader, tekstur og friksjon) og strukturell styrke/bæreevne og vegens oppbygning.

Denne rapporten er en dokumentasjon av de målinger som er utført av vegoverbygning, bæreevne og grøfter. Rapporten sammenfatter resultater fra undersøkelsene, og ser også på bruken og nytten av dataene.

Title

Measurements of road structure, bearing capacity and ditch depths.

Subtitle

E8 Borealis, Skibotn - Border Finland

Author

Per Otto Aursand

Department

Operations and maintenance

Section

Geomechanics

Project number

C13404

Report number

No. 707

Project manager

Leif Bakløkk

Approved by

Leif Bakløkk

Key words

Ground-penetrating radar, deflection measurements, ditch depths

Summary

In 2019, the Directorate of Public Roads in the Norwegian Public Roads Administration (NPRA) aimed to compare various equipment's for measuring pavement condition and get documentation of the differences and advantages/disadvantages of different systems. In addition, the NPRA was seeking the best possible documentation of pavement condition on the E8 test road, both with regard to surface condition (ruts, evenness, damage, texture, etc) and structural strength/load-bearing capacity, as well as pavement structure. In total, five suppliers of measurement equipment were invited to accomplish measurements both with laser (scanners and bars), ground-penetrating radar, deflection measurements (load-bearing capacity with FWD, TSD or similar) and pictures/video. This report is a documentation of three results from the structural investigations.



Innhold

1 Innledning/bakgrunn.....	3
2 Datakilder/undersøkelser	4
2.1 Generelt om målingene	4
2.2 Georadarmålinger	5
2.3 Nedbøyningsmålinger	5
2.4 Laserscanninger av sideterreng og grøfter	6
2.5 Boringer i veg	7
2.6 Telegrensemålinger.....	7
2.7 Eksisterende data i NVDB og PMS.....	8
2.8 Andre datakilder	9
3 Vegdekker	9
3.1 Historiske dekkelag i PMS.....	9
3.2 Dekketilstand og dekkelevetid	10
4 Vegoverbygning	13
4.1 Oppgravingsdata.....	13
4.2 Georadar.....	15
5 Bæreevne.....	19
5.1 Sommerbæreevne 2018.....	19
5.2 Teleløsningen 2020.....	20
5.2.1 Vann- og temperaturforhold på måledatoene	21
5.2.2 Differanser i temperaturkorrigert strekningsbæreevne	22
5.3 Korrelasjoner mellom bæreevne og sporutvikling	24
6 Drenering (grøftedybder).....	27
6.1 Kartlegging av grøftedybder	27
6.2 Korrelasjoner mellom grøftedybder, vegoverbygning og vegens tilstand.....	29
6.3 Korrelasjoner mellom bæreevne og grøftedybder	32
6.4 Andre korrelasjoner	33
6.5 Utnyttelse av grøftedybdedata i drift- og vedlikehold av vegen	34
7 Konklusjoner	36
8 Forslag til videre arbeid	37
9 Referanser	38

Vedleggsoversikt

1. Oversikt over vegkonstruksjon, grøftedybder og bæreevne 2019
2. Roadscanners rapport fra målingene: «RDSV surveys E8 Borealis 2019»
3. TerraTec rapport fra målingene: «Leveranserapport E8 Borealis»
4. Historiske dekkelag
5. Kornkurver fra boringer

1 Innledning/bakgrunn

I forbindelse med testprosjektet E8 Borealis ønsket Statens vegvesen å sammenligne ulike utstyr for måling av dekketilstand og få dokumentasjon på forskjeller og fordeler/ulempes for de ulike systemer. I tillegg er det ønskelig å få best mulig dokumentasjon av dekketilstand på E8 Skibotn-Riksgrense Finland i Troms og Finnmark fylke. Oversiktskart over området er vist i figur 1. Målingene er gjort både med tanke på overflatetilstand (spor, jevnhet, skader, tekstur og friksjon) og strukturell styrke/bæreevne og vegens oppbygning. Vegen ble derfor målt med laser (5 ulike utstyr; SVV, Rambøll, TerraTec, Roadscanners og Lehmann+Partner), georadar (2 ulike utstyr; TerraTec og Roadscanners), fallodd (SVV eget fallodd) og bilder/video (på alle målebiler).



Målebilene som ble brukt under laserscanninger og georadarmålinger. Fra høyre: TerraTec, Rambøll, Lehmann+Partner, Roadscanners, Statens vegvesen ViaPPS-laser og friksjonsmåler.

Denne rapporten er en dokumentasjon av de målinger som er utført av vegoverbygning, bæreevne og grøfter. Rapporten sammenfatter resultater fra undersøkelsene, og ser også på bruken og nytten av dataene. For georadar og laserscanning av grøfter er det sammenlignet resultater fra ulike utstyr og beregningsmetoder (data fra Roadscanners og TerraTec). Det er vist noen eksempler på hvordan man kan utnytte innsamlede data til bedre og mer effektiv drift og vedlikehold av vegen med tanke på å øke dekkelevetid. Det er til slutt gitt noen konklusjoner og anbefalinger for videre arbeid. En egen rapport omhandler overflatetilstand og sammenligning av de ulike typer laserskanningsutstyr for vegoverflaten (ref. 8).



Figur 1: Oversiktskart over E8 Borealis prosjektområde

2 Datakilder/undersøkelser

2.1 Generelt om målingene

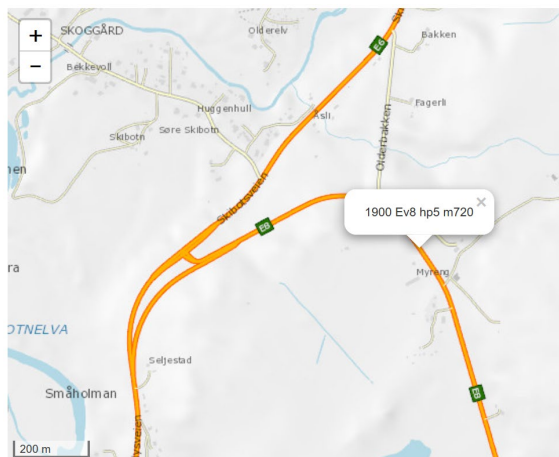
Totalt fem leverandører deltok i målingene:

- Statens vegvesen (nedbøyningsmålinger, laserscanning, friksjon, boringer i veg)
- Roadscanners Oy (georadar, laserscanning)
- Terra Tec AS (georadar, laserscanning)
- Ramboll AS (laserscanning)
- Lehmann + Partner (laserscanning)

Målingene ble utført 20. august 2019 på E8 fra Skibotn til Riksgrense Finland. Hele strekningen på 38480 meter ble målt i begge retninger.

Alle data i denne rapporten er referert til vegreferansen som var gyldig i perioden 2014-10-31 til 2019-09-11. 2019-09-11 endret strekningen hovedparsell nummer fra Hp1 til Hp 5 og retningen ble snudd. I denne rapporten er felt 1 i retning Riksgrensen-Skibotn og felt 2 i retning Skibotn-Riksgrensen. Figur 2 viser historiske vegreferanser for et punkt på starten av parsellen. Sammenligning av ny og gammel vegreferanse kan gjøres her:

<https://labs.vegdata.no/vegrefending/>.



Figur 2: Historiske vegreferanser

Vegreferanseverdier i punkt 708193, 7704959

Vegreferanse	Gyldig fra	Gyldig til
1900 Ev8 hp5 m720	2019-09-11	9999-12-31
1900 Ev8 hp1 m37798	2014-10-31	2019-09-11
1900 Ev8 hp1 m37838	1992-06-16	2014-10-31
1900 Ev78 hp1 m37856	1950-01-01	1992-06-16

Fordi vegstrekningen er relativt lang ble det bestemt at bare en kortere strekningen skulle benyttes til detaljerte sammenligninger (dette gjelder spesielt for sammenligning av laserscanninger og georadarmålinger). Strekningen Hp1 meter 18600-20600 ble valgt fordi halvparten av strekningen er nybygd veg (åpnet i 2014) og den andre halvparten er en eldre vegkonstruksjon fra 70-tallet. Dette gir muligheter til å se om det er forskjeller i resultater mellom ny og gammel veg.

Dataene fra målingene er ikke i sin helhet vedlagt denne rapporten, men er lagret på Statens vegvesens egen server og kan på forespørsel fremskaffes til for eksempel studentoppgaver:

<O:\DoV\Teknologi\CCA00 Teknologi\00 Prosjektarkiv\C13404>

DekksysII_E8Borealis\Leveranser

For oversikt over dekkekonstruksjon, grøftedybder og bæreevne er det laget en fremstilling av georadardata og grøftedybder fra Roadscanners, bæreevne målinger fra sommeren 2019, sporutvikling 2016-2017 og oppgravingsprøver/boringer i vedlegg 1.

2.2 Georadarmålinger

Georadarmålinger er utført på deler av vegen i flere omganger, men 20. august 2019 ble strekningen målt i sin helhet (begge retninger) med 2 ulike typer georadarutstyr (Roadscanners og TerraTec).

Roadscanners benyttet en 2 GHz luftkoblet hornantenne og en 400 MHz jordkoblet antenne (se figur 3). Målingen ble utført som en målelinje i ytre hjulspor for hvert kjørefelt.

TerraTec benyttet en 3D-radar antenne med frekvensbånd på 200-3000 MHz og steg-frekvens metode (se figur 4). 3D-radar'en består av flere sender-mottaker som til sammen gir opptil 25 profiler samtidig i en avstand av 7,5cm (for å kunne holde en høy hastighet ble antall kanaler redusert til 13).

Se ellers rapporter fra målingene i vedlegg 2 og 3 for flere detaljer.



Figur 3: 2 GHz luftkoblet hornantenne og en 400 MHz jordkoblet antenne



Figur 4: 3D-radar antenne med frekvensbånd på 200-3000 MHz

Kun Roadscanners har utført tolking av hele vegen og det er disse data som vises i vedlegg 1. For strekningen m18600-20600 er det gjort en sammenligning av tolking mellom de to datasettene, se kapittel 4.2.

2.3 Nedbøyningsmålinger

Nedbøyningsmålinger med Statens vegvesens eget fallodd (Dynatest fast-FWD, figur 5) er utført på deler av vegen i flere omganger. I forbindelse med kartleggingen ble hele vegen målt høsten 2019 i tillegg til flere målinger under teleløsningen på utvalgte delstrekninger våren 2020. Tabell 1 viser en oversikt over de nedbøyningsmålinger som er utført. I kapittel 5 er det vist utvalgte resultater.



Figur 5: Dynatest Fast FWD (dynatest.com)

Tabell 1: Oversikt over nedbøyningsmålinger

Dato	Meter fra	Meter til	Felt	Kommentar
12.06.2014	4000	6100	F2	Målt hver 50 m
	6100	19750	F1	Målt hver 50 m
	26650	37850	F1	Målt hver 50 m
25.05.2018	10900	12800	F1+F2	Målt hver 50 m
	33650	37650	F1+F2	Målt hver 50 m
11.09.2018	0	38500	F1	Målt hver 50 m
	0	38500	F2	Målt hver 50 m
02.05.2019	27200	38500	F1	Teleløsning. Målt hver 200 m
15.05.2019	0	19600	F1	Teleløsning. Målt hver 200 m
16.04.2020	26600	38450	F2	Teleløsning. Målt hver 200 m
23.04.2020	26600	38450	F1+F2	Teleløsning. Målt hver 200 m
	18600	20600	F1	Teleløsning. Målt hver 50 m
	11000	13700	F1	Teleløsning. Målt hver 50 m
19.05.2020	18600	20600	F1	Teleløsning. Målt hver 50 m
	11000	13700	F1	Teleløsning. Målt hver 50 m
03.09.2020	26600	38450	F1+F2	Målt hver 200 m
	18600	20600	F1	Målt hver 50 m
	11000	13700	F1	Målt hver 50 m

2.4 Laserscanninger av sideterreng og grøfter

De ulike laserne har forskjellig nøyaktighet og bruksområder. Laserne med størst oppløsning/nøyaktighet er best egnet til å registrere overflateegenskaper og skader på vegdekket. Lasere med mindre oppløsning og 360 graders dekning er egnet til analyse av sideterreng. Laserdata fra Roadscanners og TerraTec ble brukt til å analysere drenering og grøftedybder i dette prosjektet.

Roadscanners benyttet en Sick LMS500 (figur 6). Denne har en nøyaktighet på mindre enn 1 mm med gjennomsnitt på 1 cm for tverrsnitt og 10 cm i lengderetning. To laserscannere ble brukt for å få full 360 grader dekning og ca. 20 meter dekning til hver side av vegen. Grøftedata ble oppgitt i 1m data for hele vegstrekningen og ut fra dette også glidende gjennomsnitt for 10m og 20m data. I tillegg til dette har Statens vegvesen beregnet 100m glidende snitt. I kapittel 6 er det vist utvalgte resultater.

TerraTec benyttet en Optech Lynx SG1 Mobile Mapper (figur 7). Dette laserskanningssystemet består av to skråstilte 600 kHz pulsskannere, fire integrerte kameraer på taket, et 360-graders Ladybug kamera, posisjoneringsystem med IMU/GNSS-sensorer samt DMI på bilhjulet. Presisjon på avstandsmåler er +/- 0,5 cm. TerraTec har ikke tolket grøftedybder, men vist metodikken i sin rapport (vedlegg 3).



Figur 6: Roadscanners målebil



Figur 7: TerraTec målebil

2.5 Boringer i veg

Høsten 2019 ble det på grunnlag av georadarmålingene valgt ut noen punkter der det ble utført kjerneboring av asfalt (figur 8) og skovelboring med grunnboringsrigg (figur 9) for å verifisere tolking av georadarmålinger og i tillegg utføre korngraderingsanalyser på opptatte prøver. Pga. at det ble boret med skovelbor er det ikke registrert nøyaktige lagskiller i vegkroppen og det er for det meste tatt en prøve fra 0-1m og 1-2m. Resultater fra boringene er vist i kapittel 4.1 og vedlegg 5.



Figur 8: Kjerneboring



Figur 9: Skovelboring med borrygg

2.6 Telegrensemålinger

Høsten 2019 ble det satt ned 2 telegrensemålere ved Bossavarri (ca. meter 910, 530 m.o.h.) og Halsebakken (ca. meter 25420, 150 m.o.h.) værstasjoner, se lokasjon i figur 13. Det ble benyttet målestaver av typen «Subgrade Temperature Probe» fra RST instruments Ltd (figur 11). Disse er på 2m i lengde med 20 temperaturfølere med 10 cm avstand mellom følere. Første sensor ligger 30 cm under vegoverflaten. Målestavene er koblet opp med GSM i værstasjonene og leverer sanntidsdata som er tilgjengelig via <http://klimadata.no/teledybde/>. Målestavene har vært i drift siden april 2020.

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



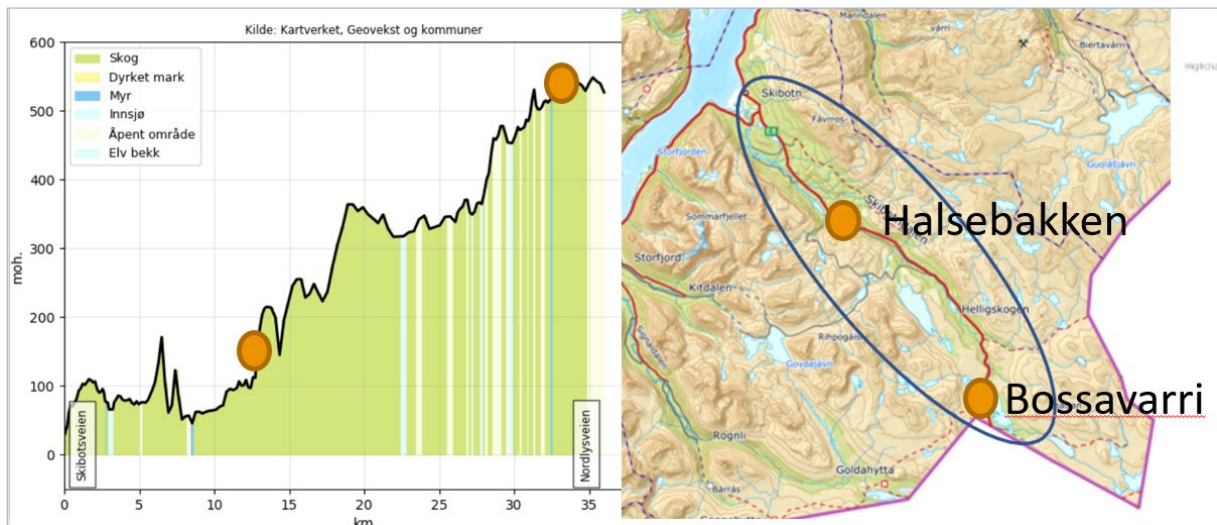
Figur 10: Installasjon i veg



Figur 11:
Målestav



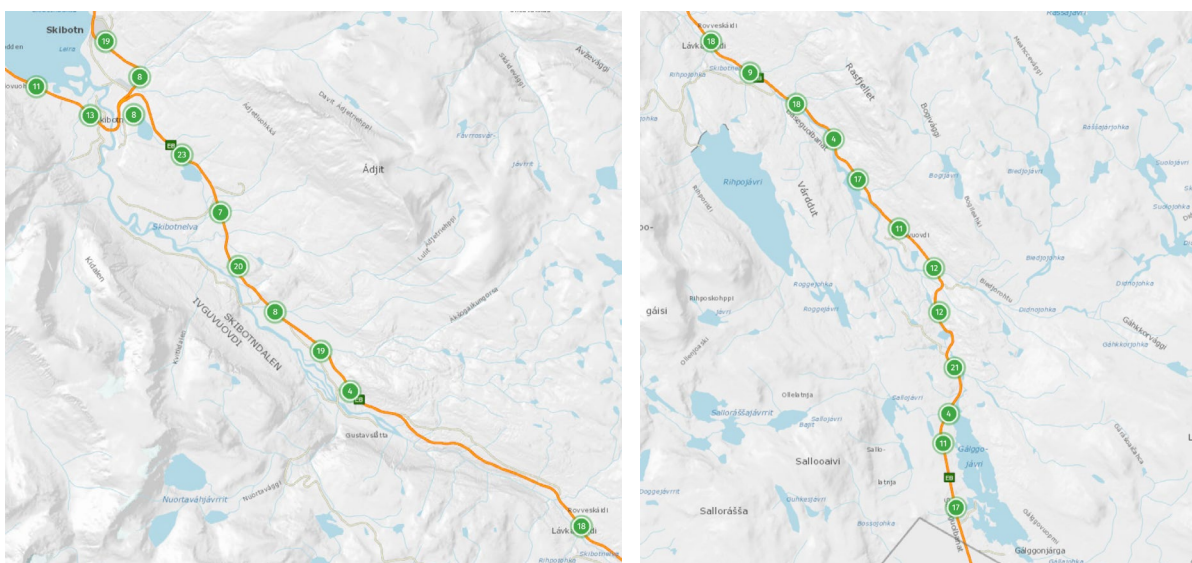
Figur 12: Halsebakken værstasjon



Figur 13: Lokasjon av telegrensemålerne

2.7 Eksisterende data i NVDB og PMS

I NVDB er det registrert data om vegoverbygningen under «Oppgravingslag». Kartet i figur 14 viser hvor det finnes data. Det er registrert 62 punkter fra 1976. Dvs. at det dekker hele vegen med 500 m mellom hvert punkt med unntak av parsellen opp Halsebakken (Hp 1 meter 19650-27150) som ble ombygget og åpnet i 2014.



Figur 14: Oppgravingsdata i NVDB

I PMS er det registrert data om vegdekker og dekkevedlikehold. Det finnes data på strekningen helt tilbake til 1966. Historiske dekkelag finnes i vedlegg 4.

Trafikkmengden (NVDB 2019) ÅDT=815 med 26% lange kjøretøy gir ÅDT-T=211 som tilsvarer trafikkgruppe B/C.

2.8 Andre datakilder

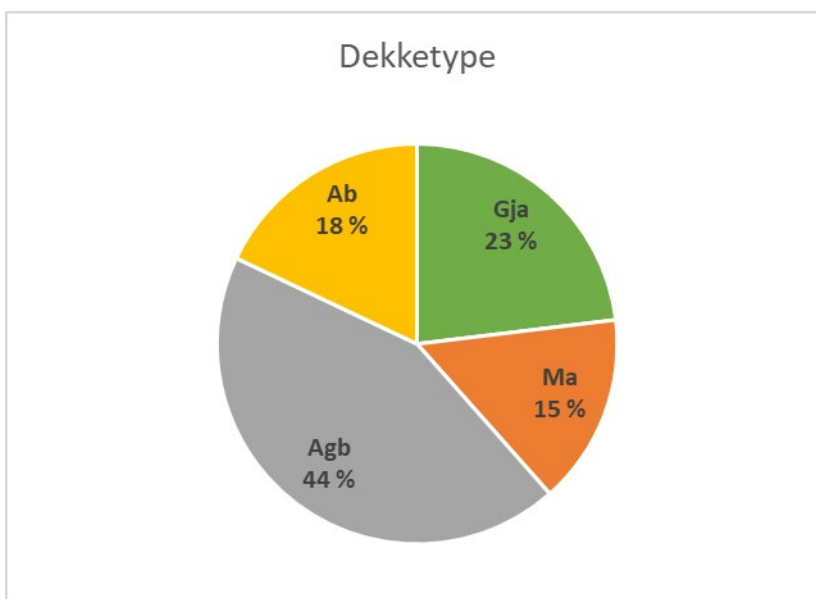
Det finnes ikke data i NVDB om overbygning på den nybygde delen i Halsebakken, men byggeplanen gir info om planlagt vegoverbygning. I tillegg ble det utført en oppgraving i forbindelse med nedsetting av telegrensemåler. Senorge.no gir info om nedbør- og grunnvannsnivå for måledatoene.

3 Vegdekker

3.1 Historiske dekkelag i PMS

Dekketype langs vegen varierer mellom Gja, Ma, Agb og Ab. Ut fra 1000m parseller er det beregnet ca. fordeling mellom de ulike dekketyper som vist i figur 15. Ut fra historiske dekkelag ser det ut til at vegen i utgangspunktet hadde et oljegrusdekke (3-4 cm) fra 1960-tallet som ble overlatt med enkel overflatebehandling sent 70-/tidlig 80-tallet. Deretter ble det på slutten av 80-tallet lagt et Ma-dekke (4-5 cm). På 90-tallet ble det lagt en del gjenbruksasfalt som «Roadmix m/30 kg ny asfalt (Ma16)». Det ble lagt noen tynndekker med Ma sent 90- /tidlig 2000-tallet. I 2011/2013 ble det gjort noe fresing og anrikning over kortere partier («Fra 4l/m²+Gk5cm») med Agb-dekke over (4 cm). I årene 2014-2019 er lagt Agb (2-4 cm) på store deler av vegen.

Det er vanskelig å få en fullverdig fremstilling av dekkevedlikeholdet da det er utført tiltak til forskjellige tidspunkter og forskjellige deler av vegen. Det henvises til vedlegg 4 for detaljer som gjelder tidligere vedlikeholdstiltak.



Figur 15: Dekketype i øverste dekkelag basert på 1000m-parseller i PMS

Georadarmålinger gir et kontinuerlig bilde på total asfalttykkelse langs hele strekningen som vist i figur 16 og vedlegg 1. Dekketykkelsen varierer mellom 5-30 cm tykkelse, mens størstedelen av vejen har 10-15 cm asfalttykkelse. Dette stemmer rimelig godt med historiske dekker registrert i PMS. Tolkede asfalttykkelser sammenfaller også godt med borkjerner bortsett fra m18600 som er kommentert i kapittel 4.2.



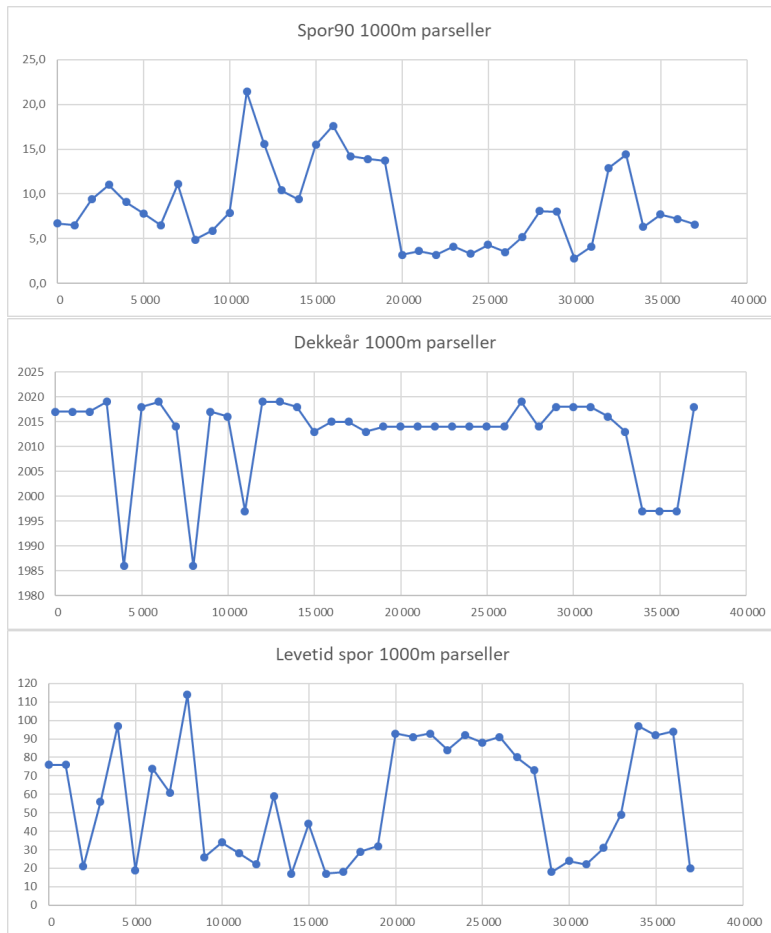
Figur 16: Asfalttykkelser kartlagt med georadar. Asfalttykkelser fra boreriger vist som søylar.

3.2 Dekketilstand og dekkelevetid

Dekketilstand er relativt god per 2020, dette også pga. at flere strekninger er dekkelagt i de senere år og at det ble utført til sammen 6,6 km flatelapping for m0-15395 i 2016-2018. Dette ser man også ut fra oversikten over dekkeår og spor90 for 1000m parseller som vist i figur 17. Dekkelevetiden for 1000m parseller er god og de parsellene med kortest levetid er på 17 år. Forventet levetid for Agb med ÅDT 301-1500 er 15 år iht. N200.

Enkelte av strekningene har relativt høye spor90-verdier selv om dekket er relativt nytt. Dette kan skyldes store initialspor eller flatelapping på de verste partiene som får spor90-verdien for lengre parseller innenfor kravet i vedlikeholdsstandarden. Sporutviklingen er tilsynelatende flat, men er komplisert å lese og gjøre gode analyser på pga. hyppige tiltak på kortere strekninger.

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



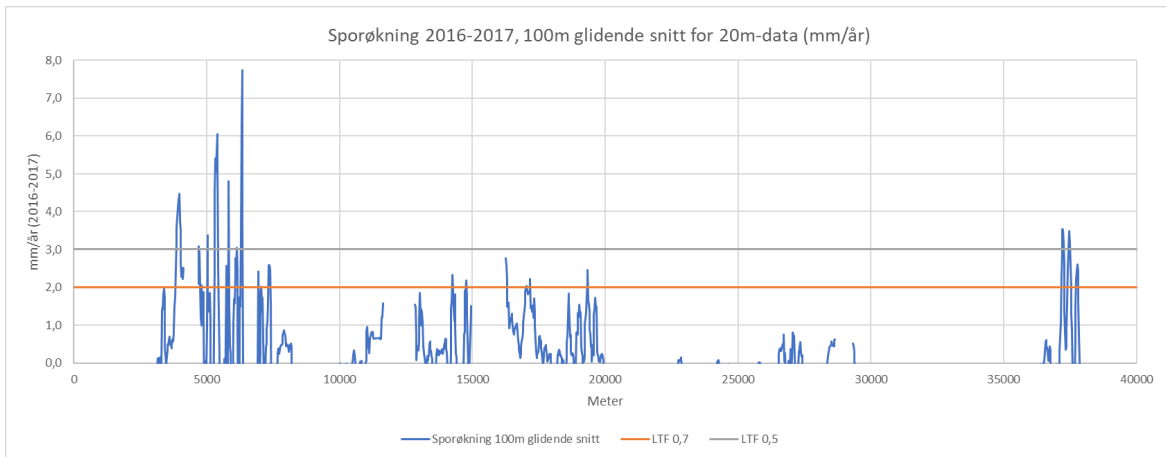
Figur 17: Spor90, Dekkeår og levetid spor for 1000m-parseller

Flatelapping og korte partier med nye dekker kan skjule partier med rask sporutvikling når man ser på 1000m parseller. For å få et bedre bilde av dette må 20m-data studeres. Det er beregnet 100m glidende snitt på 20m spordata fra 15.08.2016 og 06.09.2017 for å se på sporutvikling i mm/år, noe som kan gi en indikasjon på reel levetid mht. spor. Årene 2016 og 2017 er valgt fordi det ble lagt lite nye dekker i 2016. Ser man på hele strekningen som i figur 18 ser man at store deler av vegen har lav sporutvikling, men at det finnes partier der sporutviklingen er mye raskere enn det man kan se ut fra 1000m data. Det finnes partier med sporutvikling på $> 3\text{mm/år}$, dvs. levetidsfaktorer $< 0,5$ noe som vil tilsi $< 7,5$ års levetid.

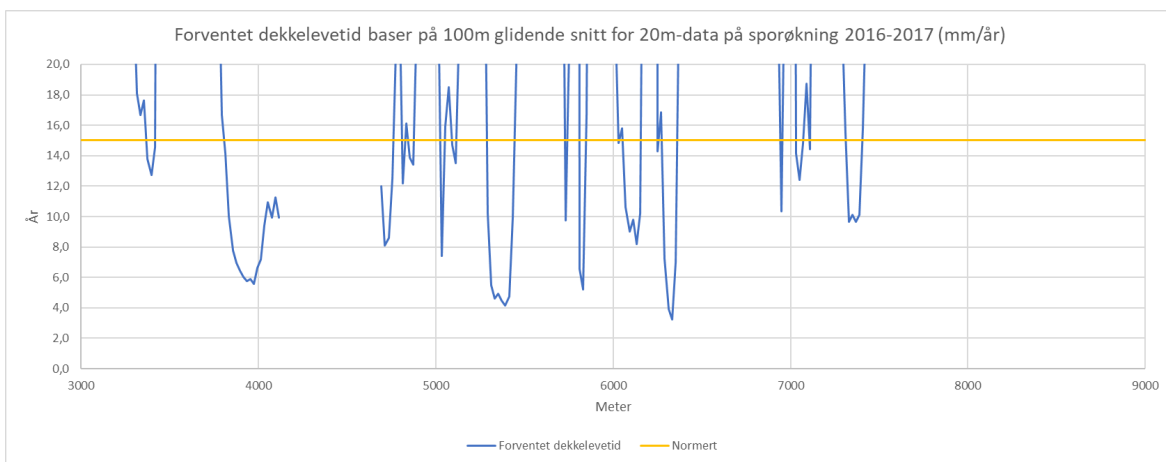
Ut fra sporutviklingen kan man beregne forventet levetid hvis krav til spordybde = 25 mm. Hvis man ser nærmere på meter 3-8000 som vist i figur 19 kan man spesielt merkes seg m5-6000 der deler av strekningen har levetider ned mot 4 år, mens ut fra levetid for 1000m-parseller ser parsellen ut til å ha 20 års levetid. Kumulativ fordeling av levetider basert på 20m data i figur 20 viser at 10% av strekningen som har levetid < 5 år og 27,5% levetid < 15 år som er den normerte levetiden. Dvs. at dekkelevetiden for strekningen m5000-6000 basert på 90/10-data for 100m glidende snitt på 20m data er på kun 5 år.

Dette viser at man ved bruk av detaljdata kan identifisere korte partier med stor sporutvikling. Ved å identifisere disse og gjøre tiltak mot underliggende årsaker kan levetiden for en lengre parsell økes uten omfattende tiltak på hele parsellen.

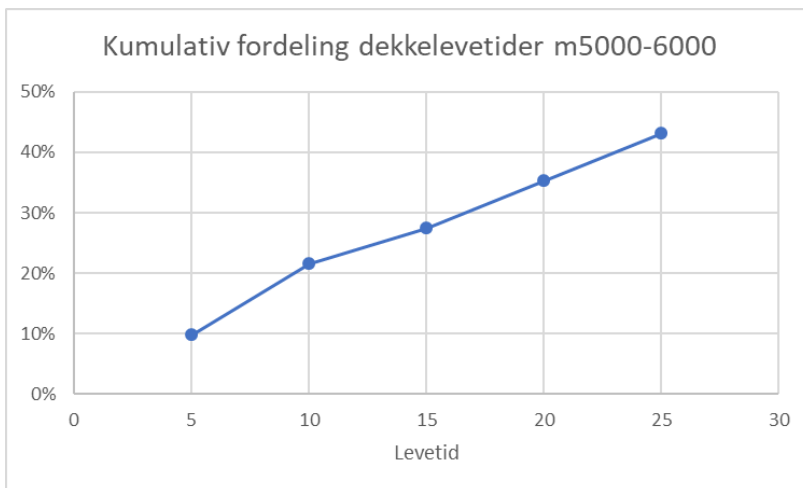
E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



Figur 18: Sporøkning (mm/år) 100m glidende snitt for hele strekningen.



Figur 19: Forventet dekkelevetid spor basert på 100m glidende snitt for m3000-9000.



Figur 20: Kumulativ fordeling av dekkelevetider for spor basert på 100m glidende snitt for meter 5000-6000.

4 Vegoverbygning

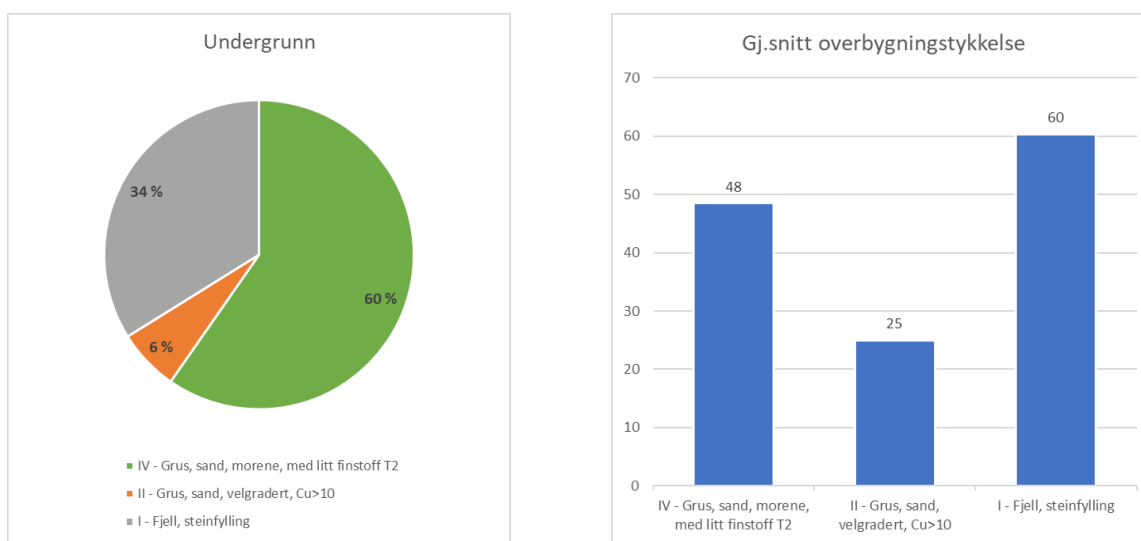
4.1 Oppgravingsdata

Oppgravingsprøver fra NVDB er fra 1976 og er ikke oppdatert for senere dekkevedlikehold. De vil derfor gi begrenset relevant informasjon. Undergrunn og lag dypere enn 30 cm dybde kan man anta er urørt siden 1976. Lag over dette nivået kan være endret som følge av for eksempel fresing/anrikning og dekkelegging.

Generelt består vegkroppen av T2-materialer. Hvis man ser bort fra dekketiltak etter 1976 varierer total overbygningstykkelse mellom 13-112 cm med et gjennomsnitt på 51 cm.

Undergrunn består for det meste av grus, sand, morene T2 og fjell, steinfylling med fordeling som vist i figur 21. Gjennomsnittlig overbygningstykkelse for de ulike typer undergrunn vises også i figur 21. Resultater fra borerer utført i 2019 vises i tabell 2 og vedlegg 5. Boringene viser at undergrunnen delvis også består av T3-T4 materialer i dybder under 1m.

Oppgravingsprøvene i NVDB går ikke så dypt og derfor kan de være noe misvisende på undergrunnstype. Analyser av øverste prøve 0-1m viser at øvre del av vegkroppen består av sandig grus og sandig grusig materiale T1-T2 med finstoffinnhold på 4,6-17,7 % av materiale <0,063 mm av materiale <22,4mm. De fleste prøvene har finstoffinnhold på >7 % og er derfor vannømfintlige.



Figur 21: Undergrunnstype og overbygningstykkelser fra NVDB-data.

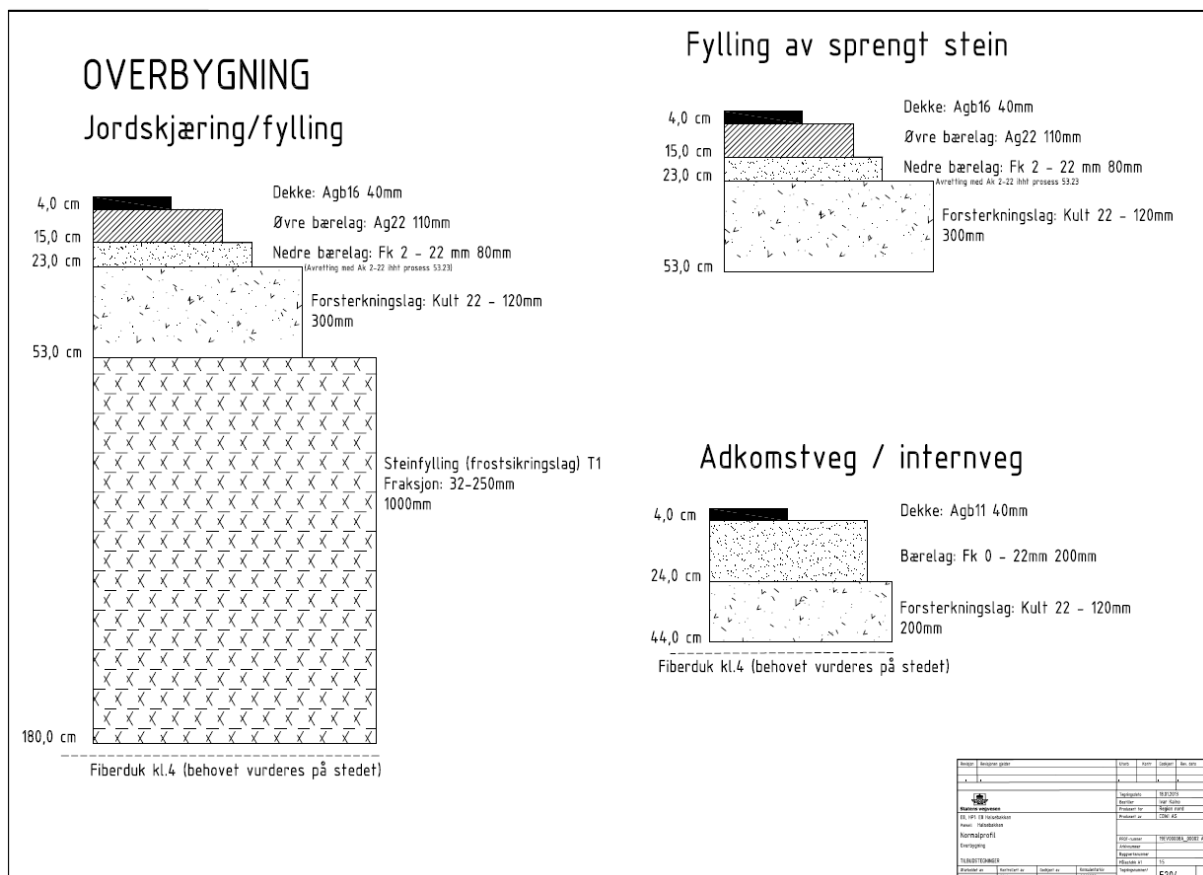
E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder

Tabell 2: Resultater fra boringer

Meter	Asfalt-tykkelse (cm)	Prøvedybde	Materiale	Dybde til berg (m)
910	5,5	0,2-1m	Sandig grus T2	2,04
2480	13,5	0-1m	Grusig sandig mat. T2	1,68
9520	13	0-1m 1-2m	Grusig sandig mat. T1 Sandig siltig grusig mat. T4	Ikke boret til berg
18600	15,5	0-1m 1-2m	Sandig grus T1 Sandig siltig grusig mat. T3	3,08
20600	15	0,2-0,8m	Grus T2	Ikke boret til berg
25420	18	0,3-1m 1-2m 2-3m	Grusig sandig mat. T2 Grus T2 Grusig sandig mat. T2	10,56
33000	16,5 (23)*	0,2-1,2m 1,2-2,2m	Grusig sandig mat. T2 Sandig grusig siltig mat. T2	2,80
37260	16,5	0,2-1,2m 1,2-2,0m	Sand T2 Grusig sandig mat. T2	Ikke boret til berg

* Nederste lag porøst og smuldrer opp ved boring

Figur 22 viser overbygning fra byggeplan for parsellen ved Halsebakken (Hp 1 meter 19650-27150) som ble ombygget og åpnet i 2014.



Figur 22: Byggeplantegning for Halsebakken

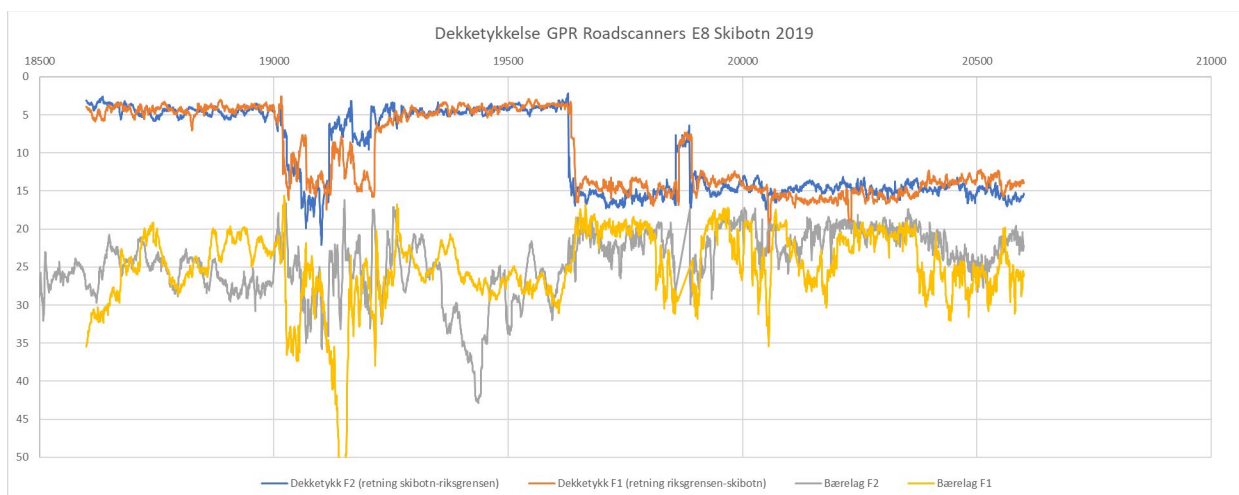
4.2 Georadar

Georadardata ble tolket av de som målte og det ble rapportert dybde til bunn av alle laggrenser for hver meter innenfor strekningen meter 18600-20600. Bunn overbygning ligger på 67 cm dybde i gjennomsnitt, med variasjon på 14-282 cm basert på georadar i felt 1.

I det videre er det valgt å se på tolking av dekke(asfalt)tykkelse for å sammenligne de to utstyrene og tolkingen. Siden det er ulikt utstyr, ble også måten tolking ble utført og rapportert på forskjellig og dette kan ha innvirkning på resultatene. 2 borer i meter 18600 og 20600 var tilgjengelige for kalibrering.

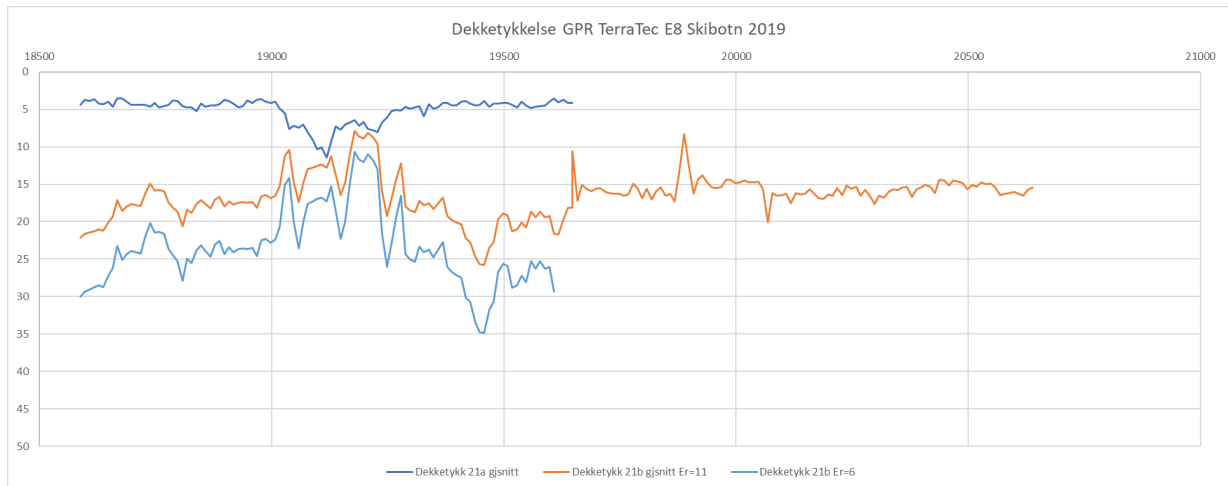
Roadscanners målte med antenner som måler 1 målelinje per kjørefelt (i høyre hjulspor) og tolker derfor dybder til bunn lag for hver målelinje. Det er derfor tegnet ut en linje for hvert kjørefelt med 1m oppløsning. Figur 23 viser Roadscanners sin tolking. De har tolket et dekke og et bærelag.

TerraTec målte med 3D-radar og oppgir derfor dekketykkelser som 1 minimum og 1 maksimumsverdi i 10m-intervaller for områder på 4x10m. 4 meter er den målte bredden av vegbanen (2m bred 3D-radar gir totalt 4 m bredt målt område når det måles i begge kjørefelt). I figur 24 er det plottet gjennomsnittet av min/maks-verdiene. Tolkingen gir dermed ikke info om det er forskjeller på tykkelser mellom kjørefeltene, men en gjennomsnittlig verdi for begge kjørefelt. TerraTec har tolket 2 ulike lagskiller som ser ut til å være bunn asfalt. Dekketykkelse (linje 21a i figur 24) tilsvarer et 5 cm tykt lag som kan være en reasfaltering. Borekjernen fra m18600 viser også et todelt veidekke. Neste tydelige lagskille (linje 21b $E_r=11$ i figur 24) ble forsøkt kalibrert mot borprøven som viste 15,5 cm asfalttykkelse. For å forsøke å matche denne ble E_r -verdien (dielektrisk verdi) satt til 11, noe som er en urealistisk høy E_r -verdi for asfalt. Det ble derfor også rapportert samme lagskille med $E_r=6$ (som er samme E_r -verdi som Roadscanners har brukt). Det er linje 21b $E_r=6$ i figur 24 som må brukes når man skal sammenligne TerraTec og Roadscanners sin tolking av nederste lag. Det er derfor meget viktig å ha et bevisst forhold til og vite hvilken E_r -verdi som er brukt i tolking av dybdedata.



Figur 23: Roadscanners tolking av dekketykkelser for meter 18600-20600

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder

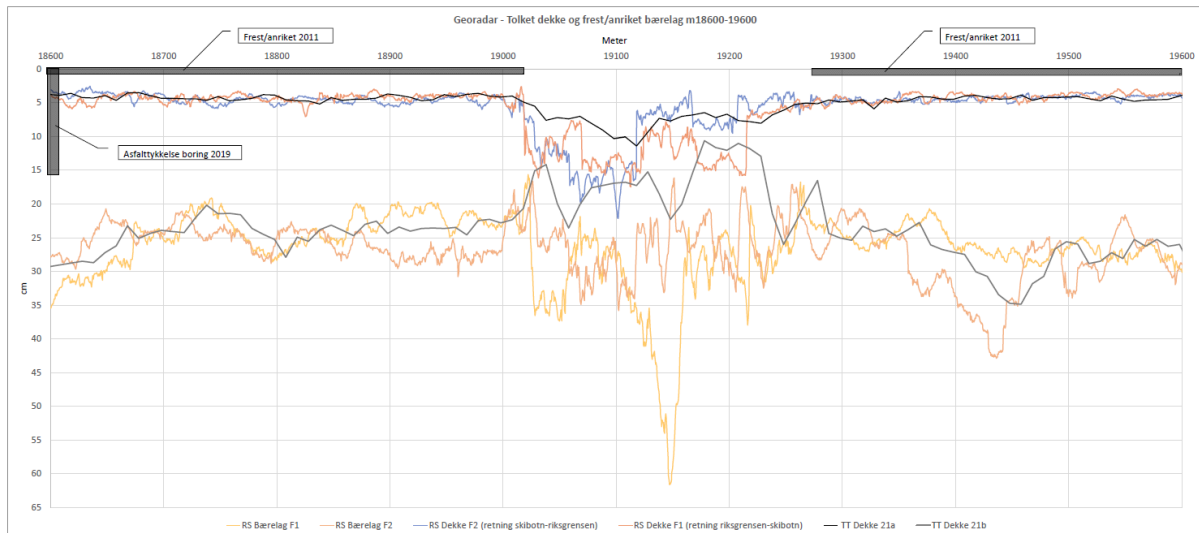


Figur 24: TerraTec's tolking av dekketykkelser for meter 18600-20600 (se forklaring til de ulike linjene på side 15).

Historiske dekkelag viser at det ble frest og anriket 70 mm + tilsatt 50 mm Gk for m18507-19028 og 19279-19636 i 2011. I 2013 ble det gjort samme stabiliseringsjobb for m17364-18507 (denne er mye bedre synlig i dataene og matcher godt i tykkelser). Dekke var 4,5 cm Agb. Øverste dekkelag stemmer godt med GPR data. Bunn av fresing/anrikning er ifølge historiske dekkelag på 164 mm dybde hvis en antar $70+50=120$ mm fresedybde. Ved m18600 viser boringen bunn av fresing på 155 mm. TerraTec har tolket bunn av dette laget til 214 mm (snitt av min/max, min=172 og max=257), og Roadscanners har tolket bunn av laget til 278 (F2) og 350 mm (F1). Det er dårlig korrelasjon mellom borkjerne, registreringer i PMS og tolkede linjer. Det er tydelig fra georadardata at fresing mest sannsynlig er utført dypere enn det som er registrert i PMS. Det er usikkert hvorfor borkjernen ikke viser sammenfallende tykkelse på fresingen, men en forklaring kan være at borkjernen har delt seg. Det vil også alltid være en fare for at borkjerne og GPR ikke er tatt på akkurat riktig sted i både lengde og tverretning. Dette gjelder spesielt hornantenner som bare kjører ett spor.

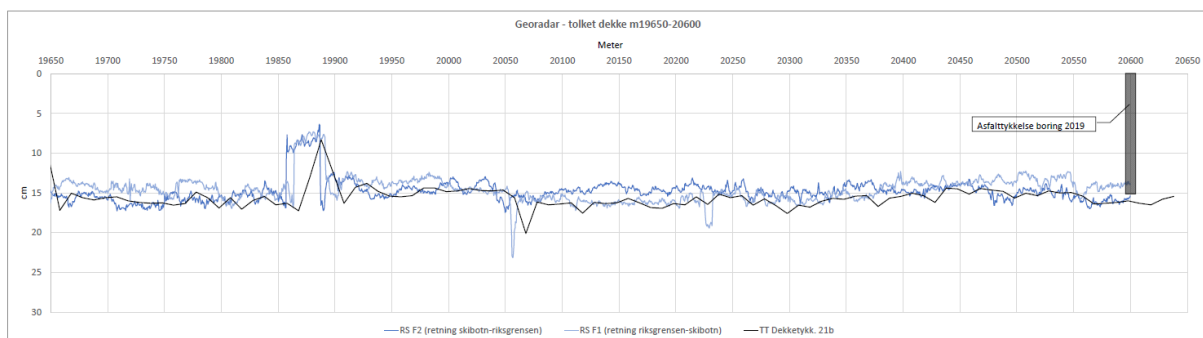
Det er laget en sammenstilling av de to tolkingene for m18600-19600 (den eldre vegdelen) i figur 25. Tolking av det øverste asfaltlaget viser god overenstemmelse mellom Roadscanners og TerraTec. Når E_r settes til 6 er det også god overenstemmelse på tolking av det nedre laget. I partiet der det ikke er utført anrikning skiller det imidlertid mer mellom tolkingene. Dette kan nok ha sammenheng med at det ikke er noen tydelige lagskiller da overgang mellom «bærelag» og underliggende lag er mye mindre tydelige enn der det er utført stabilisering.

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



Figur 25: Sammenstilling av tolkede linjer fra Roadscanners og TerraTec for m 18600-19600

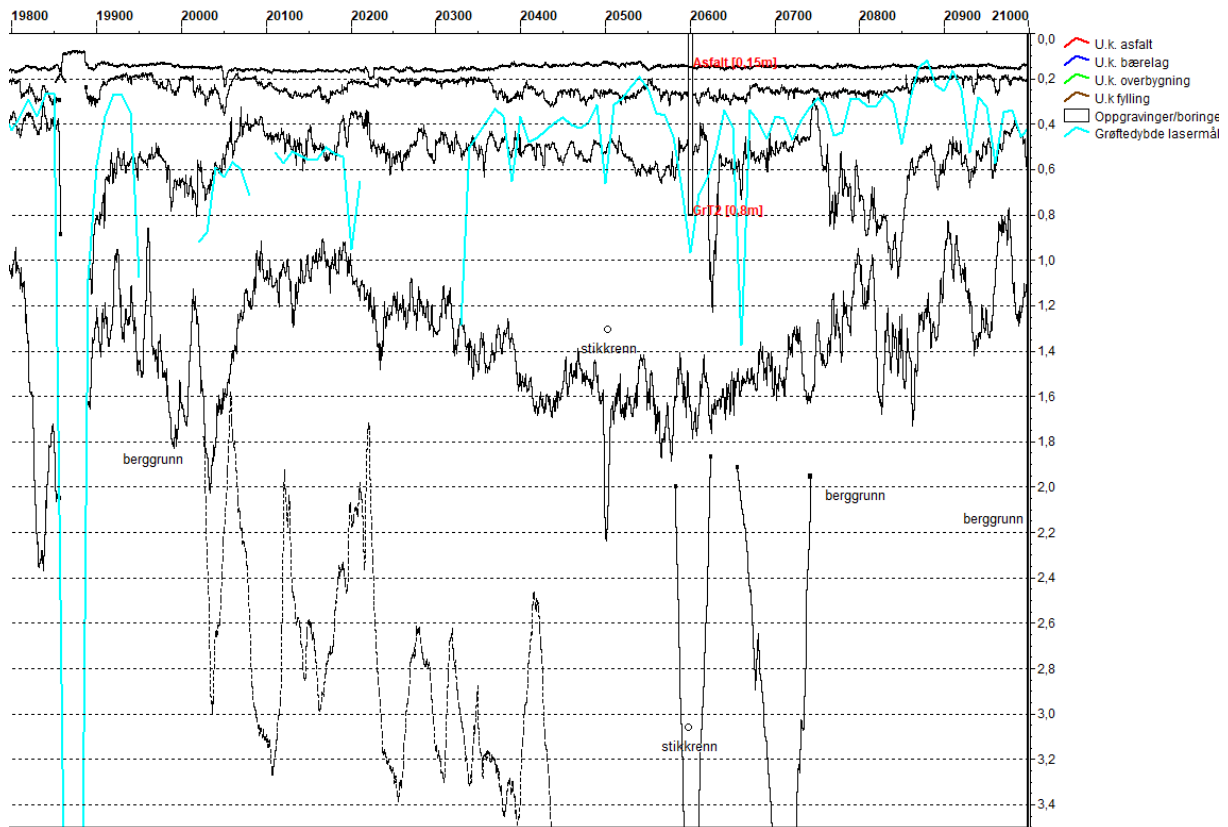
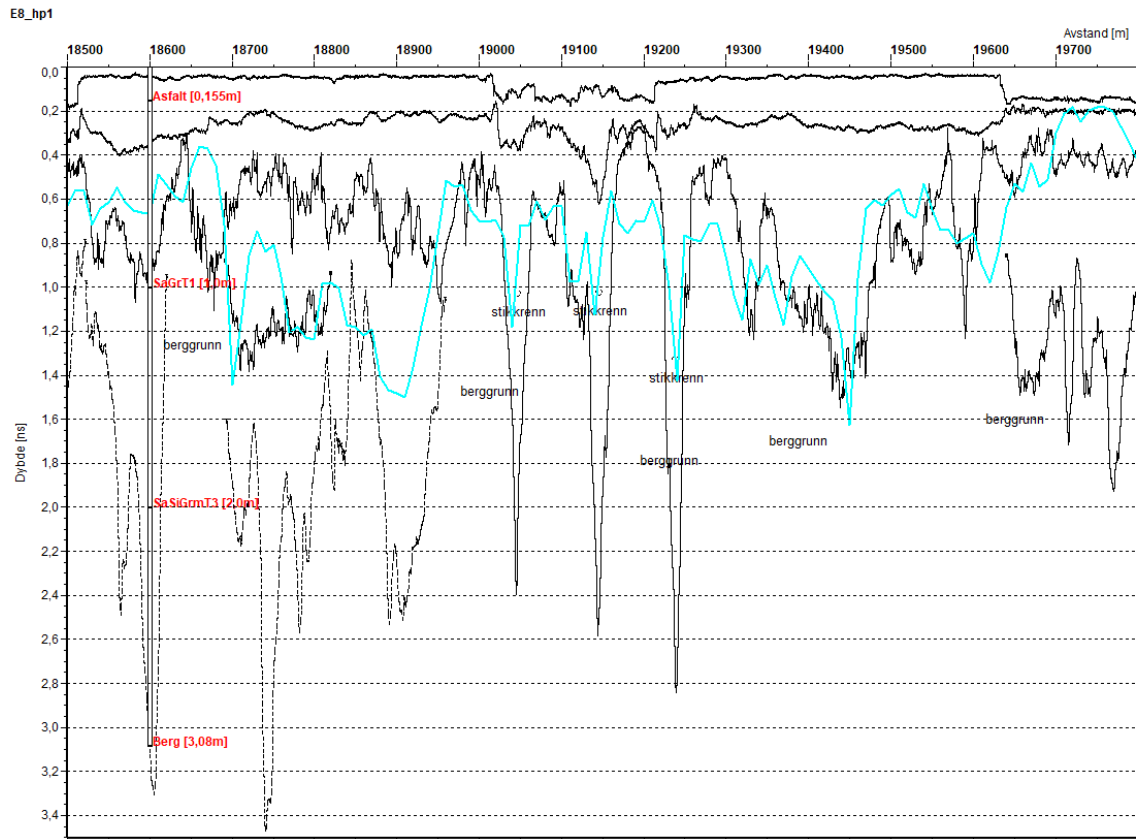
Figur 26 viser sammenstilling av tolking av dekketykkelser for m19650-20600 (den nyere vegdelen). Boring i m20600 viste 15 cm dekketykkelse og denne stemmer godt overens med tolkede georadarlinjer. Det er for praktiske formål godt sammenfall mellom Roadscanners og TerraTec sine tolkninger selv om TerraTec sin linje ligger 1-2 dypere enn Roadscanners.



Figur 26: Sammenstilling av tolkede linjer fra Roadscanners og TerraTec for m 19600-20600

Det er ikke gjort noen analyser av de andre tolkede linjene slik som bunn overbygning og berggrunn. Figur 27 viser imidlertid en komplett tolking av Roadscanners sine data for m18600-20600 der man også ser bunn av overbygning, fylling og antatt bergoverflate (prikket lilla linje) i tillegg til at stikkrenner er tolket. Bunn av overbygning og antatt bergoverflate stemmer godt med boringen i m18600.

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



Figur 27: Roadscanners sine data fra georadar og grøftedybder for m18600-20600. Boringer er også lagt til.

5 Bæreevne

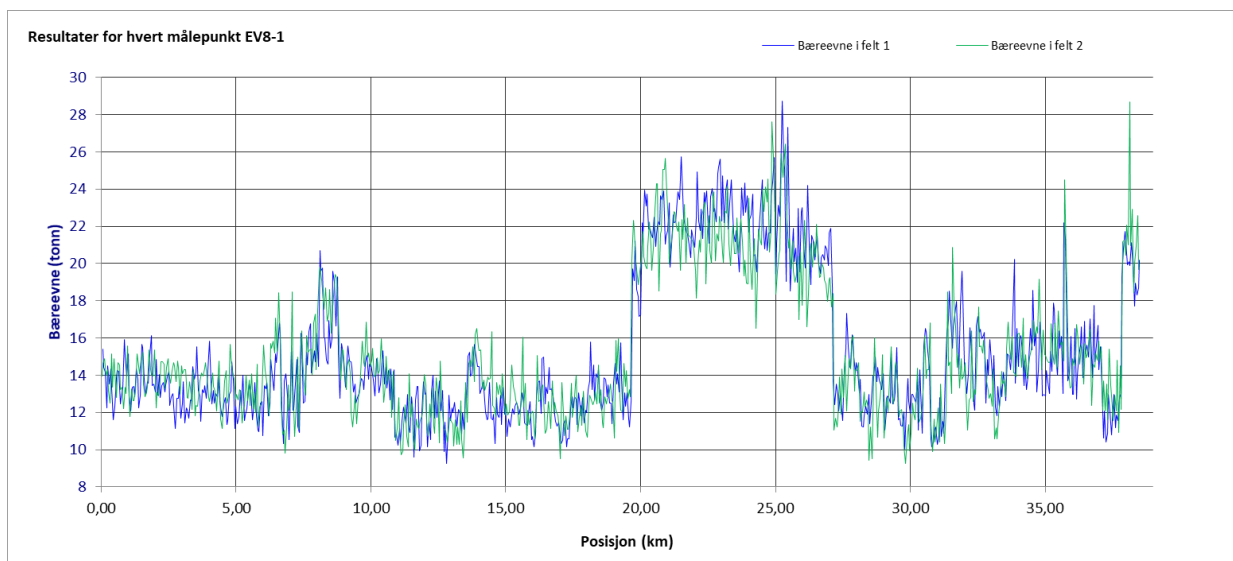
5.1 Sommerbæreevne 2018

Bæreevнемålinger med fallodd ble utført 11.09.2018. Målt strekningsbæreevne var på 11,5 tonn for felt 1 og 11,4 tonn for felt 2. Felt 1 er i retning Riksgrensen-Skibotn, mens felt 2 er i retning Skibotn-Riksgrensen.

Målt bæreevne er kun gyldig for forholdene på måletidspunktet. Det er derfor viktig å se på temperatur- og fuktforhold på måledagen når man skal bruke dataene videre.

Grunnvannsstanden på måletidspunktet var normalt til lav ifølge senorge.no, og derfor er målingene kun representative for sommerbæreevnen. Dekketemperaturen (overflate) varierte fra 10,9-22,3 grader.

Figur 28 viser målt bæreevne langs vegen uten temperaturkorrigering. Man kan se at det er spesielt god bæreevne for ca. m20000-27000 med bæreevne 20 tonn og mer. Dette er den nybygde strekningen fra 2014 og figuren viser tydelig nivåforskjellen på en veg bygd iht. dagens vegnormaler med tykke asfaltdekker og ikke-vannømfintlige materialer og veger fra 60/70-tallet med tynnere asfaltdekker og vannømfintlige materialer i vegkroppen. De svakeste partiene er m11000-14000 med bæreevne på 10-14 tonn og også noen punkter med <10 tonn. Generelt bør sommerbæreevnen være >14 tonn for å være sikker på at teleløsningsbæreevnen er tilstrekkelig. Ifølge rapport VD373 (ref. 3) må en regne med 3-4 tonn redusert bæreevne i teleløsningen. Hvis dette skal legges til grunn har store deler av vegen for lav bæreevne.



Figur 28: Bæreevne i tonn for måling utført 11.09.2018

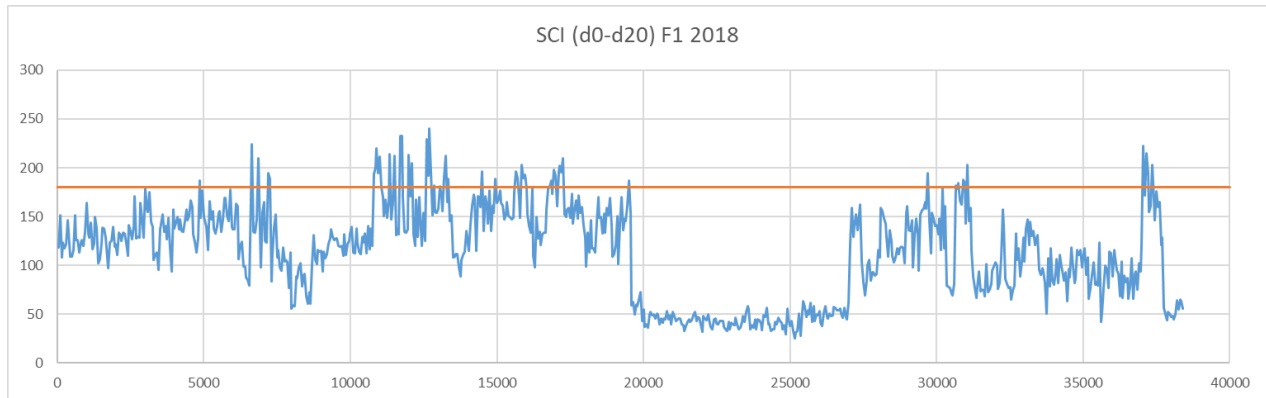
For å se på svakheter i vegkonstruksjonen er det brukt klassifisering vha. SCI (D0-D20) som et mål på styrken på øvre del av vegkonstruksjonen (bærelag) og BCI (D90-D120) som et mål på nedre del av konstruksjonen (forsterkningslag/undergrunn) som vist i tabell 3 (ref. 4). Plottet SCI og BCI langs vegen vises i figur 29 og 30 med grenseverdi for «Mulig problematisk». Ut fra denne ser man at strekningen med lav bæreevne (m11-14000) har svakheter i bærelaget. Også rundt m7000 og 37000 er det svakheter i bærelag selv om ingen punkter er klassifisert som «Dårlig». Man kan også legge merke til de meget lave SCI-verdiene for den nybygde strekningen m20600-27000. Strekningen m27000-37000 har svakheter i undergrunn/forsterkningslag, men bare noen få punkter er klassifisert som «Dårlig». Ellers er det få partier som har svakheter i grunnen.

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder

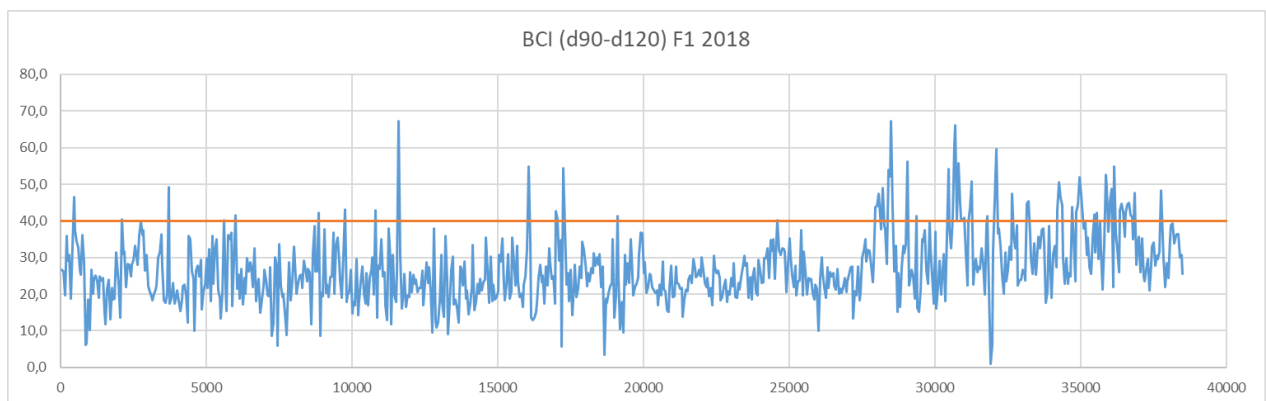
Tabell 3: Klassifisering vha. SCI og BCI-verdier

SCI (d ₀ - d ₂₀)	Klassifisering
< 180	God
180-250	Mulig problematisk
250-400	Dårlig
> 400	Meget dårlig

BCI (d ₉₀ - d ₁₂₀)	Klassifisering
< 40	God
40-60	Mulig problematisk
60-100	Dårlig
>100	Meget dårlig



Figur 29: SCI-verdier plottet langs vegen. Oransje linje angir grense for «Mulig problematisk».



Figur 30: BCI-verdier plottet langs vegen. Oransje linje angir grense for «Mulig problematisk».

5.2 Teleløsningen 2020

Våren 2020 ble det utført målinger på 3 utvalgte strekninger vist i tabell 4 i teleløsningen. Måledatoene var 16. april, 23. april og 19. mai. I tillegg ble det utført en referansemåling på høsten, 3. september 2020 som tilsvarer sommerbæreevnen. Telegrensemålerne ved Nedre Halsebakken og Bossavarri var til hjelp for å velge måletidspunkt og vil være støtte til tolking av målingene.

Tabell 4: Strekninger målt i teleløsningen 2020

Strekning	Meter	Måledatoer	Nærmeste telegrensemåler*
Øvre del	10943-13693	23. april og 19. mai	Bossavarri m910
Midtre del	18543-20593	23. april og 19. mai	Nedre Halsebakken m25420
Nedre del	27119-38318	16. april (kun felt 2) og 23. april	Nedre Halsebakken m25420

*se også kap. 5.2.1.

For å kunne sammenligne målingene er det utført en enkel temperaturkorrigering (mot referansetemperatur 20 grader) vha. målt overflatetemperatur i hvert målepunkt. Følgende formel er brukt for kalibreringen (ref. 5):

$$\text{Korrigert bæreevne} = \frac{\text{Bæreevne}}{1,3 - 0,015 \times T} [\text{Tonn}]$$

hvor

$T = \text{dekketemperaturen midt i dekket } (^{\circ}\text{C})$

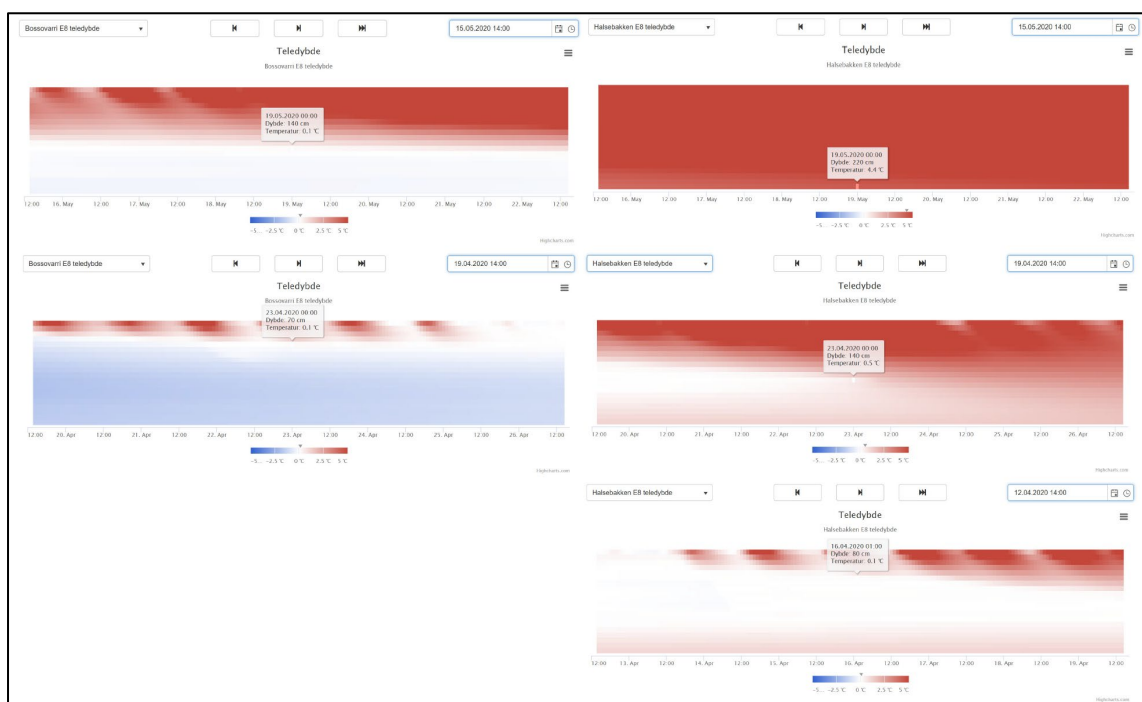
Korrigert bæreevne knyttes til referansetemperatur $T_r = 20^{\circ}\text{C}$

Resultatene kan kun brukes til sammenligning av målinger, og ikke som et mål på absolutt bæreevne.

5.2.1 Vann- og temperaturforhold på måledatoene

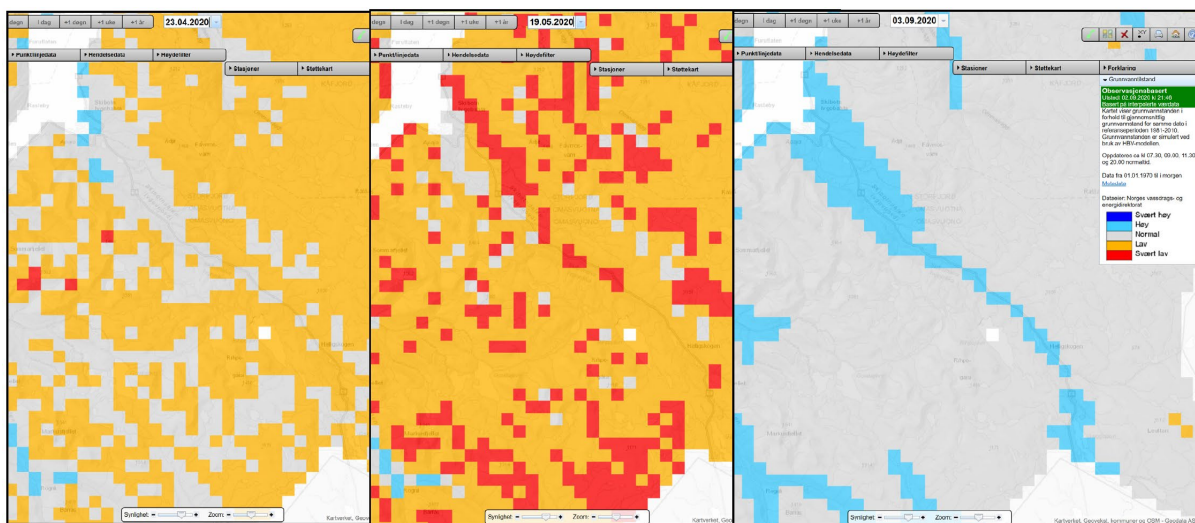
Figur 31 viser data fra telegrensemålerne på måledatoene. Bossavarri målestasjon ligger noe høyere i terrenget enn øvre del så man kan regne med at vegen i øvre del er noe mer tint enn det målingene viser. Halsebakken ligger noe lavere enn midtre del og på ca. samme høyde, men noe lengre inn i landet enn nedre del. Man kan derfor regne med at midtre del er noe mer frosset enn målingene viser og at nedre del er ganske lik målingene. Det er også en faktor at Halsebakken målesensor er installert i en nyere vegkropp med sannsynlig mer åpne masser enn den eldre vegen. Derfor vil denne fryse og tine raskere enn de eldre vegstrekningene.

På Bossavarri målestasjon var det 23. april tint ned til ca. 70 cm dybde, mens 19. mai var det tint ned ca. 140 cm dybde. På Halsebakken målestasjon var det 16. april tint ned til ca. 80 cm dybde. 23. april var det tint ned til ca. 140 cm dybde, mens 19. mai var vegen helt tint. Data fra målingen på nedre del 16. april viste at det fortsatt var tele i vegkroppen, og dette bekrefter at den nyere konstruksjonen tiner raskere enn den mer finstoffrike vegkroppen. 23. april ser ut til å være den datoen som har truffet teleløsningen best for øvre og midtre målestrekning. Nedre del ble ikke målt 19. mai pga. at vegen da var helt tint.

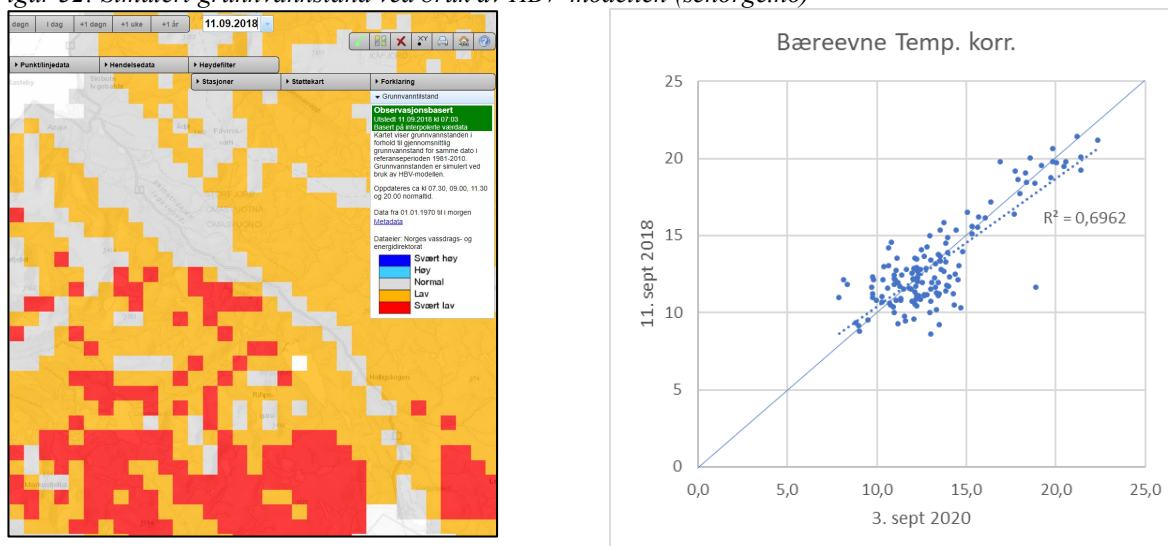


Figur 31: Data fra telegrensemålerne på måledatoene for nedbøyningsmålingene

Data på grunnvannstilstand er hentet fra senorge.no som vist i figur 32. Kartene viser simulert grunnvannstand ved bruk av HBV-modellen (ref. 6), og viser grunnvannstanden i forhold til gjennomsnittlig grunnvannstand for samme dato i referanseperioden 1981-2010. Ut fra kartene kan man se at den 23. april var grunnvannstanden normal til lav, den 19. mai lav til svært lav og den 3. september høy. Dette betyr at høy grunnvannstand den 3. september kan ha påvirket resultatene til å bli dårligere enn de ville ha vært ved måling på et tørrere tidspunkt. Lav grunnvannstand 19. mai kan også påvirke resultatene til å bli bedre enn de ville vært i en våtere periode. Figur 33 viser grunnvannstand for målingen 11.09.2018 og her er grunnvannstanden normal til lav. En sammenligning av 03.09.2020 og 11.09.2018 vil kunne si noe om effektene av grunnvannstand slik den er presentert på senorge.no, men som figur 33 viser er det ikke grunnlag for å si at det har hatt noen effekt. Strekkinger der det er gjort dekketiltak i tidsrommet mellom målingene er fjernet fra analysen.



Figur 32: Simulert grunnvannstand ved bruk av HBV-modellen (senorge.no)



Figur 33: Effekt av grunnvannstand på målt bæreevne

5.2.2 Differanser i temperaturkorrigert strekningsbæreevne

Tabell 5 viser resultater for temperaturkorrigert strekningsbæreevne for de ulike måletidspunktene. Resultatene viser at differansen i strekningsbæreevne mellom sommer og teleløsning ligger på 1,4-1,7 tonn og at differansen er størst for strekningen med lavest

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder

sommerbæreevne og svakheter i bærelag. På den nedre delen der sommerbæreevnen var bedre, og svakheter i konstruksjonen ligger dypere kan man ikke se store differanser. Dette viser at vegger med lav sommerbæreevne og svakheter i bærelag er mest utsatt for reduksjon i bæreevnen i teleløsningen.

Tabell 5: Resultater for temperaturkorrigert strekningsbæreevne for teleløsningsmålingene.

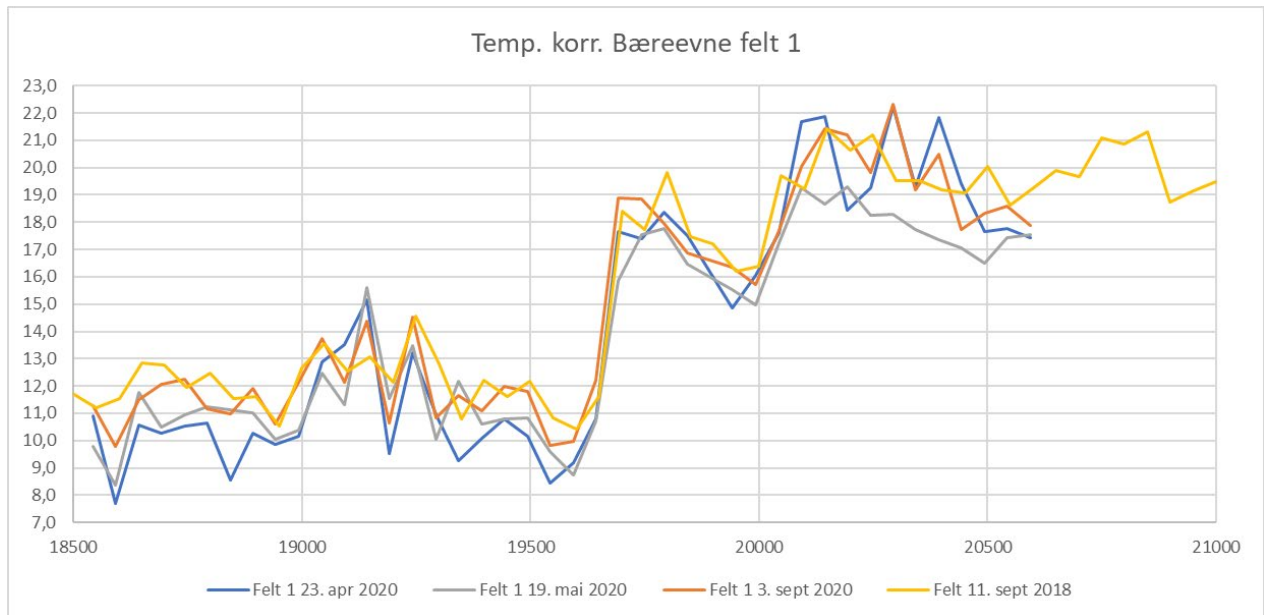
90/10 Bæreevne (temp. korr.)

Strekning	Meter hp1	Felt	16.apr	23.apr	19.mai	03.sep	Største differanse mot 3. sept.
Øvre del felt 1	10943-13693	1		7,3	8,5	9,0	-1,7
Midtre del gml. veg felt 1	18543-19643	1		8,7	9,6	10,1	-1,4
Midtre del ny veg felt 1	19692-20593	1		17,0	15,8	16,7	-1,0
Nedre del felt 1	27119-38318	1		10,6		11,1	-0,6
Nedre del felt 2	27119-38318	2	11,5	10,4		10,1	0,3

Figur 34 viser temperaturkorrigert bæreevne for målingene i 2018 og 2020 for midtre del (m18600-20600). Fra denne ser man at for den gamle delen av vegen (m18600-19600) var bæreevnen lavest 23. april og det er signifikant forskjell fra 3. september. Største differanse i bæreevne var på 2,5 tonn. Det er også verdt å merke seg at de partiene som er frest og anriket i 2011 har lavere bæreevne og større reduksjon i bæreevnen i teleløsningen enn midtpartiet (ca. m19028-19279) som ikke er frest og anriket.

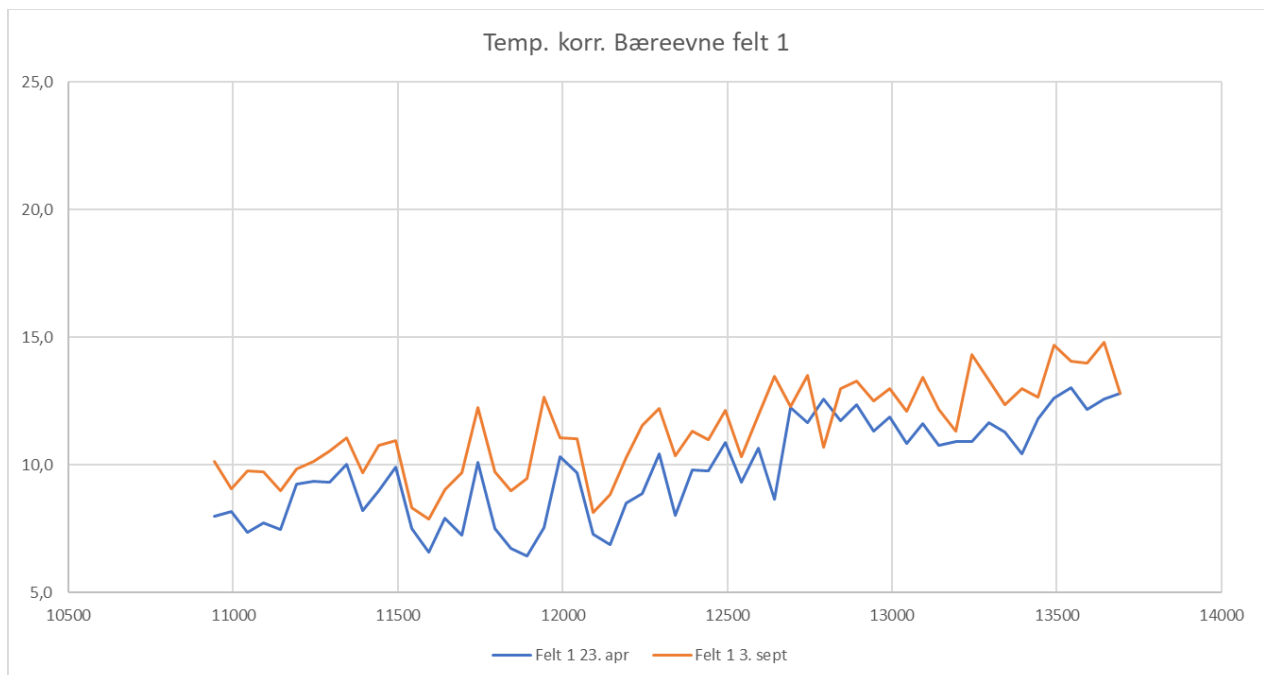
For den nye delen av vegen (m19600-20600) er det ikke stor forskjell på bæreevnen 23. april og 3. september, men 19. mai er det fra ca. m20100-20500 stor forskjell i bæreevnen fra 3. september. Størst forskjell i bæreevne var på 4 tonn. Fra vegbilder kan man se at vegen går i jordskjæring på dette partiet, men ut fra BCI-verdier ser det ikke ut til å ha vært oppbløting av undergrunn/frostsikringslag som er årsaken. SCI-verdiene 19. mai er litt høyere enn 3. sept., og dobbelt så høyt som 23. april. Det kan dermed se ut til at det er materialer i øvre del av vegkroppen som tar til seg vann i perioden mellom 23. april og 19. mai. Dette må være forsterkningslaget som skal bestå av kult 22/125, men prøven fra 0,2-0,8m i punkt m20600 viser vannømfintlig grus 0-40 mm T2. Boring med naver kan selvsagt ha knust ned materialet noe og det kan også være noe innblanding av det underliggende frostsikringslaget. Likevel antyder dette at for høyt finstoffinnhold i forsterkningslaget fører til redusert bæreevne i teleløsningen. At nedsatt bæreevne kommer noe senere for denne strekningen kontra den eldre biten av vegen som ligger like ved kan ha noe med tiden det tar for vannet å bløte opp ulike materialer. Selv om bæreevnen er svekket så er den likevel såpass høy at det ikke skal være fare for permanente deformasjoner.

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



Figur 34: Temperaturkorrigerert bæreevne for målingene i 2018 og 2020 for midtre del (m18600-20600).

Figur 35 viser temperaturkorrigerert bæreevne for målingene 23. april og 3. september 2020 for øvre del (m10900-13700). Fra disse resultatene ser man at det er gjennomgående lavere bæreevne i teleløsningen enn på sommeren for hele strekningen. Største differanse er på 2,3 tonn mens gjennomsnittlig differanse er på 1,6 tonn.



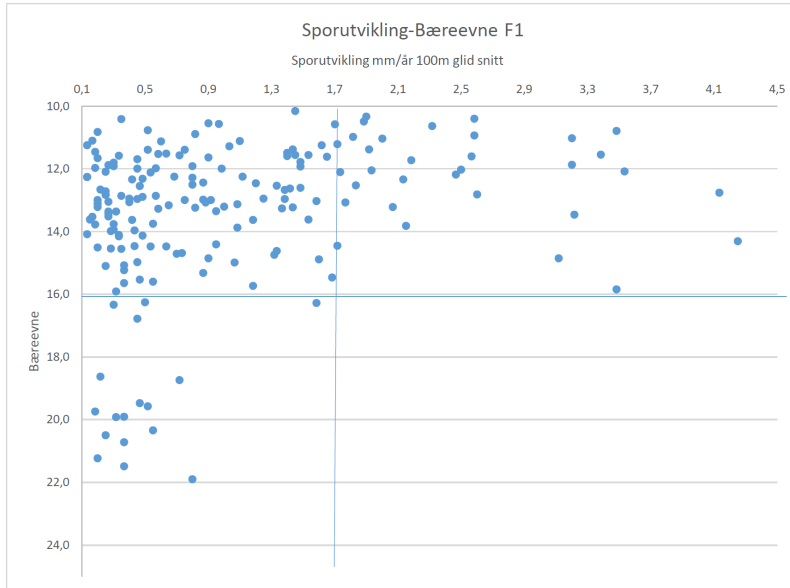
Figur 35: Temperaturkorrigerert bæreevne for målingene 23. april og 3. september 2020 for øvre del (m10900-13700).

5.3 Korrelasjoner mellom bæreevne og sporutvikling

Det er sett på korrelasjoner mellom sommerbæreevne 2018 og sporutviklingen 2016-2017 som vist i figur 36. Det er ingen gode korrelasjoner her, men man kan trekke noen enkle slutninger ut fra figuren. Ved bæreevne <16 tonn er det potensiale for stor sporutvikling, men lav bæreevne betyr ikke nødvendigvis at sporutviklingen blir stor. Sporutviklingen kan

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder

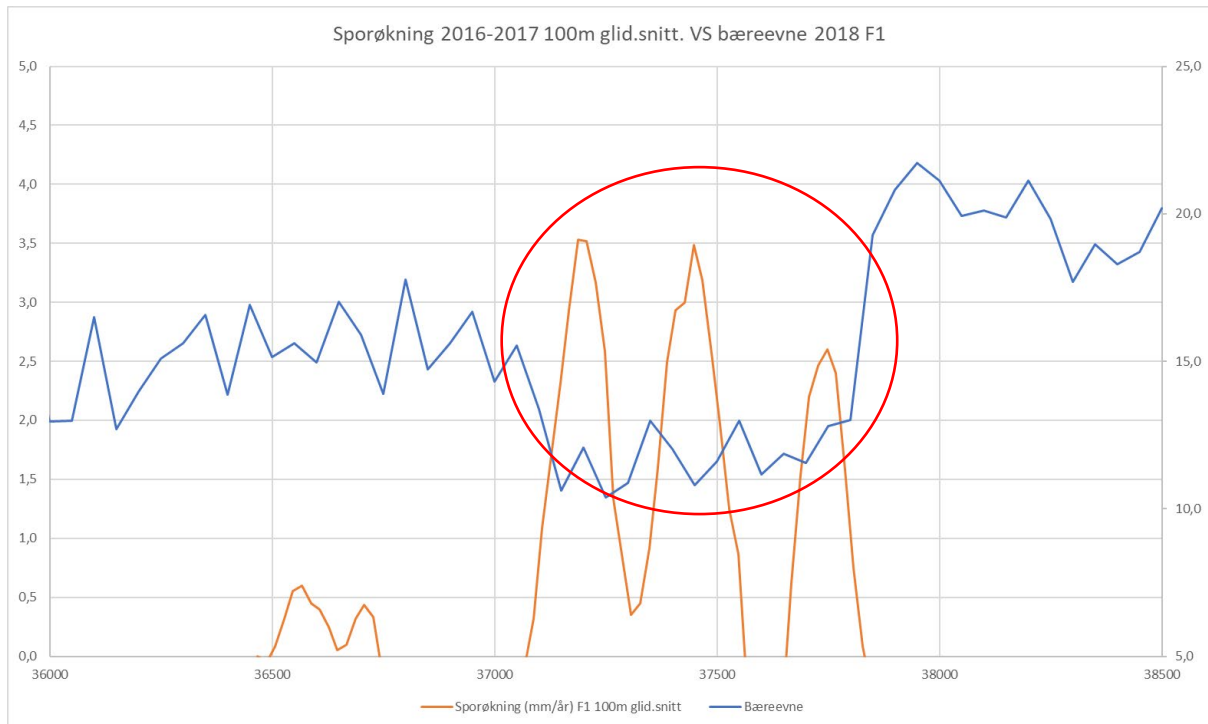
skyldes andre faktorer enn målt bæreevne. Vegen har også lav trafikkmengde så selv om det er målt lav bæreevne er det ikke sikkert trafikken er stor nok til at det gir utslag i spor. Bæreevne måling med fallodd gjennomføres som punktmålinger, normalt hver 50. meter og fanger heller ikke alltid opp alle svake punkter. Man kan også se at for bæreevne >16 tonn vil det være lav sporutvikling og ikke fare for unormal dekkelevetid. Det kan derfor antas at for denne type veg bør målt bæreevne være >16 tonn for å være sikker på at det ikke skal oppstå unormal sporutvikling pga. bæreevnerelaterte årsaker.



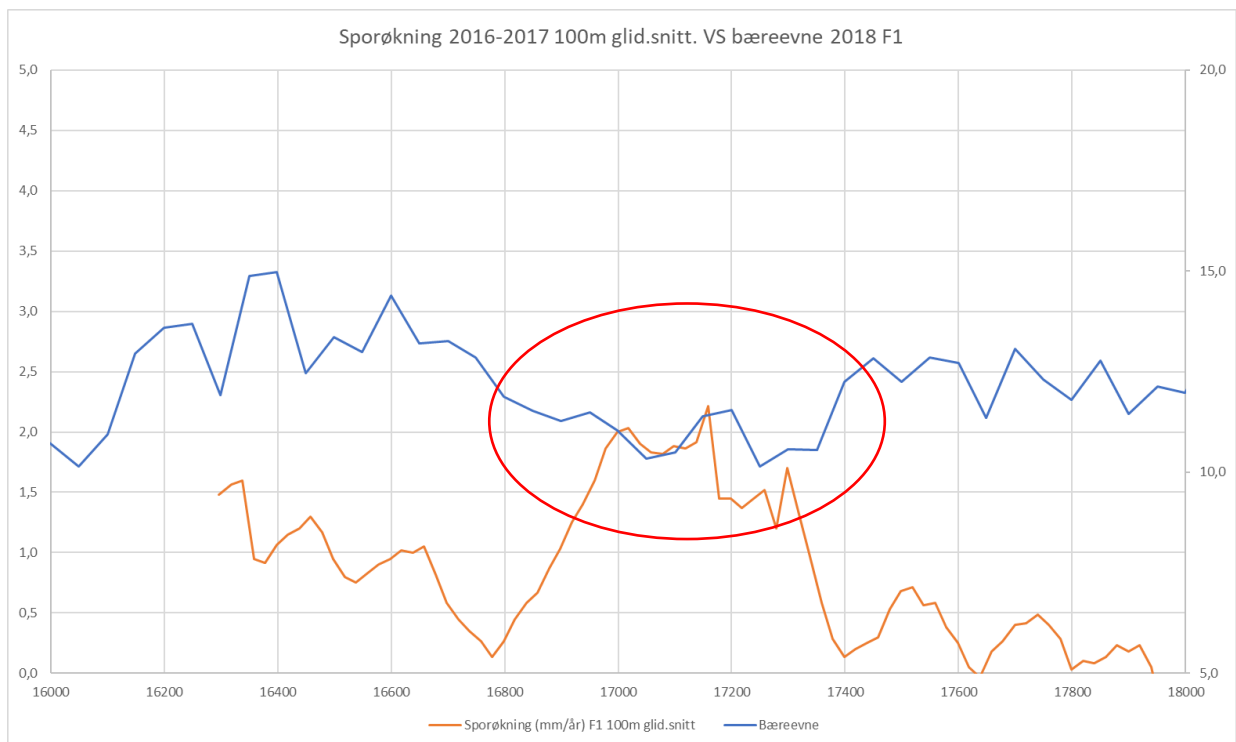
Figur 36: Korrelasjoner mellom sporutvikling og bæreevne felt 1

Ser man på detaljdata kan man finne områder der det er tydelig sammenheng mellom økt sporutvikling og bæreevnen. Figur 37 og 38 viser eksempler på dette. Det vil derfor være nyttig å se på detaljdata for spor og bæreevne for å finne disse partiene og videre undersøke årsaker nærmere. (se kap. 6).

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



Figur 37: Detaljdata for sporutvikling og bæreevne for m 36000-38500.



Figur 38: Detaljdata for sporutvikling og bæreevne for m 16000-18000.

6 Drenering (grøftedybder)

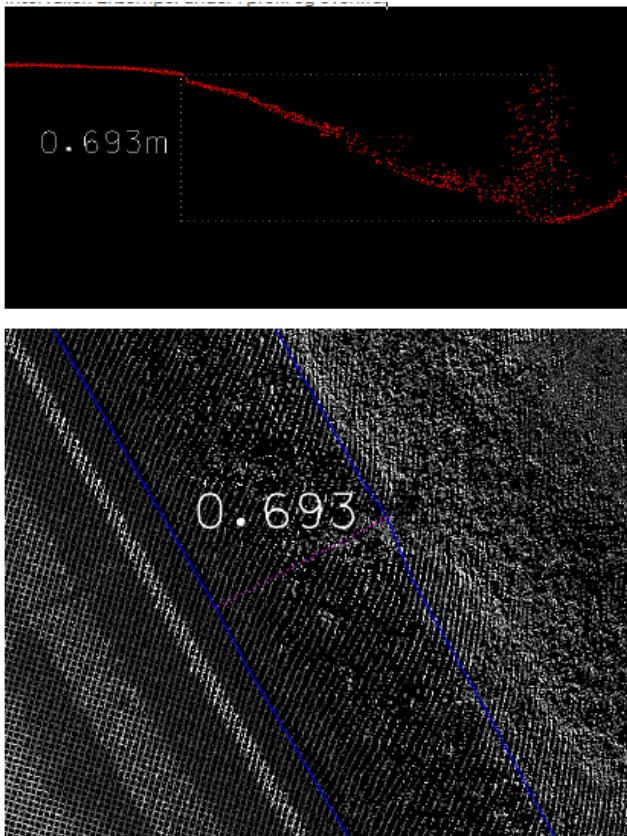
6.1 Kartlegging av grøftedybder

Roadscanners og TerraTec har tolket grøftedybder basert på sine laserscanninger.

Roadscanners har tolket og levert grøftedybde for hele strekningen, mens TerraTec kun har levert for en 10 m strekning pga. at det ikke ble bestilt mer og at de per i dag kun har mulighet å kartlegge dette manuelt (figur 39). Roadscanners har utviklet en halvautomatisk tolking som gjør tolkearbeidet mindre arbeidskrevende (figur 40).

Utdrag fra TerraTec's rapport:

«Med nåværende metoder vil asfaltkant og grøftebunn begge kartlegges manuelt fra punktsky. Via Tech med en enkelt høypresisjons-scanner på tvers av kjøreretningen vil gi en veldig presis punktsky på veibanen til veianalyse. Lynx, med to skråstilte scannere vil gi mer innsyn bak objekter, og under vegetasjon. En grøftebunn helt uten vegetasjon vil kunne kartlegges like nøyaktig fra begge systemer, der det er vegetasjon vil Lynx' to skrå scannere penetrere bedre og gi mer nøyaktige grøftedybder. Kartlagt asfaltkant og grøftebunn kan deretter prosesseres i GIS-programvare, for eksempel FME, hvor høydedifferanse kan beregnes og presenteres i gitte intervaller. Eksempel under i profil og ovenfra.»



Figur 39: Eksempel på tolking av grøftedybde fra laserdata (Hentet fra TerraTecs rapport, vedlegg 3)

Utdrag fra Roadscanners's rapport:

«Calculation of ditch depths is quite straight forward operation from point cloud data. Ditch depth calculation start by preparing point cloud to be optimal for ditch depths. This means usage of automatic filtering procedures to remove rails, traffic signs, humans and minimize the effect of grass and other small unevenness (rocks) in the road environment. To detect depth of ditch, shoulder, edge of pavement or road painting needs to be detected. From the automation point of view, road painting is preferred because it is easiest to detect. Because

the road paint mark is not always on the level of the shoulder, it may cause small error to the calculation. In most cases error is smaller than effect of unevenness and grass on the slope or ditch. After point cloud is prepared (automatic process) for calculation, basic settings need to be defined: How deep ditch can be, how far it can be, what's minimum depth of ditch.. After setting correct parameters for search function, the program runs through whole section and finds main components of cross section (centerline, shoulders, ditches) automatically every 1m as shown in figure 6. By comparing elevation level of shoulder and ditch, depth of ditch can be calculated."

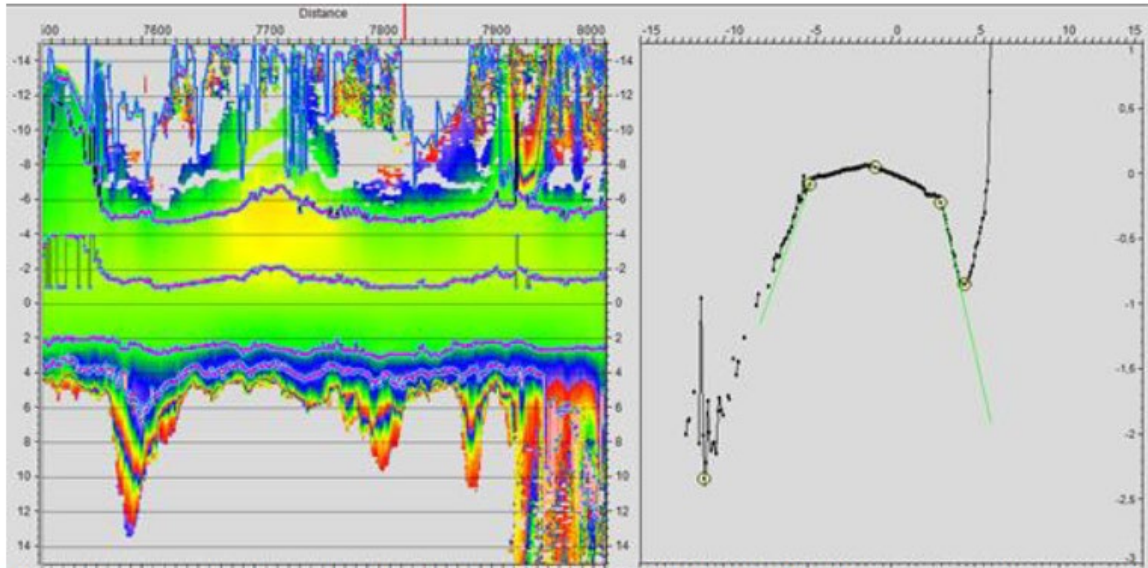
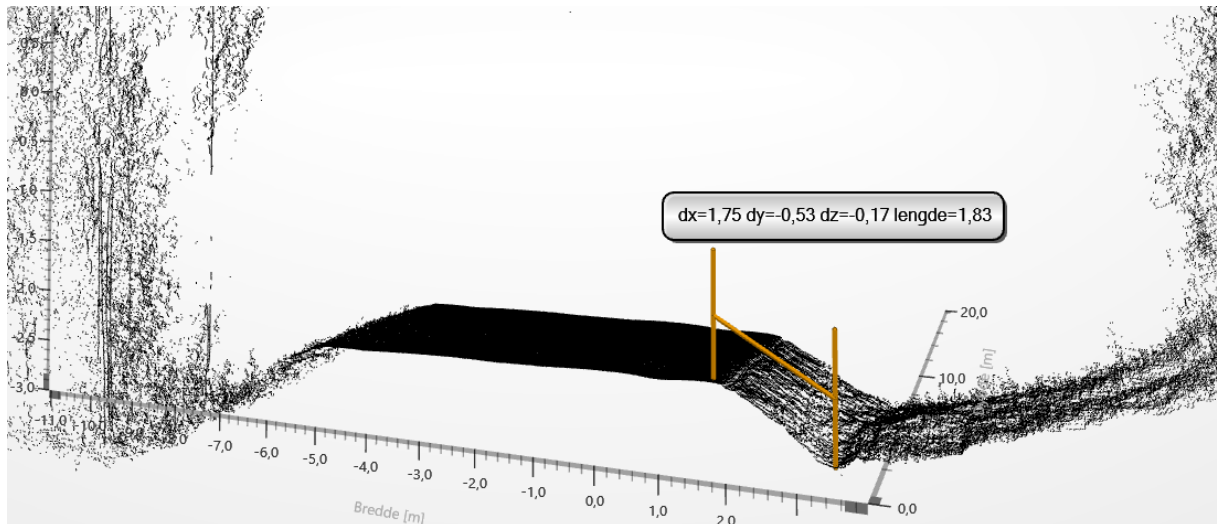


Figure 6. Screenshot from the Road Doctor software. Right side of the figure presents cross-section of road. Left side of the figure presents colored road elevation seen from the top to down. Automatically detected main components of cross section can be seen on right side (yellow circles). Detected angle of inner side slope is shown with green line.

Figur 40: Eksempel på tolking av grøftedybde fra laserdata (Hentet fra Roadscanners rapport, vedlegg 2)

I tillegg er det på basis av innsamlede data med ViaPPS-utstyret gjort en manuell måling av grøftedybder vha. ViaPPS Desktop. Eksempelbilde av dette er vist i figur 41. Det er ikke gjort fysiske målinger i felt av grøftedybder, men dette burde utføres for noen punkter for sammenligningsgrunnlag og for å se hvorvidt vegetasjon er tilstrekkelig filtrert bort i laserscanningene. Tabell 6 viser en sammenligning av tolkede grøftedybder for en 10m lang strekning ved m18568-18578 felt 1. Fra denne ser en at TerraTec tolker noe dypere grøfter enn Roadscanners, og at tolking vha. ViaPPS Desktop gir de grunneste grøftene. Gjennomsnittsdifferansen mellom Roadscanners og TerraTec er 11,7 cm, mellom Roadscanners og ViaPPS 3,1 cm og mellom TerraTec og ViaPPS 14,8 cm. Differansen mellom Roadscanners og ViaPPS er innenfor det man må kunne akseptere, særlig siden metoden data er hentet ut på er forskjellig. Differansen mot TerraTec er imidlertid større enn forventet. Årsakene kan være hvordan man definerer vegkant, og hvor godt vegetasjonen er filtrert bort i data. I tillegg er det bare gitt 3 punkter for TerraTec. I ViaPPS Desktop er det en manuell jobb og det er vanskelig å treffe riktig punkt for vegkant og dypeste punkt i grøfta. En utvidet analyse over en lengre strekning med mer data vil kunne gi et bedre bilde.



Figur 41: Måling av grøftedybde i ViaPPS Desktop for meter 18577 felt 1.

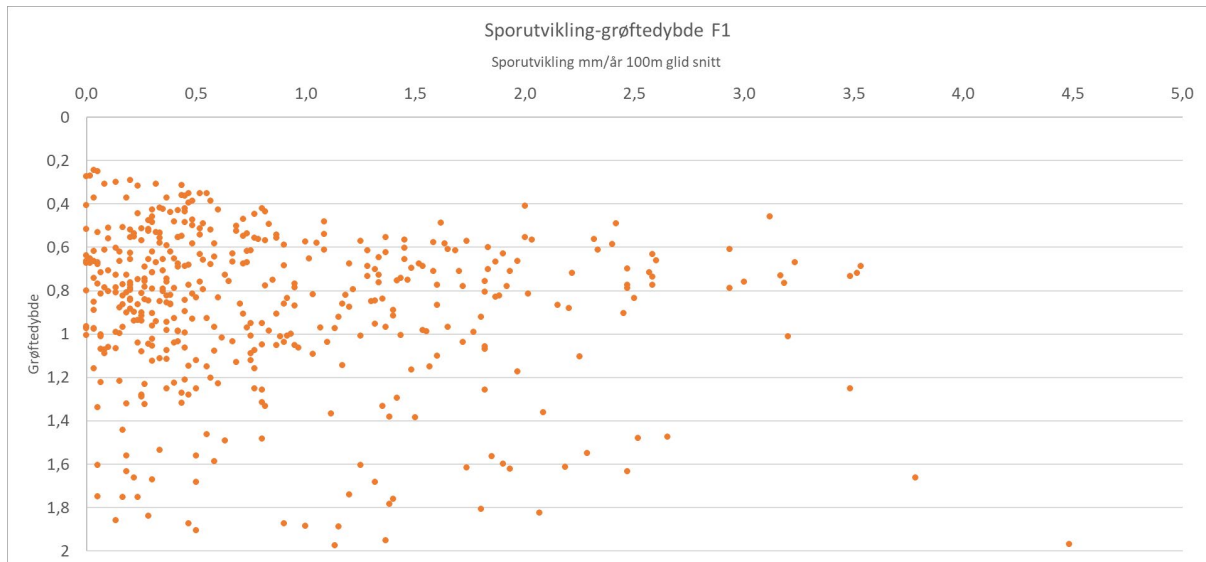
Tabell 6: sammenligning av tolkede grøftedybder (m) for m18568-18578 felt 1

Meter fra	Meter til	Grøftedybde RS	Grøftedybde TT	Grøftedybde fra ViaPPS
18568	18569	0,50	0,49	0,60
18569	18570	0,52		0,65
18570	18571	0,54		0,60
18571	18572	0,53		0,54
18572	18573	0,53		0,51
18573	18574	0,55		0,51
18574	18575	0,58	0,69	0,51
18575	18576	0,64		0,51
18576	18577	0,69		0,49
18577	18578	0,71	0,70	0,53
Gj. snitt.		0,576	0,693	0,545

6.2 Korrelasjoner mellom grøftedybder, vegoverbygning og vegens tilstand

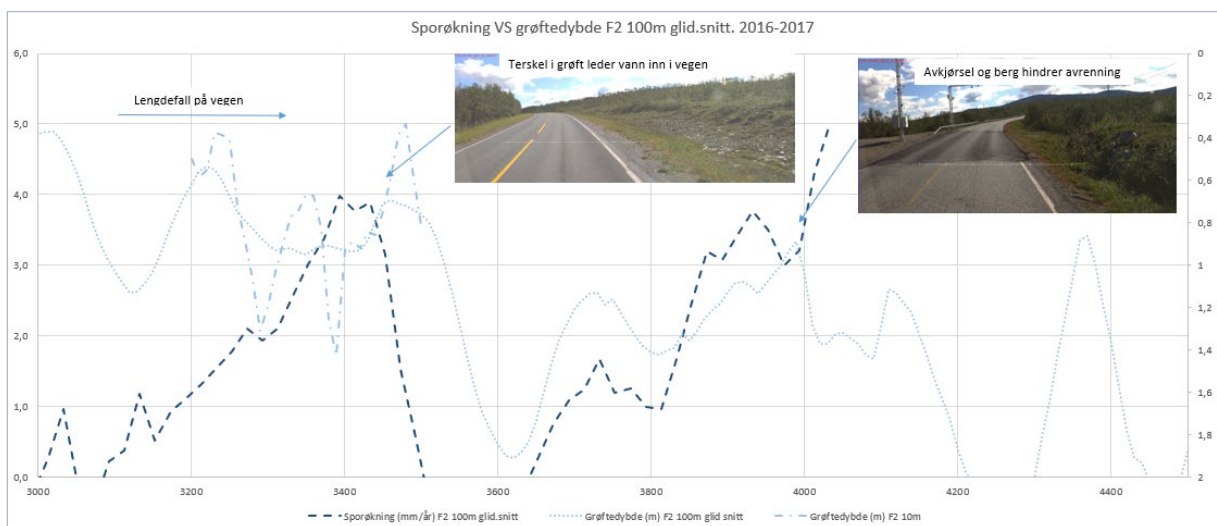
Kan man vha. data på sporutvikling og grøftedybder finne områder der manglende drenering er sannsynlig årsak til unormal sporutvikling og dermed utføre tiltak på grøfter i stedet for vegkroppen, så vil dette være et kostnadssparende og kostnadseffektivt tiltak. Det er derfor undersøkt om det finnes korrelasjoner mellom unormal sporutvikling 2016-2017 og grøftedybder og hvor lett det er å identifisere disse. Det er ikke funnet gode korrelasjoner på hele datasettet slik figur 42 viser. Det er også sett på korrelasjon mellom sporutvikling og differansen mellom overbygningstykkelse og grøftedybde (dvs. en positiv verdi angir at overbygningen ligger dypere enn bunn grøft). Her er det heller ikke gode korrelasjoner.

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



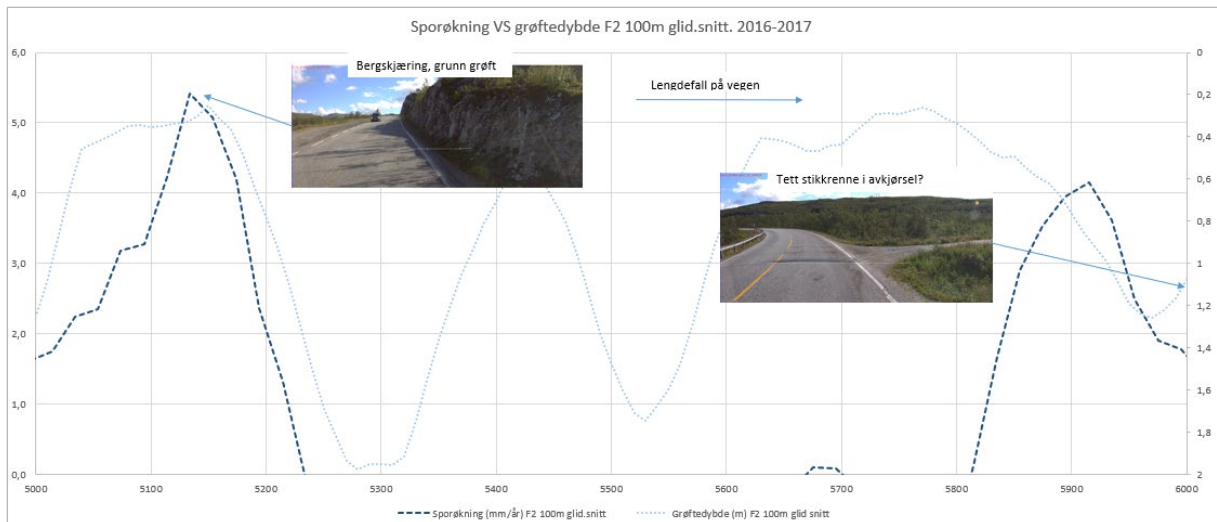
Figur 42: Korrelasjon mellom sporutvikling og grøftedybde

Ved å studere detaljdata kan man imidlertid finne sammenhenger og problempunkter. Eksempel på dette vises i figur 43 og 44. Det er valgt å tegne grøftedybder som 100m glidende snitt som gir mer ryddige data som er enklere å lese når man leter etter sammenhenger med andre data selv om ekstrempunkter blir jevnet ut. I figuren er det også vist hvordan 10m data vil se ut for et lite parti. Man ser at den største sporutviklingen på vegen er forskjøvet 50-100 m bakover i forhold til det grunneste partiet på grøfta. Ved å se på vegens lengdefall ser en at denne terskelen i grøfta fører til vannoppstuvning oppstrøms noe som igjen fører til vanninntrenging i vegen og økt sporutvikling 50-100 meter før grøftas grunneste punkt. Dette er også noe av grunnen til at man ikke finner gode korrelasjoner som vist i figur 42 fordi maks. spordybde og min. grøftedybde ikke er sammenfallende langs vegen. Det vil selvsagt være mange andre faktorer som også spiller inn på sporutviklingen, og som vil forstyrre bildet når man ser på enkeltkorrelasjoner.



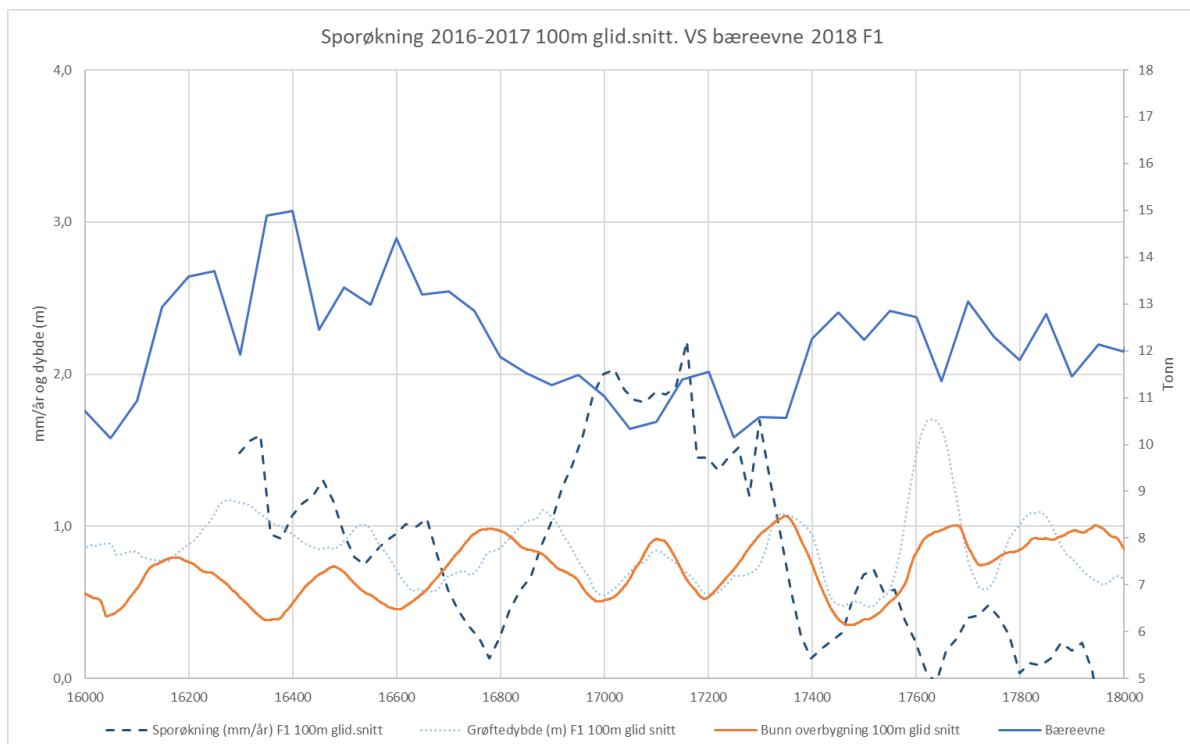
Figur 43: Sammenhenger mellom grøftedybder og sporutvikling for felt 2 m3000-4200

E8 Borealis - Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder



Figur 44: Sammenhenger mellom grøftedybder og sporutvikling for felt 2 m5000-6000

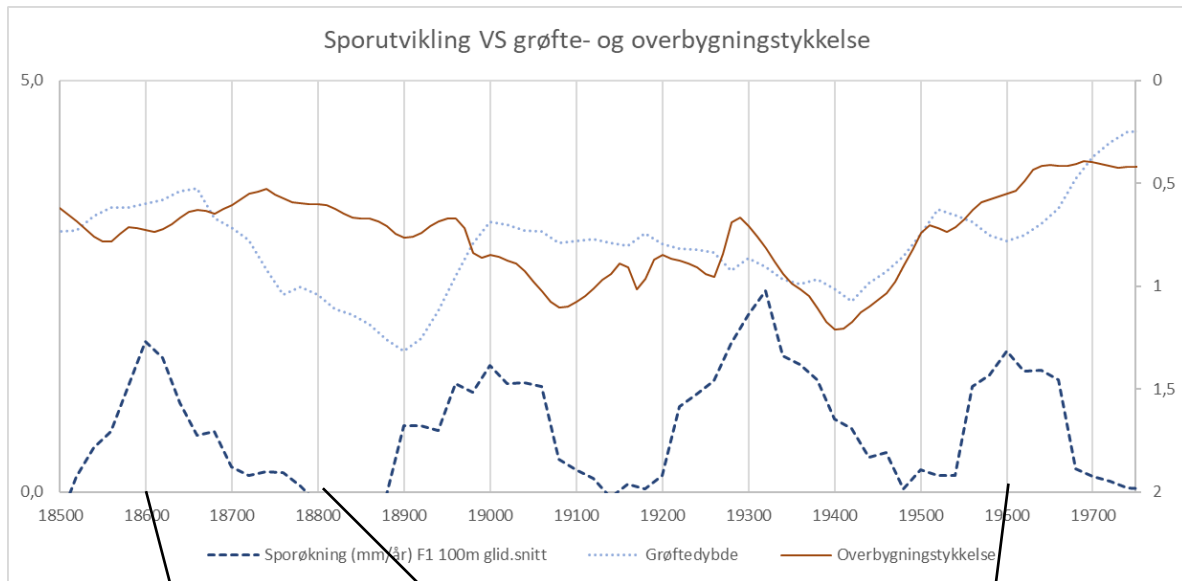
Som for grøftedybde og sporutvikling kan man se på detaljdata for differansen mellom overbygningstykkelse og grøftedybde og sporutvikling. Selv om man ikke finner korrelasjoner på hele datasettet, vil man kunne finne delområder der det er tydelige sammenhenger. I figur 45 ser man at i området der grøftedybden er ca. lik overbygningstykkelsen er sporutviklingen større og bæreevne lavere, mens i områder der grøfta er dypere enn overbygningen er sporutvikling lavere og bæreevne bedre.



Figur 45: Sammenhenger mellom grøftedybder, overbygningstykkelse, bæreevne og sporutvikling for m16000-18000.

Figur 46 viser sporutvikling plottet mot grøfte- og overbygningstykkelse for m18500-19700. Her ser man at for m18500-19100 er det god korrelasjon mellom sporutvikling og områder der grøfta er grunnere enn overbygningen og motsatt. Man ser av bildene at grøfta er dypere

ved 18800 enn 18600. Videre fremover blir korrelasjonen dårligere. Det kan være andre faktorer som spiller inn som er viktigere for sporutviklingen. For 19600 kan det for eksempel skyldes tynnere overbygning og oppstuvning av vann i veggen pga. overgang til berggrunn og grunnere grøft.

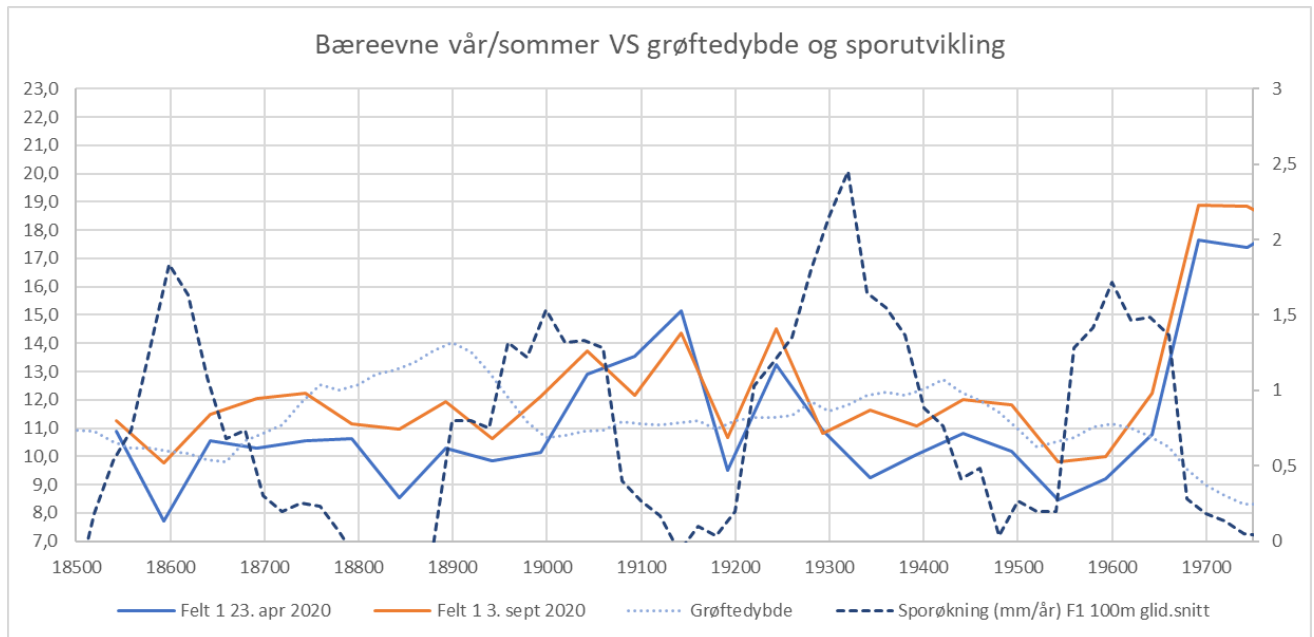


Figur 46: Sporutvikling plottet mot grøfte- og overbygningstykkelse for m18500-19700

6.3 Korrelasjoner mellom bæreevne og grøftedybder

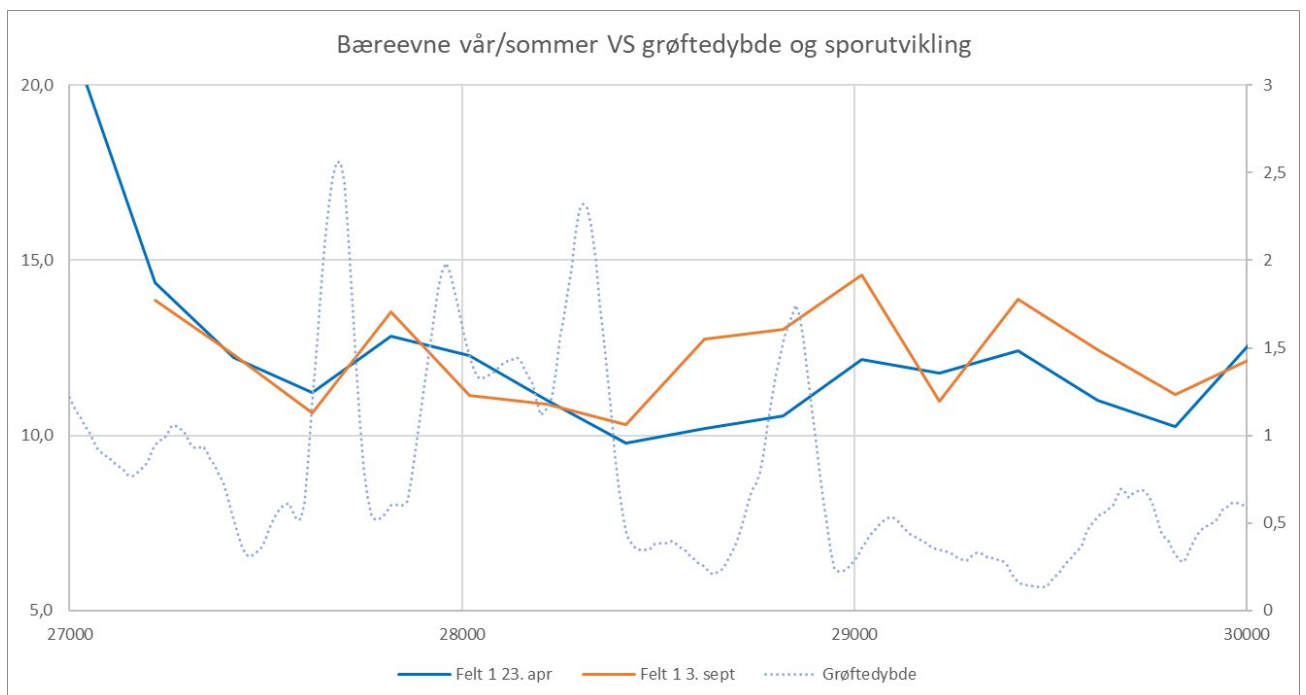
Figur 47 viser teleløsnings- og sommerbæreevne plottet sammen med grøftedybde og sporutvikling for m18500-19700. Fra denne figuren kan man se noen sammenhenger. For m18550-18650 er det stor forskjell i bæreevne sommer og teleløsning, det er grunne grøfter og sporutviklingen er høy. For m18650-18900 er det også stor forskjell på bæreevne sommer og teleløsning, men grøftedybden er større og sporutviklingen er lav. For m18900-19080 øker sporutviklingen igjen samtidig som grøftedybden blir mindre. For m19080-19200 er sporutviklingen lav og grøftedybden liten, men forskjellen mellom bæreevne sommer og teleløsning er ikke så stor. For m19280-19440 der forskjellen i bæreevne sommer og teleløsning øker igjen, øker også sporutviklingen selv om grøftedybden ikke endres mye. Et avvik fra dette er m19420-19560 der forskjellen i bæreevne er stor, grøftedybden er liten, men sporutviklingen er lav. Videre frem mot 19700 øker sporutviklingen igjen.

Bortsett fra m19420-19560 ser det ut til å være en sammenheng mellom grunne grøfter, redusert bæreevne i teleløsningen og økt sporutvikling. Det ser ut til at det må være sammenfall av grunne grøfter og redusert bæreevne i teleløsningen for å få utslag på sporutviklingen. Det er ikke nok at enten grøfta er for grunn eller bæreevnen i teleløsningen er lav.



Figur 47: Teleløsnings- og sommerbæreevne plottet sammen med grøftedybder og sporutvikling for felt 1 m18500-19700.

Figur 48 viser teleløsnings- og sommerbæreevne plottet sammen med grøftedybder for felt 1 m27000-30000. Det finnes ikke spordata for hele strekningen, men det ser ut til at grunne grøfter til en viss grad korrelerer med redusert bæreevne i teleløsningen.



Figur 48: Teleløsnings- og sommerbæreevne plottet sammen med grøftedybder for felt 1 m27000-30000.

6.4 Andre korrelasjoner

Det er også forsøkt å finne korrelasjoner mellom grøftedybde-bæreevne, MDI (Moisture Damage Index, ref. 7)-sporutvikling, MDI-Bæreevne og grøftedybde-MDI uten at det er funnet gode korrelasjoner. Dette skyldes sannsynligvis at det er så mange parametere som påvirker både sporutvikling og bæreevne at det er vanskelig å finne korrelasjoner uten å ta

hensyn til andre parametere. Dette er en komplisert oppgave som ikke er undersøkt nærmere i dette arbeidet.

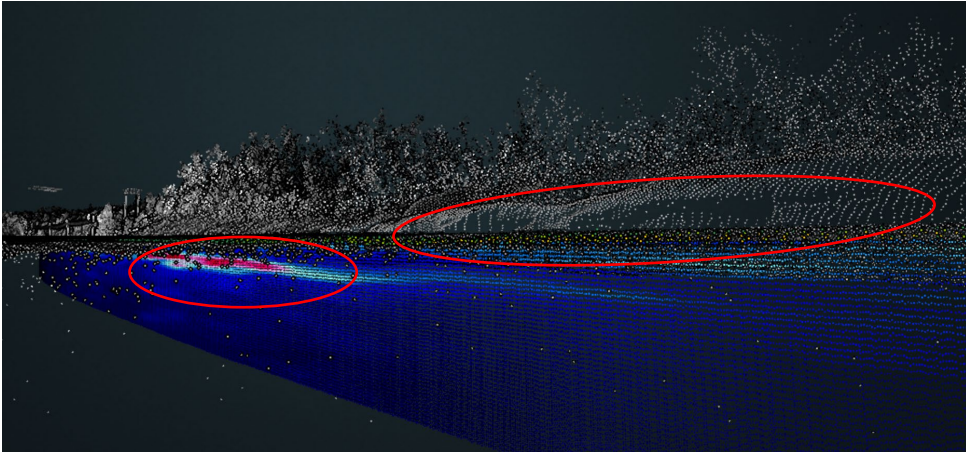
6.5 Utnyttelse av grøftedybde data i drift- og vedlikehold av vegen

For å kunne utnytte grøftedybde data i drift- og vedlikehold av vegen er man nødt til å gå inn på detaljdata for å kunne identifisere områder der dreneringen mest sannsynlig har innvirkning på sporutviklingen på vegen. Dataene tyder på at grøftas absolutte dybde ikke har så mye å bety så lenge den er dypere enn overbygningen. Det er også av stor betydning for sporutviklingen hvorvidt hindre/terskler i grøfta hindrer avrenning. For drift av åpne grøfter med tanke på å øke levetiden til vegdekket ser det derfor ut til at det vil være et viktig tiltak å utbedre problempunkter og sørge for at grøfta har avrenning. Det vil bety å fjerne terskler, holde stikkrenner i avkjørsler åpne ol. I områder med stor sporutvikling vil det også være nyttig å undersøke om grøftedybden er tilstrekkelig i forhold til overbygningstykkelsen. Det er ofte sammenhenger mellom økt sporutvikling og overgang til bergskjæringer med grunne grøfter. Å utvide bergskjæringer for å gå plass til dypere grøfter og samtidige hindre at vann ledes inn i vegkroppen i overgangen til bergskjæringen vil være fordelaktig for å redusere sporutviklingen.

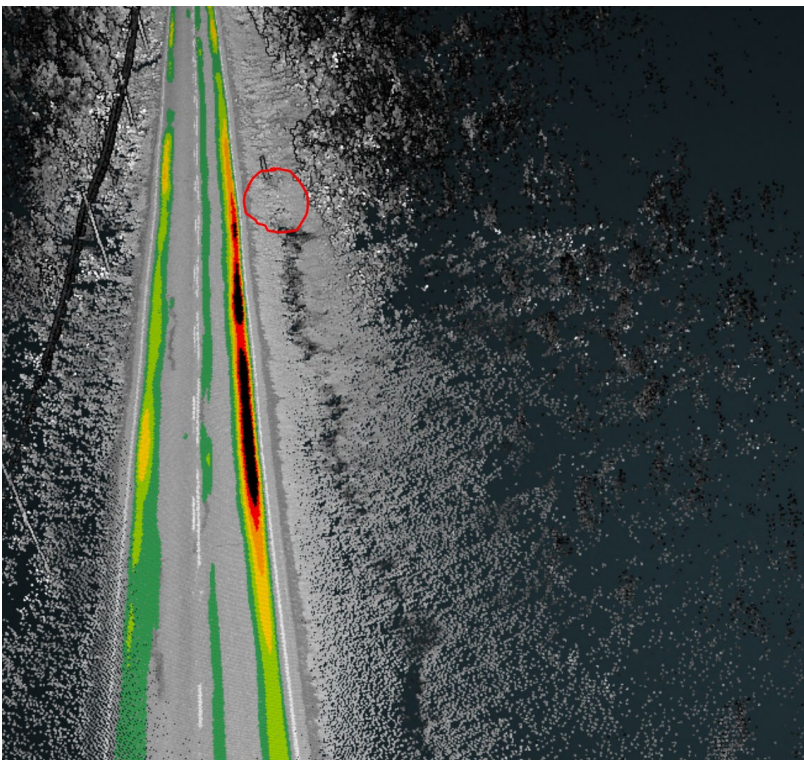
Analyse av sporutvikling sammen med data om grøftedybder og bilder vil kunne gi mye god informasjon om problempunkter som bør utbedres. Roadscanners har bla. vist nye visualiseringsmetoder som gjør analyse av data enklere og det er raskere å finne mulige skadeårsaker slik figur 49 viser. Her er sporutvikling lagt over punktskyen (mørkere farge angir dypere spor) og det er tydelig å se at berg i grøfta som hindrer vannavrenning fører til økt sporutvikling oppstrøms. Figur 50 viser MDI (Moisture Damage Index, ref. 7) i samme området (lilla farge angir større vanninnhold). Ut fra denne ser en tydelig hvordan vann blir fanget i vegene pga. berget. I figur 51 ser man hvordan en tett stikkrenne i en avkjørsel fører til økt spordannelse oppstrøms. Ved å ta i bruk slike teknikker kan man rette driftstiltak mot problempunkter, og sannsynligvis oppnå økt dekkelevetid bare ved å gjøre enkle tiltak på drencsystemet.



Figur 49: Visualisering av sammenheng mellom bergskjæring og økt spordybde (mørkere farge = dypere spor).



Figur 50: Samme punkt som i figur 48. Visualisering av sammenheng mellom bergskjæring og økt vanninnhold i vegkroppen vha. MDI fra georadardata (lilla farge = mer fuktighet).



Figur 51: Tett stikkrenne i en avkjørsel fører til økt spordannelse oppstrøms.

Med så store datamengder som blir tilgjengelig gjennom en slik kartlegging som er gjort i dette tilfellet på E8 kreves det mye ressurser å tilrettelegge og analysere data før en får direkte nytte av det i praktisk drift- og vedlikehold. Dette gjelder spesielt om man skal analysere et helt vegnett. Det bør vurderes om automatisering av databehandling og evt. kunstig intelligens kan være til hjelp for å identifisere mulige problempunkter der for eksempel dreneringen bør utbedres.

7 Konklusjoner

Dekkelevetid

- Det vil ha stor nytteverdi å bruke detaljdata (20m-data) mer i planlegging av dekkevedlikehold for å identifisere korte partier med stor sporutvikling og gjøre tiltak mot underliggende årsaker.
- Dekkelevetiden for 1000m parseller kan tilsynelatende være god med >17 års levetid, men ved å se på detaljdata finner man partier der levetiden er nede i 4 år.

Kartlegging av vegoverbygning

- Vegen består av 5-30 cm asfalt over T2-materialer i overbygningen. Bunn overbygning ligger på 67 cm dybde i gjennomsnitt, med variasjon på 14-282 cm basert på georadar i felt 1. De fleste prøvene er vannømfintlige. Undergrunn består for det meste av grus, sand, morene T2 (delvis også T3-T4 materialer) og fjell, steinfylling.
- Oppgravingsprøver fra NVDB er ofte ikke oppdatert for senere dekkevedlikehold.
- Det kan være en krevende oppgave å finne asfalttykkelser fra PMS data pga. hyppige vedlikeholdstiltak over kortere strekninger til forskjellige tider.
- Boringer viser at oppgravingsprøvene i NVDB kan være misvisende på undergrunnstype.

Georadar sammenligningsmåling

- Asfalttykkelser målt med georadar stemmer rimelig godt med historiske dekker registrert i PMS og utførte boringer.
- Det er godt sammenfall mellom Roadscanners og TerraTec sine tolkninger av asfalttykkelse og bærelag med anrikning.
- Det er viktig å ha et bevisst forhold til og vite hvilken E_r -verdi (dielektrisk verdi) som blir brukt i tolking av GPR dybdedata.

Telegrensemålere

- Telegrensemålere med sanntidsdata gir godt grunnlag for å «time» bæreevne målinger i teleløsningen. Fallodds målinger den 23. april ser ut til å være den datoen som har truffet teleløsningen best.
- Vær obs på hvilke materialer måleren er satt ned i. Nyere vegger med åpne masser vil fryse og tine raskere enn eldre vegstrekninger med tettere masser.

Bæreevne

- Målt strekningsbæreevne 11.09.2018 (sommerbæreevne) var på 11,5 tonn for felt 1 og 11,4 tonn for felt 2.
- Det er tydelig nivåforskjellen på en veg bygd iht. dagens vegnormaler (>20 tonn bæreevne) og veger fra 60/70-tallet (10-14 tonn bæreevne).
- Korrelasjoner mellom sommerbæreevne og sporutvikling viser at ved bæreevne <16 tonn er det potensiale for stor sporutvikling. For bæreevne >16 tonn vil det være lav sporutvikling og ikke fare for unormal dekkelevetid.
- Ser man på detaljdata kan man finne områder der det er tydelig sammenheng mellom økt sporutvikling og bæreevne.
- Differansen i strekningsbæreevne mellom sommer (3. sept. 2020) og teleløsning (23. april 2020) ligger på 1,4-1,7 tonn for en eldre vegoverbygning. Differansen er størst for strekningen med lavest sommerbæreevne og svakheter i bærelag.

Kartlegging av grøfter

- Laserscanninger er et lovende verktøy for å kartlegge grøftedybder kontinuerlig langs vegen. Ved å studere detaljdata er det for enkeltpunkter påvist gode sammenhenger mellom sporutvikling og problempunkter for dreneringen.
- Ofte er den største sporutviklingen på vegen forskjøvet 50-100 m bakover i forhold til det grunneste partiet på grøfta.
- Det er punktvis god korrelasjon mellom sporutvikling og områder der grøfta er grunnere enn overbygningen. Dataene tyder på at grøftas absolutte dybde ikke har så mye å bety så lenge den er dypere enn overbygningen.
- Det er ofte sammenhenger mellom økt sporutvikling og overgang til bergskjæringer med grunne grøfter.
- Det ser ut til å være en sammenheng mellom grunne grøfter, redusert bæreevne i teleløsningen og økt sporutvikling.

Utnyttelse av grøftedybde data i drift- og vedlikehold av vegen

- For å kunne utnytte grøftedybde data i drift- og vedlikehold av vegen er man nødt til å gå inn på detaljdata for å kunne identifisere områder der dreneringen mest sannsynlig har innvirkning på sporutviklingen på vegen.
- For drift av åpne grøfter med tanke på å øke levetiden til vegdekket vil det viktigste tiltaket være å sørge for at grøfta har avrenning. Det vil bety å fjerne terskler, holde stikkrenner i avkjørsler åpne ol.
- Nye visualiseringsmetoder vha. punktskyer kan være nyttige hjelpemidler for å detektere problemområder for dreneringen som påvirker sporutvikling og dekkelevetid.

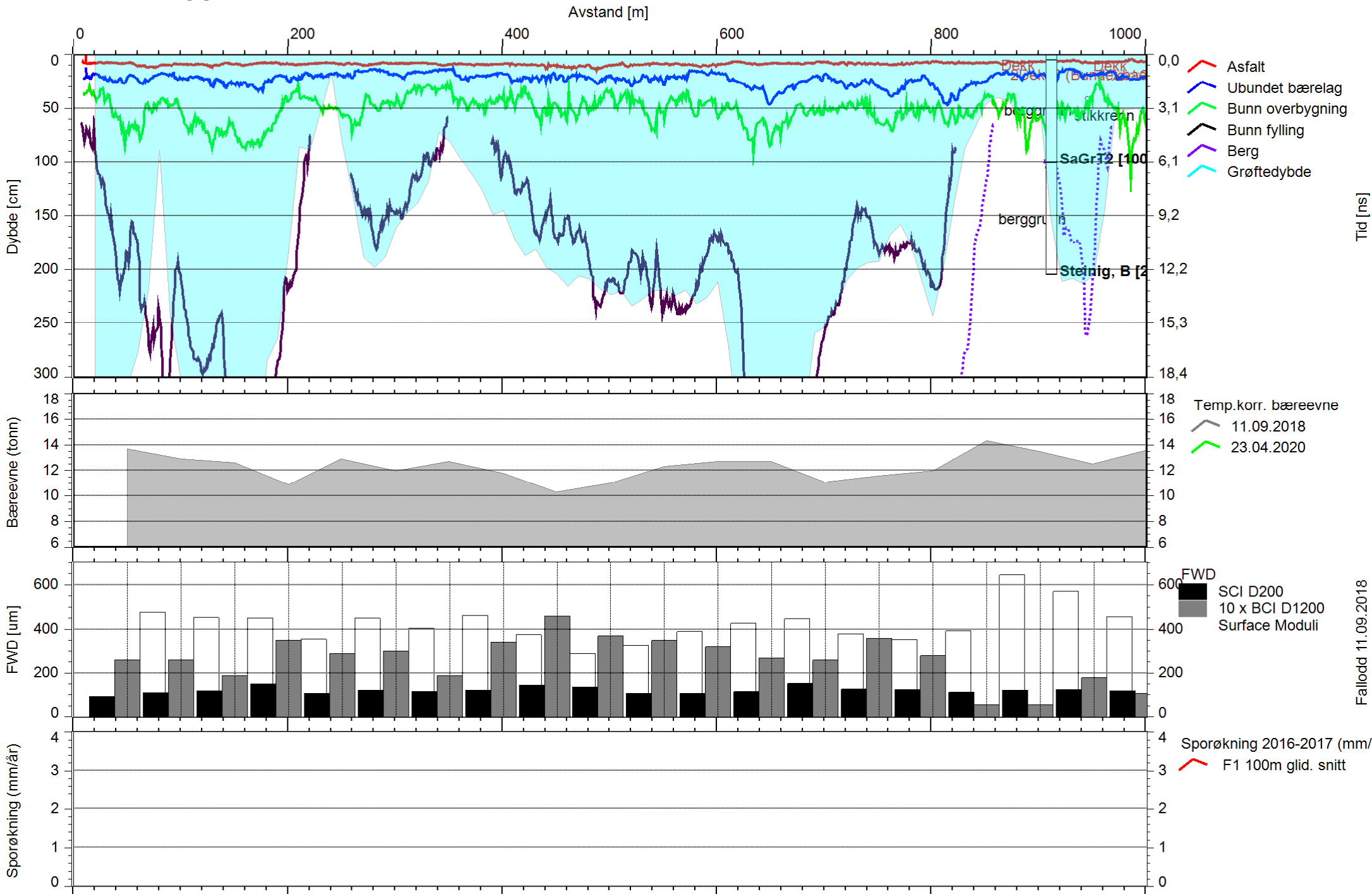
8 Forslag til videre arbeid

- Det store datamaterialet kan utnyttes i student/masteroppgaver, gjerne kombinert med undersøkelser på vegen i tillegg.
- Se på endringer i SCI, BCI og E-moduler for undergrunn på bæreevne målinger sommer kontra teleløsning.
- Sammenligning av tolkede linjer for bunn overbygning og berggrunn fra georadarmålingene.
- Fysiske målinger av grøftedybder for å verifisere data fra laserscanninger.
- En utvidet analyse av grøftedybder over en lengre strekning på data fra TerraTec og ViaPPS for å se på forskjeller i utstyr og tolking.
- Se på muligheter for automatisk databearbeiding og evt. kunstig intelligens for å finne problempunkter for dreneringen.

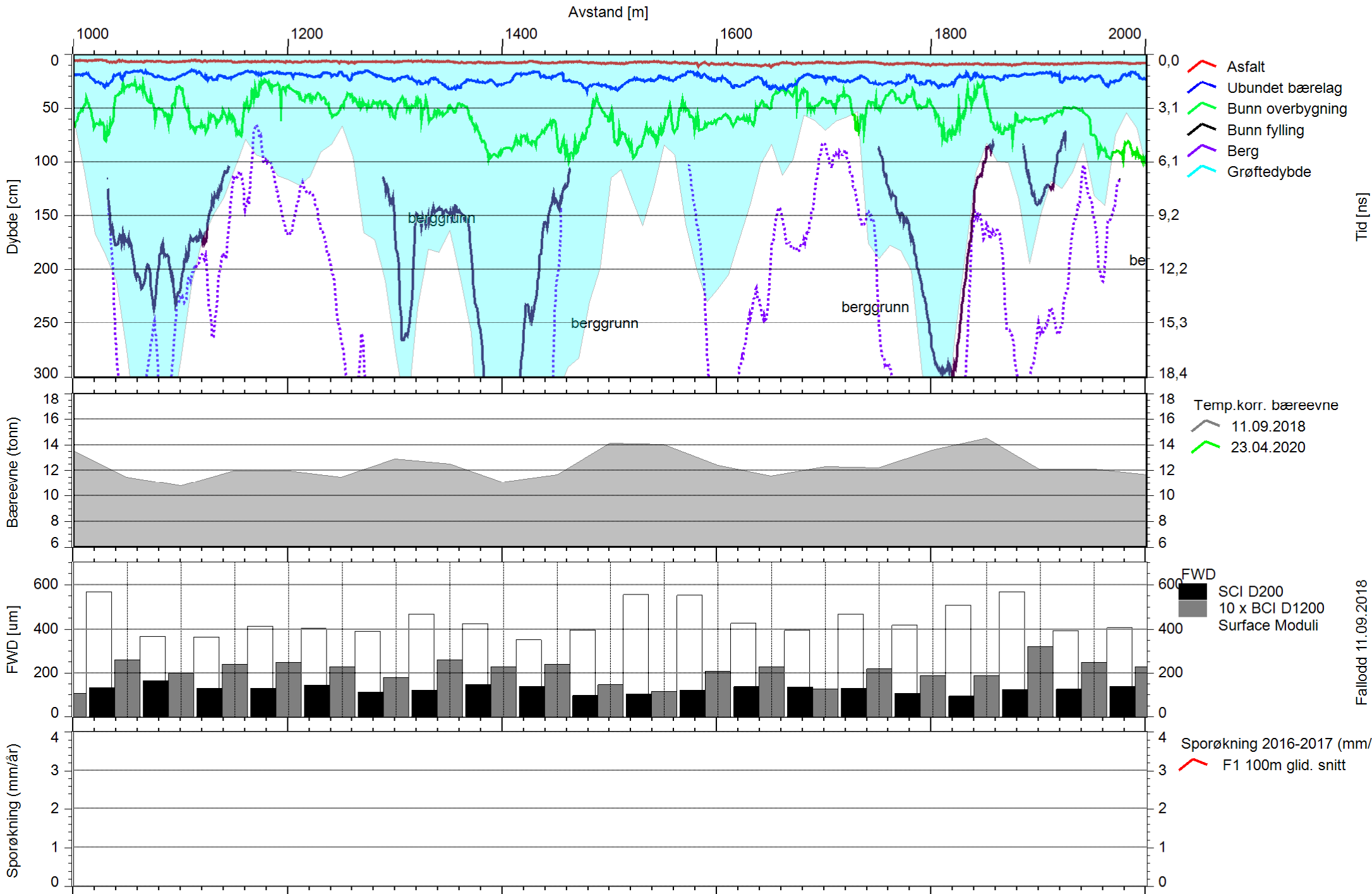
9 Referanser

- 1) «Leveranserapport E8 Borealis», TerraTec, 2019
- 2) «RDSV surveys E8 Borealis 2019», Roadscanners, 2019
- 3) «Forsterkning av veger», Varige veger 2011 – 2014, rapport nr. VD373, Statens vegvesen, april 2015
- 4) E-learning - ROADDEX Network: <https://www.roadex.org/e-learning/>
- 5) Internrapport nr. 3 fra AIL 1986
- 6) www.senorge.no
- 7) “Pavement moisture measurement to indicate risk to pavement life”, G Arnold (Road Science), P Fon Sing (Downer), T Saarenketo and T Saarenpaa (Roadscanners Oy), New Zealand Transport Agency research report 611, March 2017, ISBN 978-1-98-851213-6
- 8) «Datareport for lasermeasurements on E8 Borealis», Rapport nr. 712, Statens vegvesen, 2021

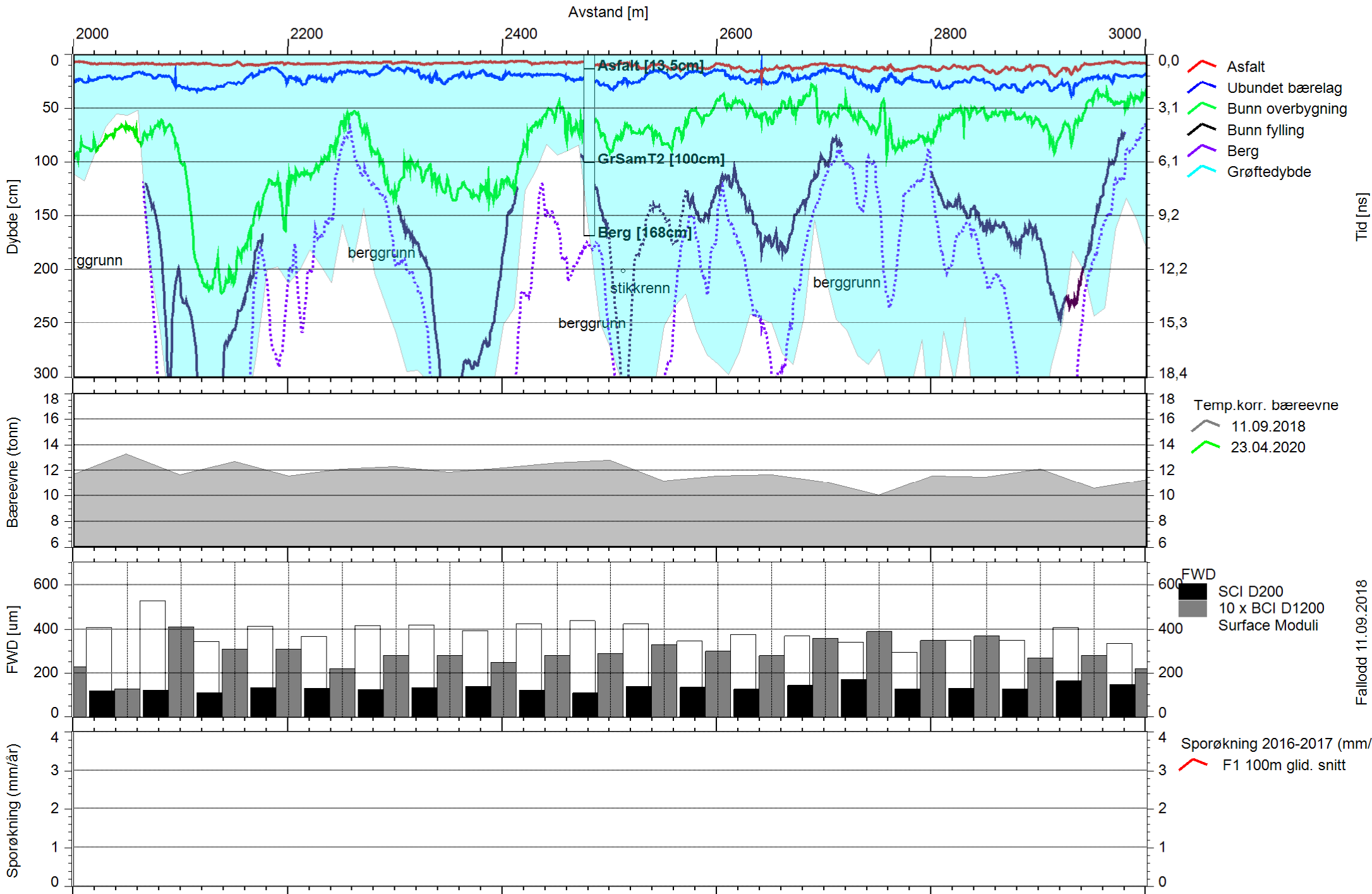
E8 Borealis Vedlegg 1



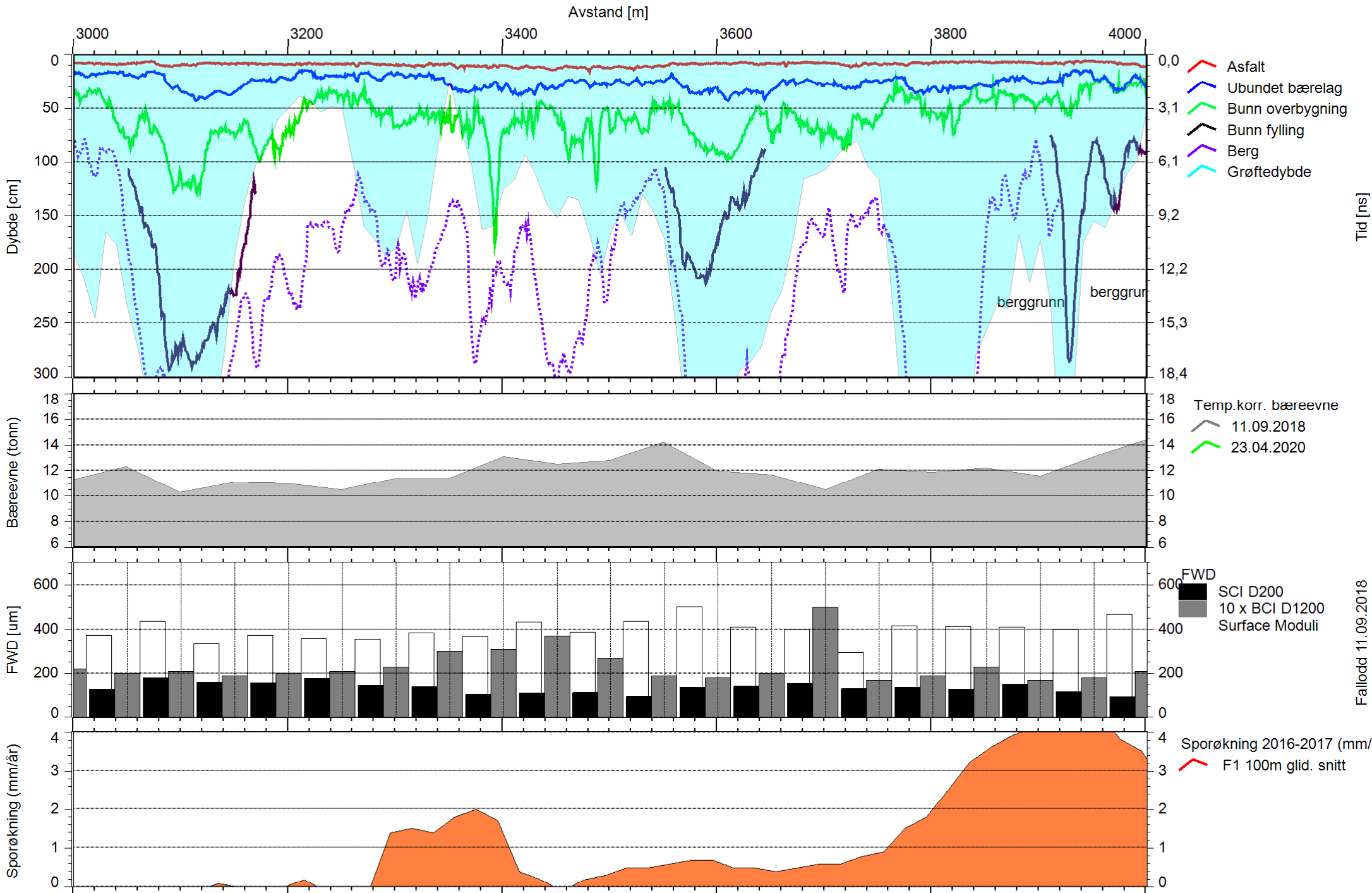
E8 Borealis



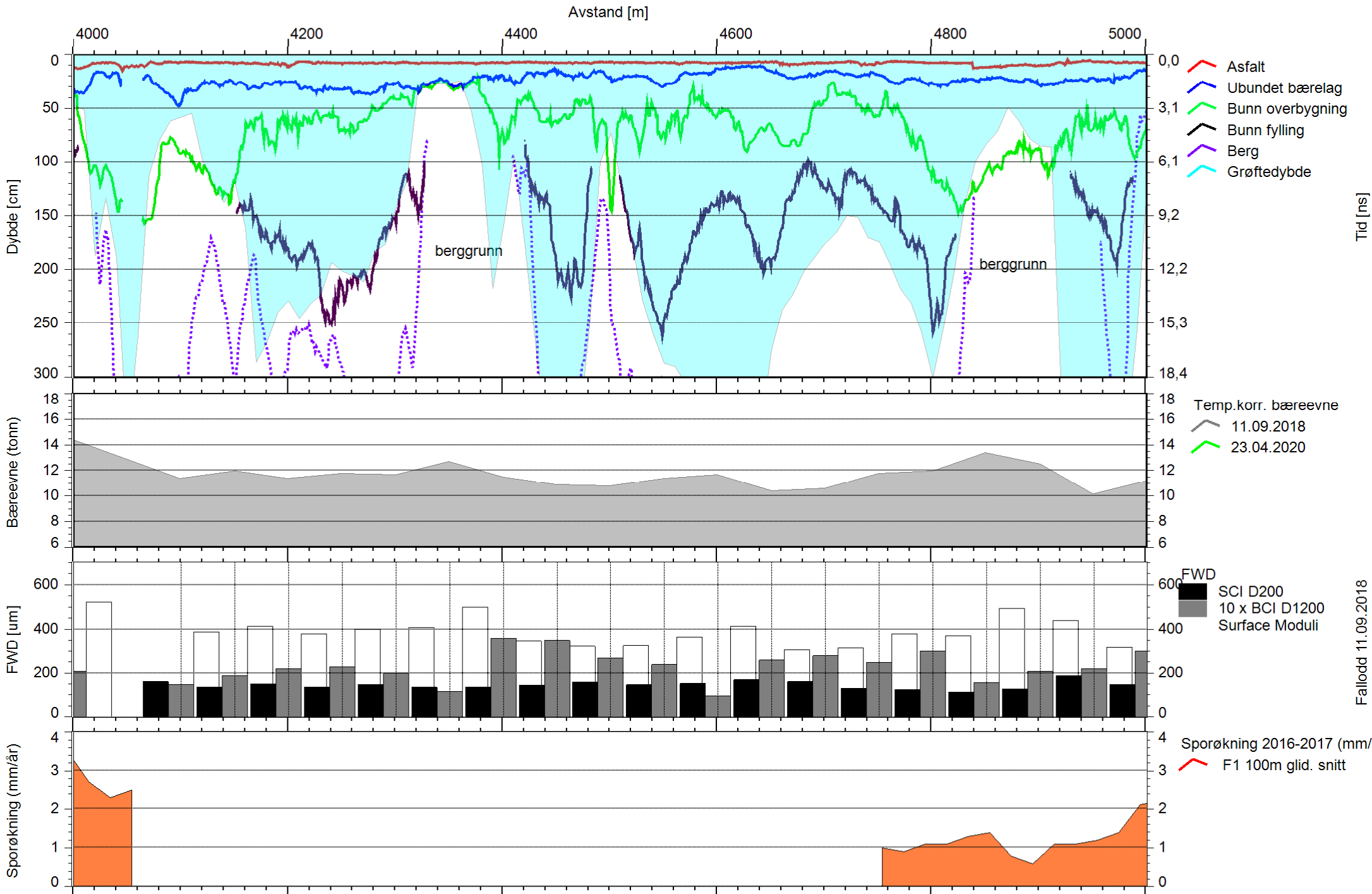
E8 Borealis



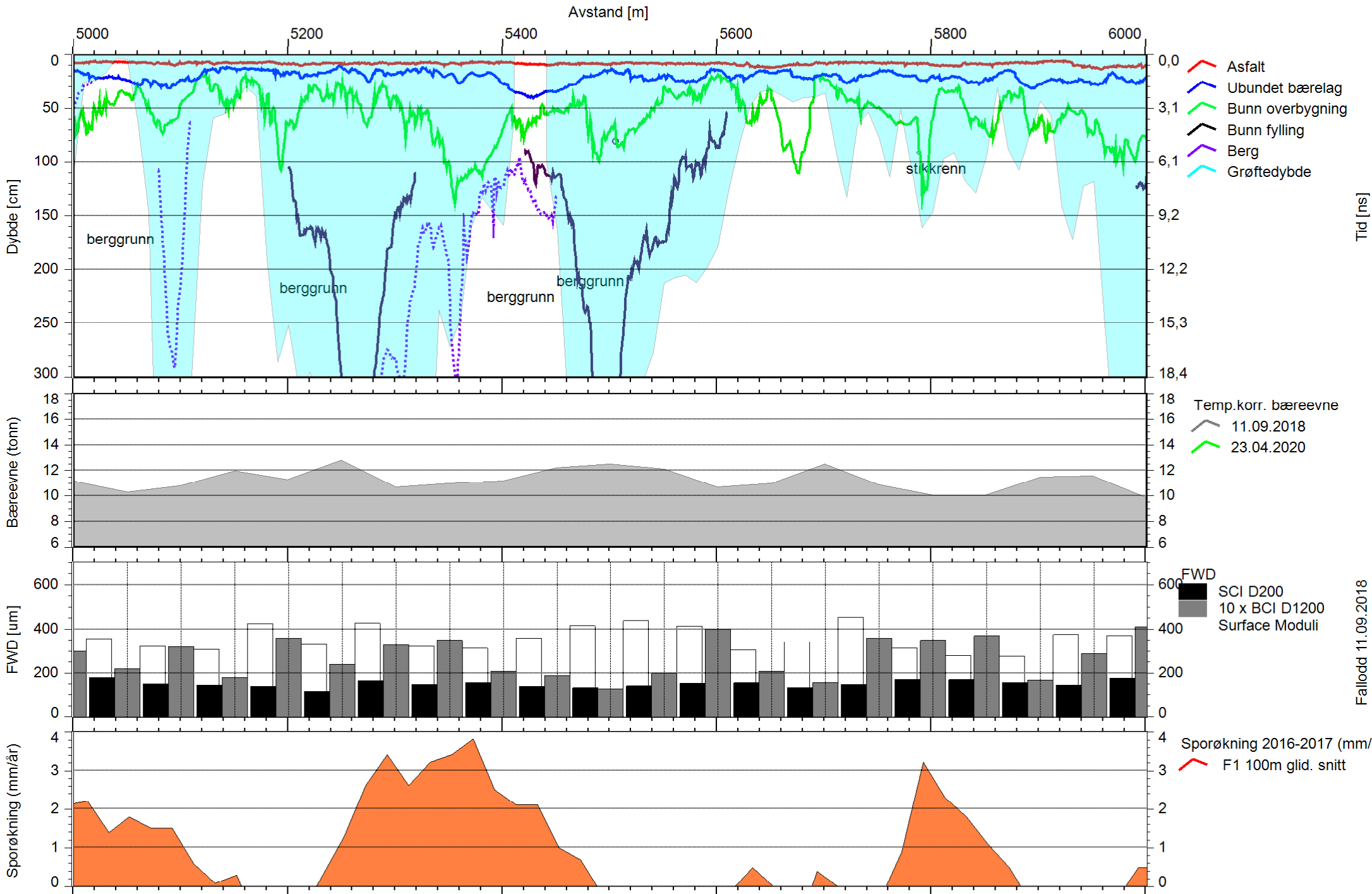
E8 Borealis



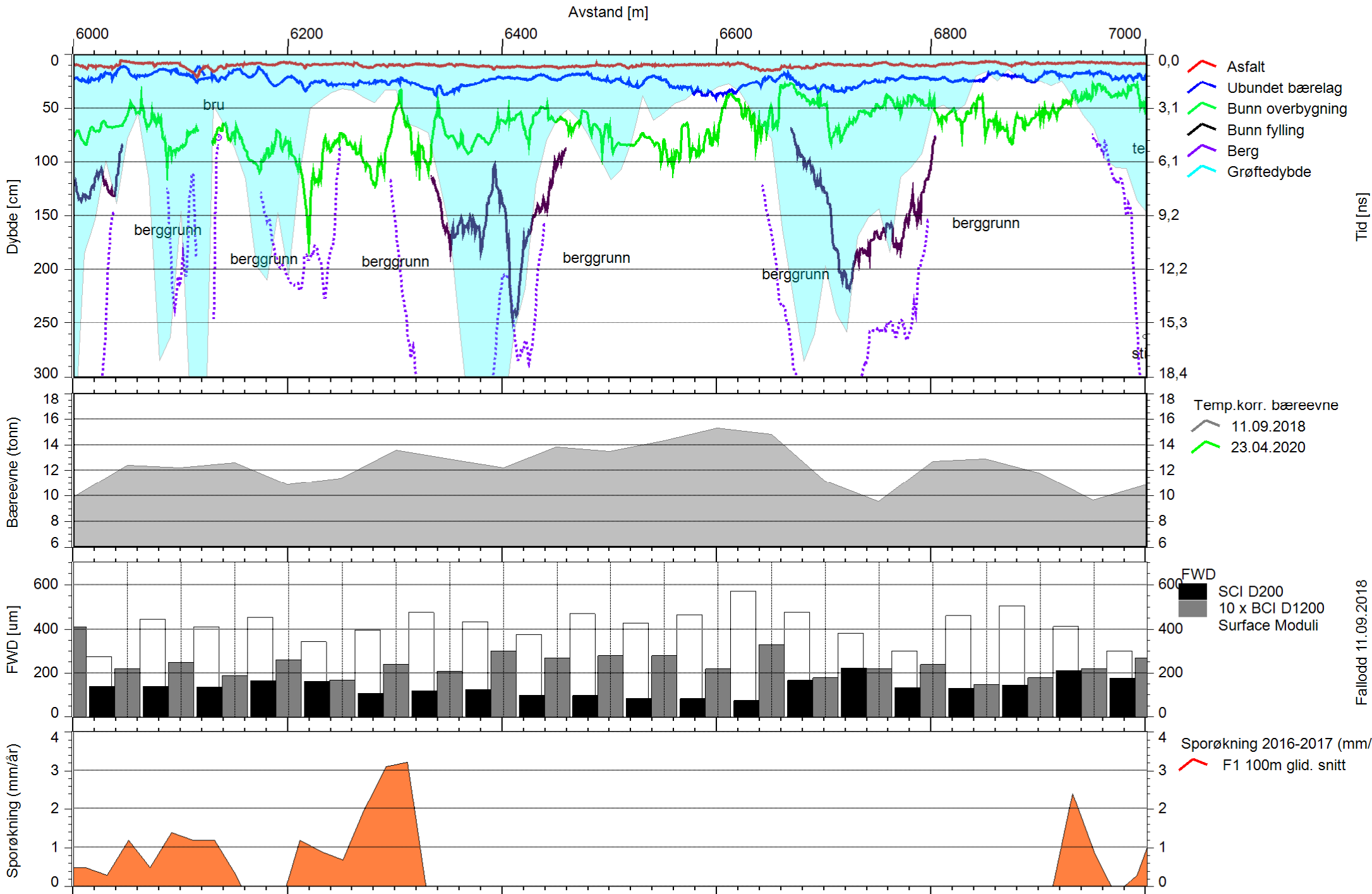
E8 Borealis



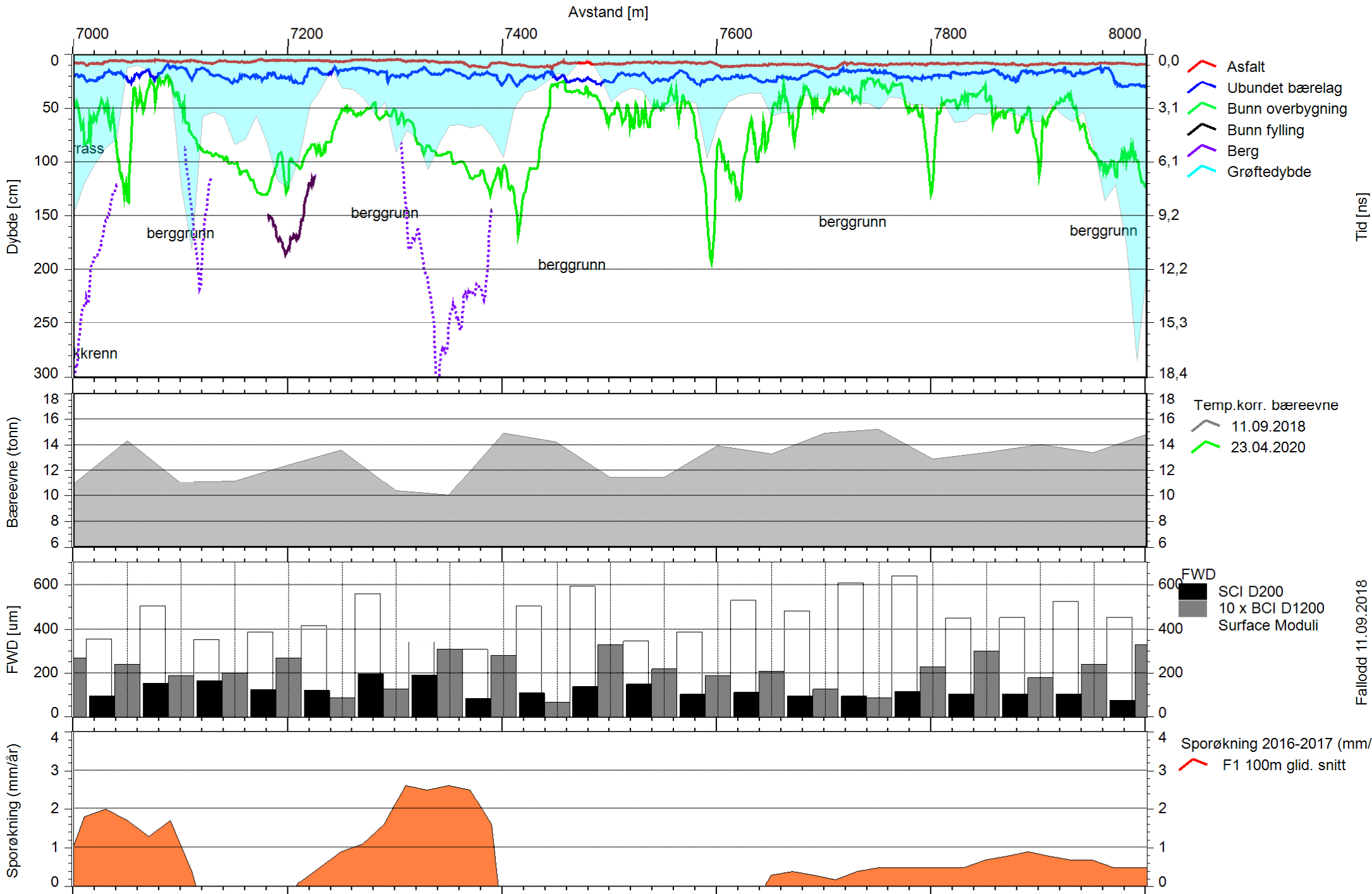
E8 Borealis



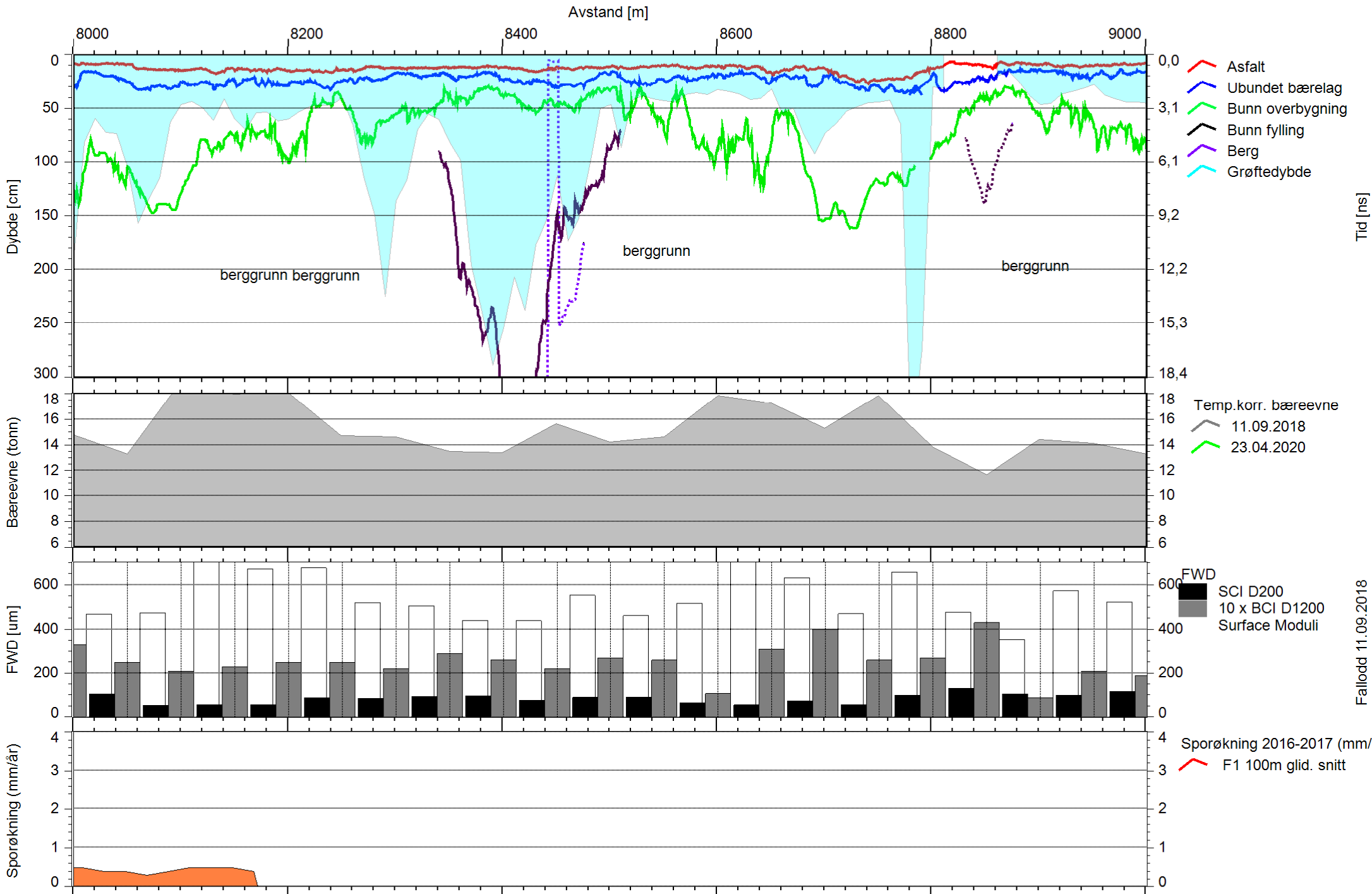
E8 Borealis



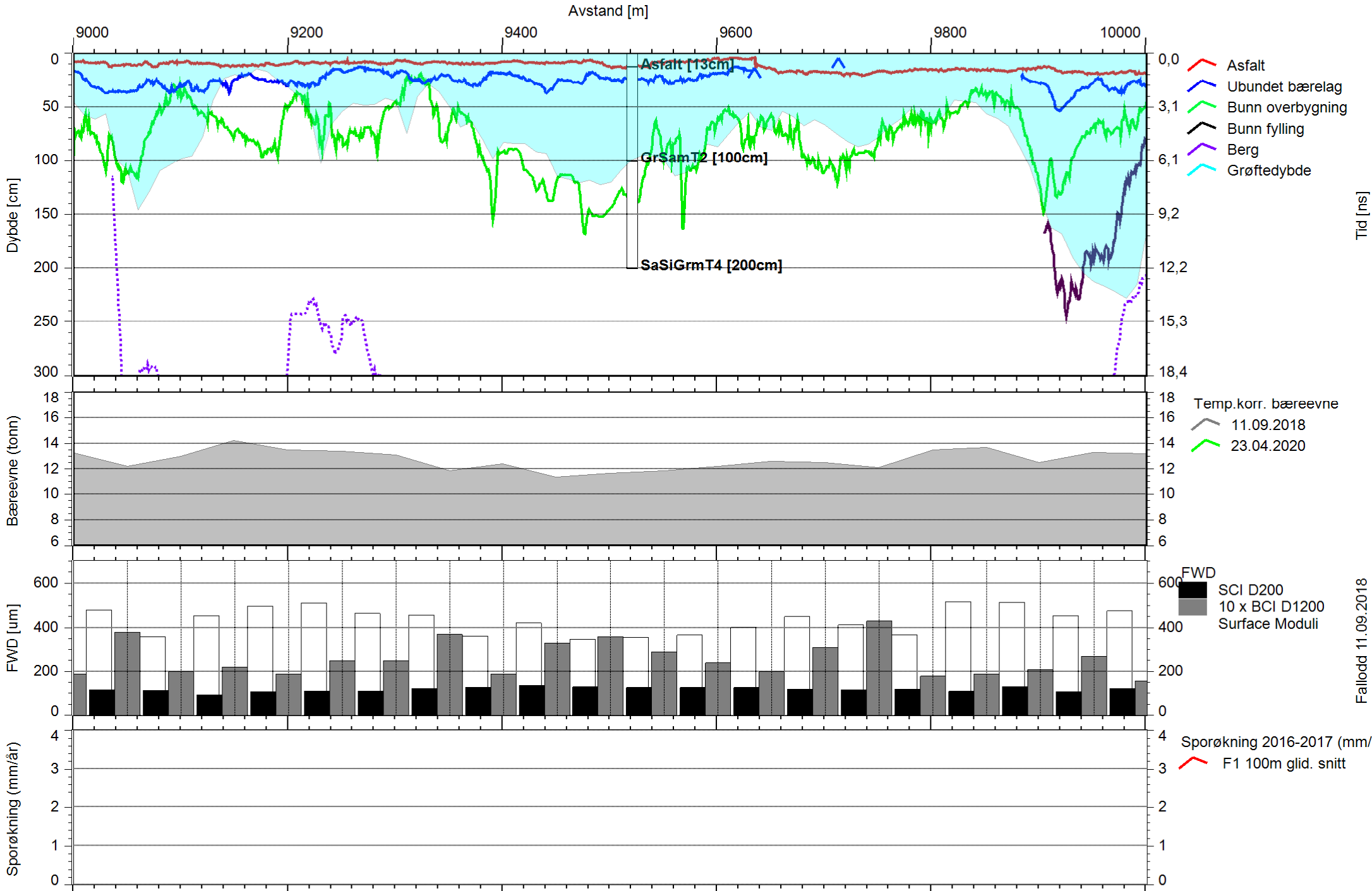
E8 Borealis



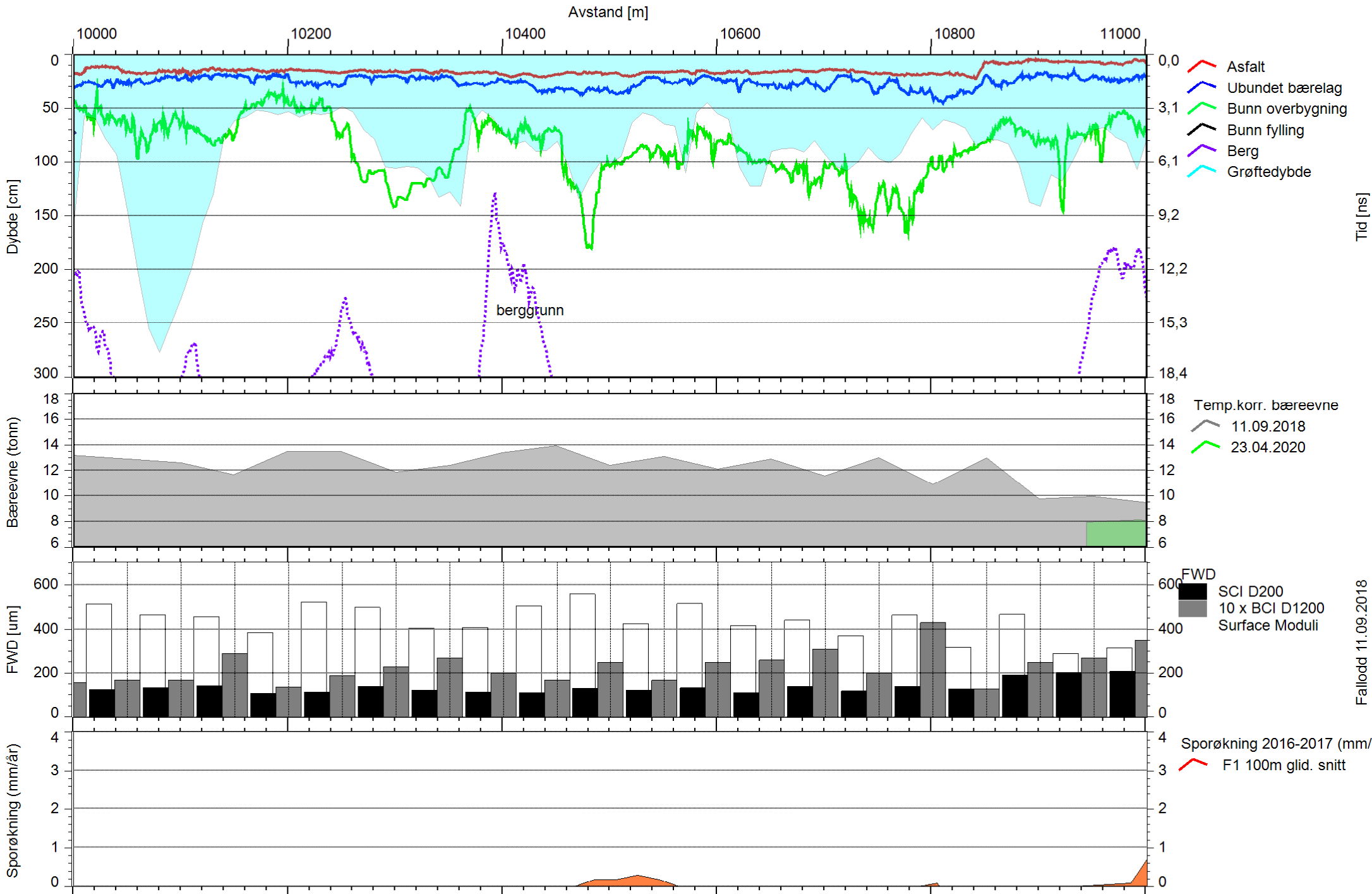
E8 Borealis



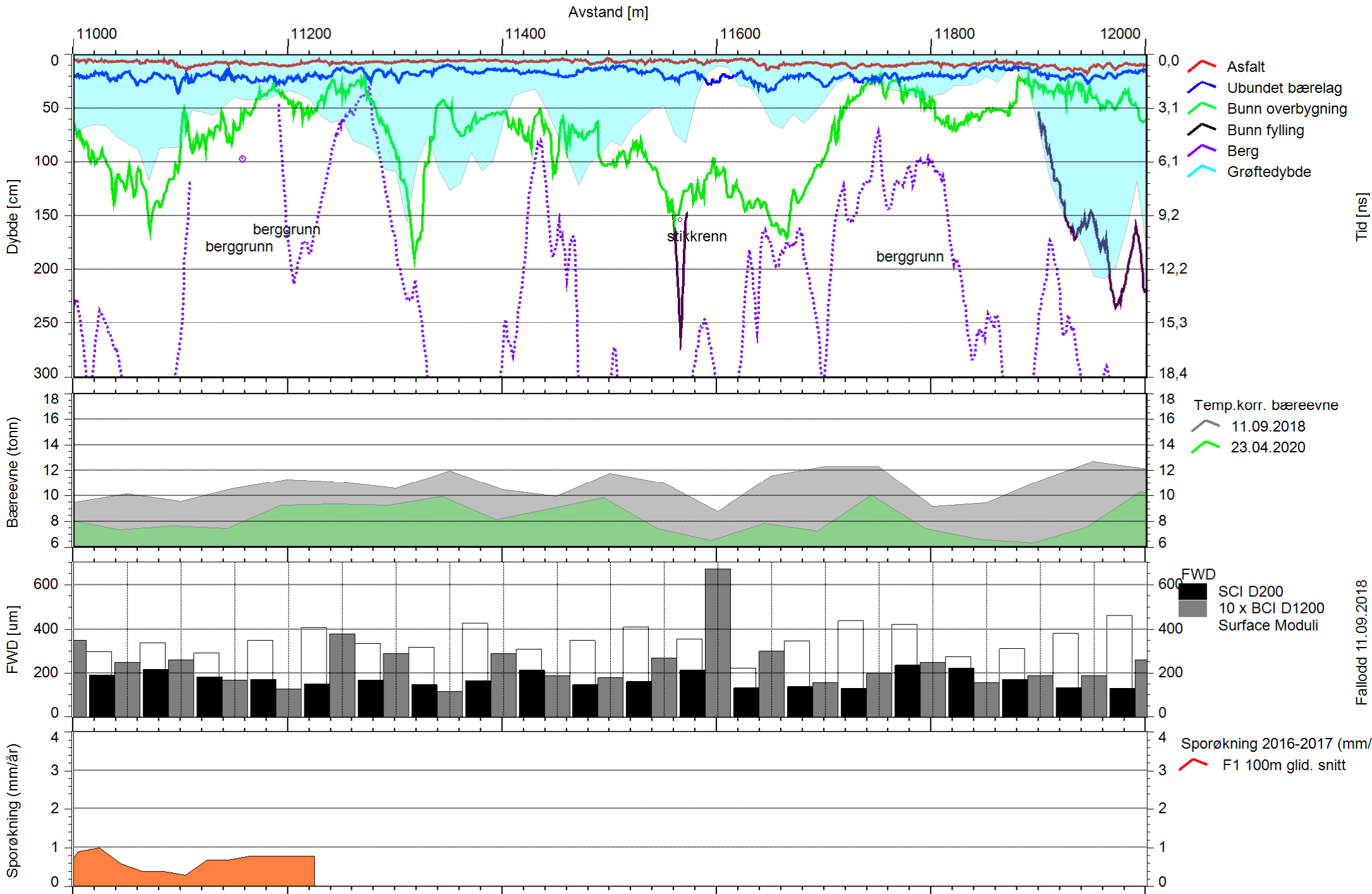
E8 Borealis



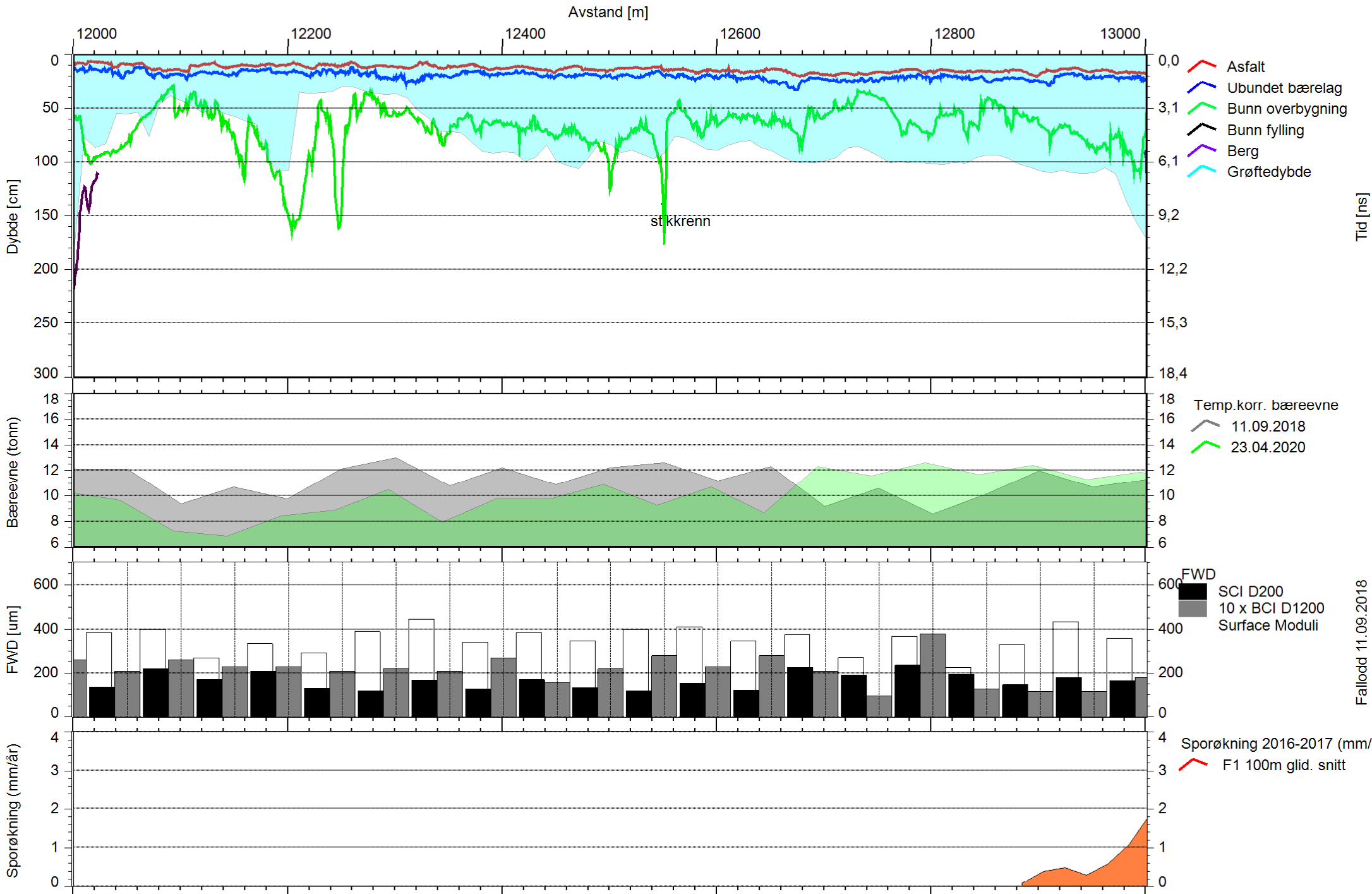
E8 Borealis



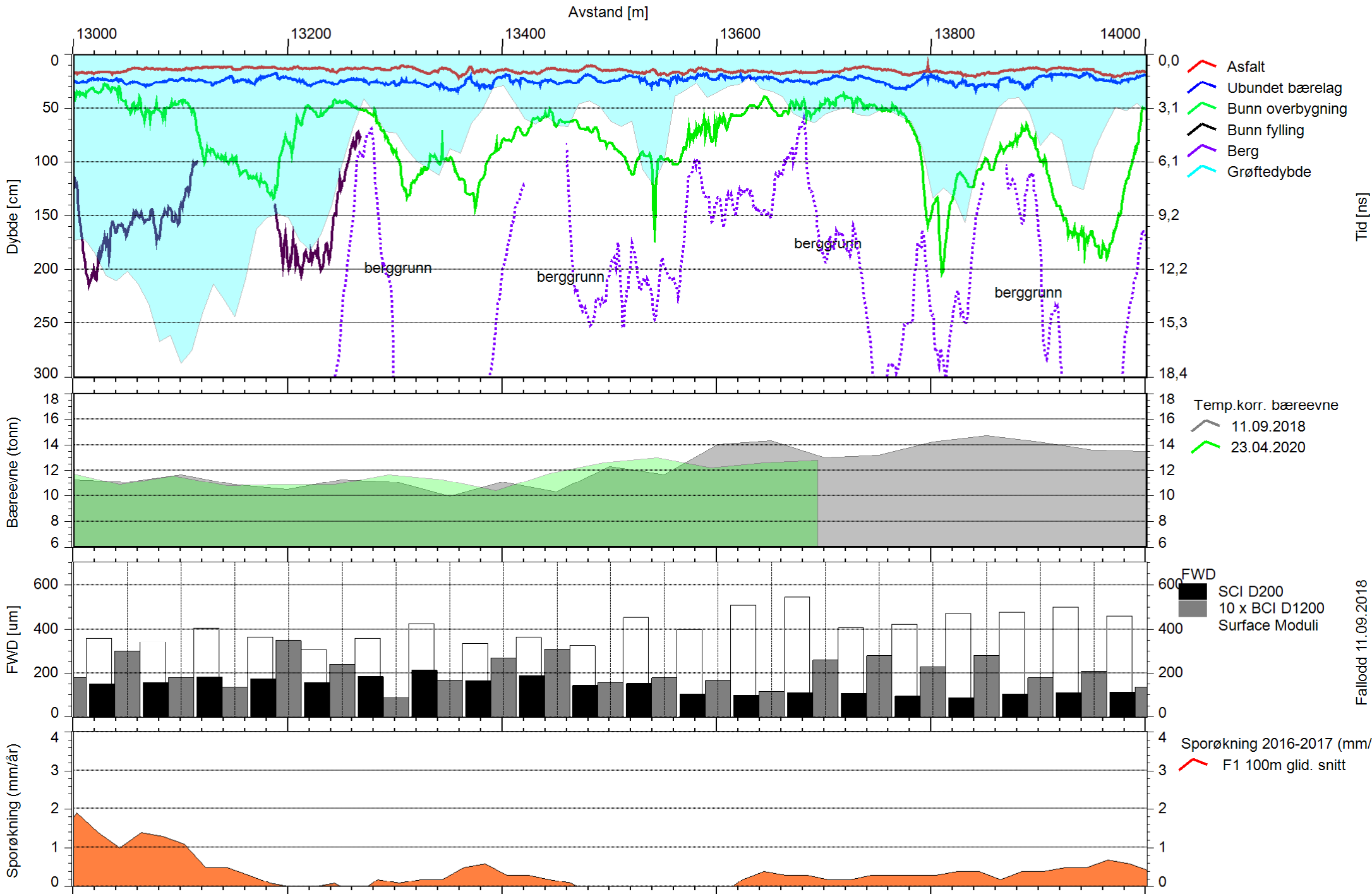
E8 Borealis



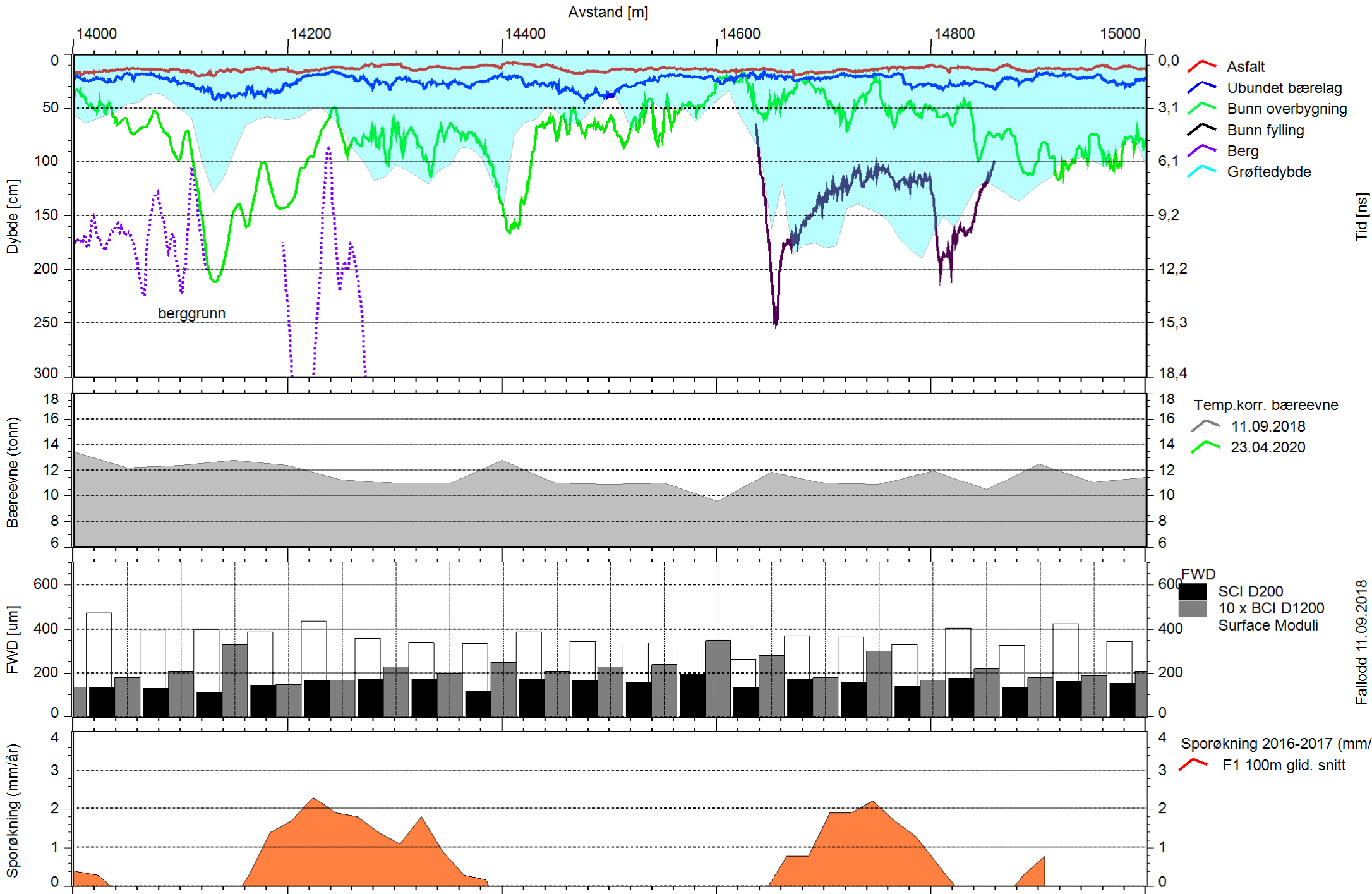
E8 Borealis



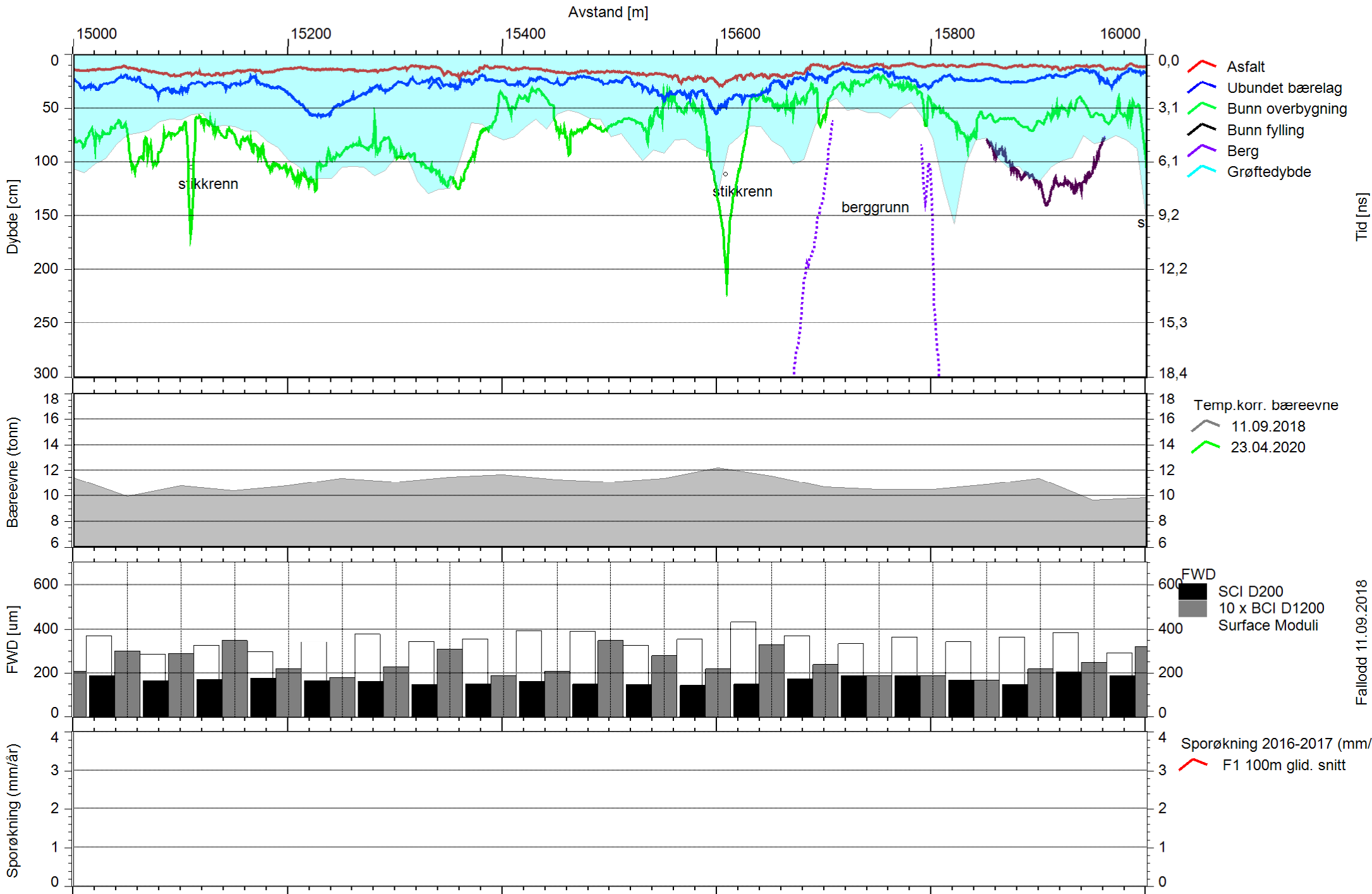
E8 Borealis



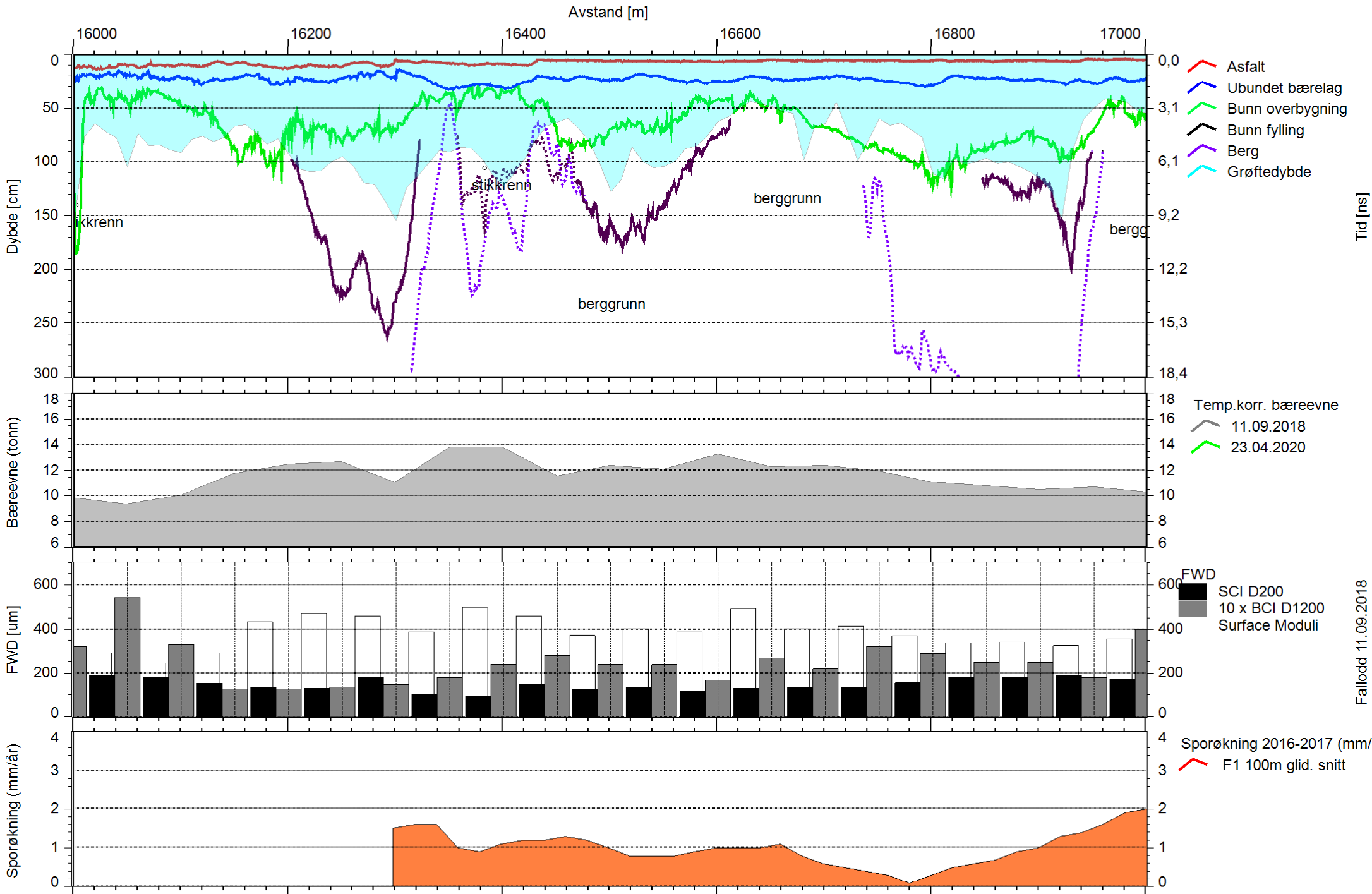
E8 Borealis



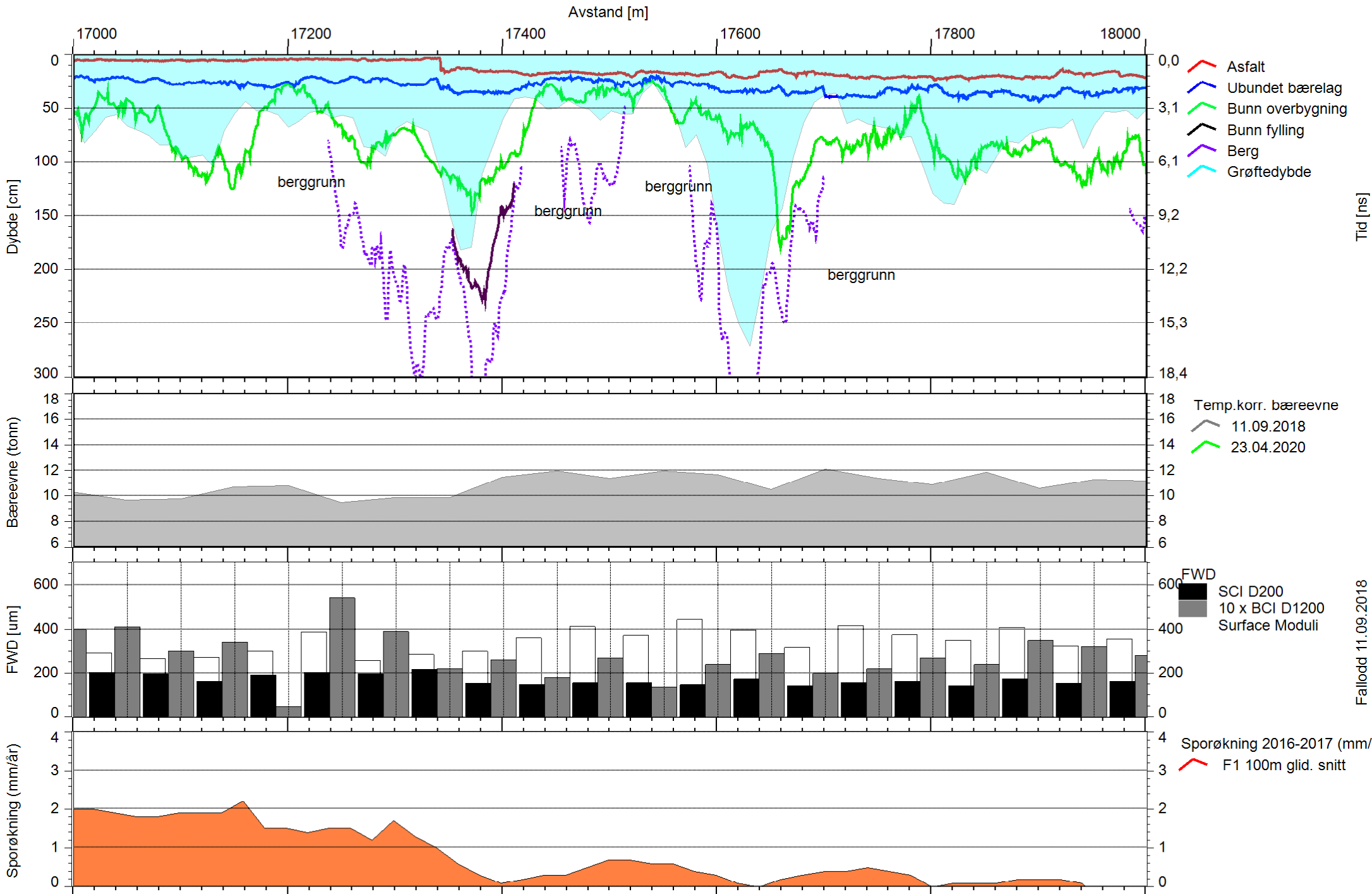
E8 Borealis



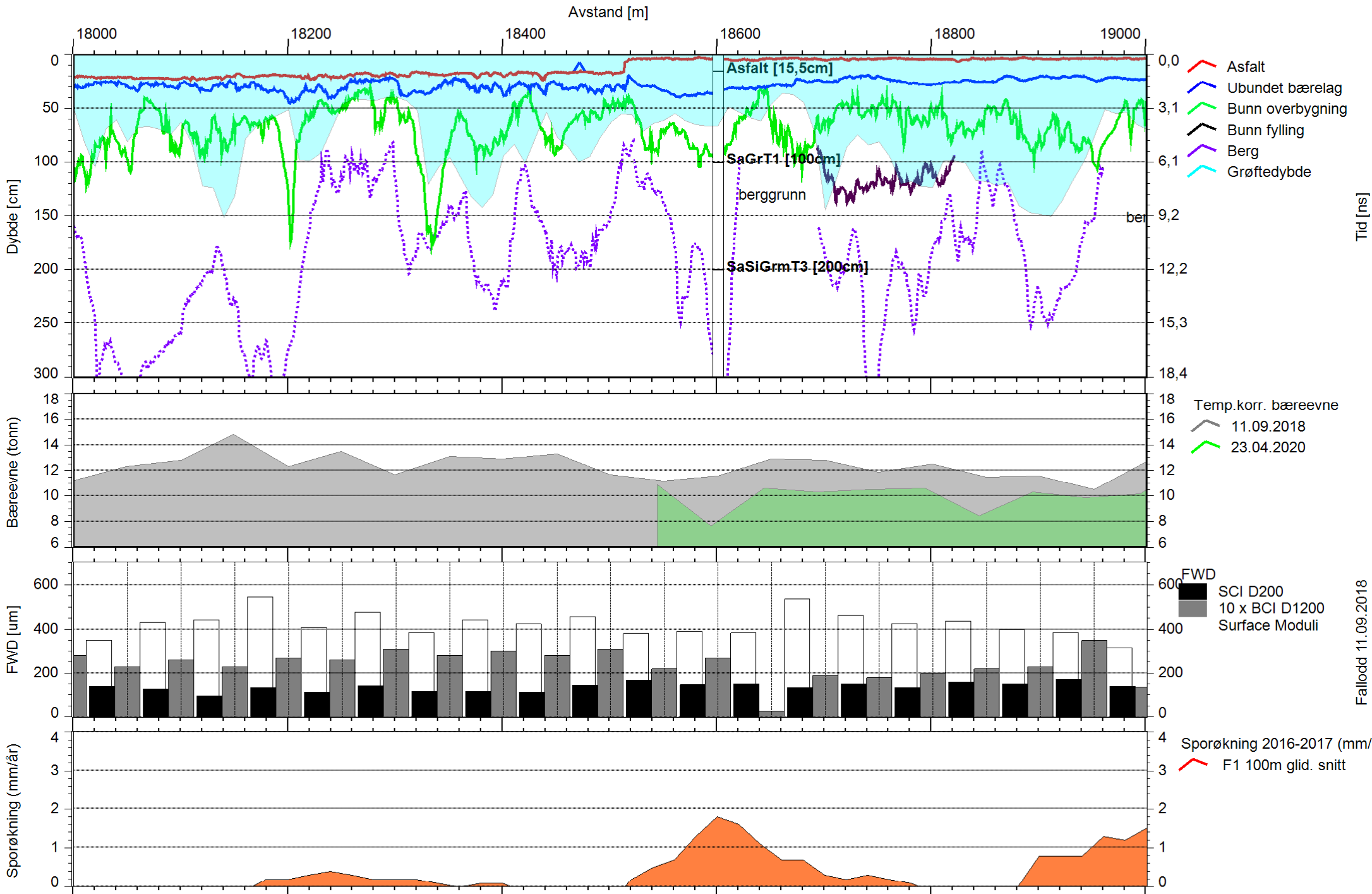
E8 Borealis



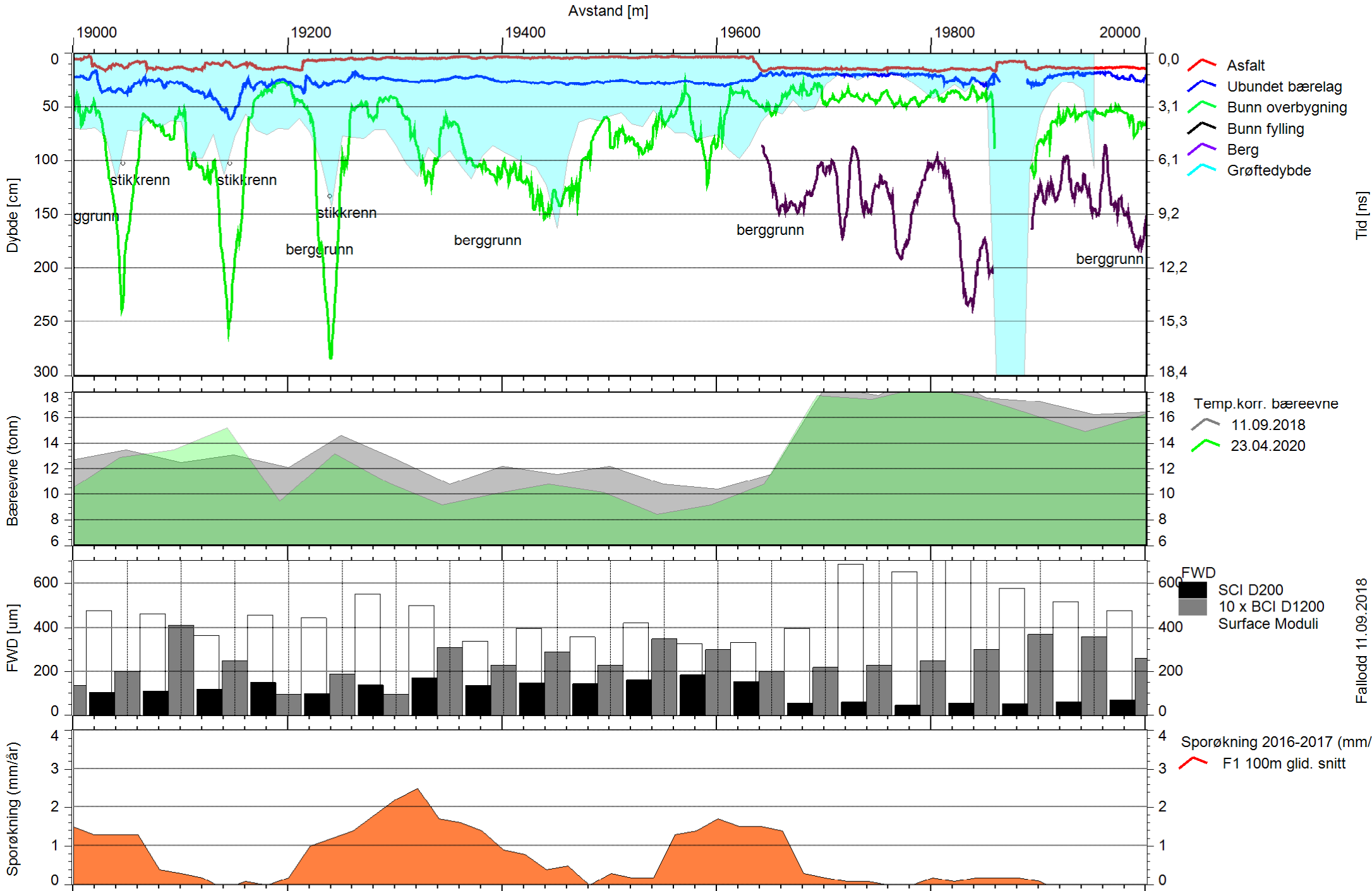
E8 Borealis



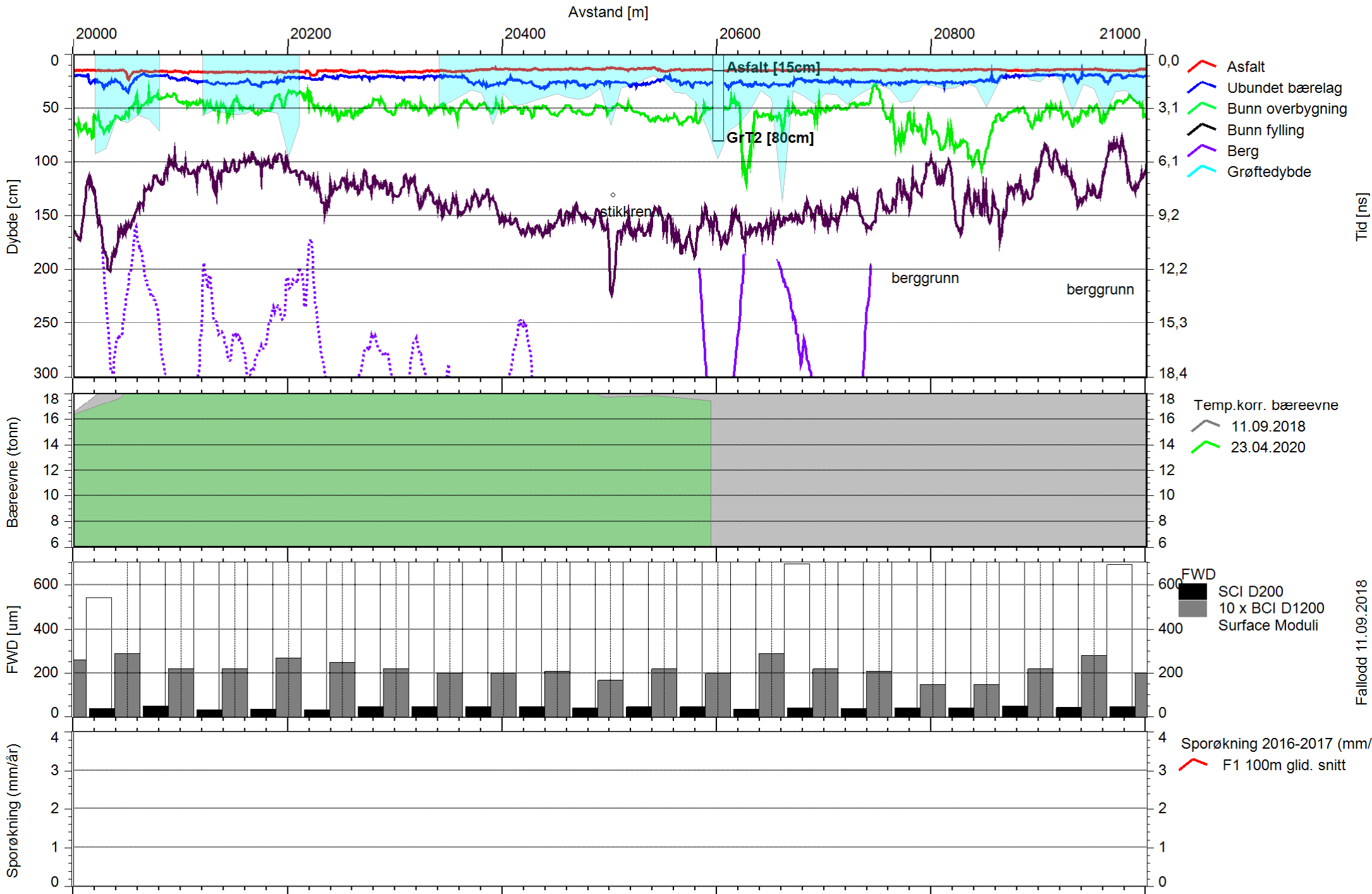
E8 Borealis



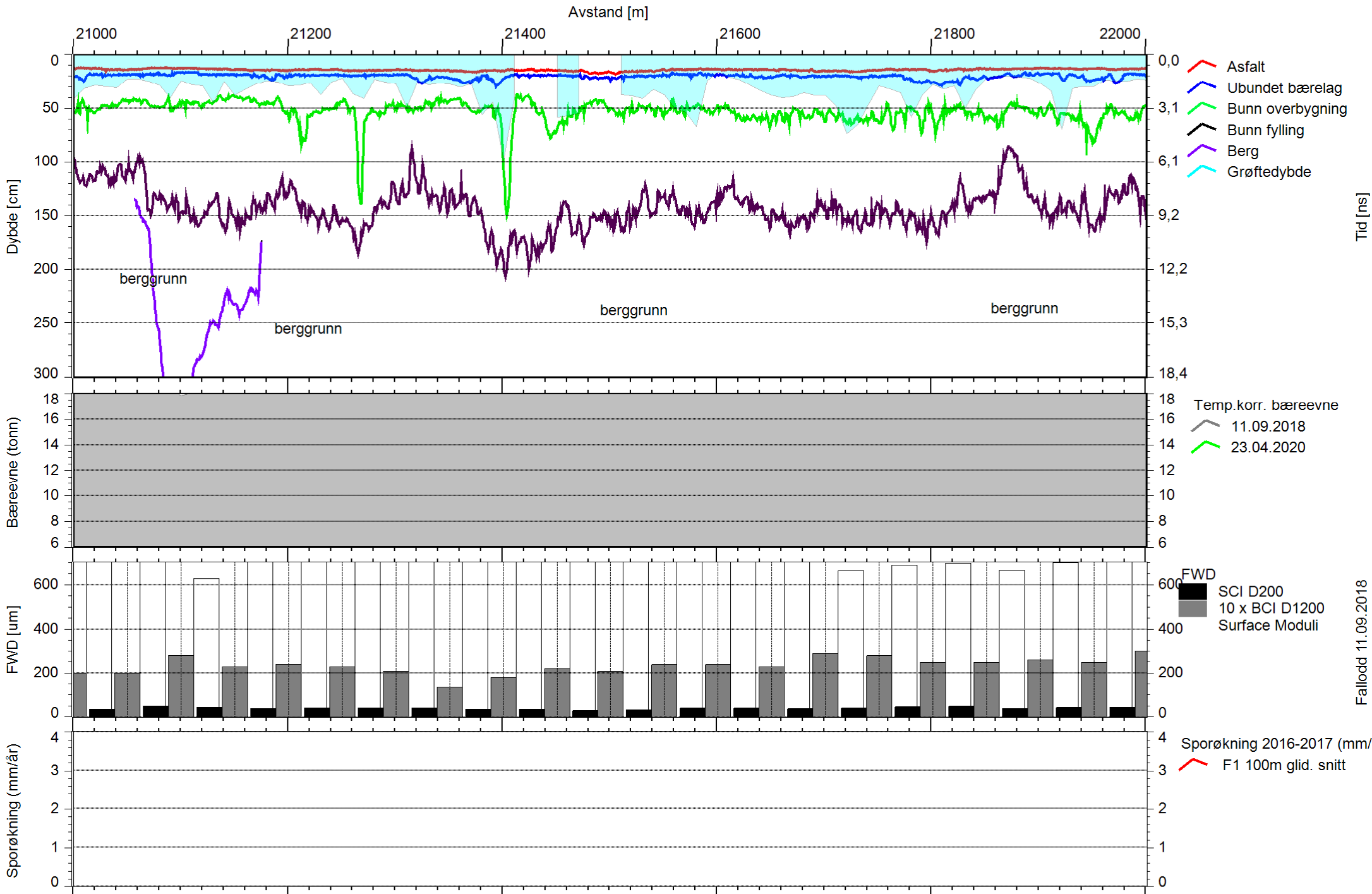
E8 Borealis



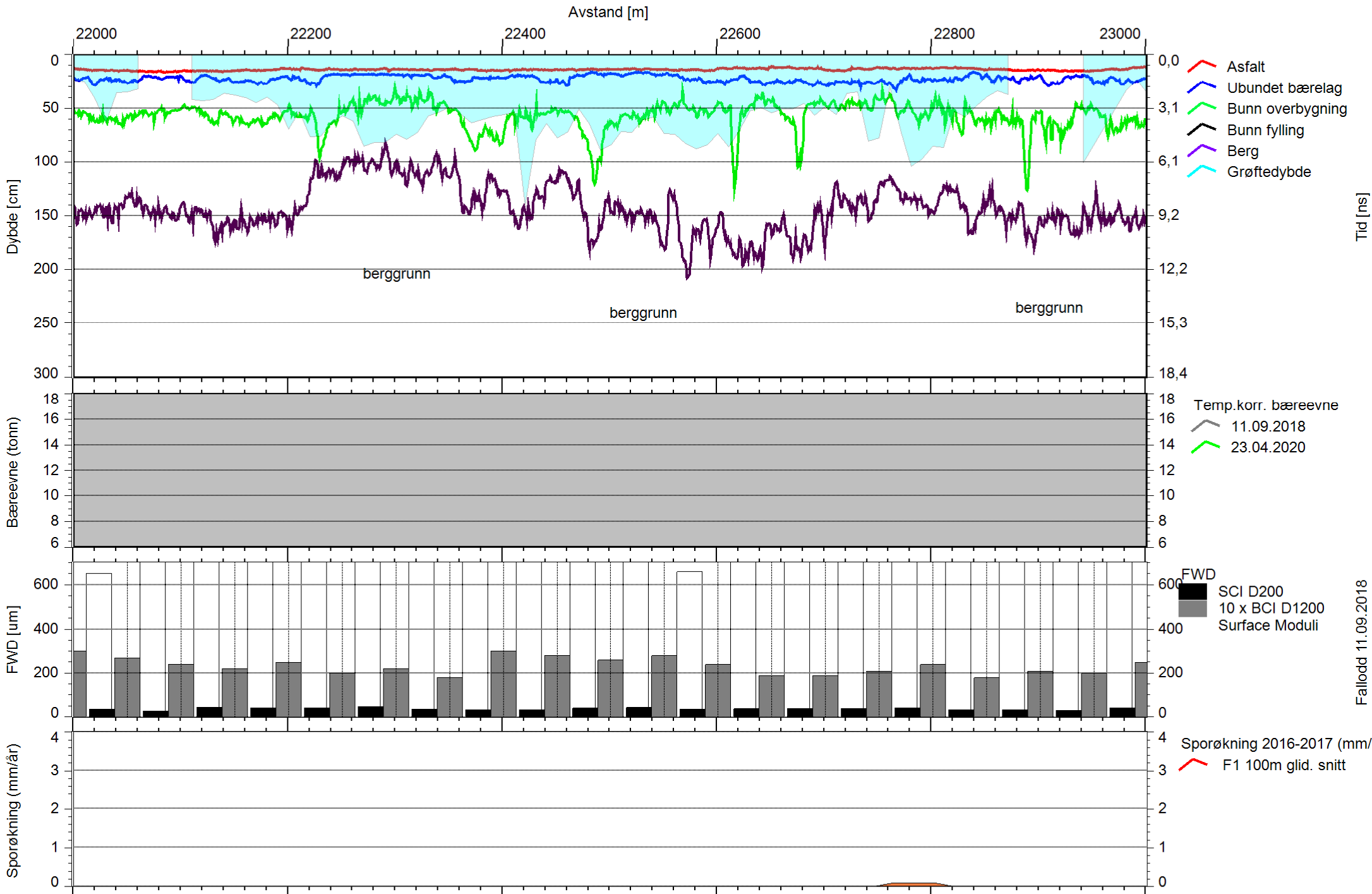
E8 Borealis



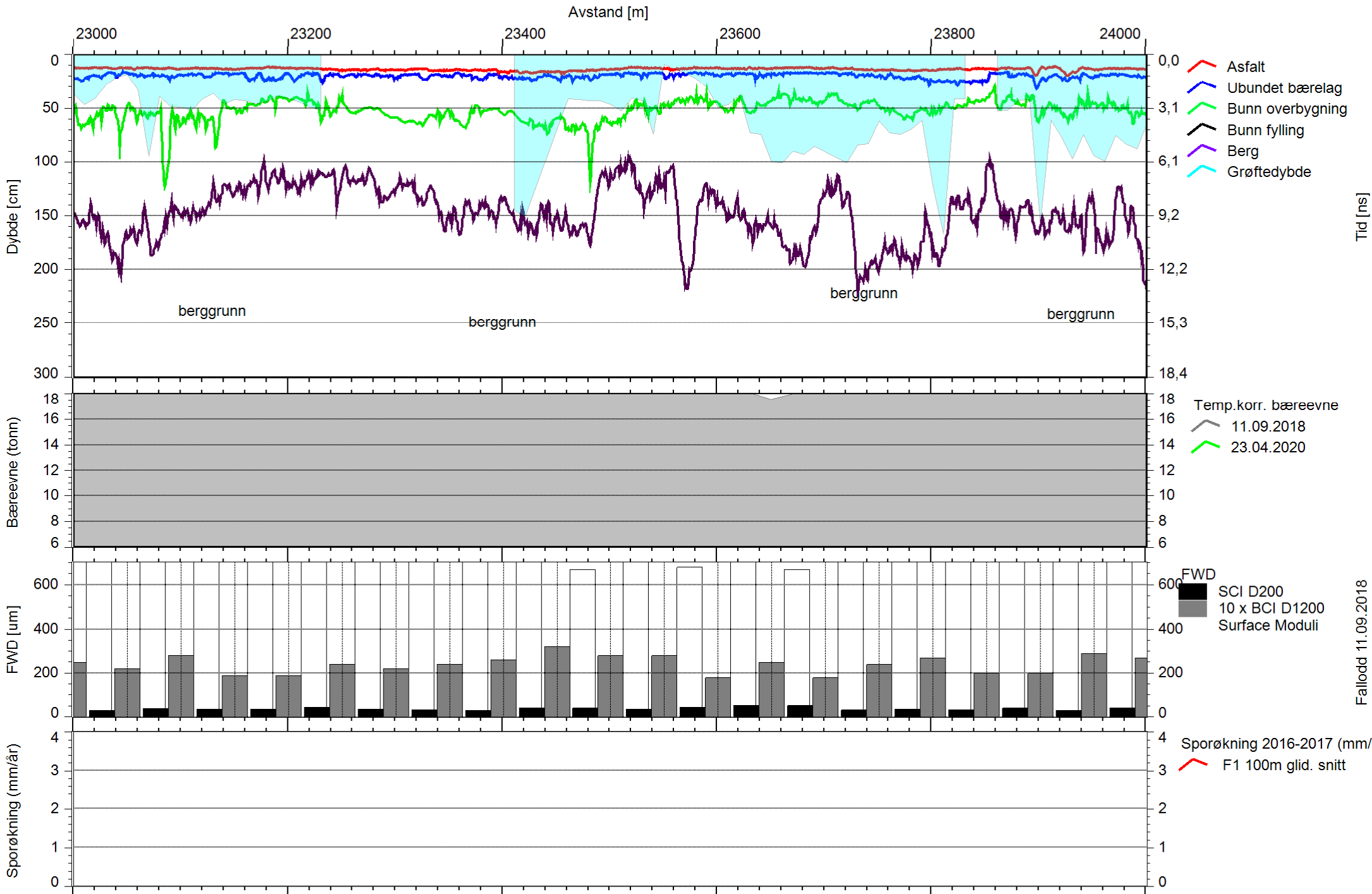
E8 Borealis



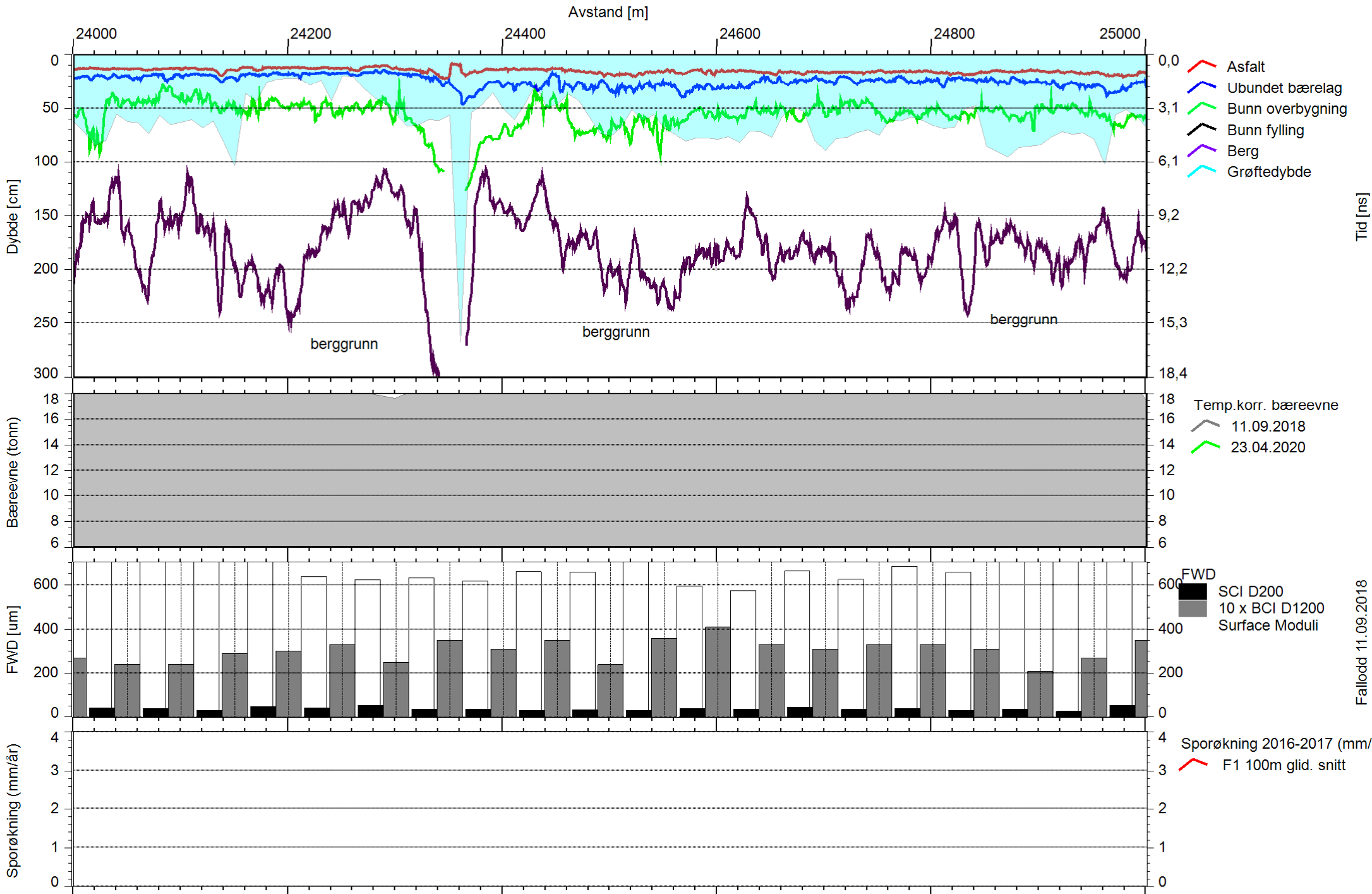
E8 Borealis



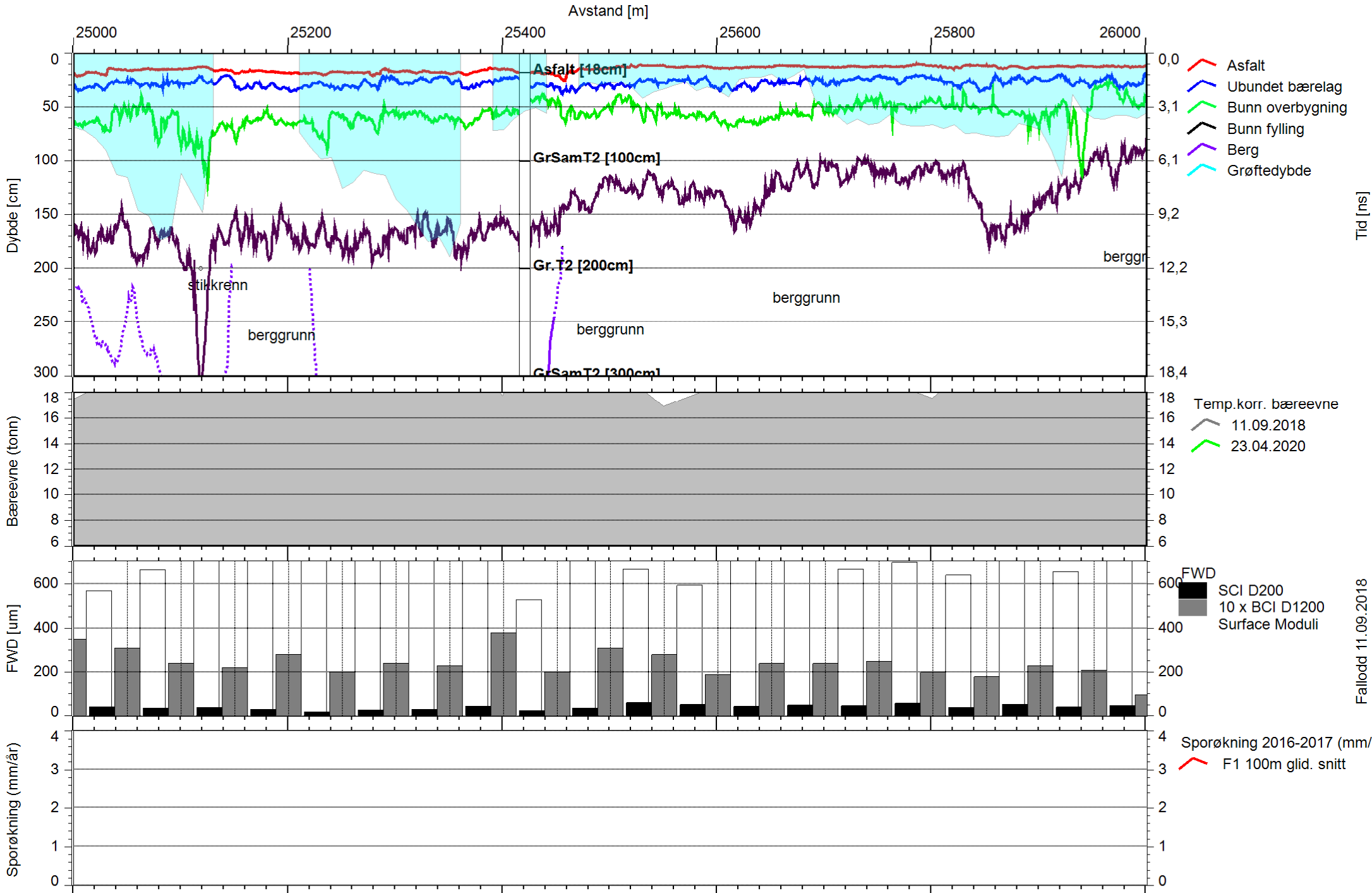
E8 Borealis



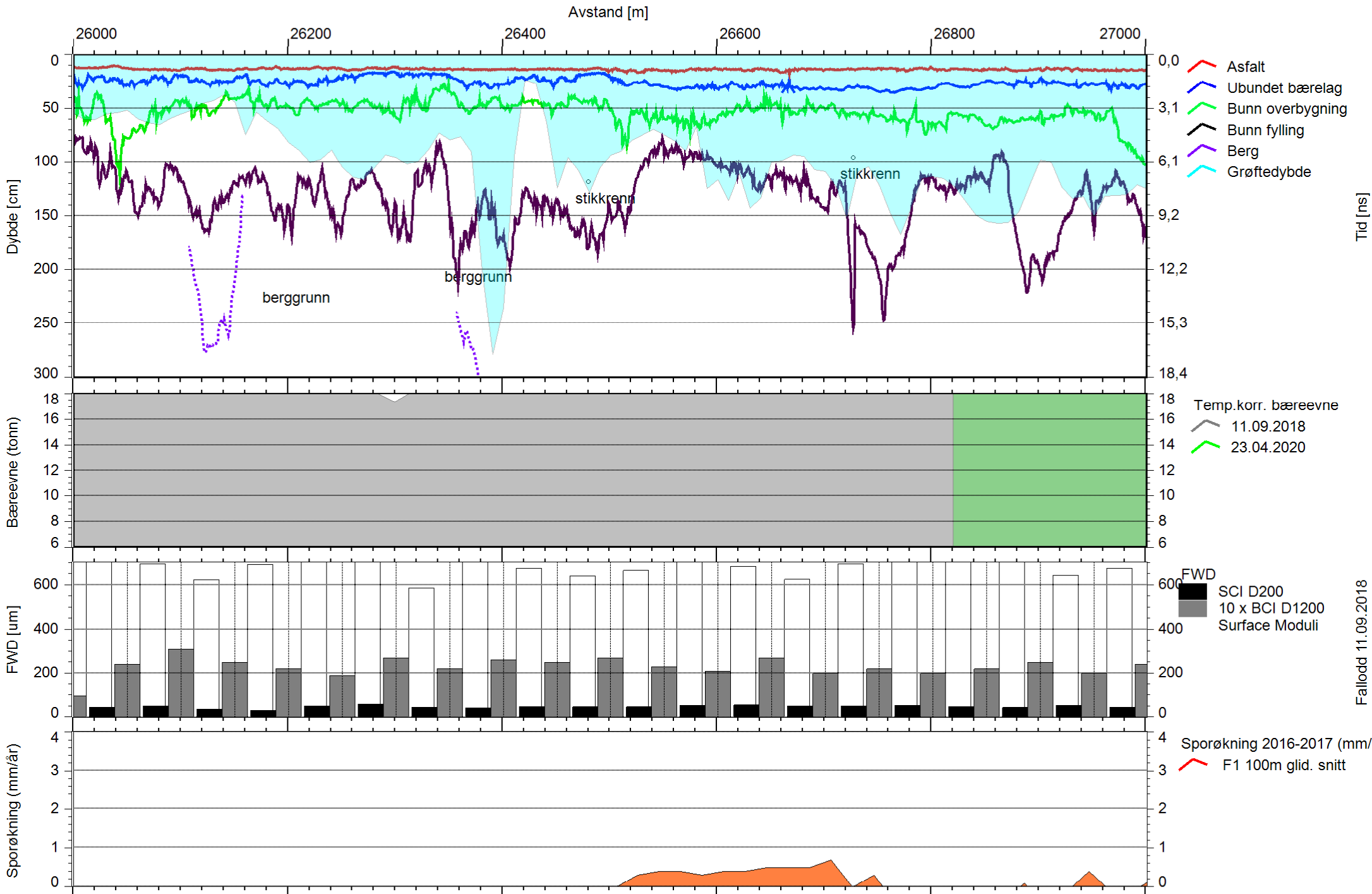
E8 Borealis



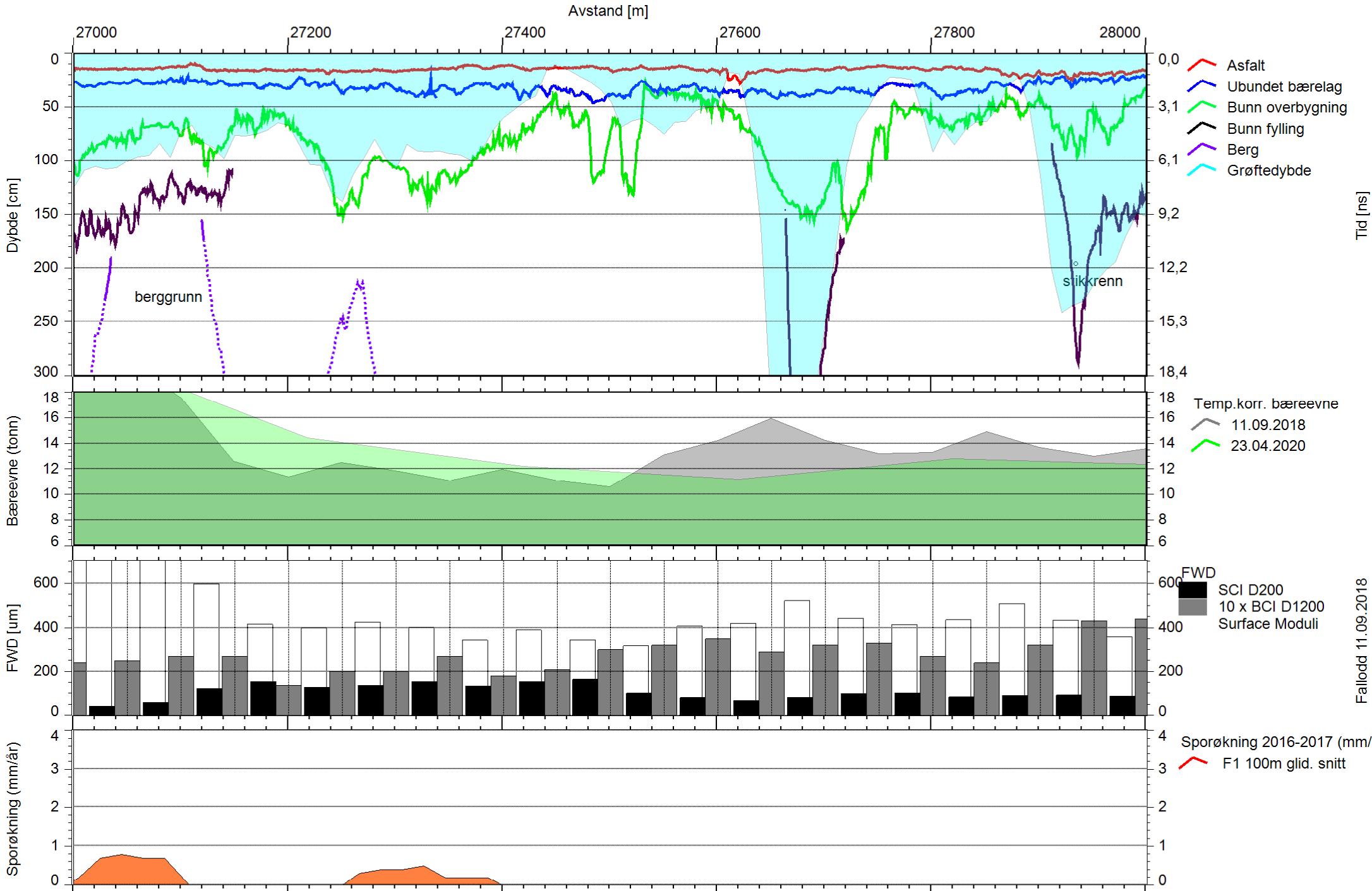
E8 Borealis



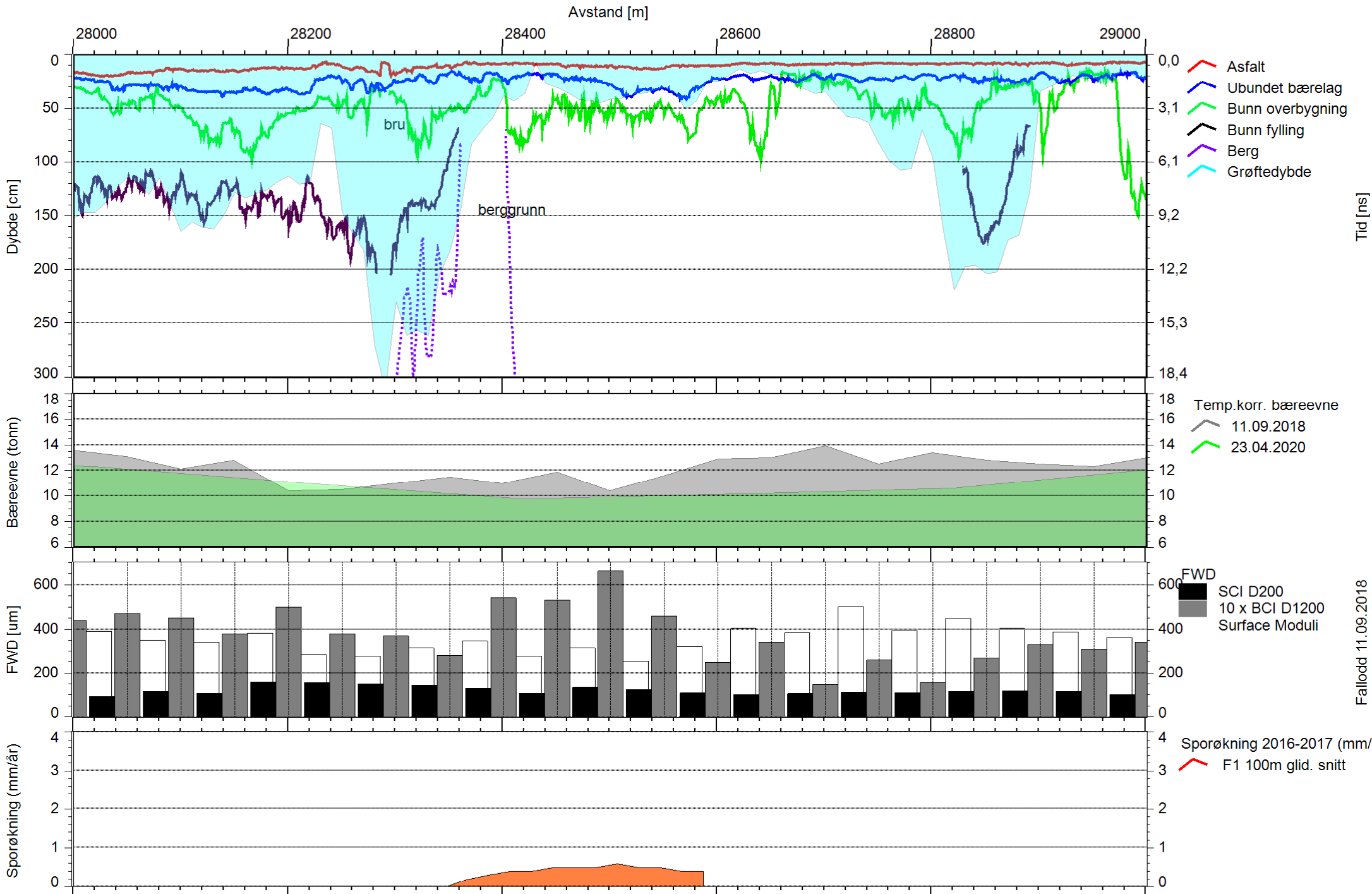
E8 Borealis



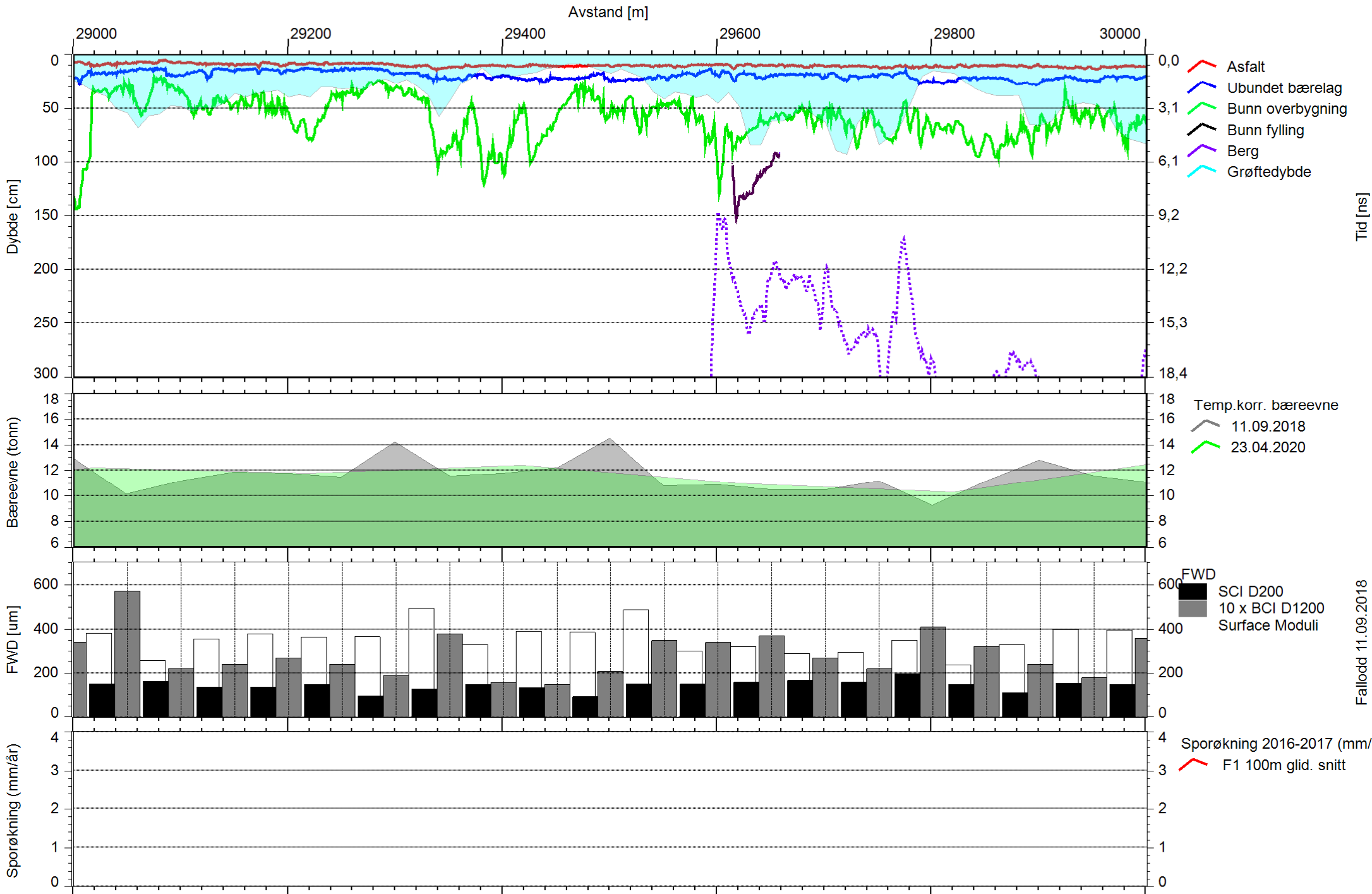
E8 Borealis



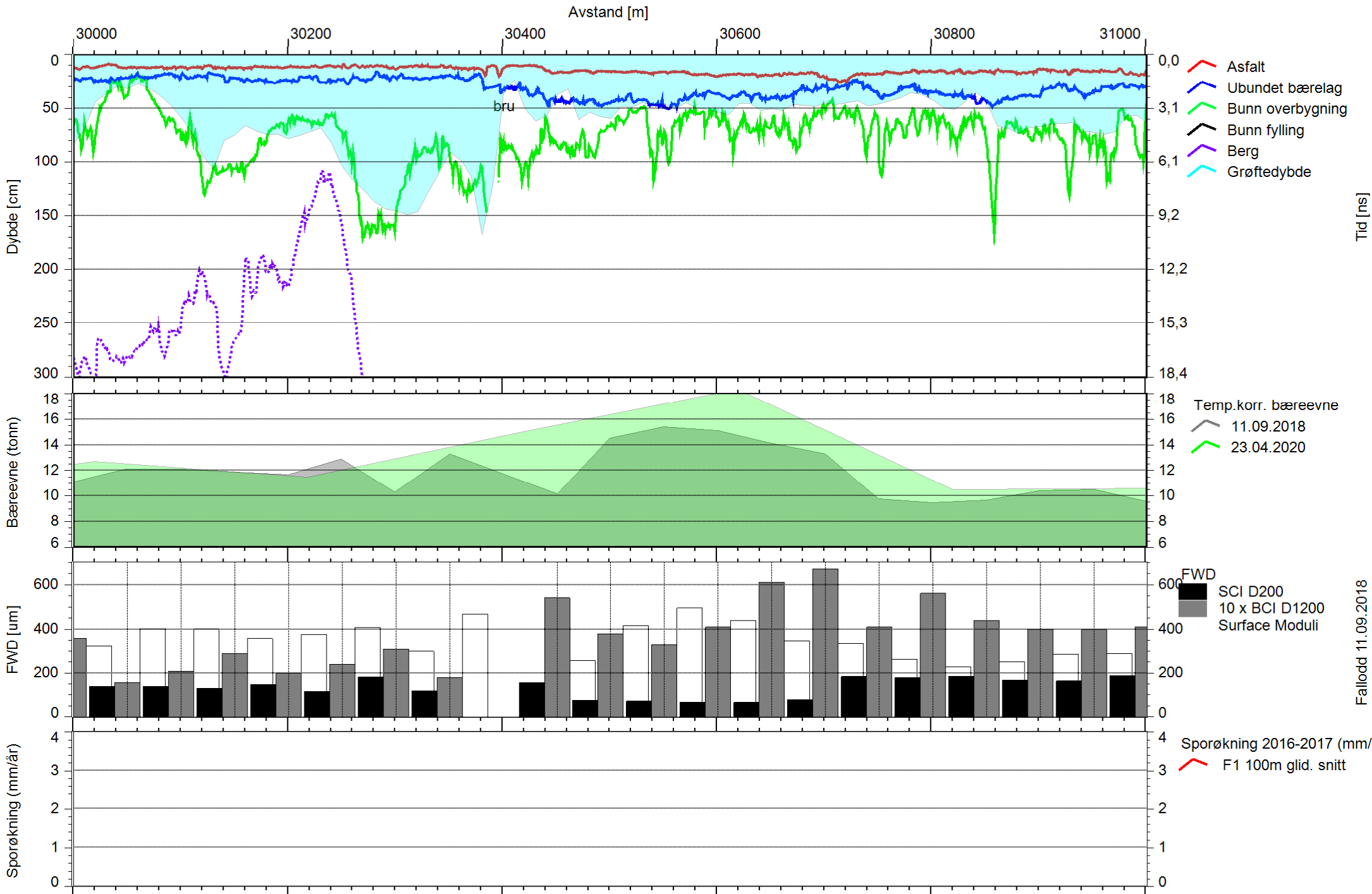
E8 Borealis



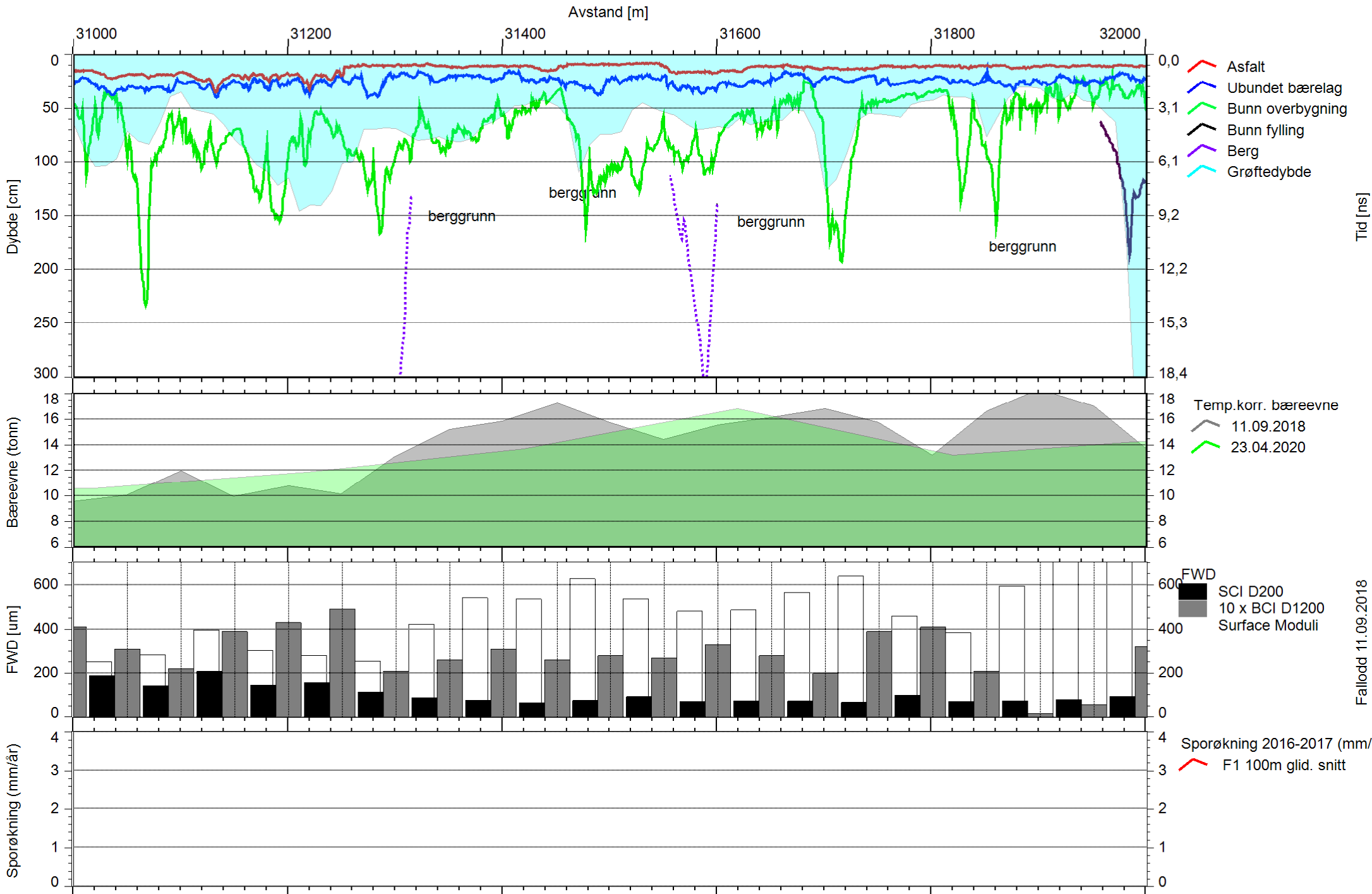
E8 Borealis



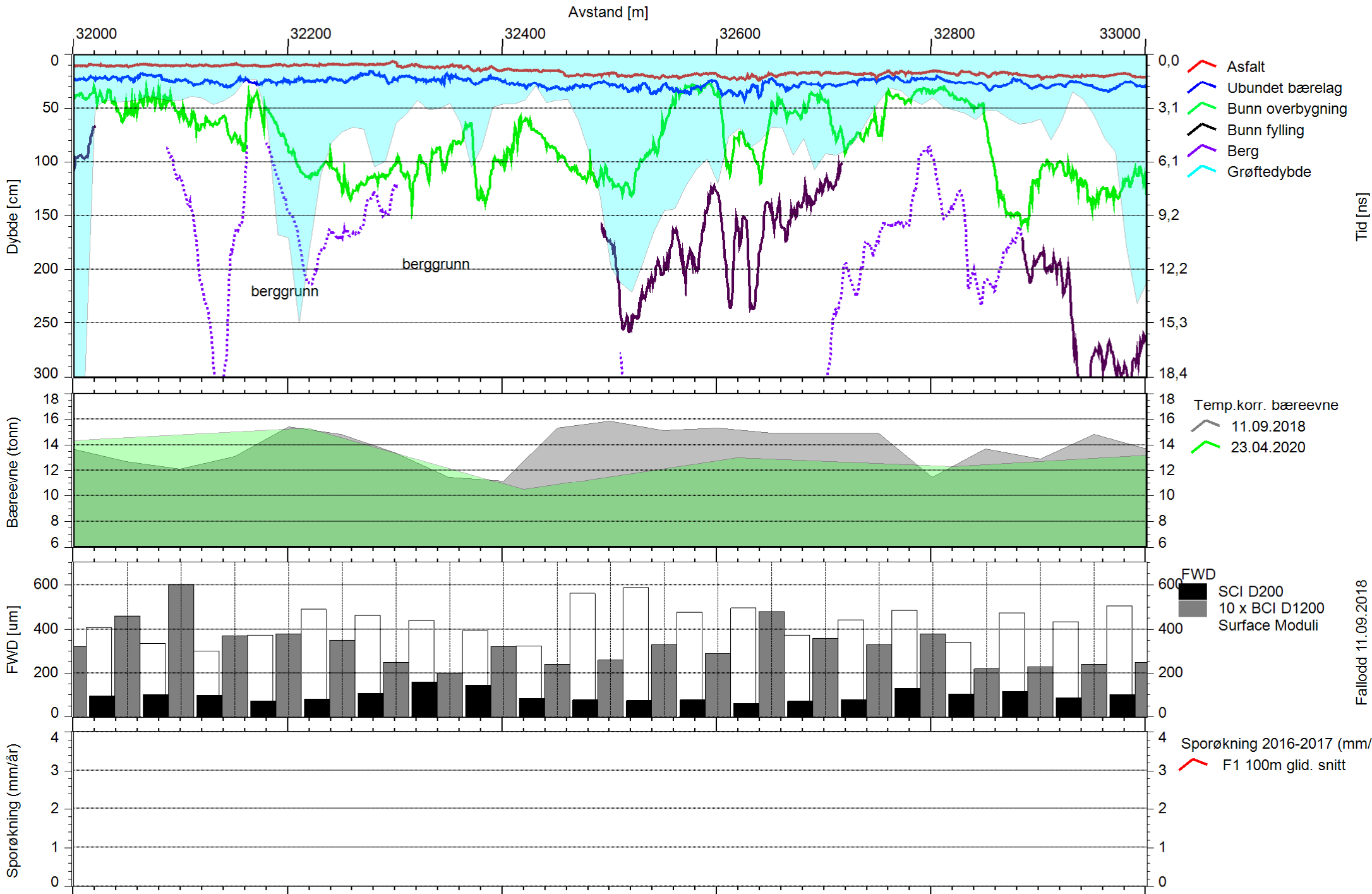
E8 Borealis



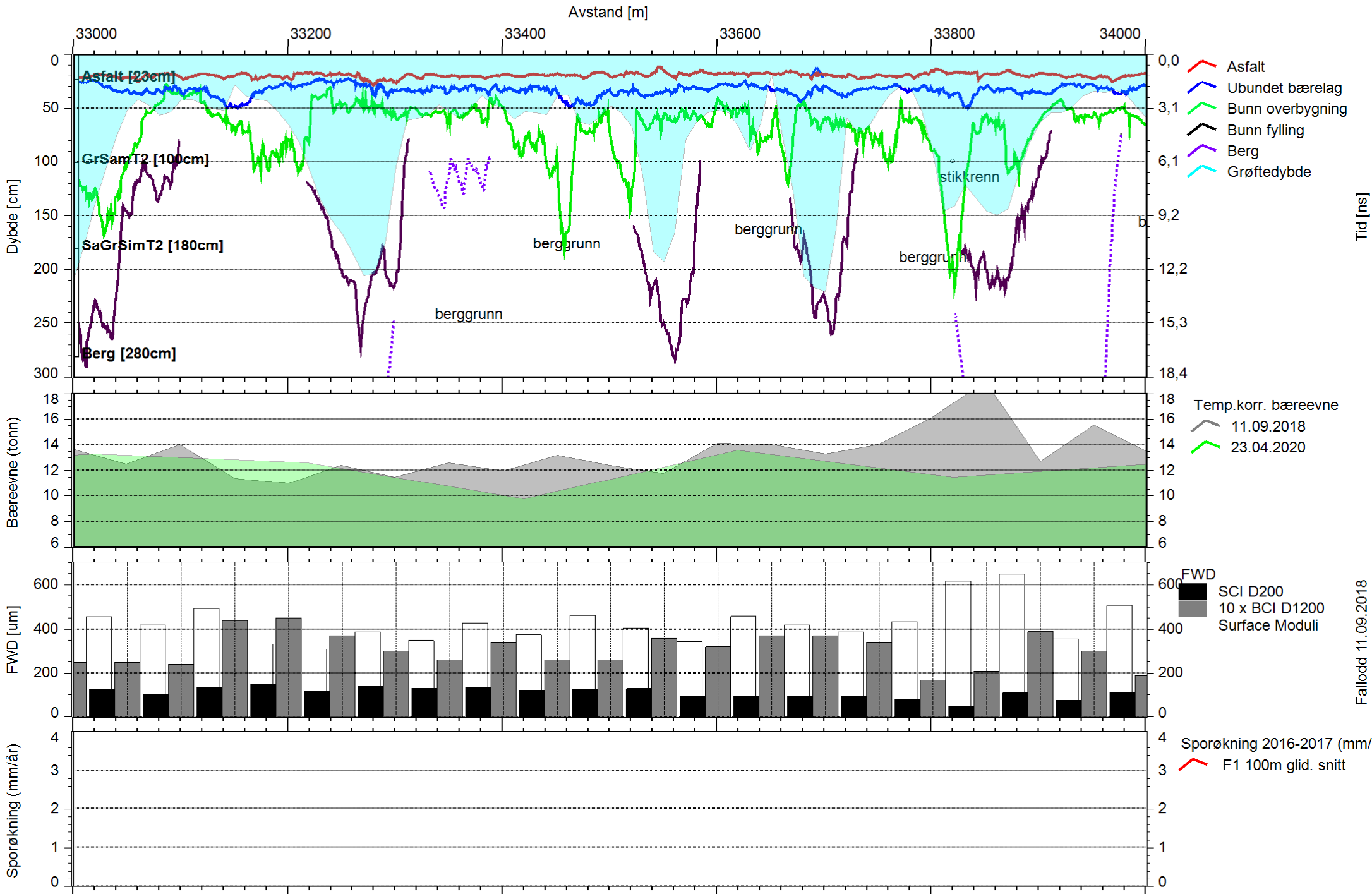
E8 Borealis



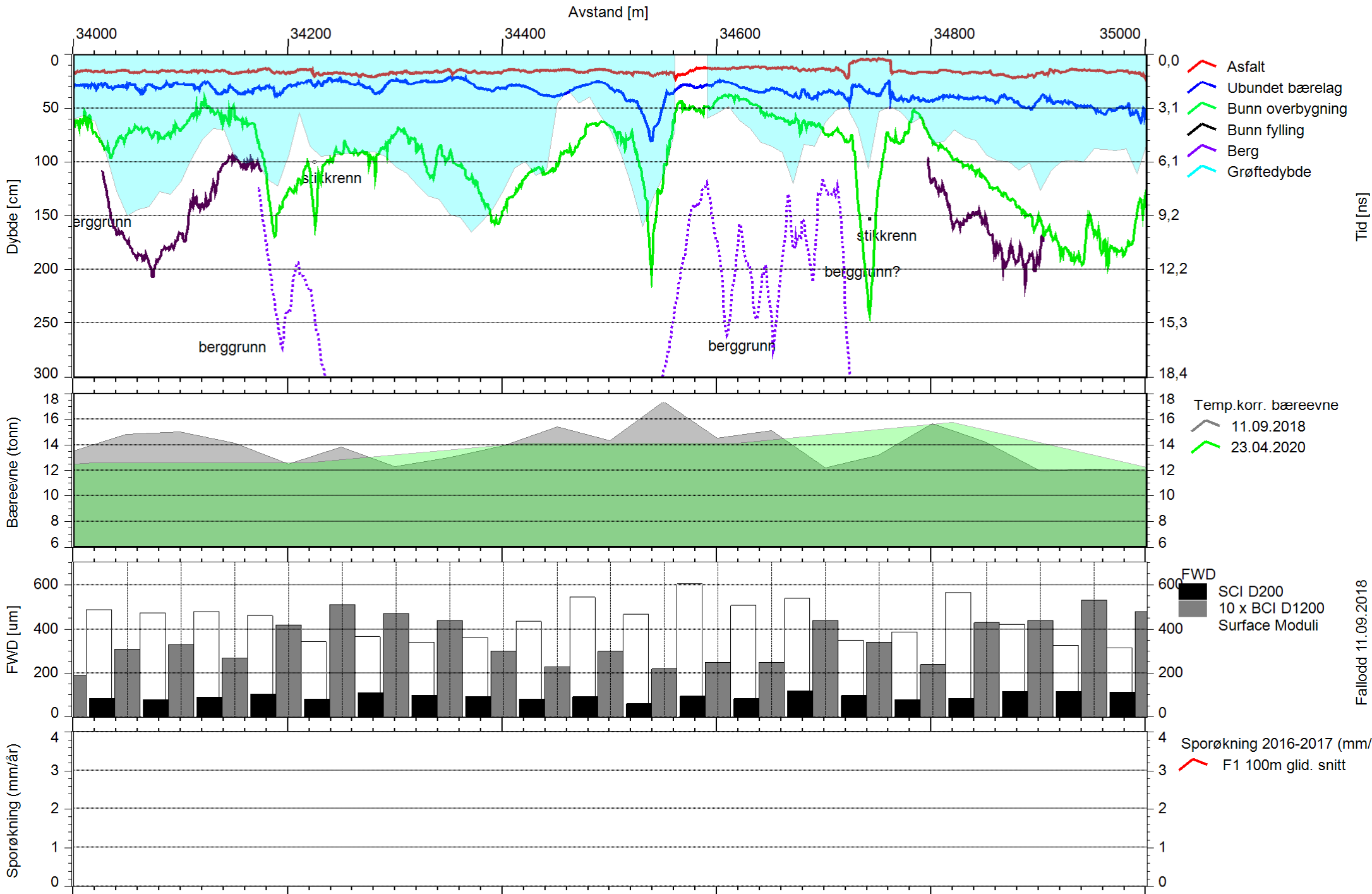
E8 Borealis



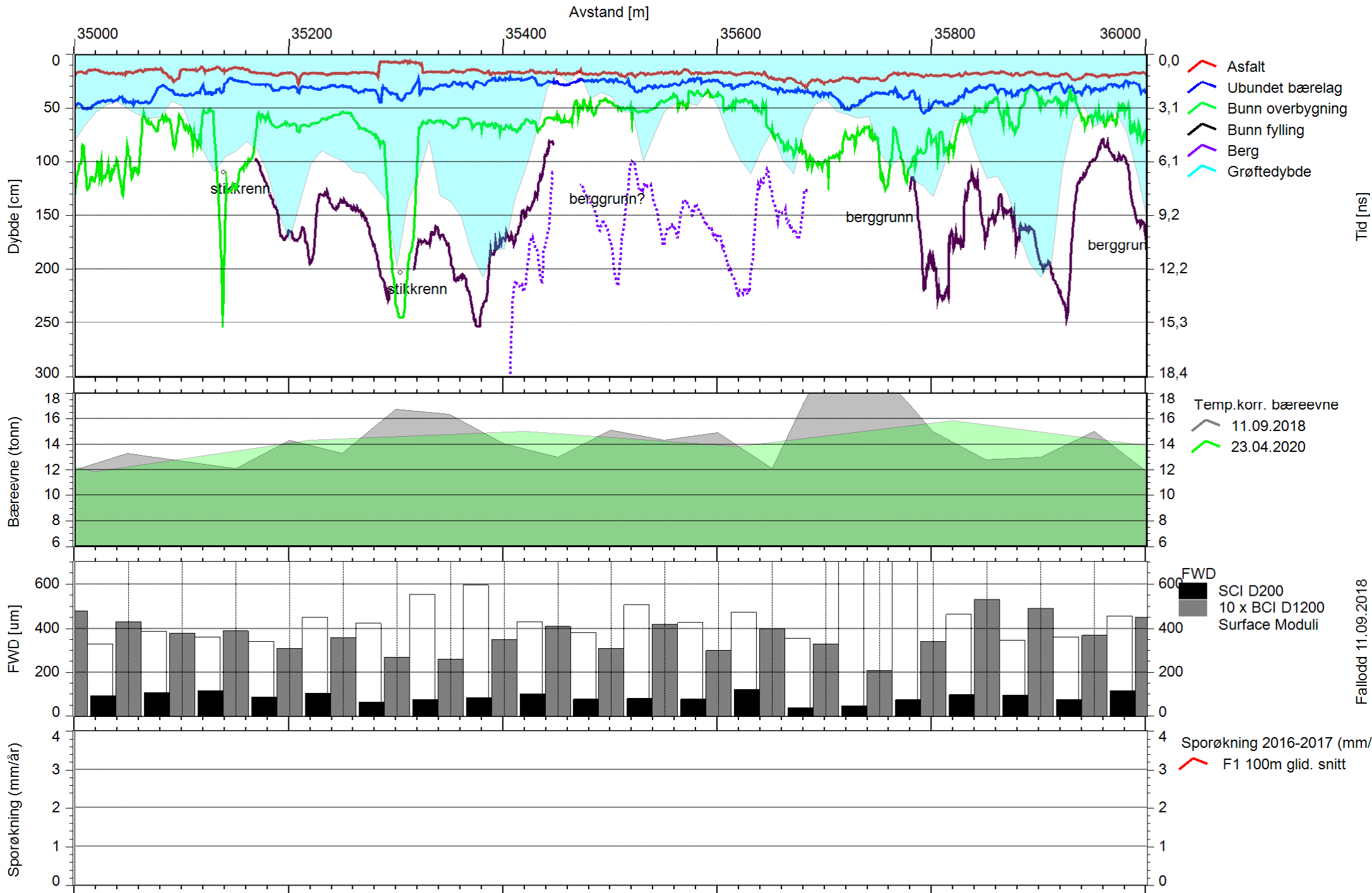
E8 Borealis



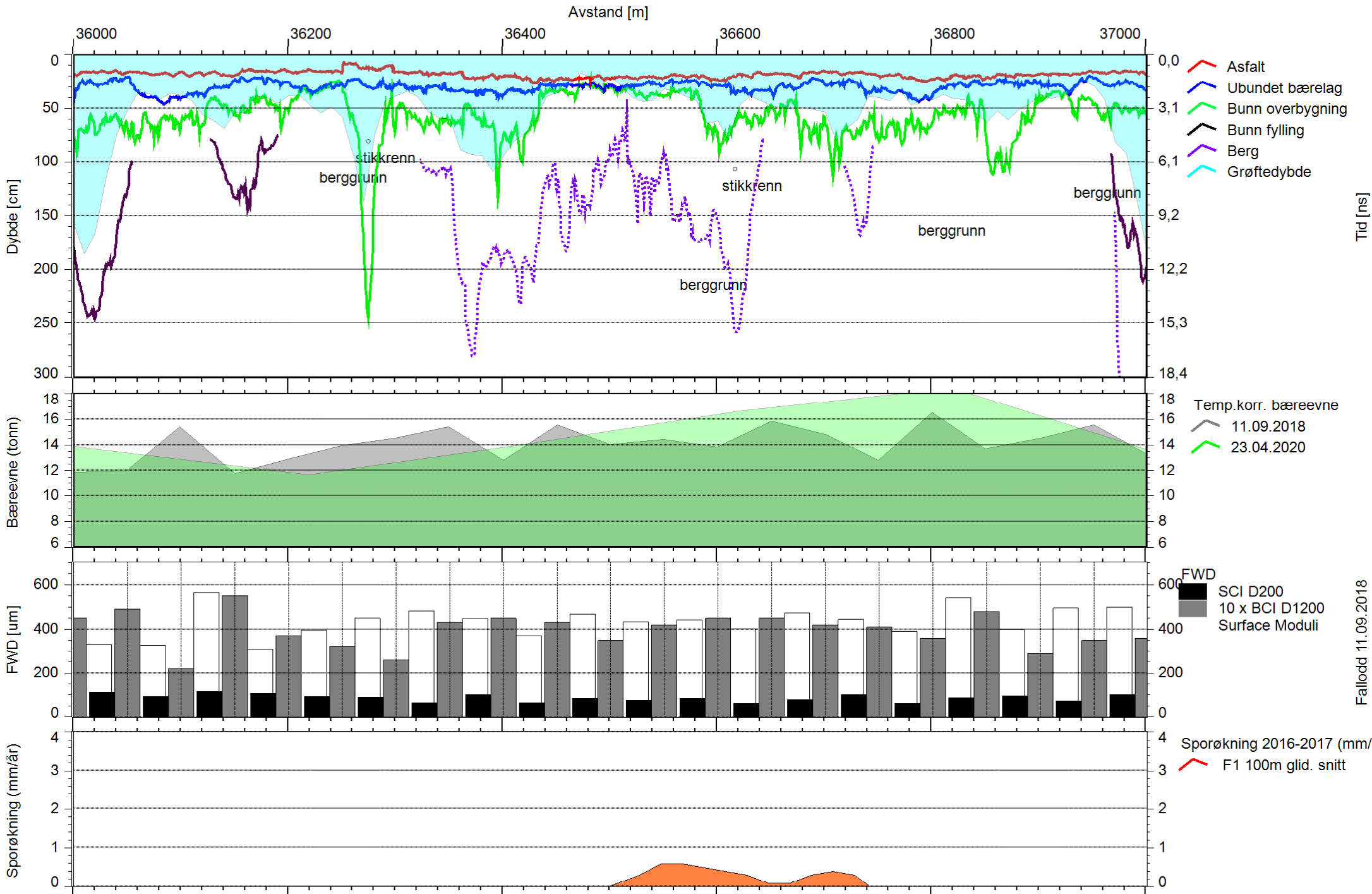
E8 Borealis



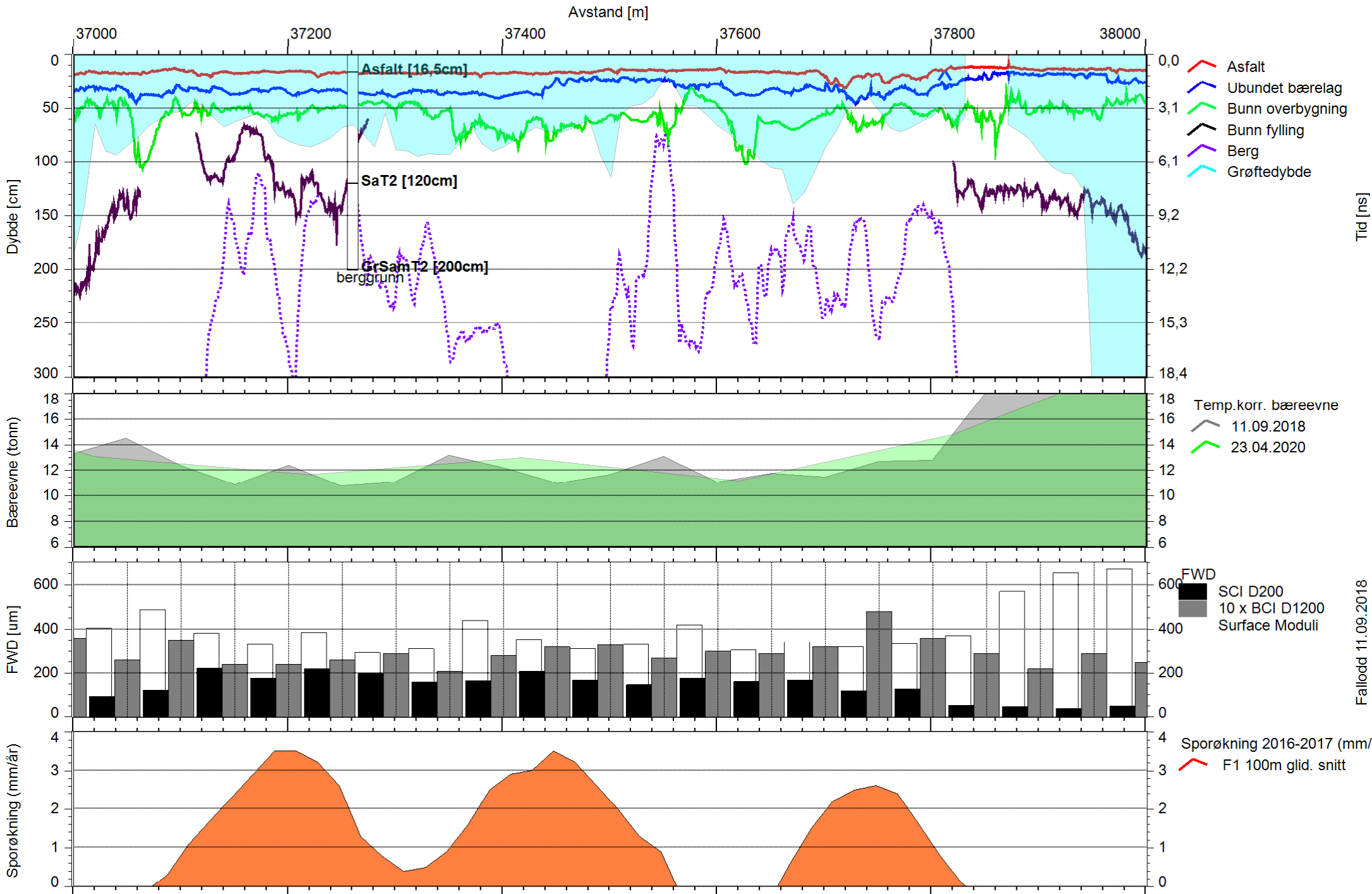
E8 Borealis



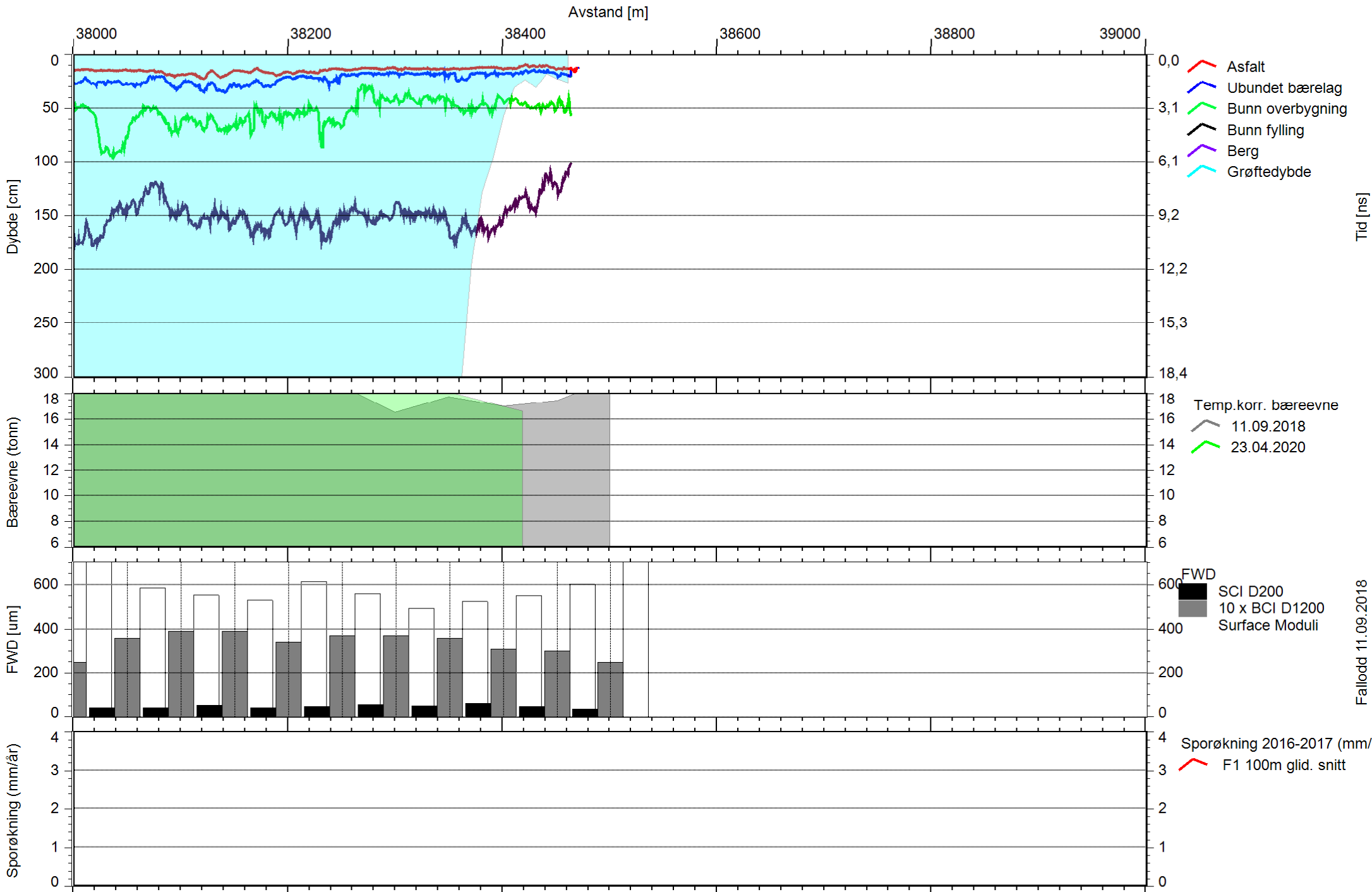
E8 Borealis



E8 Borealis



E8 Borealis

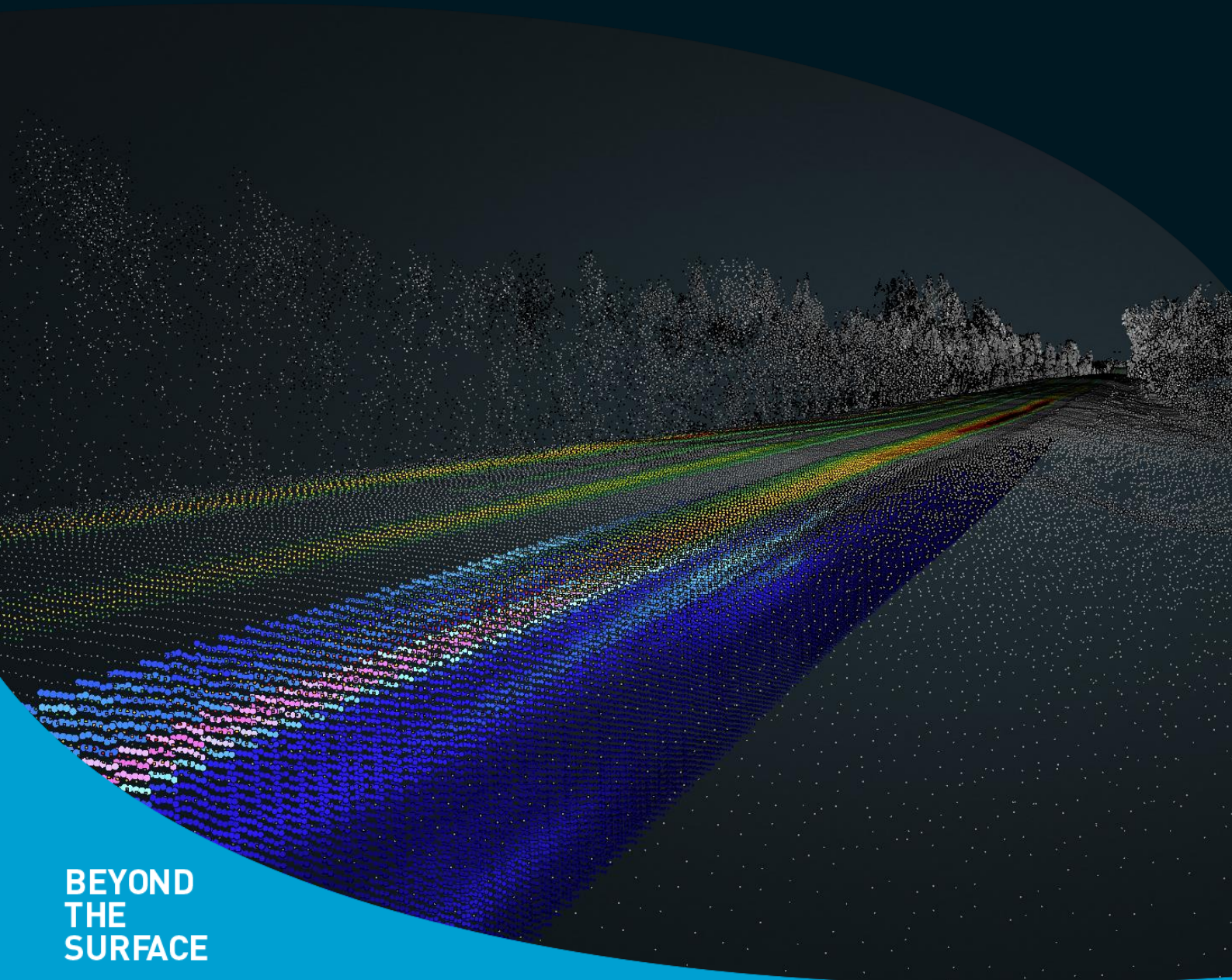


Vedlegg 2



RDSV surveys E8 Borealis

2019



BEYOND
THE
SURFACE

RDSV surveys E8 Borealis

2019

1	Introduction	3
2	Survey methods.....	3
3	Processing and analysis.....	4
4	Results	7
4.1	Ditch depth calculation.....	8
4.2	Rutting.....	9
4.3	Roughness	11
4.4	Cross fall	12
4.5	Road & carriageway width	13
4.6	Side slopes	14
4.7	GPR layer thicknesses.....	15
5	Additional parameters	15
5.1	Moisture mapping with GPR.....	15
5.2	Verge, edge drop	16
5.3	Homogenous surface sections	18

1 Introduction

As a part of different types of system tests in September 2019 Roadscanners participated in the E8 Borealis test road surveys with Road Doctor Survey Van (RDSV). Surveyed section was on the E8 road from Finnish border to Skibotn/E6 junction (38 km). The start and end points were painted on the road. The purpose of the survey was to collect rutting data, longitudinal roughness, crossfall and surface distress among other things. Ground penetrating radar was used for layer thickness and drainage analysis through video and laser scanner was requested too.

2 Survey methods

Road Doctor Survey Van (RDSV) is a van equipped with several different devices (figure 1). For road and near environment surface shape data collection, a laser scanner is installed in the rear of the vehicle at 3 m height. This device (Sick LMS500) rotates at 100 Hz rate and records distance and reflectivity of the returned laser beam. As the vehicle moves, a continuous surface image is created. The accuracy is less than 1 mm, density in average is 1 cm in cross sectional direction and in longitudinal direction approximately 10 cm on average survey speed. The distance covered is roughly 20 m and 270 degrees. In this test two laser scanners were attached to cover full 360 degrees.

The CamLink video-logging system was installed on the roof of the van. The GPS device model used for positioning was a Novatel FlexPak 6 equipped with Inertial Measurement Unit (IMU) and virtual reference station (VRS) correction. All the data was linked to GPS using Road Doctor™ CamLink software. Two video cameras were used to record the view of the road and the ditch.

The 3D accelerometer installed on the back axle of the survey vehicle provides information on the road roughness such as acceleration, IRI, cross fall and warping risk.

Road Doctor Survey Van can collect ground penetrating radar data at the same time with other devices. In this project, a GSSI SIR-30 central unit with 2 GHz and 400 MHz antenna was used to determine layer thicknesses of the road in both directions (outer wheel paths). Data was collected 10 scans per meter.



Figure 1. The Roadscanners GPR survey system equipped with a 2 GHz air coupled horn antenna and 400 MHz ground coupled antenna in the front of the vehicle. A video camera is mounted on the roof top and a laser scanner in the rear.

3 Processing and analysis

All data was processed and interpreted with Road Doctor 3[®] -software. Figure 2 presents three main viewing options of point cloud: Virtual view which can be zoomed and rotated, intensity projected on road line and elevation projected on road line. Projected data view is extremely handy to present longer section of point cloud data in one view. Virtual view provides easy-to-understand view to details like culverts, bridges or road crossings. Figure 3 shows how cross section can be shown from projected data view. Laser scanner data was read to a database and the road paintings were digitized to calculate rutting values from the right position in transverse direction. Rutting values were calculated using wire method. Rutting was calculated from the area between paint lines, because there are variations in road width. It is possible to determine the calculation area also in another way, for example using standard 3.2 m width. Cross fall results were calculated from laser scanner data with linear regression between the paint lines.

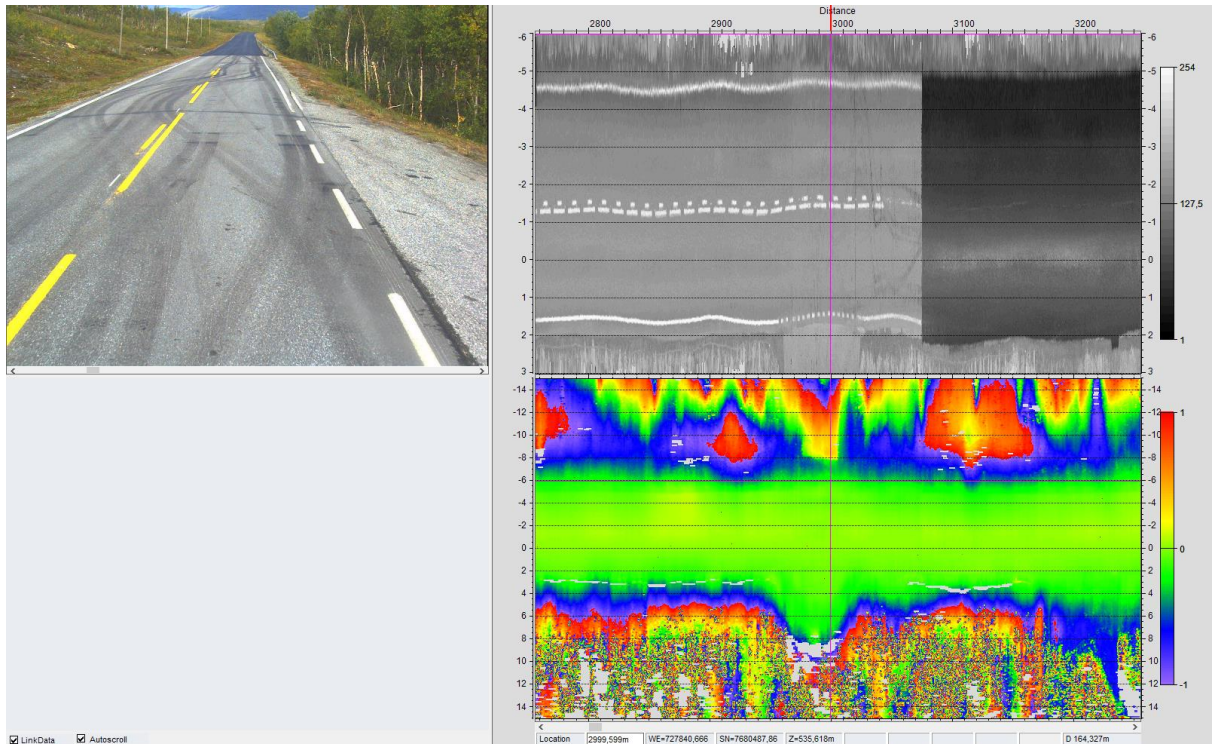


Figure 2. Road Doctor view of laser scanner data and video. On the top window the remission data from laser scanner showing the paint lines and fresh pavement starting at 3070 m. Window below shows the elevation calculated from laser scanner data.

Ditch depth and side slopes were calculated semi-automatically (fig. 3). The search tool determined the edge of the road and the ditch bottom point after the search area was given. Averaging of 10m was used to rule out single false readings. The side slope was calculated as shown in chapter 4.6.

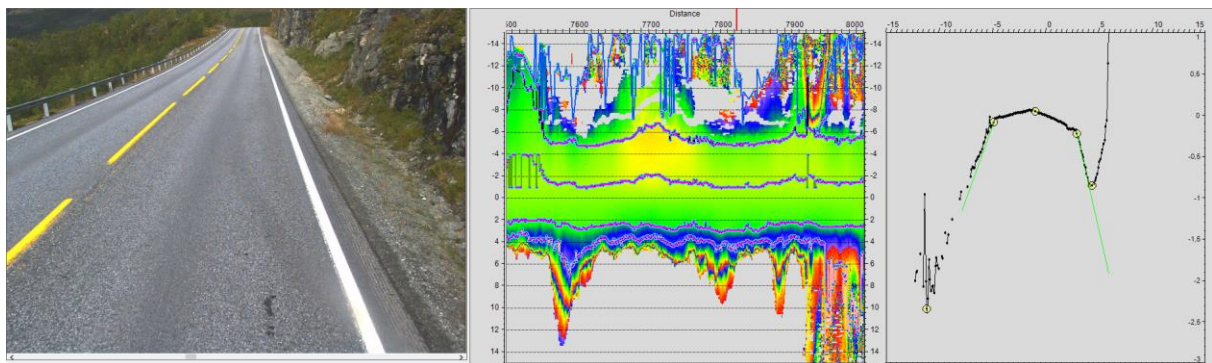


Figure 3. Road Doctor screen from ditch depth calculation. Left: video. Center: elevation from laser scanner and digitized vectors. Right: cross sectional view of laser scanner data.

Roughness data is calculated from accelerometer data. Calculation method uses the accelerometer pitch information to form IRI value (see Ch 4.3).

The digital video recordings were imported into Road Doctor 3® for integrated interpretation and analysis. The GPR interpretation carried out follows thickness of the bound layers and the overall road structure thickness. Where visible, the unbound base course and possible other layers - as old road structures were also interpreted. The embankment was also interpreted where it was found. The subgrade quality was estimated based on GPR profile, supported only by visual information from the video. At the time of delivering this report, no drill core results were available.

Drainage evaluation was based on laser scanner ditch depth. Ditch depth is compared to structure thickness (from GPR) in both directions. The results will be delivered after final interpretation of GPR data.

Surface damages are not automatically detected.

4 Results

Main tool for viewing and use of survey results is free viewer version of Road Doctor software. Idea of the Road Doctor software is to bring many kinds of datasets to the one, integrated data view. From this integrated view, it is easy to find out relationships between different datasets and analyze why certain damages is occurring. If written report is requested, it's common to take screenshots from the interesting locations and paste them to the report with explanation. It is also possible to include those Road Doctor views to report as attachment. This project deliverables includes also Excel file containing main results in 1m, 10m and 20m intervals.

As a new way of delivering results, Roadscanners has developed a new web-based mapping application, Road Data Center. It makes it easy to share results and communicate between project parties. In this project, main results are presented as thematic maps. Rutting is presented over the surface of point cloud model (fig. 4). Special new development was done for presenting moisture analysis under the road surface (fig. 5). This kind of visual presentation of both surface and subsurface data helps on understanding reasons for damages on the surface.

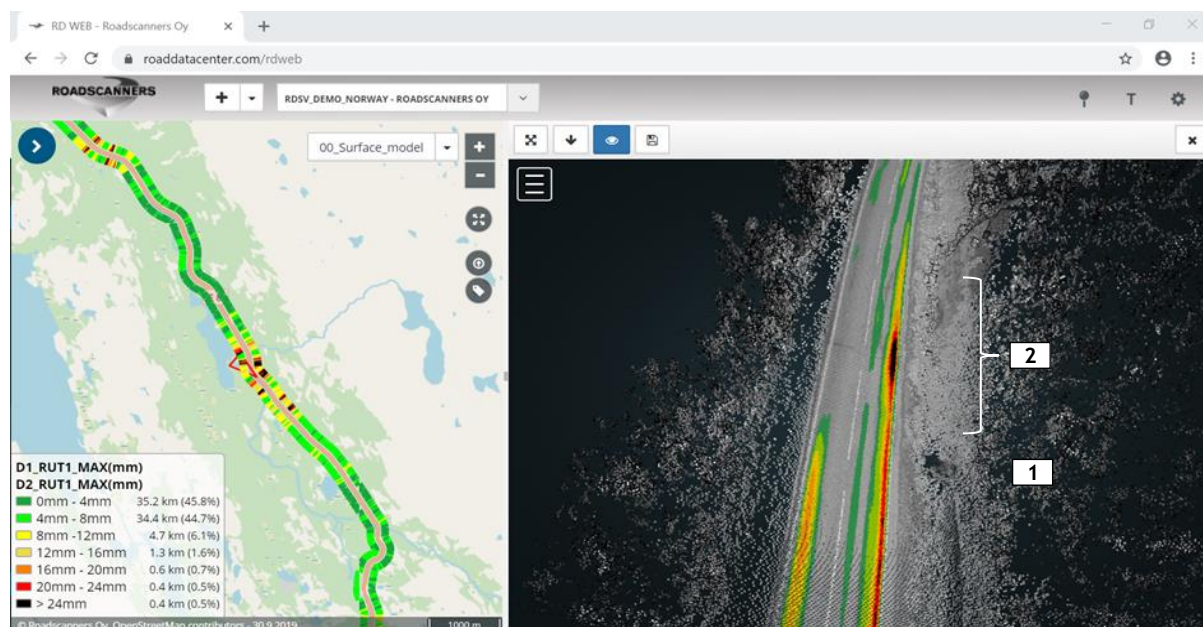


Figure 4. Screenshot from Road Data Center. Left side shows maximum rutting values classified in different color. Right side presents same parameter but in more details. Depth of rutting is projected to the surface of point cloud. In this specific location, culvert (1) and unclear bottom of ditch (2) can be seen close to high rutting values.

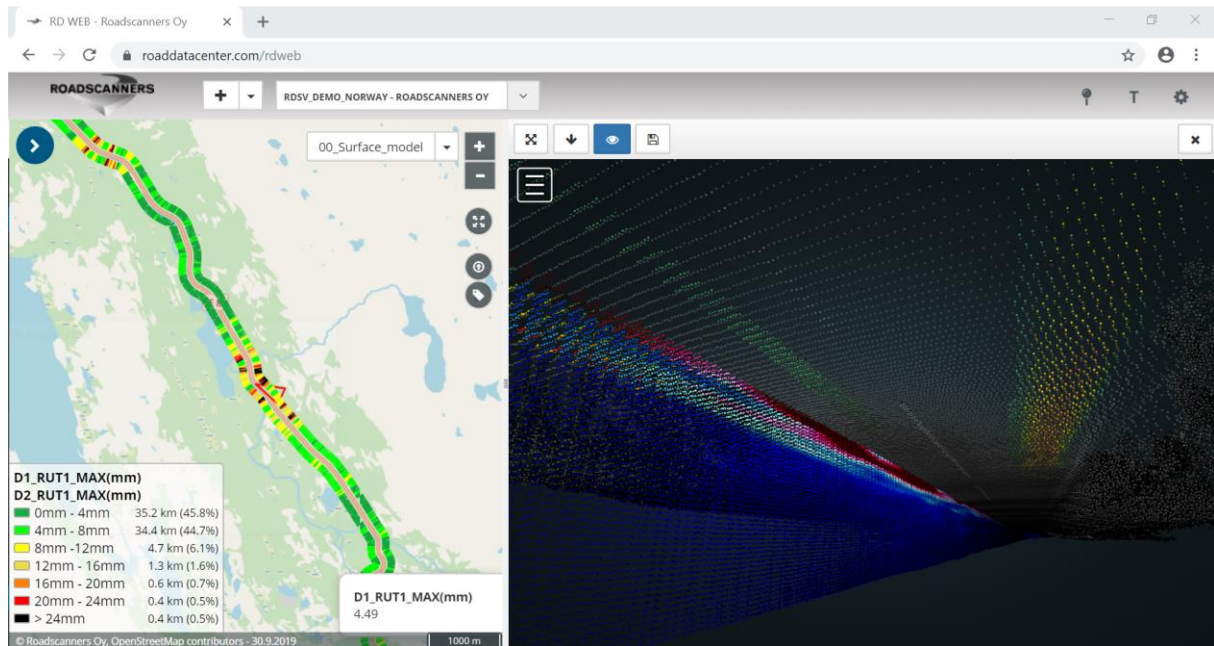


Figure 5. Screenshot form Road Data Center like presented in Figure 10. Right side presents moisture analysis as colored point cloud calculated from ground penetrating radar measurement. Dark red indicates higher moisture compared to blue areas.

Usage of Road Data Center is free for the members of this project but requires personal user account. Contact Roadscanners to get your access to the service.

4.1 Ditch depth calculation

Calculation of ditch depths is quite straight forward operation from point cloud data. Compared to CAD drawings and cross-sections of new road design, cross-section of existing road is changing all the time. Bottom of ditch is never straight and clear like it's in design of new road. Ditch depth calculation start by preparing point cloud to be optimal for ditch depths. This means usage of automatic filtering procedures to remove rails, traffic signs, humans and minimize the effect of grass and other small unevenness (rocks) in the road environment. To detect depth of ditch, shoulder, edge of pavement or road painting needs to be detected. From the automation point of view, road painting is preferred because it is easiest to detect. Because the road paint mark is not always on the level of the shoulder, it may cause small error to the calculation. In most cases error is smaller than effect of unevenness and grass on the slope or ditch. After point cloud is prepared (automatic process) for calculation, basic settings need to be defined: How deep ditch can be, how far it can be, what's minimum depth of ditch.

After setting correct parameters for search function, the program runs through whole section and finds main components of cross section (centerline, shoulders, ditches) automatically every 1m as shown in figure 6. By comparing elevation level of shoulder and ditch, depth of ditch can be calculated.

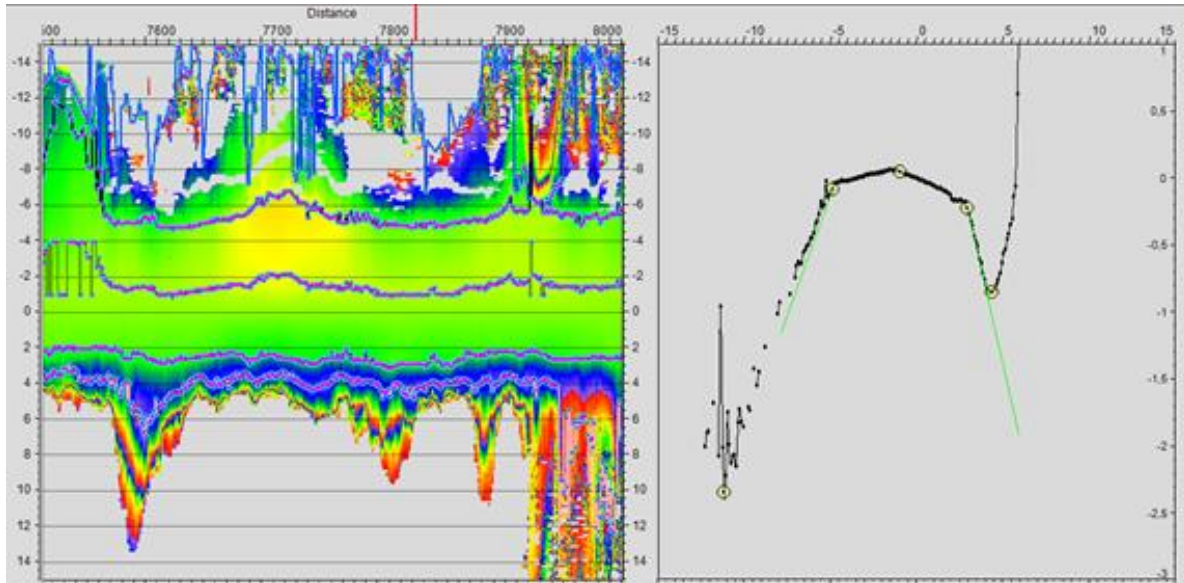


Figure 6. Screenshot from the Road Doctor software. Right side of the figure presents cross-section of road. Left side of the figure presents colored road elevation seen from the top to down. Automatically detected main components of cross section can be seen on right side (yellow circles). Detected angle of inner side slope is shown with green line.

4.2 Rutting

After reviewing of this test section, it was decided that most reliable rutting results can be achieved by digitizing road markings. The width of the lane is changing in curves and driving path is difficult to keep same between surveys. Figure 7 shows, how 3.2m wide “virtual measurement bar” overlaps the opposite lane.

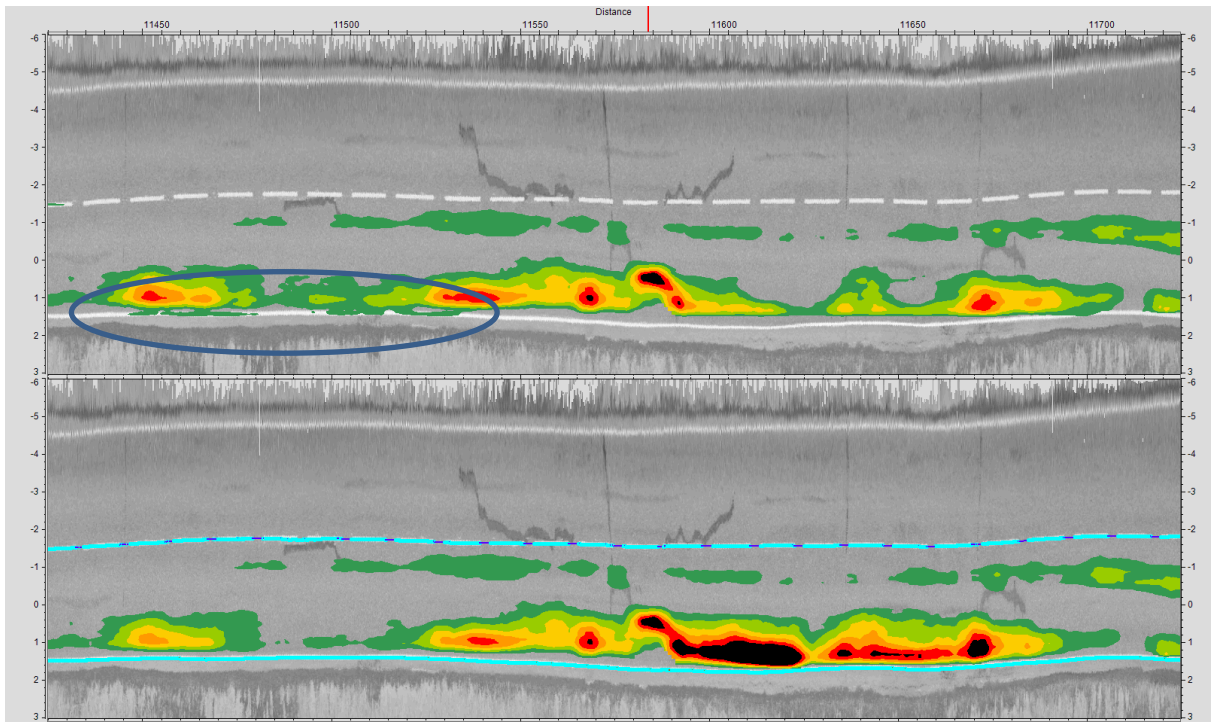


Figure 7. Screenshot from the Road Doctor Software. In the upper window the rutting is less reliable because of constant width is spreading outside the carriageway. Lower window shows the benefit of digitizing the paint markings and calculating the ruts from actual road area.

Rutting is calculated from point cloud data by generating 1m x 0.1m grid for specified calculation area. Road Doctor software calculates average heights from laser scanner for each cell of grid. Rutting is calculated from this grid using so called wire method. In Road Doctor, it is possible to use also bar, water, line to line methods or linear regression. In this section, rutting is calculated from painting to painting without subtracting width of paintings out (fig. 8). When road paintings are done using thermoplastic or epoxy, their height (0-3mm) causes errors to the rutting values and therefore the calculation area is moved from top of the marking.

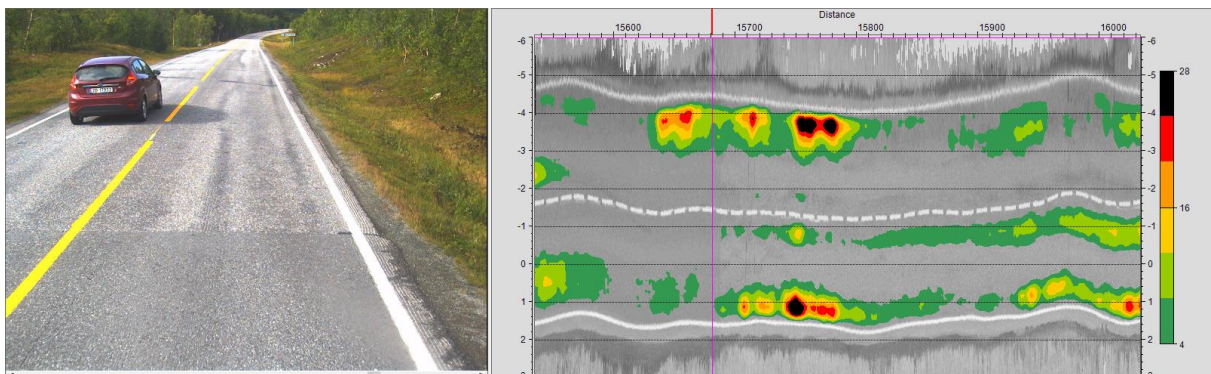


Figure 8. Screenshot from the Road Doctor software. "Rutting map" presented over the point cloud surface. Rutting is calculated using wire method from the centerline to the edge road painting. Calculation area follows painting lines.

Roadscanners uses visual “rutting map” as basic presentation of rutting values. Visual rutting map has many advantages compared to maximum rutting drawn as line diagram or excel table. This type of presentation directly indicates possible reason for rutting. Narrow. Straight ruts indicate typically wearing caused by studded tires or very high amount of traffic (erosion). Wider ruts, especially if located on the edge of road indicates problems with bearing capacity (heavy trucks) and weak road structures. From this visual presentation of rutting, it is possible to export rutting parameters to the table with given averaging.

4.3 Roughness

It is possible to define roughness from RDSV surveys in 2 ways (fig. 9). First, the accelerometer data can be used and when measuring GPR with horn antenna, the antenna elevation data can be used. The latter is based on determining the antenna height compared to the road surface. Naturally this is affected by characteristics of the vehicle and antenna mounting, but after several years of monitoring and even using different vehicles and setups, the results are very reliable and repeatable. This result is achieved as a side product of GPR data processing and therefore requires very little effort.

For more sophisticated roughness measurement, the accelerometer is used. Accelerometer based IRI is described as “Class 3 device” in commonly used World Bank’s classification of Road roughness measurement devices. Accelerometer doesn’t measure directly longitudinal profile of road surface, but profile can be calculated using accelerometer outputs. Accelerometer based IRI is called also as “Response-Type Road Roughness Measurement System”.



Figure 9. Screenshot from roughness data. Antenna elevation on top and accelerometer based IRI value at the bottom.

4.4 Cross fall

Cross fall is also calculated from point cloud data. There are several options how to calculate and which area is used for calculation. Most straight forward method is to select 1.6m wide area from both left and right of the laser scanner. Varying driving path will cause error if two results are compared. In this project, cross fall is calculated using linear regression line starting from centerline and ending to the edge road painting. Crossfall is reported as percentage, minus values in normal two-sided cross fall and plus values in curve in situation of one-sided cross fall (fig. 10). Point cloud filtering and processing options are used as in rutting calculation.

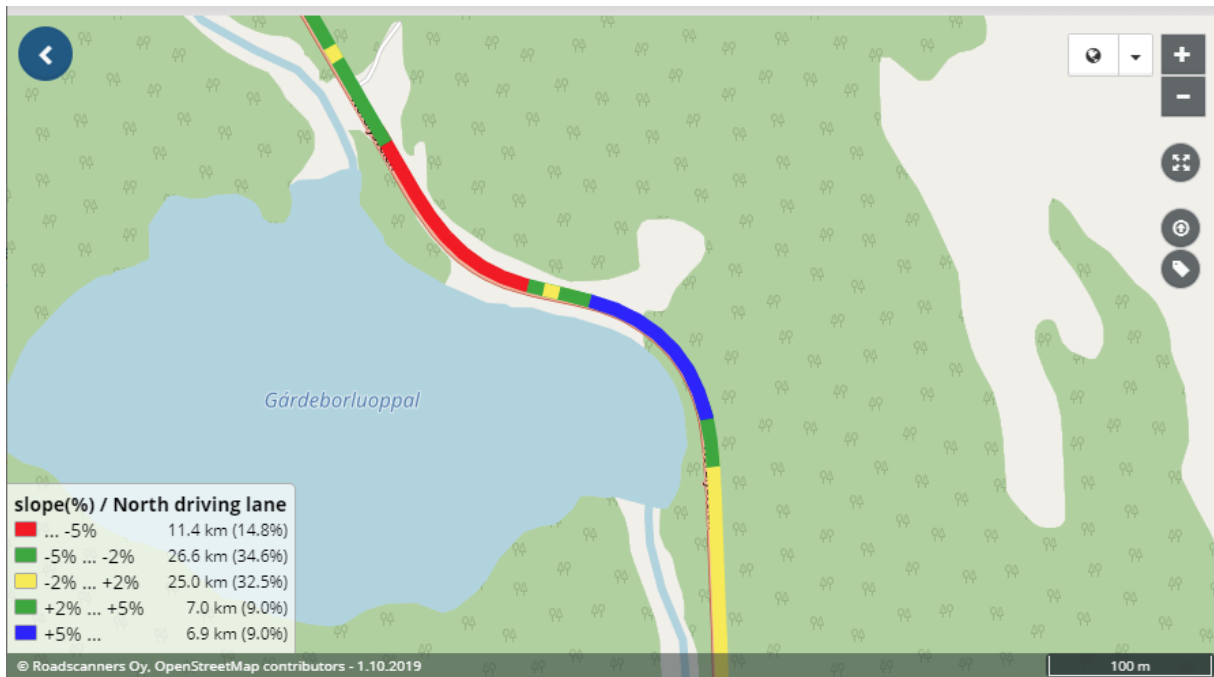


Figure 10. Screenshot from the Road Data Center. Lane 1 crossfall classified and colored by its value.

4.5 Road & carriageway width

To calculate width of the road or carriageway, user needs to either digitize road paintings or define shoulders from the cross section. Figure 11 shows how widths are defined. If pavement and unbound shoulder after the edge painting is constant, easy and reliable road width can be got by adding constant value to the carriage way width. In this project, road shoulders were detected using Road Doctor's automatic routines and distance between shoulders was reported as road width. Carriageway width is distance between road edge paintings.

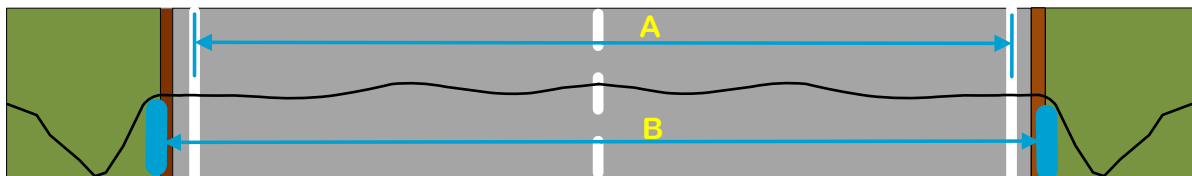


Figure 11. Measuring principles of road (B) and carriageway (A) width calculation.

4.6 Side slopes

Detecting angle of inner side slope is optional parameter in automated detection cross section parameters. Automatic filtering procedures will be used for point cloud before detection to minimize effect of vegetation and to remove obstacles like rails and traffic signs from the data (Figure 12).



Figure 12. Cross sections from point clouds processed in two ways: Red line is drawn from the point cloud filtered so that rails and signs are removed, and effect of vegetation minimized. Black line is drawn from unfiltered point cloud showing all points.

There are two different parameters from side slope. First is directly calculated from edge to ditch bottom. The second parameter (“Q”) is more accurate, because it is fitted to the actual shape of the slope. Figure 13 gives a good idea of the difference.

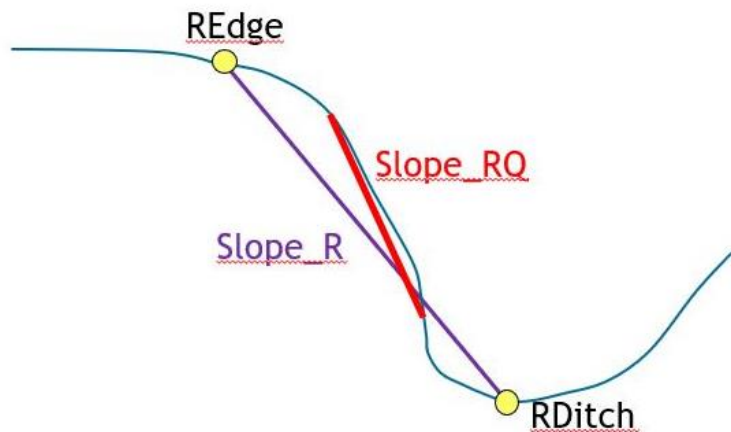


Figure 13. Side slope parameters used in laser scanner processing.

4.7 GPR layer thicknesses

The layer thicknesses included interpretation of bound layer bottom, base course, other unbound layer interfaces, overall road structure thickness, embankment and estimation of subgrade quality (notes for peat and bedrock). The results are provided as Road Doctor -project but also excel-table.

Data quality was high, and interpretation was easy in terms of following interfaces. Identifying layers was not always easy, but drill cores from carefully chosen locations helped the work.

The results will be delivered after the drill core verification.

5 Additional parameters

5.1 Moisture mapping with GPR

GPR is sensitive to changes in moisture in the road structure. This can be used to estimate moisture conditions in the structure by analysis of frequencies in the signal. It is vital for road strength that the structures are dry. The moisture data analyzed from GPR can be used to evaluate the drainage condition directly from road structure. It also gives indication if there are moisture susceptible materials in the structure (high fines

content). In figure 14 the moisture analysis is shown in the same screen with rut map. It is clear to see that there are problems in drainage at the location. There are also damages in the road surface and poor ditch depths.

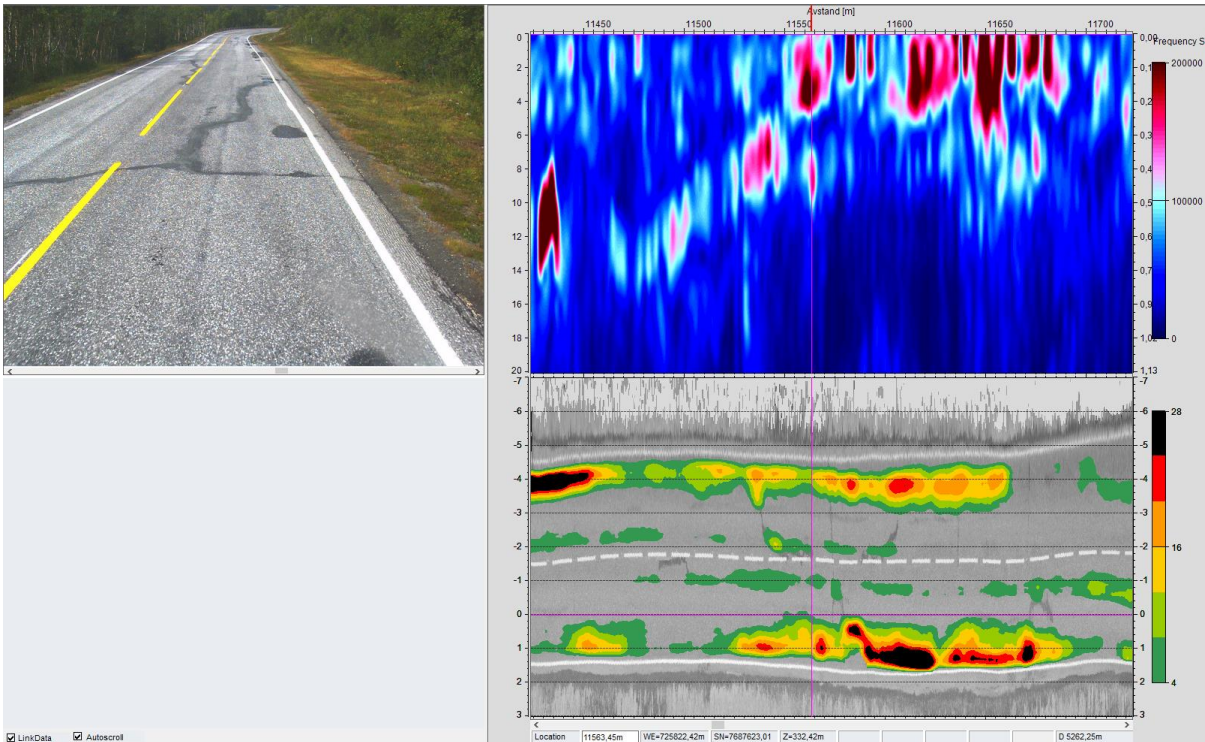


Figure 14. Moisture analysis (GPR) on the top. The darker red the colour, the higher the relative moisture content. Rut map below; black colour is at least 28 mm deep rut.

5.2 Verge, edge drop

Verges are a major problem on some road sections because they prevent the road from drying. They are also a hazard to road users because pooling is more likely during and after rain. The RDSV together with Road Doctor can be used to locate verges on the road. Example is shown in figure 15.

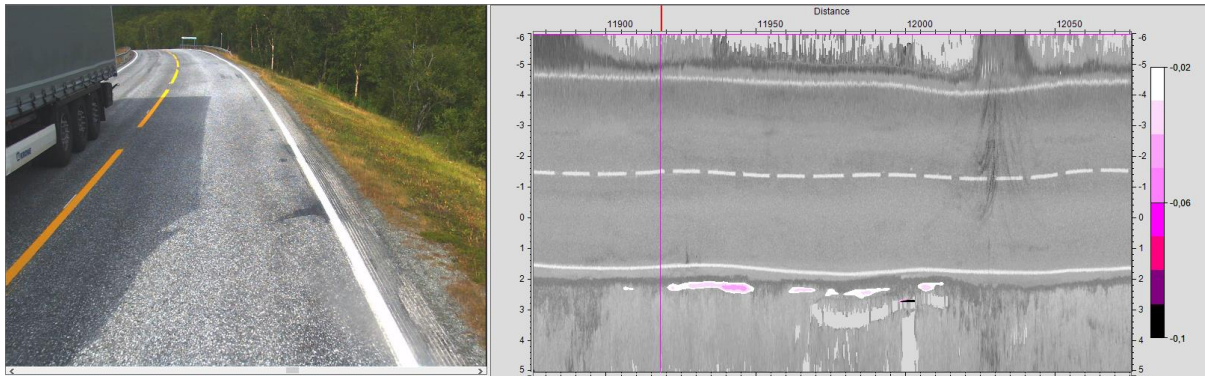


Figure 15. *Verge on road E8. This road had no problems with verges and at this location the verge is on the outer curve and not an actual problem.*

Edge drop is widely spoken opposite to verge. It means that the pavement is significantly higher than the unbound shoulder (gravel). It is a hazard to road users, because it can create unexpected change in the driving direction when the vehicle is just slightly off from the road pavement. It is even more severe for motor cyclists and cyclists. For pavement it is a problem because the pavement edge without support is prone to damage and edges can break. On local roads it is possibly an increasing problem because of longer trucks are allowed and curves are tight - more erosion to the inner curve. This means also that water is standing in the edge drop - more problems to pavement and base course and eventually cracks. Example how edge drop is presented in Road Doctor integrated data view is shown in figure 16.

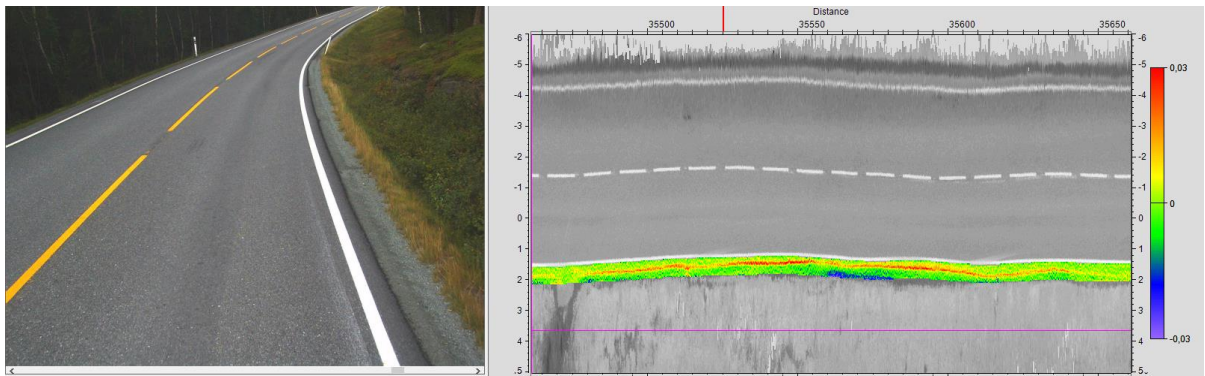
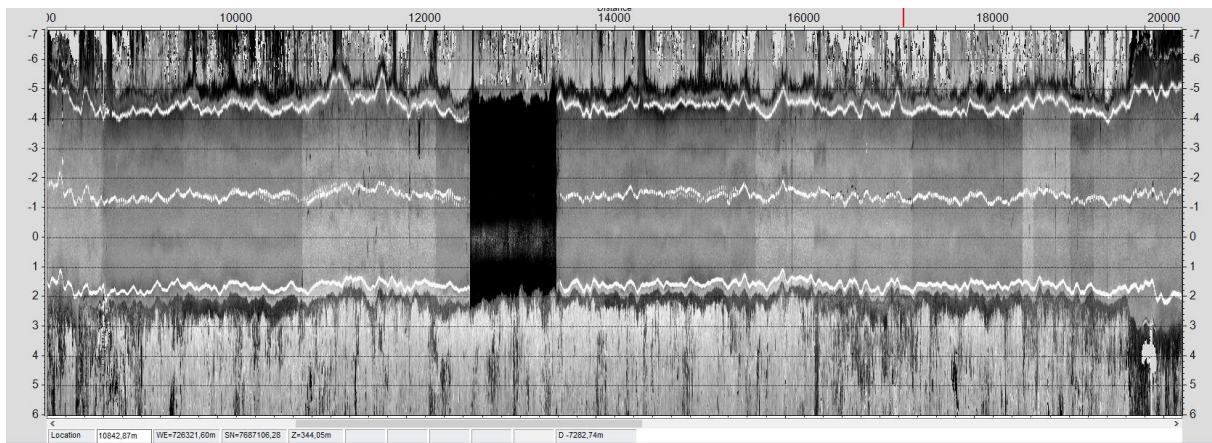


Figure 16. *Edge drop. The colour moves towards red when the drop from pavement to the bottom of the drop increases.*

5.3 Homogenous surface sections

The remission or reflectivity data from laser scanner can be used to present different pavement section areas or amount of patching. If remix operation is will be designed, it is good practice to plan sampling for each paved section. Figure 17 presents Road Doctor view having 12 km long profile of point cloud data. This very long “top-down” view is one good example of “road specific” tools in Road Doctor. It’s common that point cloud is presented as “virtual world” which can be rotated and zoomed but impossible to see 12km in one view using standard laptop.

Figure 17. From remission map of laser scanner, the homogenous sections and patching can be easily

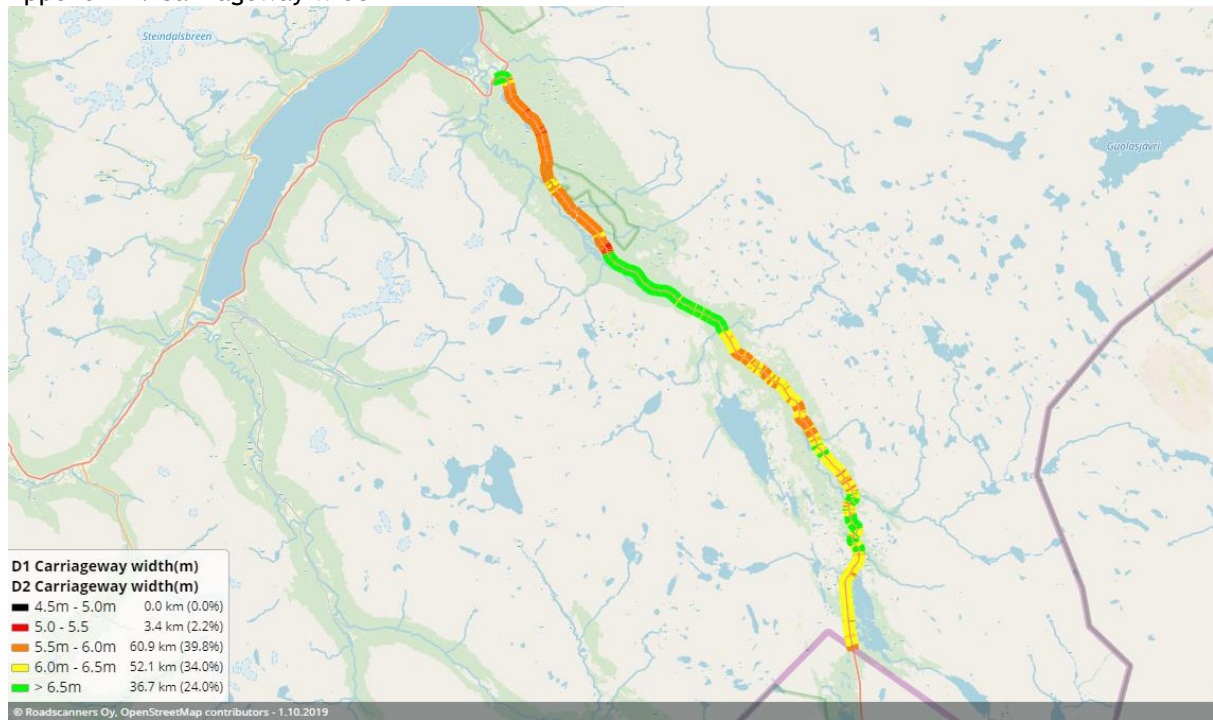


located. Also, the area can be calculated quickly and in a reliable way. From this image it is also easy to see the changes in the driving path.

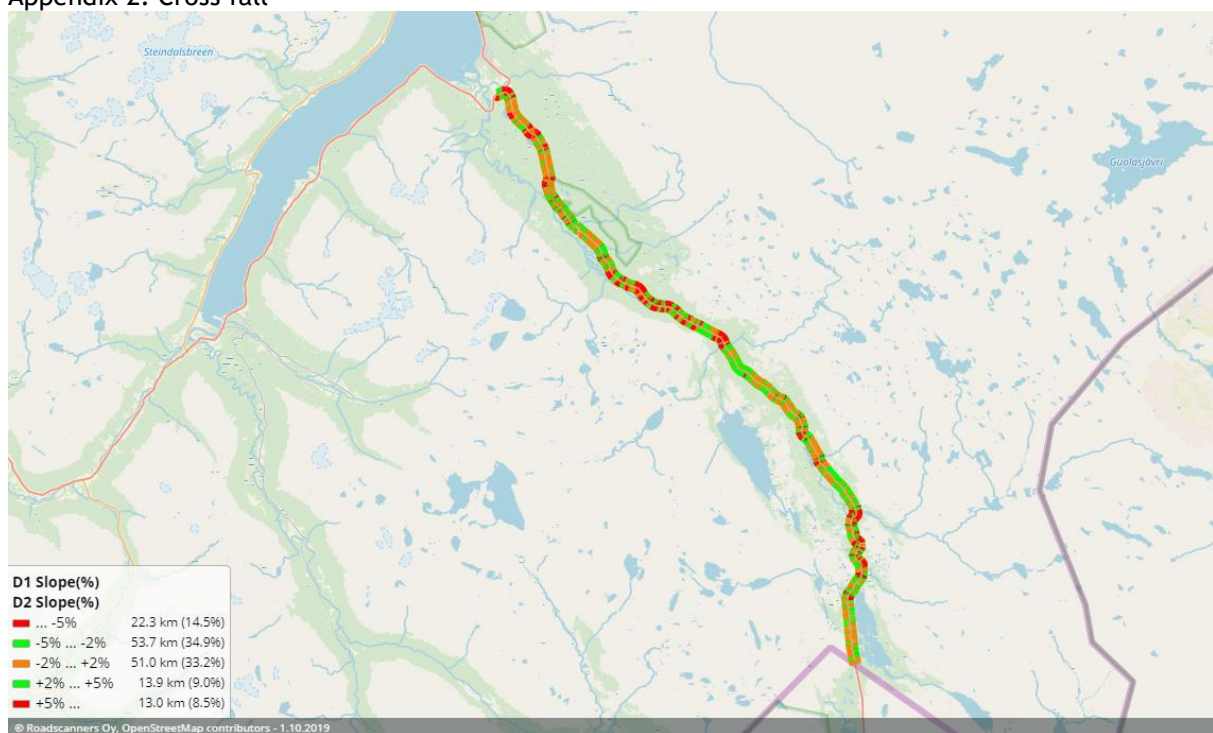
Parameters in the excel-table

RUT1_left(mm)	- maximum rut depth in left (inner) wheel path
RUT1_right(mm)	- maximum rut depth in right (outer) wheel path
RUT1_ridge(mm)	- ridge height between the ruts (wire method)
RUT1_SEPA(m)	- distance between left and right max rut
Crossfall(%)	- crossfall in percent (normal value for two-sided - 3-5%)
Carriageway width(m)	- width between the road paint line
Road width(m)	- road width including unpaved shoulder
Ditch depth(m)	- ditch depth from road shoulder to bottom of the ditch
Side slope(1:x conditions)	- side slope to ditch (values 1:1.5 to 1:3 in normal conditions)
Pitch_IRI	- IRI value calculated from accelerometer data
MDI	- Moisture Damage Index from GPR data

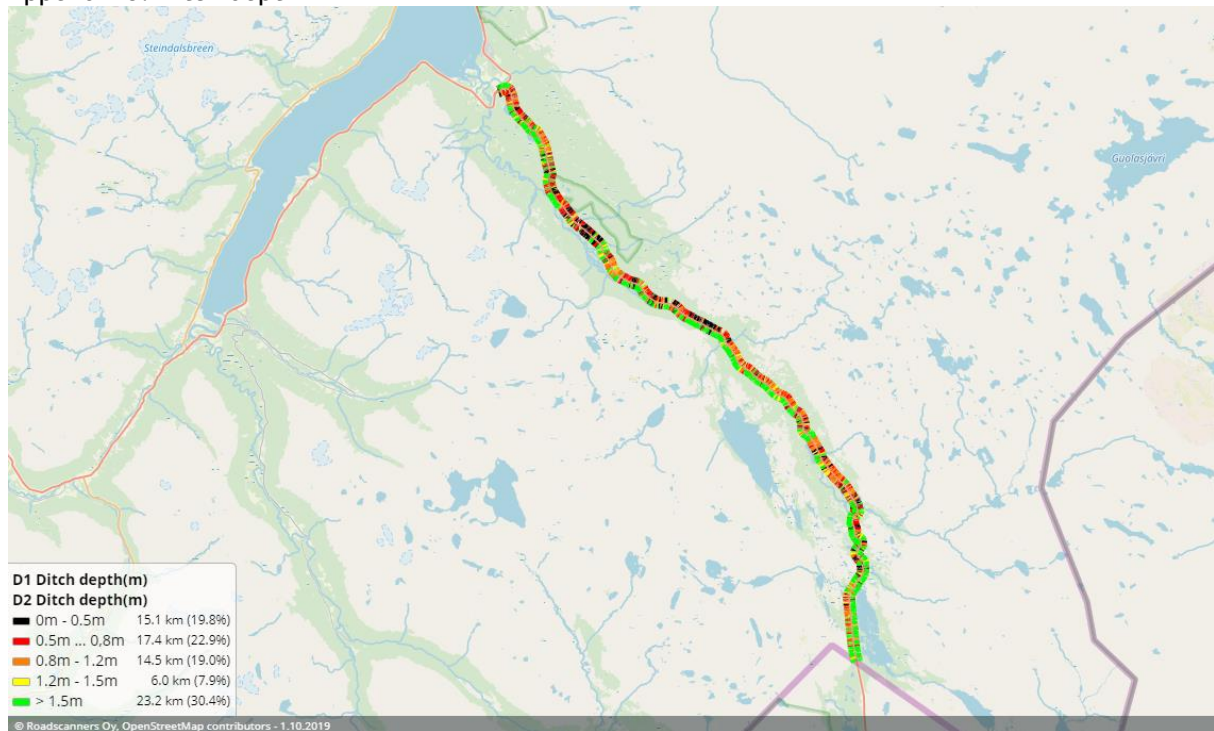
Appendix 1. Carriageway width



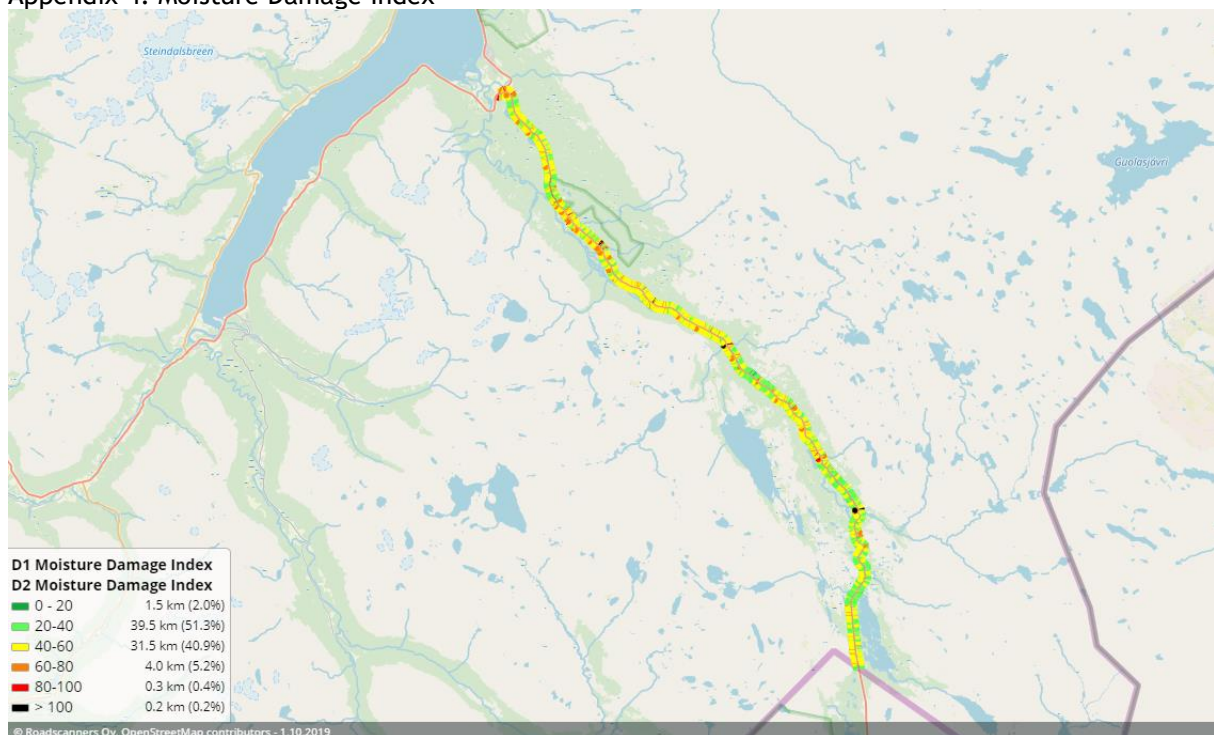
Appendix 2. Cross fall



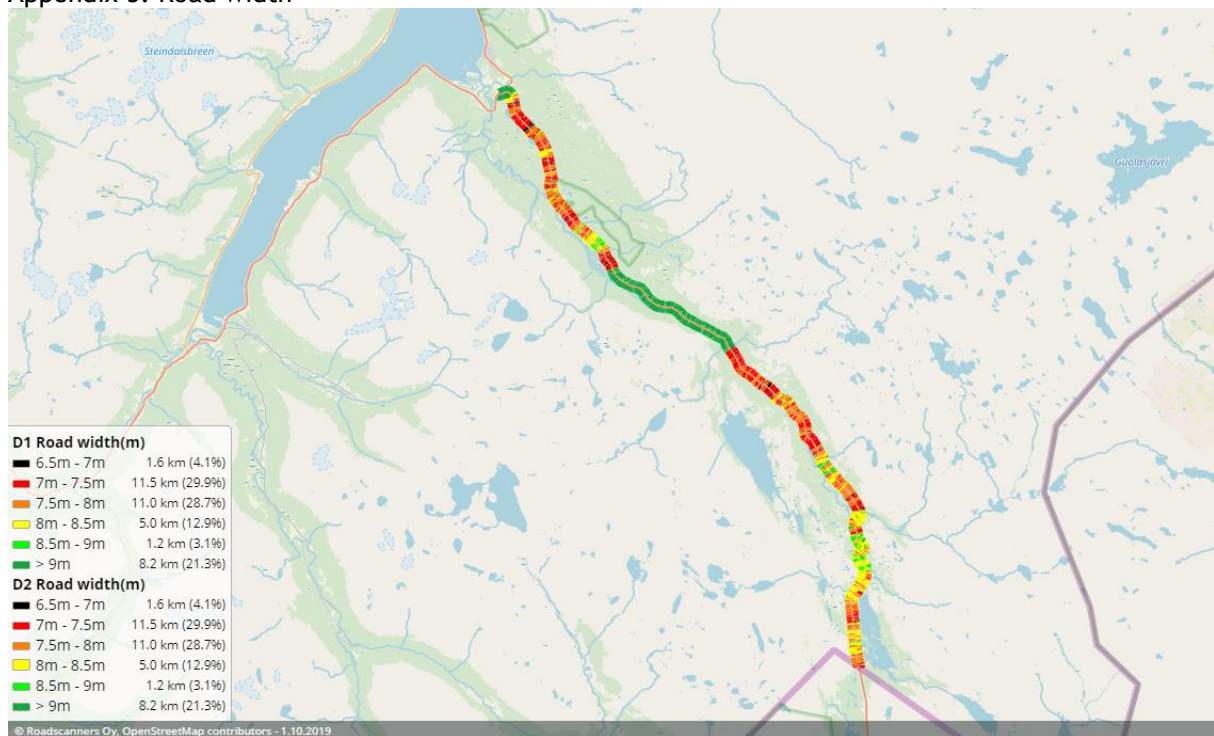
Appendix 3. Ditch depth



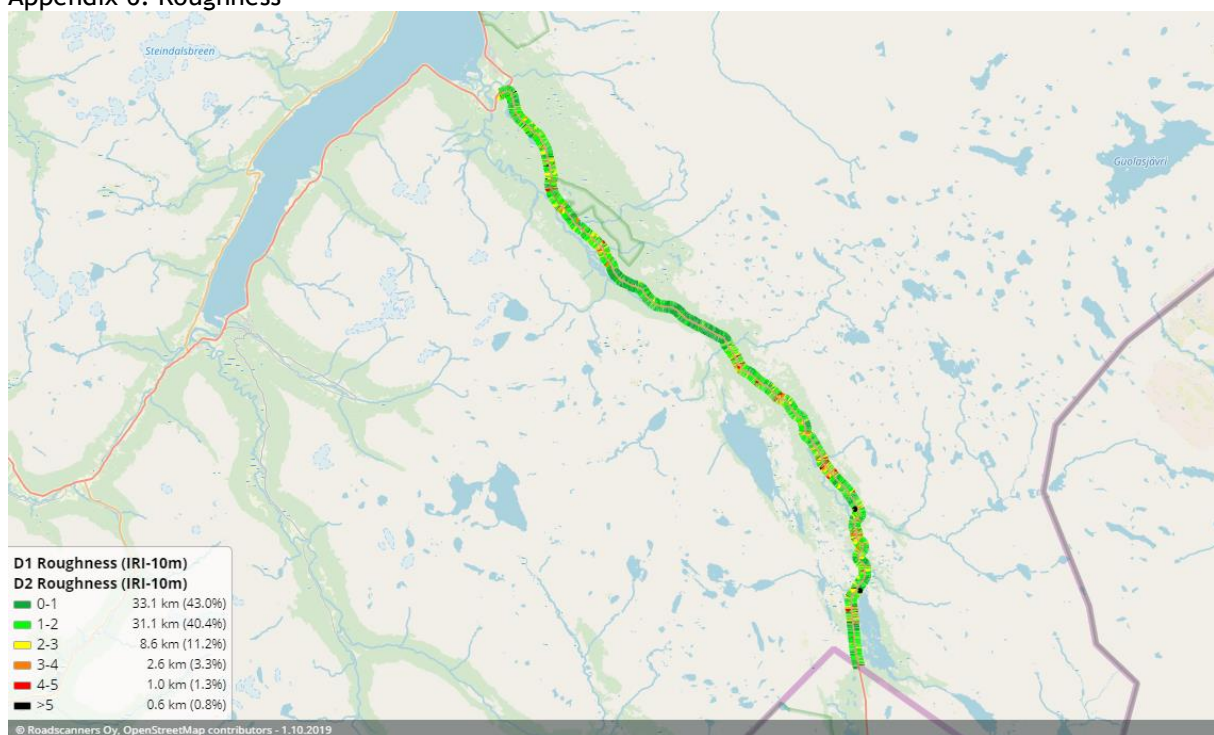
Appendix 4. Moisture Damage Index



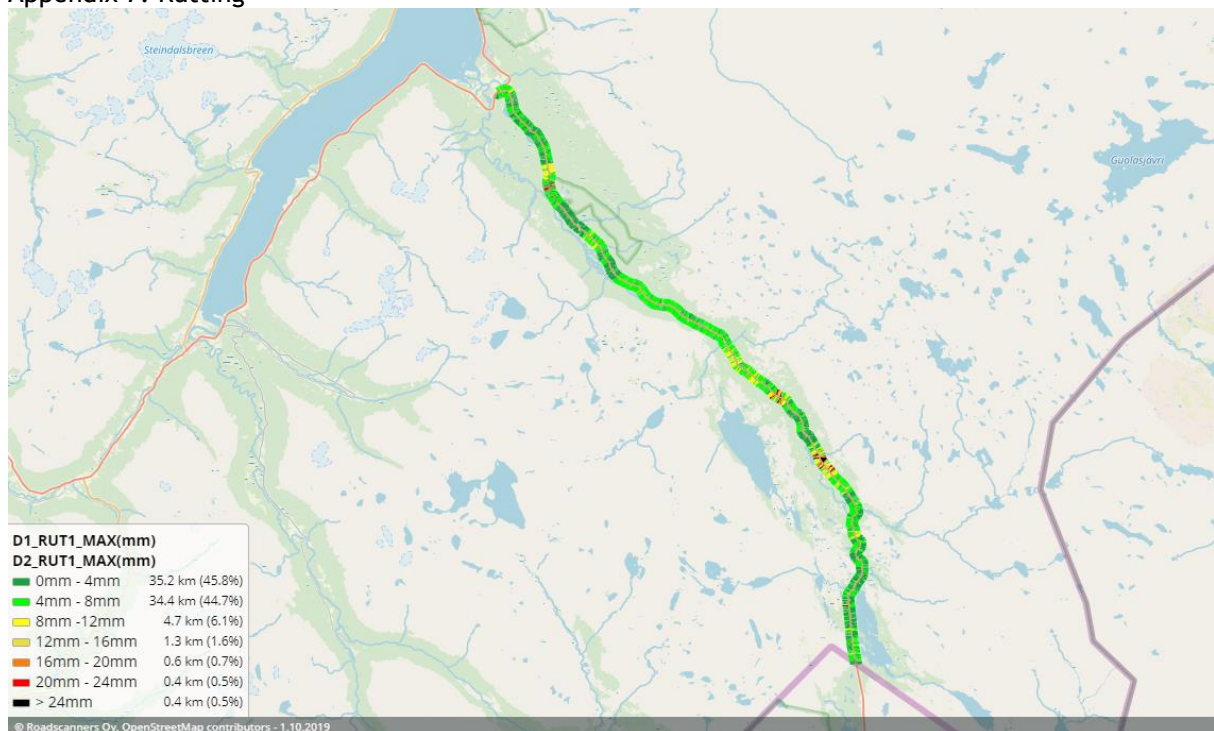
Appendix 5. Road width



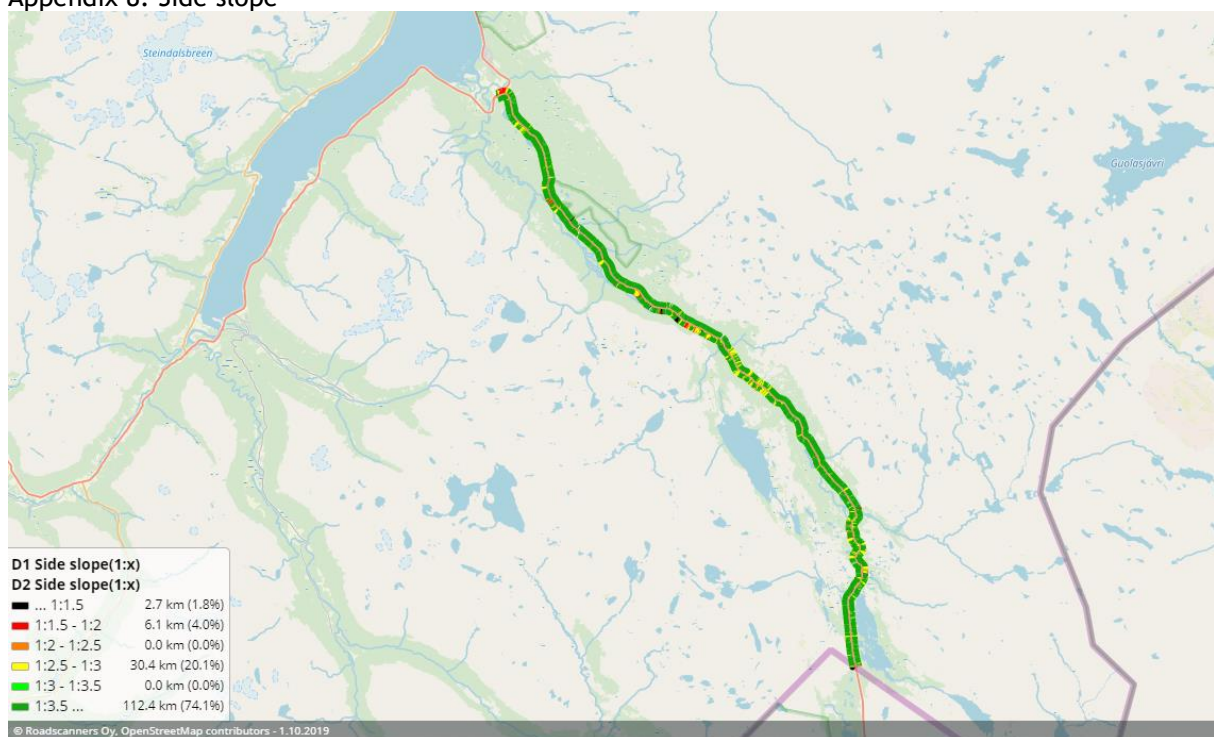
Appendix 6. Roughness



Appendix 7. Rutting



Appendix 8. Side slope





Rovaniemi, Main Office:
Roadscanners Oy, Varastotie 2,
FI-96100 ROVANIEMI, Finland
Tel. int. +358 (0)207 815 660
Fax int. +358 (0)207 815 662

General enquiries: info@roadscanners.com

Roadscanners Sweden AB
c/o Sjöars Redovisning
Nybrogatan 12,
S-79171 Falun, Sweden

Roadscanners Norway AS
Kongens Gt. 51,
8514 Narvik, Norway

Roadscanners Central Europe s.r.o
Červeňanského 2824/15, 1
55 00 Prague 5, Czech Republic

Roadscanners USA Inc.
200 Continental Drive, Suite 401,
Newark, DE 19713, USA

**BEYOND
THE
SURFACE**

Vedlegg 3

TERRATEC 

Leveranserapport E8 Borealis

1 Innholdsfortegnelse

1	Innholdsfortegnelse	2
1.	Generelt.....	4
1.1	Oppdragsgiver.....	4
1.2	Oppdragstaker	4
1.3	Oppdragsinfo.....	4
1.4	Koordinatsystem	5
1.5	Nøyaktighet.....	5
1.6	Levering av digitale data	5
1.7	Oppbevaringssted for benyttet materiell	5
1.8	Kvalitetssikring	5
1.9	Rapporter	5
2	Datainnsamling.....	6
2.1	Personell	6
2.2	Sensorsystem MLS	6
2.3	Datainnsamling Georadar.....	7
2.3.1	200-3000MHz antenne	7
2.4	Gjennomføring	9
2.5	Vanskeligheter	9
3	Prosessering laserskanning.....	10
3.1	Personell.....	10
3.2	Programvare	10
3.3	Preprosessering av punktsky	10
3.3.1	Navigasjonsløsning.....	10
3.3.2	Matching av MLS-punktsky.....	10
3.4	Klassifisering av laserdata.....	11
3.5	RGB-fargelegging av punktsky	11
4	Veianalyse.....	11
4.1	Vektorisering	11
4.2	Hjulspor, hull, og tversgående ujevnheter.....	12
4.2.1	Veianalyserapport.....	14
4.2.2	Fall og stigning.....	15
4.3	Langsgående ujevnheter og sprekker.....	15

4.4	Vannavrenning	15
5	Georadar prosessering	17
5.1	Personell	17
5.2	Programvare	17
5.3	Prosessering	17
5.3.1	Time ground.....	17
5.3.2	Interference suppression	17
5.3.3	Inverse Selected Discrete Fourier Transform.....	17
5.3.4	Background removal (BGR)	18
5.3.5	Gradual low-pass filter	18
5.3.6	Gain	18
5.4	Dybdekalibrering	18
6	Georadar tolkning	19
6.1	Generelt	19
6.2	Bunn slitelag / bunn bundne lag (Kode 21a / 21b)	20
6.3	Bunn ubundne bærelag (Kode 41)	22
6.4	Bunn overbygning (kode 71)	22
6.5	Bro	23
7	Leveranse.....	24
7.1	BLOM Urbex	24
7.2	Filstruktur.	24
7.3	SEG-Y data.....	25
7.3.1	EBCDIC Header	25
7.3.2	Trace Header (byte posisjoner).....	26
7.4	Fargeskala brukt i BlomUrbex	27

1. Generelt

1.1 Oppdragsgiver

Statens Vegvesen
Region Nord
Postboks 1403
8002 Bodø
Kontaktperson: Per Otto Aursand

Prosjektnavn: E8 Borealis

1.2 Oppdragstaker

Terratec AS
Vækerøveien 3
0281 Oslo
Prosjektleder: Tobias Jokisch

Terratec sitt oppdragsnummer: 50521 / 11172

1.3 Oppdragsinfo

Statens vegvesen har definert strekningen på E8 mellom Skibotn og den finske grensen som en teststrekning for ITS systemer, og traseen har fått navnet E8 Borealis. Langs denne strekningen er det også ønskelig å samle inn data fra ulike avanserte måleinstrumenter med laser og georadar som tilbys av markedet.

Terratec opererer to laserskanningssystemer. Et system fra Optech Lynx-system med 360-graders kamera samt et ViaPPS-system fra den norske leverandøren ViaTech. Optech Lynx er optimalisert for kartlegging av sideterreng og objekter langs veibane, mens ViaPPS er utviklet spesielt med tanke på kartlegging av spor og jevnhet.

I oppdrag med hensikt å registrere spor og jevnhet vil Terratec normalt benytte ViaPPS-systemet der både målepresisjon er optimalisert for denne typen analyse og rapportering tilpasset leveranser til SVV sine systemer. Etersom Statens vegvesen selv stiller med ViaPPS i testprosjektet er det ønskelig fra Statens vegvesen at Terratec viser hvilke andre muligheter og bruksområder som finnes med utstyr og programvare på markedet.

Georadarsystemet som benyttes av Terratec er norskprodusert stegfrekvens georadar fra 3D-Radar.

Denne rapporten omhandler arbeidet som er utført og de produktene som er levert fra laserskanning og georadarundersøkelsen.

1.4 Koordinatsystem

Dataleveransen er foretatt i følgende koordinatsystemer:

Euref 89 UTM 33, høyder i NN1954

1.5 Nøyaktighet

Den absolutte nøyaktigheten av dataene er avhengig av GNSS-forhold under datainnsamlingen. Det er ikke utført målinger av kontroll- eller justeringspunkter for å forbedre posisjonsnøyaktighet.

1.6 Levering av digitale data

Data er levert på Terratecs FTP-server

1.7 Oppbevaringssted for benyttet materiell

All rådata er lagret hos Terratec AS og oppbevares i 5 år etter leveranse.

1.8 Kvalitetssikring

Kvalitetssikringstiltak er utført etter Terratec AS sitt kvalitetstyringssystem.

1.9 Rapporter

Rapporter tilhørende prosjektet leveres digitalt, kopi lagres hos Terratec AS sammen med rådata.

2 Datainnsamling

Det er gjennomført laserskanning fra bil – mobile laser scanning (MLS).

Georadarinnsamling (GPR) ble gjennomført samtidig.

I de kommende avsnittene er utført datafangst og bearbeiding av data beskrevet.

Laserskanning fra bil ble utført for å etablere en heldekkende og nøyaktig punktsky for veianalyse. Georadarinnsamling skulle avdekke veioppbygningen altså lagtykkelse av veidekke og veifundament samt dybde til fastfjell der synlig. Begge kjørefelt ble scannet.

2.1 Personell

Terratec har benyttet følgende personell til datainnsamling:

Ole Jørgen Halle

Operatør

Tobias Jokisch

Geofysiker



2.2 Sensorsystem MLS

Laserskanningen ble utført ved bruk av Optech Lynx SG1 Mobile Mapper. Dette laserskanningssystemet består av to skråstilte 600 kHz pulsskannere, fire integrerte kameraer på taket, et 360-graders Ladybug kamera, posisjoneringssystem med IMU/GNSS-sensorer samt DMI på bilhjulet. Systemet er montert på en Toyota Landcruiser (se figur 2).

Se tabell under med spesifikasjoner.

Element	Ytelse
Maksimalt antall målepunkter per sekund	1 200 000
Returpulser	Opptil 4 (1,2,3 og siste)
Rotasjonsfrekvens per lasersensor	250 Hz
Skannevinkel (Field of View)	2 stk x 360°
Rekkevidde avstandsmåler	250m ved 10% refleksjon
Presisjon avstandsmåler	± 0.5 cm (1 sigma)
GNSS / IMU	Applanix POS/LV 610
Optech kamera, pekende bakover og til siden	4 stk x 5 Megapixel
SONY 4K FDR-X1000V videokamera	Full HD
Point Grey Ladybug 360°-kamera	6 stk x 5 Megapixel

2.3 Datainnsamling Georadar

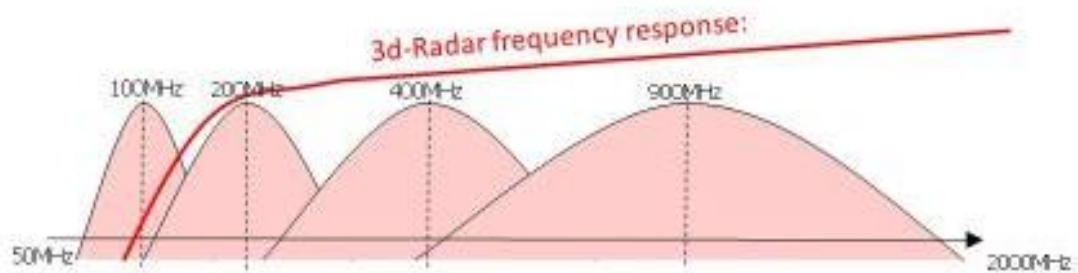
Georadar eller ground-penetrating radar (GPR) er en elektromagnetisk geofysisk metode som gjør det mulig å undersøke undergrunnen på en ikke-destruktiv måte. Elektromagnetiske bølger sendes ned i bakken og de elektromagnetiske bølgene som reflekterer der det er en forandring i de elektriske egenskapene mellom to lag blir så mottatt. Georadar kan brukes til ikke destruktiv undergrunnskartlegging av infrastruktur eller grunne geologiske strukturer. For infrastrukturundersøkelser kan georadar brukes til å identifisere, måle og kartlegge undergrunnsfunksjoner som asfalttykkelse, posisjoner av armering, posisjon av rør etc. i undergrunnen under en vei eller bro.

2.3.1 200-3000MHz antenne

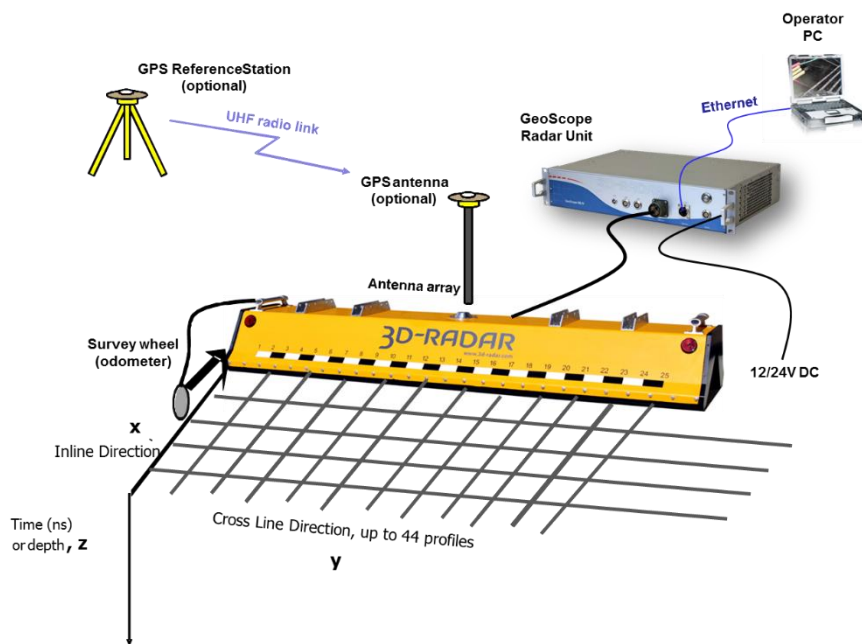
Dataen ble samlet inn ved hjelp av en luftkoblet 3Dradar antenne som er basert på steg-frekvens prinsippet. I stedet for en puls med fast senterfrekvens sendes det ut en serie av sinus-bølger med faste, økende frekvenser. Frekvensbåndet er dermed mye bredere og signalet skarpere, noe som øker oppløsningen (se Figur 1). Samtidig består 3Dradar'en av flere sender-mottaker som til sammen gir opptil 25 profiler samtidig i en avstand av 7,5cm (se skjematisk oppsett i Figur 2). Figur 3 viser et bilde av oppsettet som ble brukt under innsamlingen.

For å kunne holde en høy hastighet ble antall kanaler redusert til 13, se tabell på neste side med spesifikasjoner.

Element	Ytelse
Frekvensbånd	200-3000MHz
Time window	50ns
Dwell time	1 mikros
Inline sampling (langs kjøreretning)	8cm
Xline sampling (på tvers av kjøreretning)	7,5-22,5cm
GNSS / IMU	Applanix POS/LV 610



Figur 1: Frekvensspektrum 3Dradar



Figur 2: Skjematisk oppsett av Geoscope GPR og 3Dradar antenne



Figur 3: Oppsett brukt under innsamlingen

2.4 Gjennomføring

Datainnsamlingen ble gjennomført 20.8.2019 (GPR) og 21.08.2019 (MLS).

For vegene ble det samlet inn data i begge kjørefelt. Kjørehastigheten var 70-80 km/t (50km/t for GPR innsamlingen). Opptak av Ladybug-bilder ble gjort med frekvens 1 bilde per sekund. Samtidig med laserskanningen er det også foretatt opptak av video.

2.5 Vanskeligheter

GPR innsamlingen foregikk uten problemer.

Før og delvis under innsamling av MLS data var det lett regn. Våt bakke vil ha gjort punktsky noe mer støyete enn normalt, samt intensitetsverdier generelt mørkere. Dette vil påvirke analysearbeid med tversgående ujevnheter minimalt, men det kan gjøre det vanskeligere å detektere små endringer i punktsky, som sprekker.

Nordgående kjøring hadde tørrest veioverflate og ble brukt til videre veianalyse.

3 Prosessering laserskanning

3.1 Personell

Følgende personell har vært ansvarlig for prosesseringsarbeid:

Jakub Sroka
Morten Rudi

Kvalitetssikring og kontroll
Prosseringsansvarlig MLS

3.2 Programvare

Følgende programmer har vært brukt til behandling av data i prosjektet:

Programvare	Versjon	Anvendelse
TerraPos	2.4.90	Navigasjonsprosessering
Optech LMS	4.3.0	Ekstrahering av punktsky og bilder
TerraScan	019.006	Behandling av punktsky
TerraMatch	019.002	Matching av MLS-punktsky
TerraPhoto	019.003	RGB-fargelegging
TerraModeler	019.002	Generering av TIN-modell
TopoDOT	11.5.0.5	Vektorisering av objekter

3.3 Preprosessering av punktsky

3.3.1 Navigasjonsløsning

For å georeferere punktskyen ble det benyttet data fra systemets navigasjonssensorer, samt GNSS data fra referansestasjoner (ETPOS-tjenesten fra kartverket).

De anvendte referansestasjoner i det aktuelle oppdraget er BALC, OLDC, OVEC, og SKIB.

Navigasjonsløsning ble beregnet i den Terratec-utviklede programvaren TerraPos. Ved å integrere data fra de ulike navigasjonssensorene, samt referansestasjoner, fremskaffes en best mulig kontinuerlig bevegelig posisjon og orientering for sensorene.

Videre ble punktskyene ekstrahert i aktuelt koordinatsystem ved programvare tilknyttet lasersensoren, Optech LMS.

3.3.2 Matching av MLS-punktsky

Matching av punktskyen gjøres for å øke nøyaktigheten på georefereringen og for å få en mer homogen punktsky. Korreksjonen beregnes som en funksjon av tid i programvaren TerraMatch. Denne korreksjonen kan beregnes for både XY og Z.

Med utgangspunkt i prosjektets nøyaktighetskrav og analyse av inndata ble det bestemt å kun matche de to kjøringene mot hverandre i Z. En manuell kontroll viser at kjøringene stemte innen 0-4 cm i analyseområdet.

3.4 Klassifisering av laserdata

Det har blitt foretatt en helautomatisk klassifisering av punktskyen med påfølgende manuell kontroll. Hver kjøring er bakkeklassifisert separat for at analyse ikke skal påvirkes negativt av at data ikke er matchet i XY. Bakkeklassifisering var en hard surface-klassifisering med fokus på veioverflate og er ikke kvalitetskontrollert utover veioverflate i analyseområdet.

Det er foretatt en klassifisering av punktskyene i følgende klasser:

00 Uklassifisert – uklassifiserte punkter innen 5 cm av bakke

01 Uklassifisert – uklassifiserte punkter ellers

02 Bakke – bakkeklassifiserte punkter til bruk i analyse

3.5 RGB-fargelegging av punktsky

Bildene tatt med Ladybug 360°-kameraet er brukt til å fargelegge punktskyen med RGB-farger. Kameraet er kalibrert mot punktskyen for å få en best mulig geometrisk nøyaktighet av fargene, dvs. at de samme objektene i bildene og i punktskyen overlapper i størst mulig grad. Kalibrering og fargelegging ble gjort i TerraScan og TerraPhoto.

Den geometriske nøyaktigheten til RGB-fargelegging er avhengig av kamerakalibrering, forholdet mellom pikselstørrelse og punktstørrelse, plattformens endring i posisjon mellom laserskanning og bildetaking av ett objekt, samt flere andre faktorer. Det gjør at den ikke er lik overalt. Punktsky vist i RGB-farger bør kun brukes som støtte i vektorisering og til visualisering. Det er intensiteten til punktene som gir det mest korrekte bildet av geometrien.

4 Veianalyse

Veianalyse ble gjort i programvaren TopoDOT. TopoDOT er integrert i Bentley MicroStation og er programvare designet for hel-, og delautomatisk analyse og kartlegging av punktsky, spesielt av jernbane og vei.

All veianalyse ble utført på nordgående kjøring ettersom den hadde tørrest veidekke. Dette er trajectory/flightline 3 i punktskydata. Analyse ble gjort på klasse 2 – Ground. Analyser startet isør og alle løpenummer går fra sør til nord. Koordinater for start og slutt av analysestrekning ble koordinert med georadaranalyse. Resultater av analyse er presentert som rapporter i Excel-format, vektorer i DGN- og DWG-format, samt klassifisert punktsky i LAS- og LAZ-format.

Start og slutt analysestrekning finnes i vektorfil i laget «00_Områdegrense».

4.1 Vektorisering

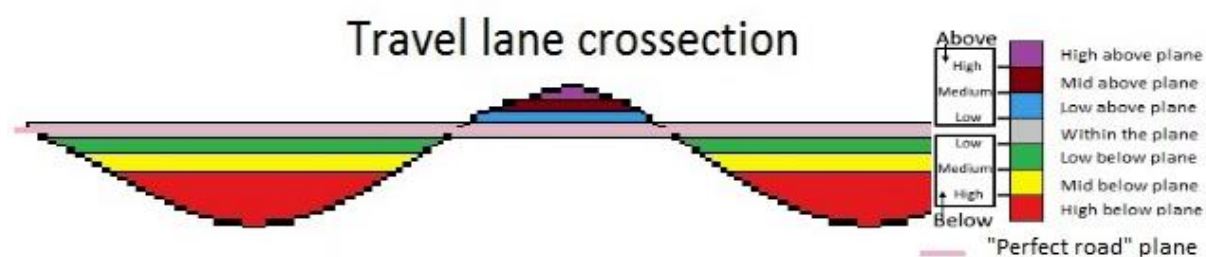
Som utgangspunkt for all veianalyse ble veimarkering vektorisert og kvalitetskontrollert. Dette definerer ytterkant og midt av vei i analyseområdet.

Vektorisering av veimarkeringer er presentert i vektorfil i laget «00_Nordgående veimarkeringer». Veianalysepolygon med ytterkanter fra områdegrense og kjørebane kant i laget «00_Veipolygon».

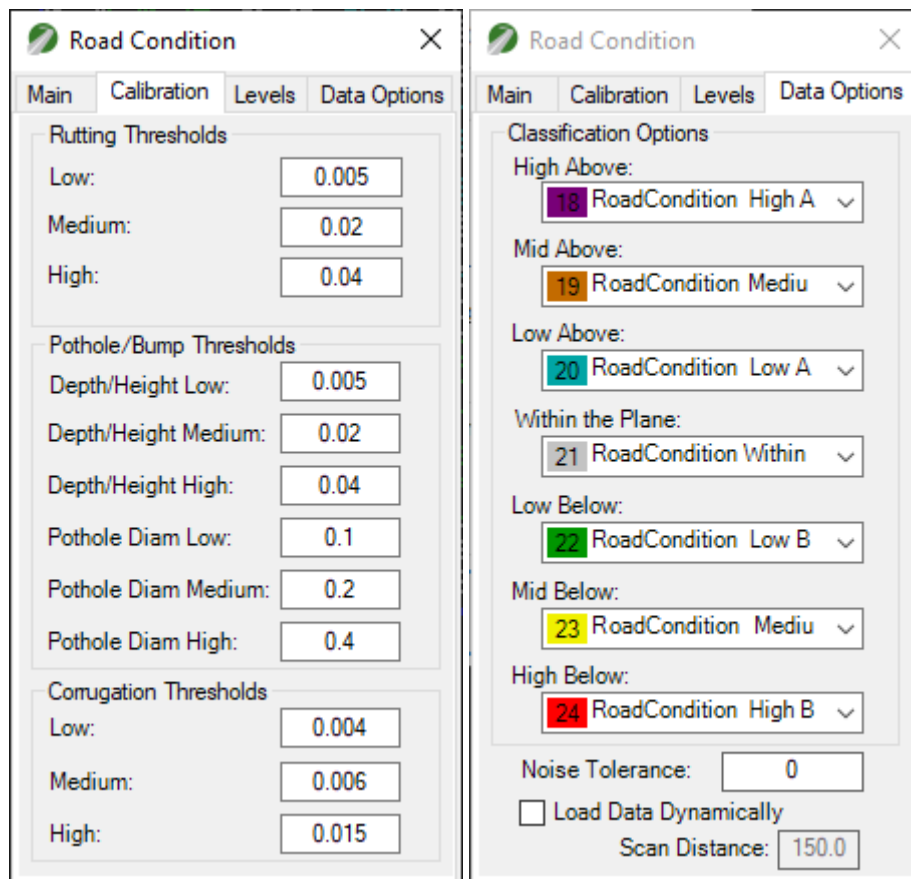
4.2 Hjulspor, hull, og tversgående ujevnheter

Med utgangspunkt i bakkeklasse og vektoriserte veimarkeringer fra nordgående kjøring ble veitilstand analysert i TopoDOT.

Dette verktøyet vil finne eventuelle hjulspor, vaskebrettmønster, hull, forsenkinger og forhøyninger i veibanen. Verktøyet analyserer hvert kjørefelt for seg, og klassifiserer punktsky etter avstand fra en ideell veioverflate. TopoDOT bruker en kombinasjon av kartlagt veimarkering og punktsky til analyse:



Grenseverdiene kan defineres selv, i dette prosjektet var grenseverdiene satt til følgende, samt tilhørende punktskyklasser:



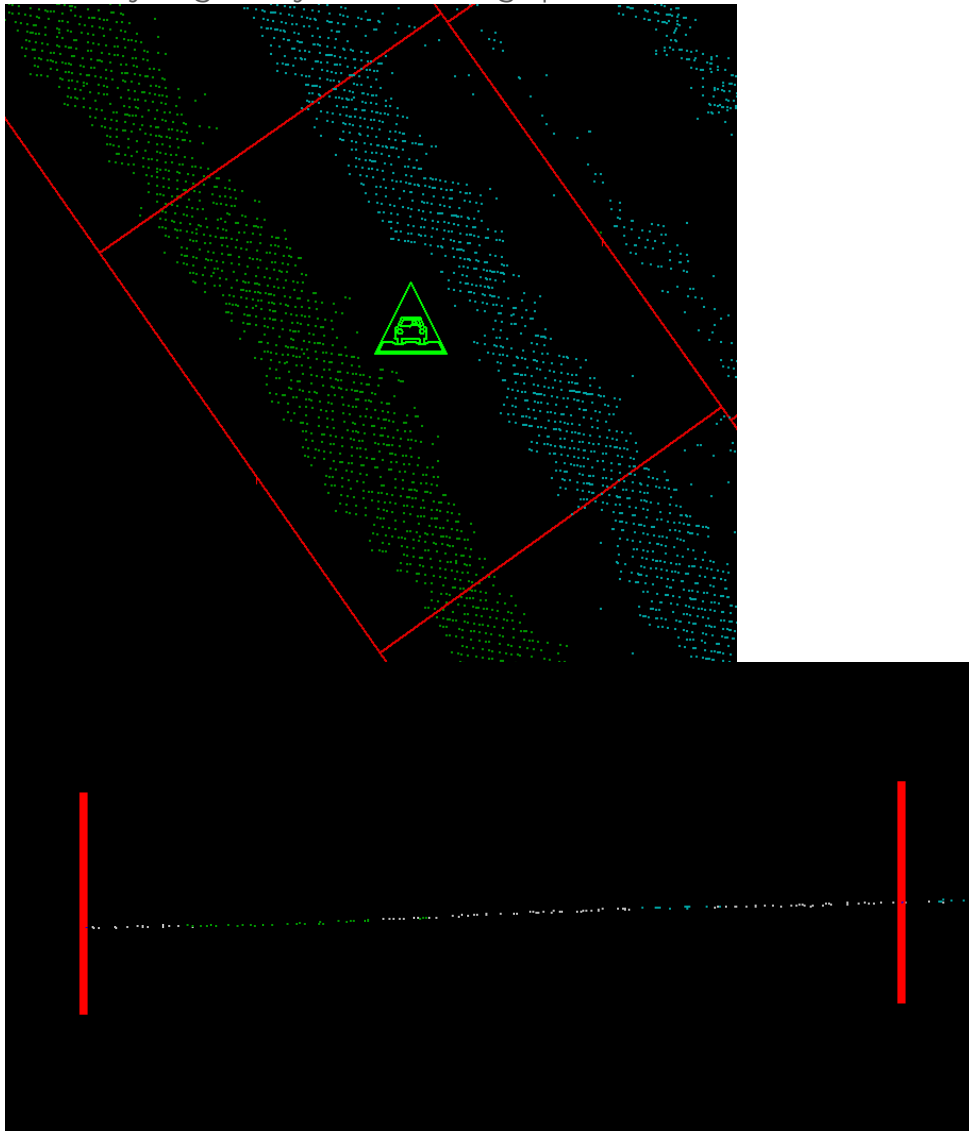
Relevante håndbøker fra SVV ble brukt til å sette verdier der det fantes en passende, tilsvarende verdi.

Punkter med gitt høyde/dybdeverdier kan deretter vektoriseres som punkter eller presenteres som georefererte rasterbilder hvis ønskelig.

I tillegg vil verktøyet dele kjørefelt inn i blokker på drøye tre meter. Blokkene vektoriseres og får tildelt en alvorlighetsgrad fra tidligere definerte grenseverdier og type avvik som vektoriseres med følgende symboler:



Nedenfor kan ses en blokk med hjulspor av lav alvorlighetsgrad til venstre, samt en forhøyning til høyre. Ovenfra og i profil:



Analysert punktsky, klassifisert etter grenseverdier, leveres i filen «50521_Borealis_analysert.las». Vektorer fra TopoDOT-analyse er presentert i vektorfil i lagene «01_Road Blocks» og «01_Severity Info».

4.2.1 Veianalyserapport

Veianalyse kan også skrive ut rapport med gjennomsnittsverdier for egendefinerte blokkstørrelser. I denne analysen er egendefinert blokkstørrelse 20 meter, som ønsket av SVV. Blokk lengden er gjennomsnittlig, og ikke helt nøyaktig.

Det relevante som kan trekkes ut av denne rapporten er verdier på hjulsporvolum, gjennomsnittlig og maksimal dybde av disse, samt informasjon om andre typer

ujevnheter i blokken. Det er også beregnet PCI, Pavement Condition Index, Deduct, Density, og andre verdier som relaterer til den amerikanske standarden ASTM 6433. Rapport gir også en vurdering av totaltilstand i en blokk, fair, satisfactory, etc.

Veianalyserapport leveres i filen «50521_Veianalyserapport.xlsx». Vektorer fra rapporten i vektorfil med lagene «02_Report Info» og «02_Sample Unit Bounds» som viser utstrekning på de cirka 20 meter lange blokkene.

4.2.2 Fall og stigning

Forberedelse av data til veianalyse er samtidig en forberedelse av data til analyse av tverrfall/takfall og stigning på veien og presenteres derfor som ekstra data for å vise muligheter i TopoDOT. Fall og stigning er også beregnet per kjørefelt. Fallverdier i prosent hver 5. meter der prosentverdi er negativ hvis kjørebane kant er lavere enn senterlinje. Linjer og verdier er vektorisert, samt skrevet ut som rapporter i Excel-format.

Vektorer av fall og stigning i vektorfil i lagene «03_Cross Slope Measurements», «03_Cross Slope Text», «03_Grade Measurements», og «03_Grade Text». Rapportfilene «50521_Fall_stigning_høyrefelt_nordover.xlsx» og «50521_Fall_stigning_venstrefelt_sørover.xlsx».

4.3 Langsgående ujevnheter og sprekker

TopoDOT har ingen støtte for analyse av langsgående ujevnheter. IRI og MPD krever utstyr som vi har montert på vårt Viatech-system, ikke Lynx.

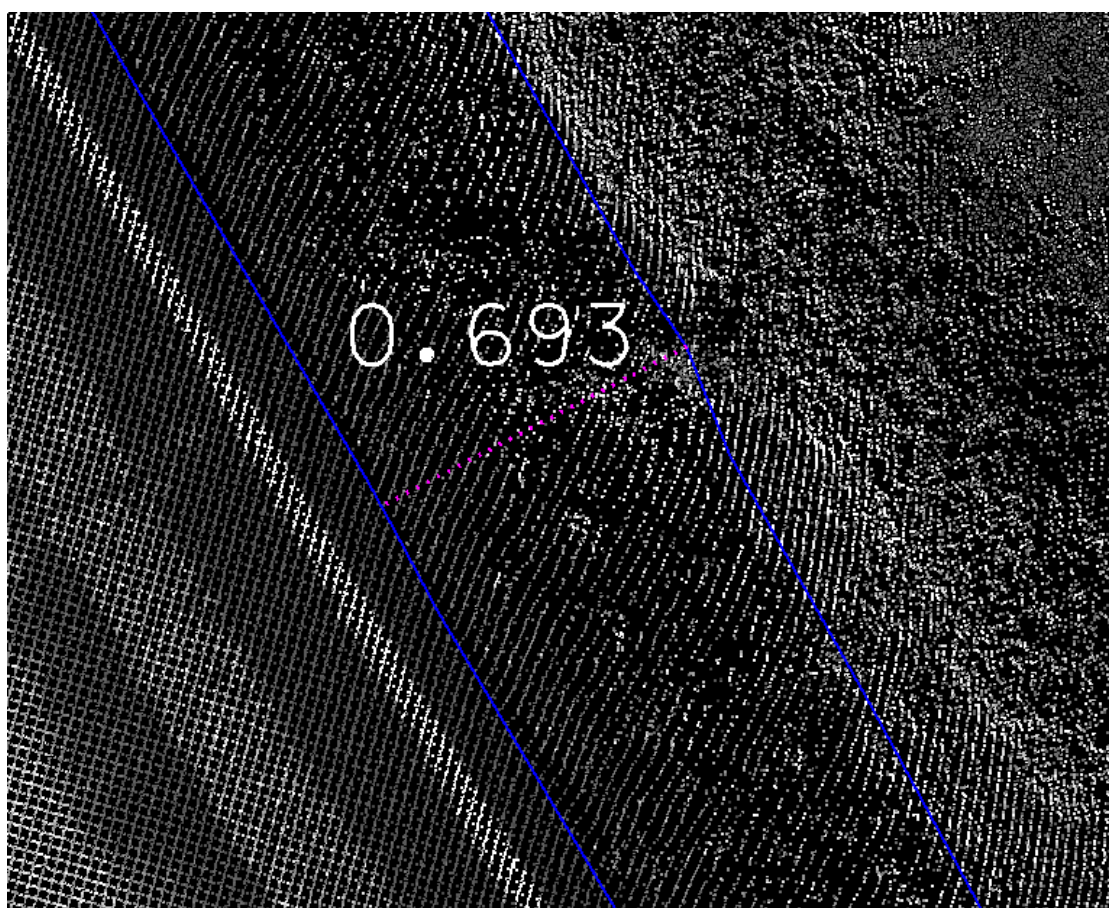
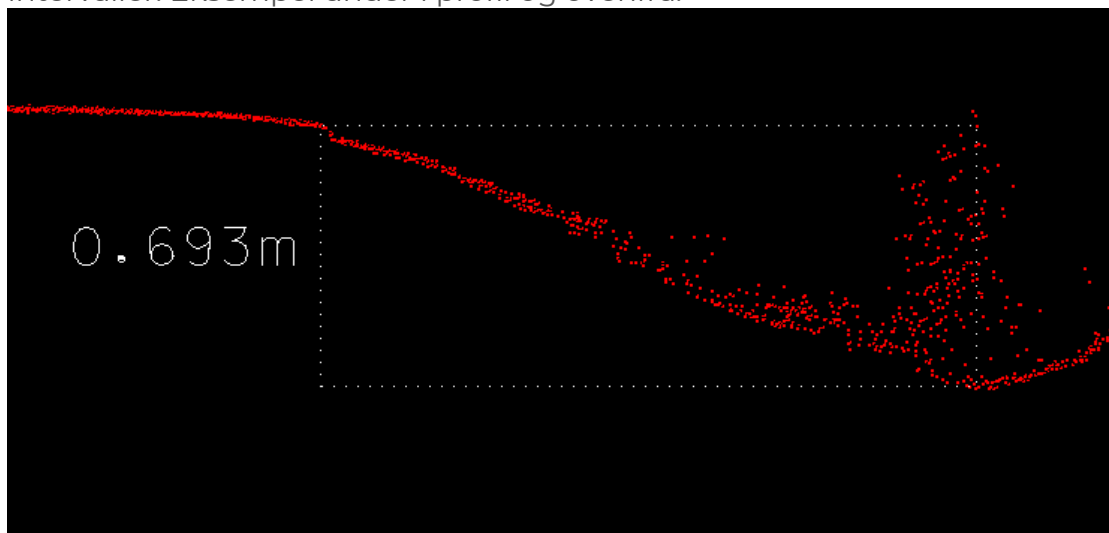
Sprekkdeteksjon kan gjøres fra geometri og/eller intensitetsverdier i en punktsky. Terratec har god erfaring med å detektere større sprekker ved bruk av Viatech-punktsky, Lynx har erfaringsmessig vist seg å være for støyete, samtidig vil selv små unøyaktigheter i scannerkalibrering påvirke sprekkdeteksjon negativt. Fuktig overflate dagen det ble kjørt har gjort sprekker vanskeligere å se i intensitet, samtidig som det har gjort punktsky litt mer støyete enn normalt. Det ble gjort forsøk å detektere sprekker i denne analysen, men resultatet var for støyete.

Med vårt Lynx-system kan vi produsere 360°-panoramabilder, hvilket vil bli presentert i Urbex. Med dette vil det være enkelt å se gjennom bilder og gjøre en visuell sprekkinspeksjon.

4.4 Vannavrenning

Med nåværende metoder vil asfaltkant og grøftebunn begge kartlegges manuelt fra punktsky. Viatec med en enkelt høypresisjons-scanner på tvers av kjøreretningen vil gi en veldig presis punktsky på veibanen til veianalyse. Lynx, med to skråstilte scannere vil gi mer innsyn bak objekter, og under vegetasjon. En grøftebunn helt uten vegetasjon vil kunne kartlegges like nøyaktig fra begge systemer, der det er vegetasjon vil Lynx' to skrå scannere penetrere bedre og gi mer nøyaktige grøftedybder.

Kartlagt asfaltkant og grøftebunn kan deretter prosesseres i GIS-programvare, for eksempel FME, hvor høydedifferanse kan beregnes og presenteres i gitte intervaller. Eksempel under i profil og ovenfra.



Eksempel på manuelt kartlagt asfaltkant, grøftebunn, og grøftedybder finnes i vektorfil i lagene «04_Asfaltkant», «04_Grøftebunn», og «04_Grøftedybde».

5 Georadar prosessering

5.1 Personell

Følgende personell har vært ansvarlig for prosesseringsarbeid:

Tobias Jokisch	Prosessering og tolkning
Henrik Rinne	Produktgenerering og kvalitetssikring

5.2 Programvare

Følgende programmer har vært brukt til behandling av data i prosjektet:

Programvare	Versjon	Anvendelse
Examiner	3.02	GPR prosessering / tolkning
SeismiGraphix	1.4.0	SEG-Y QC
FME	2018.1	Generering av produkter

5.3 Prosessering

For å kunne tolke dataene må rådata fra GPR prosesseres først. Prosesseringen omfatter:

- Set Time ground
- Interference suppression
- Inverse Selected Discrete Fourier Transform (ISDFT)
- Background Removal (BGR, 2 passes)
- Gradual low pass filter (in time)
- Gradual low pass filter (spatial)

5.3.1 Time ground

GPR antennen beveger seg opp og ned i samsvar med små dumper i veien. Dermed endrer seg høyde over bakken bestandig. Dette kompenseres ved at første refleksjon etter den direkte bølgen blir plukket og hele trasen skiftet med tilsvarende tid. Ny korrigeret time ground ble satt til 3.7ns, dermed forblir den direkte bølgen synlig i dataene.

Denne korreksjonen vil også korrigere for skjevheter i antennen på tvers av kjørebanelen. Alle dybder i leveransen referer til veioverflaten.

5.3.2 Interference suppression

Interferens i dataene blir undertrykket ved en automatisk interference suppression (threshold-based).

5.3.3 Inverse Selected Discrete Fourier Transform

Dataene overføres fra frekvensdomene til tidsdomene. Samtidig dempes høye frekvenser med økende tid slik at resultat blir mindre støyete.

5.3.4 Background removal (BGR)

Background removal blir gjennomført i to steg. Første steg er en relativ mild fjerning av bakgrunn støy med en sliding mean filter på 200m lengde. Starttid for dette filteret er 3.7ns (taper på 1ns, full on på 4.2ns).

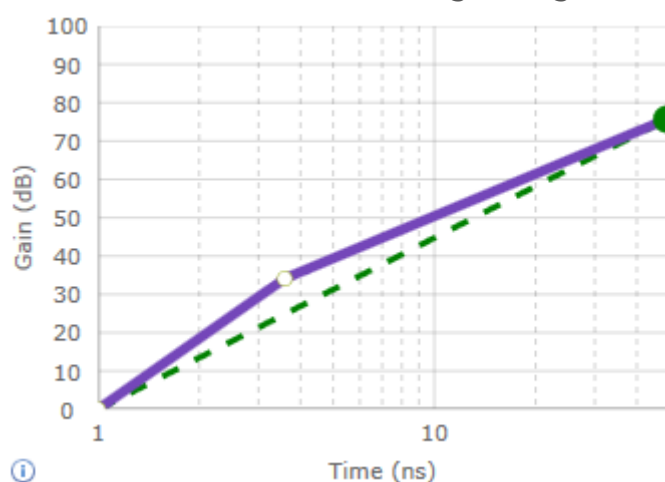
Andre steg er et sterkere filter som anvendes først fra 10.5ns med en taper på 5ns (full on på 13ns).

5.3.5 Gradual low-pass filter

Inkoherent resterende støy blir fjernet med en low-pass filter i tid og en low-pass filter i x og y. Filterlengde er frekvensavhengig.

5.3.6 Gain

Dataene ble forsterket med følgende gain funksjon:



Figur 4: Gain funksjon brukt på dataene

5.4 Dybdekalibrering

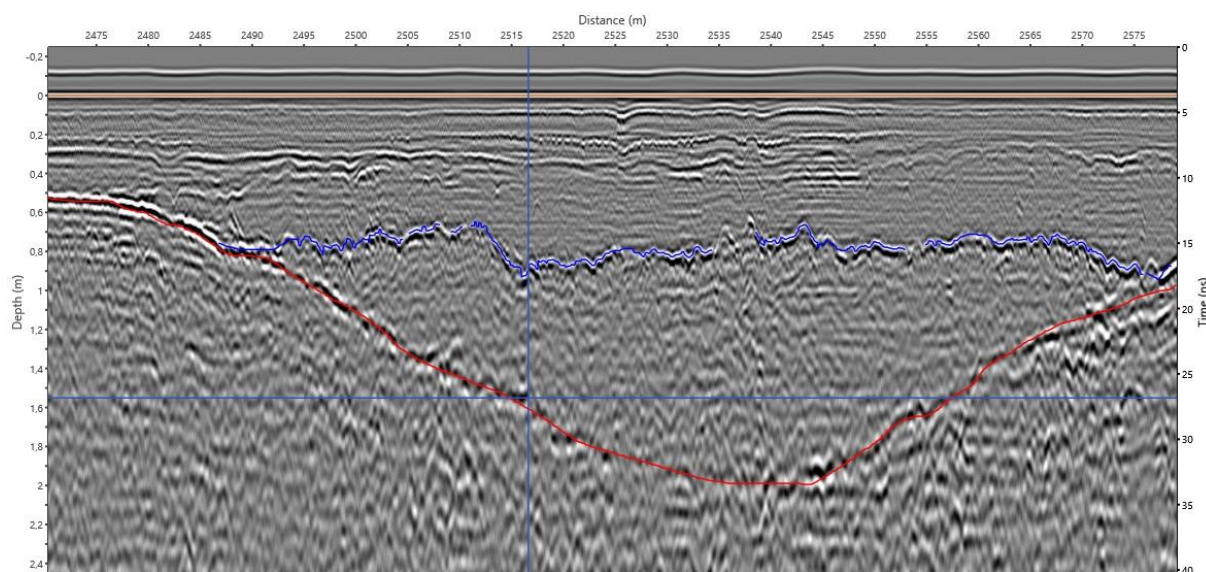
Dataene ble dybdekalibrert ved kjerneprøver og prøveboringer foretatt etter innsamlingen. Det ble foretatt 7 boreprøver fordelt på hele veistrekningen. Resultatet fra disse ble så sammenstilt med resultatet fra tolkningen for å bestemme den dielektriske konstanten i undergrunnen ved de ulike lokasjonene. Resultat fra boreprøvene er asfalttykkelse (total tykkelse veidekke) og dybde til fjell (der påtruffet). Det finnes ingen informasjon om tykkelse på ubundne bærelag.

Ved de fleste lokasjonene ligger fjellet for dypt til å kunne synes på radardataene som har en innsamlingslengde på 50ns tilsvarende ca. 3m.

Asfalttykkelsen korrelerer derimot godt med de fleste boreprøvene, men borepunkt 18600m, som er startpunkt for delstrekningen som skulle tolkes, er et unntak. Den sterke refleksjonen som ble tolket som asfaltens underkant impliserer en svært høy epsilon-verdi. Den er likevel ikke usannsynlig høy hvis asfalten er porøs og mettet med vann. En annen mulighet er at bunn asfalt ikke er synlig og at den tolkede grenseflaten tilsvarer bunn ubundne bærelag. En oversikt over boreresultater finnes i tabell på neste side.

Fra borerapport				Fra GPR resultat	
Hullnr. (m hpl)	Dybde til fjell (m)	Dybde boret i fjell	Asfalttykkelse (cm)	Fjell	Asfalt
910	2.04	3.05	5,5	ikke synlig	Epsilon: 5
2480	1.68	0.61	13,5	fjell synlig, epsilon=5	Epsilon: 5.5
9520	13.40!!	0.0	13	N/A	Epsilon: 5.5
18600	3.08	1.33	15,5	fjell for dypt	Epsilon: 11 - 20
20600	5.48!!	0.0	15	N/A	Epsilon: 6.5
25420	10.56	4.89	18	fjell for dypt	Epsilon: 6.5-7
33000	2.80	0.69	16,5 (23)	fjell ikke synlig	Epsilon: 6.5
37260	1.52!!	0.0	16,5	fjell muligens synlig	Epsilon: 4,5 - 7

Georadarbildet ved borehull no. m2480 vises i Figur 5.

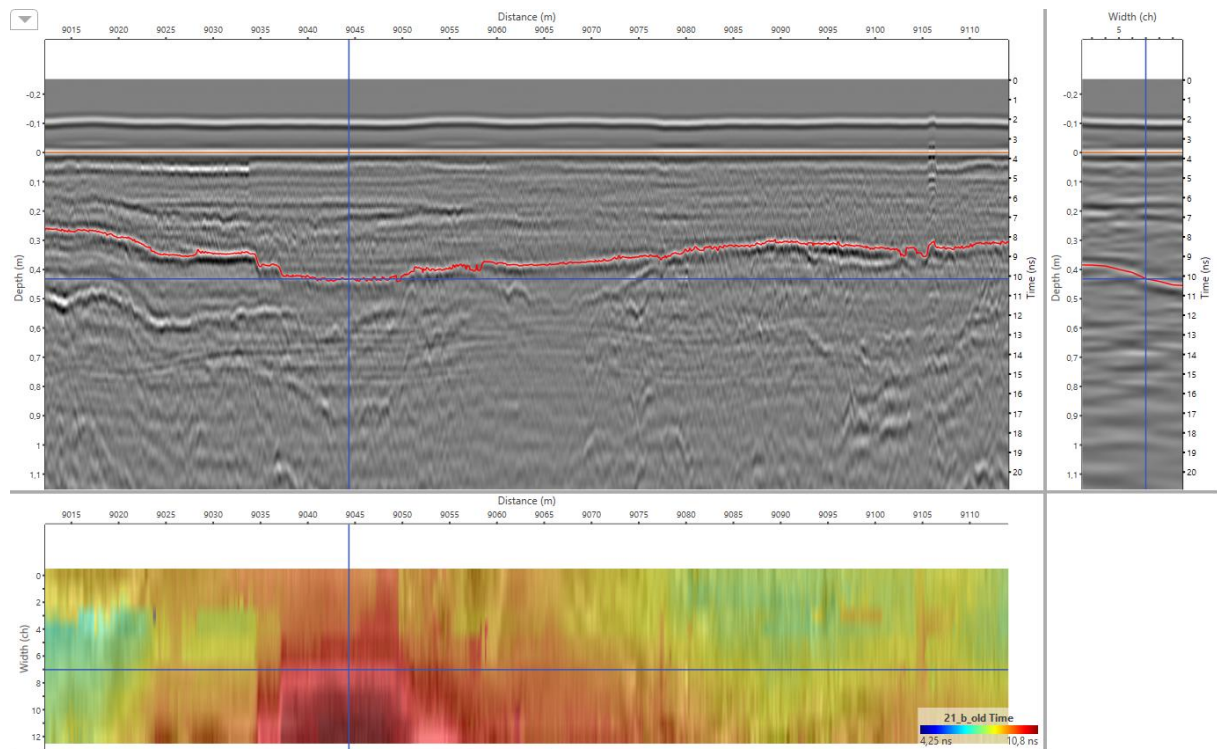


Figur 5: Borehull m2480. Trådkorset viser posisjon og dybde til fjell. Den røde horisonten er dermed fastfjell, topp morene er i blå.

6 Georadar tolkning

6.1 Generelt

Tolkningen er i det store og hele konsistent mellom begge felt. Det finnes derimot en del variasjon på tvers av veibanen, særlig i søndre delen som viser at veioppbyggingen ikke er homogen. Et eksempel vises i Figur 6.



Figur 6: Radargramm både langs vei og på tvers av veien (oppe) og dybdeskive (nede) med fargelagt dybde til bunn asfalt.

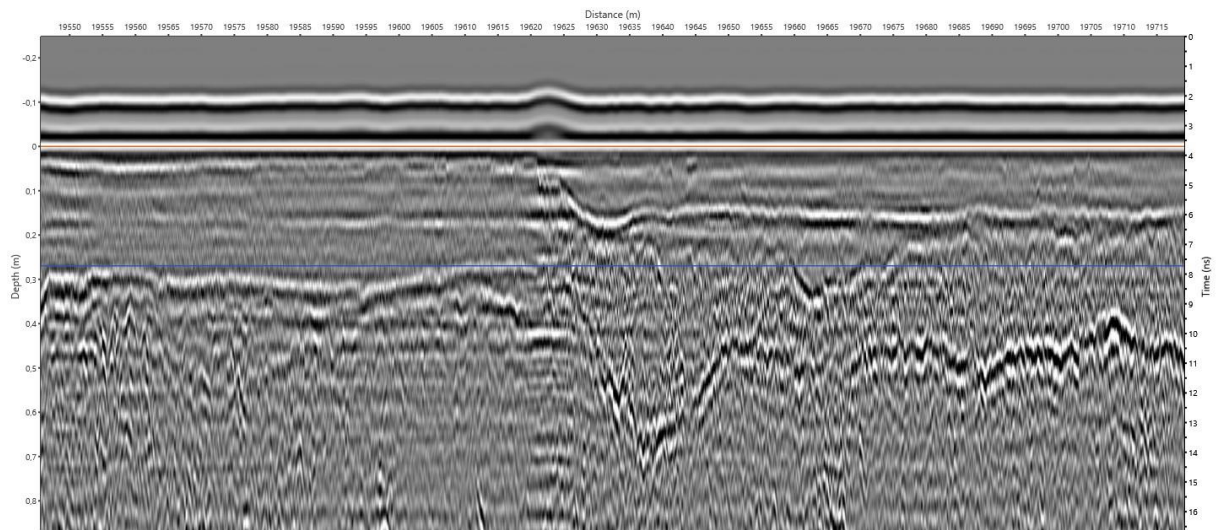
Tolkningen ble gjennomført i 3 steg. I første omgang ble strukturene tolket semiautomatisk (manuell plukking av sterke refleksjoner kombinert med automatisk tracking basert på krysskorrelasjon). Små hull i tolkningen ble interpolert i 3D (x, y og z). Større hull i tolkningen ble tolket manuelt dersom refleksjonen fortsatt er svak synlig / grenseflaten virker rimelig. Hvis usikkerheten ble for stor eller horisonten ikke er synlig på større arealer ble det ikke tolket noe. Bunn slitelag / bunn asfalt er i det store og hele godt synlig, med lite behov for interpolasjon. Disse ble derfor vurdert med kvalitet=1. De andre lag ble i større grad interpolert og manuelt tolket. Områder som ble interpolert ble tildelt kvalitet=2, områder som ble manuelt tolket kvalitet=3.

Alle radargrammene som vises i rapporten har en dybdeskala basert på $\epsilon=5$. Det er altså ikke verdien som ble brukt i dybdekalibreringen. I beskrivelsen vises det derfor bare til to-vei-tid (TVT) i [ns].

Beskrivelsen av tolkningen som følger nedenfor refererer til gammel vegreferanse (m hp1) mens leveransen av tolkningen er i henhold til ny vegreferanse (hp5).

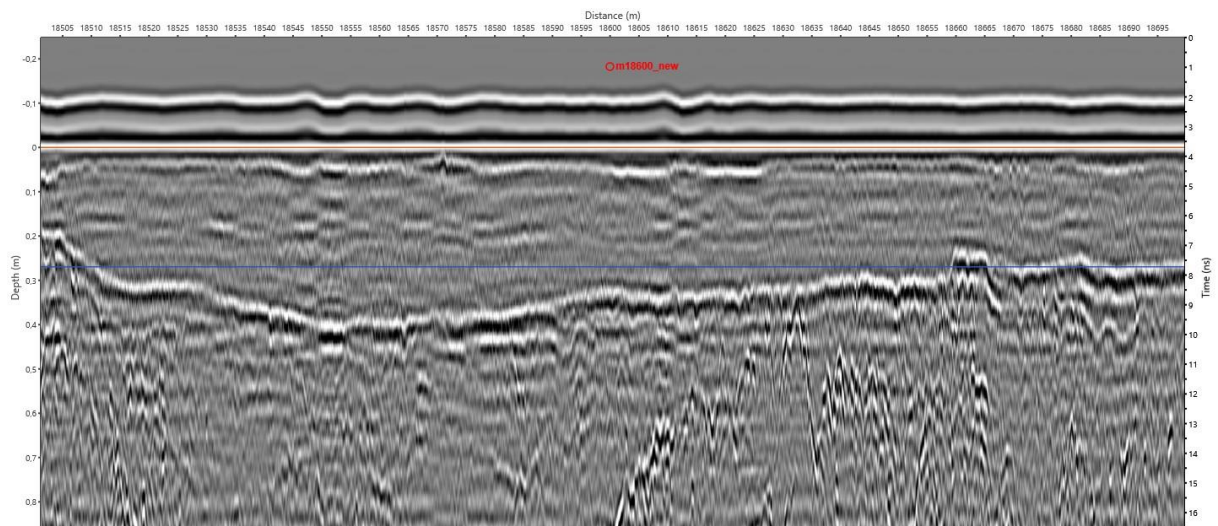
6.2 Bunn slitelag / bunn bundne lag (Kode 21a / 21b)

En 2km lang delstrekning ble tolket som går fra m18600 til m20600 (hp1, gammel veireferanse). I midten av denne strekningen er overgang fra gammel til rehabilitert/ny vei godt synlig (se Figur 7).



Figur 7: Radargram rundt m19600. Overgang fra gammel til ny vei er godt synlig

Mens asfalten på den nye strekningen korrelerer godt med boreprøven (s.o., Figur 9) er det usikkerhet rundt tolkningen av bunn bundne lag på den gamle strekningen. Borekjernen fra m18600 viser en todelt veidekke. De øverste 5cm kan tilsvare re-asfaltering. Et lagskille mellom det øverste laget og det tykkere nederste laget er også synlig i georadar-resultatet (se Figur 8). Denne grenseflaten ble derfor tolket som bunn slitelag (21a). Det er usikkerhet rundt bunn veidekke (21b) som enten kan være usynlig i radardataene eller havne lengre ned pga. høyere vanninnhold i asfalten (Figur 8).



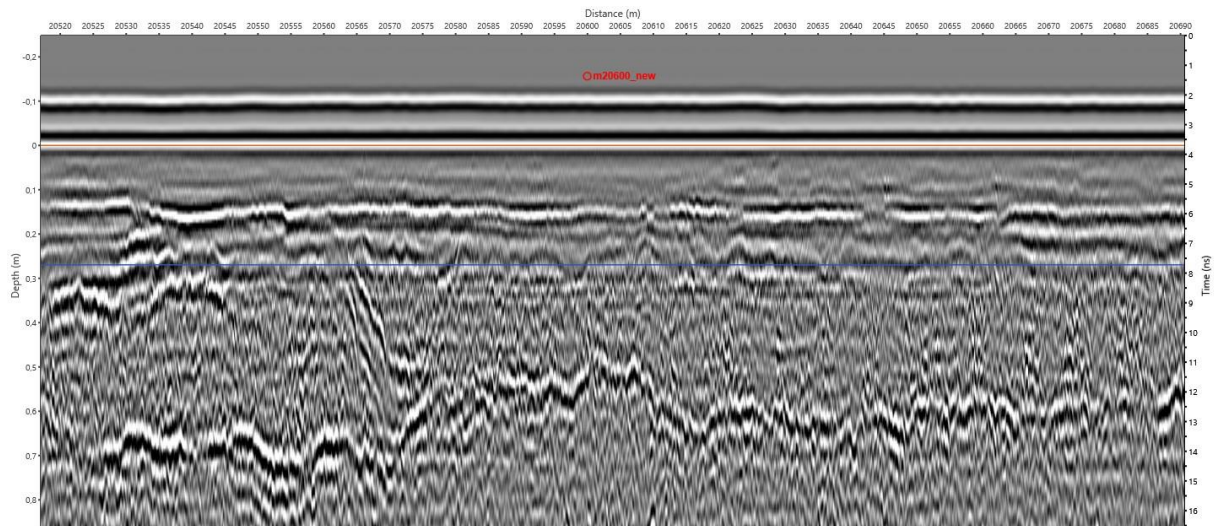
Figur 8: Radargram rundt borepunkt m18600. Øverste refleksjon er den direkte bølgen fulgt av overkant asfalt (3.7ns). Bunn slitelag kommer kort etter. Bunn asfalt forventes egentlig mellom 5-6ns, men kommer først etter 7+ns. Det er derfor ikke sikker om dette er bunn asfalt eller et annet lagskille.

6.3 Bunn ubundne bærelag (Kode 41)

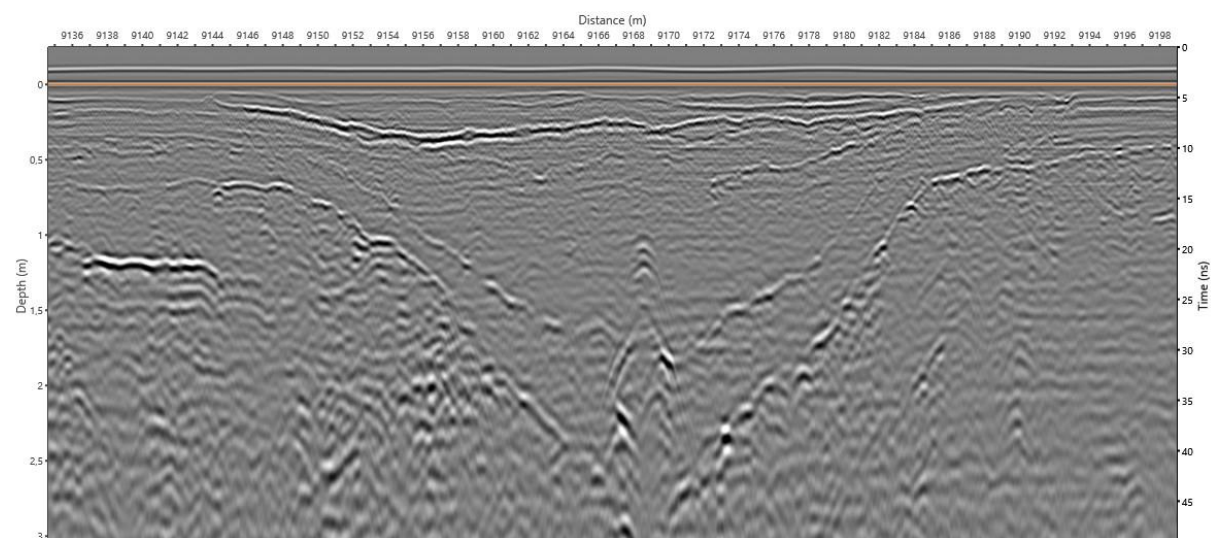
Bunn av de ubundne lag har blitt tolket med utgangspunkt i tolkningen av bunn overbygning (kode 71). Det kan ikke sies med sikkerhet at den grenseflaten tilsvarer bunn ubundne lag og lagtykkelsen varierer veldig. I den rehabiliterte strekningen er denne grenseflaten ikke blitt tolket bortsett fra et mindre område.

6.4 Bunn overbygning (kode 71)

Bunn overbygning er stort sett veldig tydelig i nordre delen (ny/rehabiliteret vei, se Figur 9). Lagtykkelsen er i samme størrelsesorden på hele strekningen. I søndre delen (gammel vei) viser tolkningen en mer variert lagtykkelse. I tillegg vises det fordypninger i strukturen som kan være grøfter for kulverter (eksempel vises i Figur 10). Disse er forholdsvis dype (2-3m) og frekvensinnholdet er dermed betydelig lavere i disse områdene.



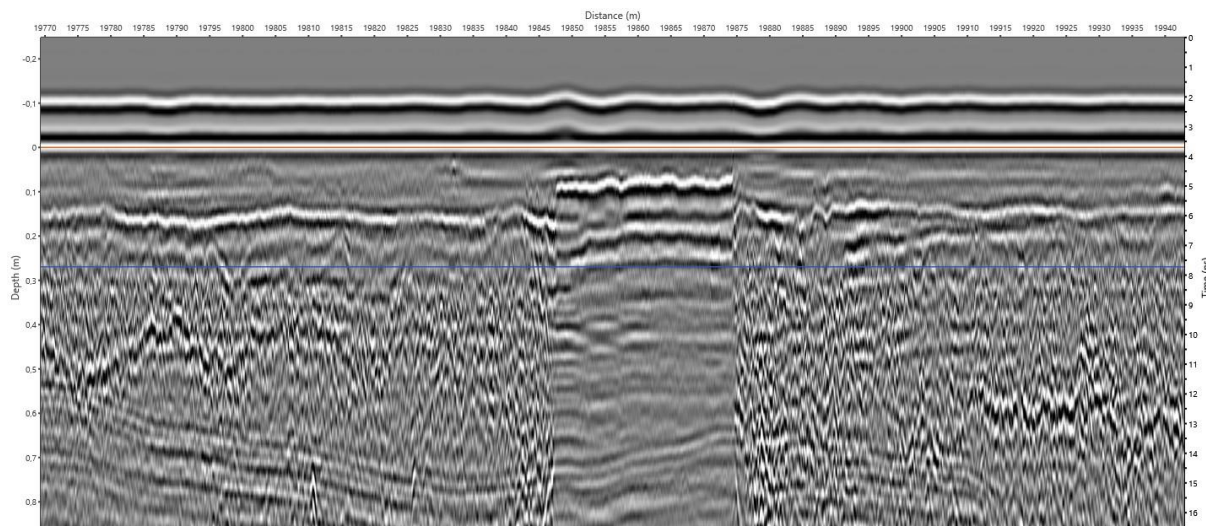
Figur 9: Radargram rundt borepunkt 20600



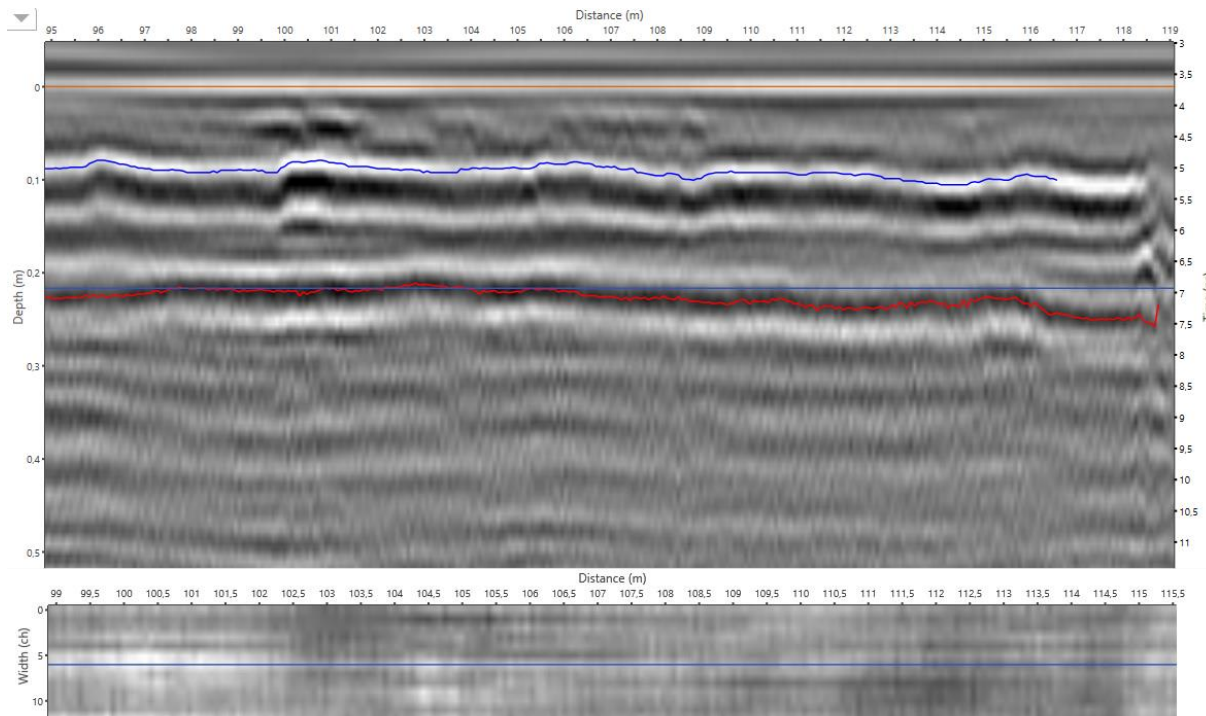
Figur 10: Innskjæring / grøft med mulig kulvert

6.5 Bro

Den ene broen på den to km lange strekningen skiller seg godt ut på georadarresultatet. Dataene kan brukes til å kartlegge posisjon til armeringen og overdekning med armering i samme sleng, noe som er fordel ved bruk av en 3D antenne (Figur 12).



Figur 11: Radargram rundt m19860. Den høifrekvente støyen rundt 15ns er interferens som skyldes rekkverk ved siden av veien.



Figur 12: Detalj bro. Oppe viser vertikal profil med topp asfalt (oransje), bunn asfalt (blå) og topp armeringsjern (rød). Nede vises dybdeskive gjennom armeringen

7 Leveranse

Etter kundenes ønske leveres det bare en av de 13 kanaler, den som dekker høyre hjulspor. Dataene leveres prosessert i SEG-Y format som er et vanlig format for seismiske data og GPR data. Informasjon om byte posisjoner er lagt i 7.3. Dataene kan leses i bl. a. RoadDoctor.

Rådataene og prosesserte data i 3dradar-format oppbevares hos Terratec i 5 år og kan ved behov leveres. Rådata i .3dra format kan også leses og prosesseres i RoadDoctor.

Tolkningen leveres i .dwg format (relativ dybde). For en enkel visualisering leveres georefererte tiff-bilder i innsynsløsningen BlomUrbex som også kan brukes til å visualisere 360graders bilder som ble tatt under innsamlingen.

Ut over det leveres tolkning i høyre hjulspor i excel-ark som benyttes av Statens Vegvesen. Dybdene angis i 10m intervaller. Veireferansen som brukes i BlomUrbex og excel-arket er den nye (hp 5).

7.1 BLOM Urbex

Tolkning av georadardataene leveres også gjennom Terratec sin innsynsløsning BLOM Urbex.

<http://www.blomurbex.com/maps/index.html>

Bruker: SVVrs

Passord: R83x8

Blom Urbex er en webbasert innsynsløsning til visualisering av ortofoto, 360graders Bilder og farge-kodete kart som viser variasjonen av lagtykkelsen i planet. Det er mulig å koble Blom Urbex til informasjonen fra excel-arket som tolkningen leveres i.

7.2 Filstruktur.

Dataene er levert på FTP i følgende mapper

Analysedata	Resultater av veianalyse som beskrevet i rapport. Vektorer på DGN og DWG-format, punktsky på LAS og LAZ-format, rapporter på Excel-forma
Punktsky	Klassifisert, matchet og sammenslått punktsky på LAZ 1.2-format med prosjektfil og blokinndeling på DGN-, DWG-, og PDF-format.
SEG-Y	Georadardata (høyre hjulspor) i SEG-Y format
DWG	Tolkning i .dwg format (3D punktsky)
EXCEL	Tolkning (høyre hjulspor) i excel-ark
Rapport	Denne rapporten
BlomUrbex	Tolkning (høyre hjulspor) i .geojson format (kan leses i Blom Urbex), Fargeskala i .pdf format

7.3 SEG-Y data

SEG-Y dataene er i rev01 format. Prosesseringssekvensen er nærmere beskrevet i avsnitt 5.3.

To filer er levert via FTP:

2019-08-20-006.sgy	Sørgående felt
2019-08-20-007.sgy	Nordgående felt

7.3.1 EBCDIC Header

```

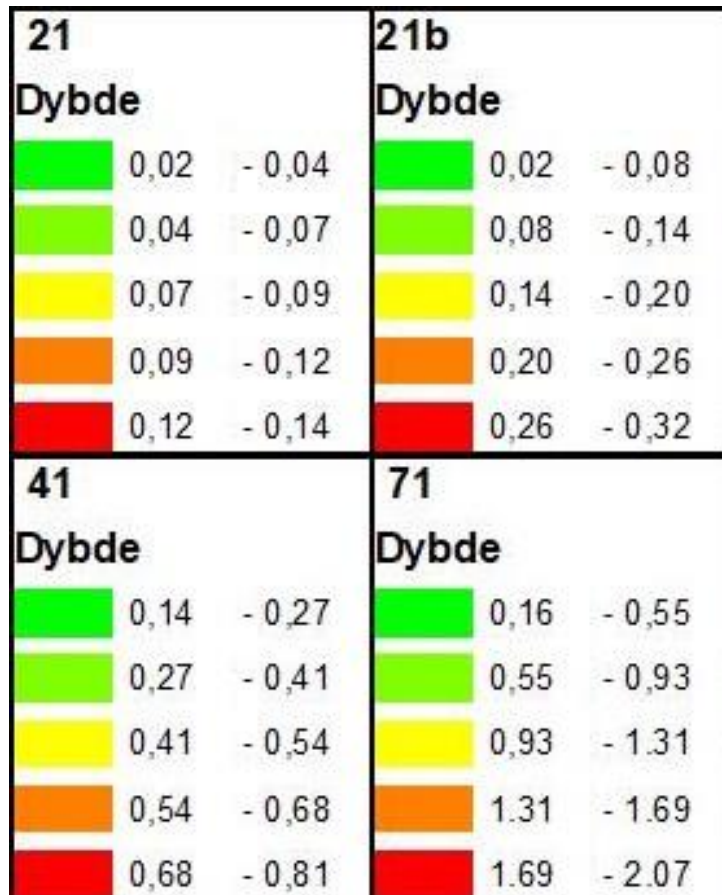
C 1 Created: 3D-Radar Examiner (Wednesday, 23 October 2019 11:49:19)
C 2 Volume: X-lines: 478154, In-lines 1, Samples: 503
C 3 CRS: EPSG:32634, scale factor 0.01
C 4
C 5 Byte positions (in addition to REV. 1 standard positions):
C 6 X-coordinate = 73-76
C 7 Y-coordinate = 77-80
C 8 In-line = 9-12
C 9 X-line = 13-16
C10
C11 Sample intervals (e.g. 117 and 3217) are given in picoseconds
C12
C13
C14 1/1 = (471915.1, 7696127.08)
C15 1/2 = (471915.06, 7696127.02)
C16 2/2 = (471915.12, 7696126.96)
C17
C18
C19
C20
C21
C22
C23
C24
C25
C26
C27
C28
C29
C30
C31
C32
C33
C34
C35
C36
C37
C38
C39 SEG Y REV1
C40 END TEXTUAL HEADER

```

7.3.2 Trace Header (byte posisjoner)

JOB_ID_NO	1.0
SAMPLE_RATE	97.0
SAMPLE_RATE_FIELD	97.0
NSAMPLES	503.0
NSAMPLES_FIELD	503.0
FORMAT_CODE	3.0
SEGY_FORMAT_REVISION_NO	256.0
1 TRACE_SEQ_NO	23
5 TRACE_SEQ_REEL	1
9 FIELD_RECORD_NO	1
13 CHANNEL_NO	0
71 COORD_SCALER	-100
73 XSHOT	47191657
77 YSHOT	769612591
115 NSAMPLES	503
117 SAMPLERATE	97
183 SHOT_SEQUENCE_NUMBER	375991775
185 FIELD_STATION_NUMBER	769612591

7.4 Fargeskala brukt i BlomUrbex



Figur 13: Fargeskala for lag i Blom Urbex. Slitelag (21), Bunn bundne lag (21b), Bunn ubundne bærelag (41), bunn overbygning (71)



Figur 14: Fargeskala for kvalitet (41 og 71)

Reg	Fy	Kom	Kat	St	Nr	FraHp	FraM	TilHp	TilM	Kjf	Lengde	Budsjett	Dato	Dekke	M.forbr	S.Str	Dke.brd	Dke.tykk	M.type	Fr.dybde	Fr.brd	Merknad	Entreprenør	
5	19	39	E	V	8	1	17364	1	18507		1143	v	01.07.2013	Vegdekke	110	16	6,6	44	Agb			Fra 4 l/m2 + 5 cm Gk 0-22	Lemminkainen Norge AS	
5	19	39	E	V	8	1	17364	1	18647		1283	v	15.07.1997	Vegdekke	130		6,6	52	Gja			Roadmix m/30 kg ny asfalt (Ma16)		
5	19	39	E	V	8	1	17385	1	18507		1122	v	26.06.2013	Fresing						70	6,6	Fra 4 l/m2 + 5 cm Gk 0-22	Lemminkainen Norge AS	
5	19	39	E	V	8	1	18507	1	18647		140	v	01.06.2011	Fresing							70	6,8	Fresing/anriking 4 l/m2	Veidekke, A/S
5	19	39	E	V	8	1	18507	1	19028		521	v	06.06.2011	Vegdekke	110	16	6,8	44	Agb				Fra 4l/m2 + Gk 5 cm	Veidekke, A/S
5	19	39	E	V	8	1	18647	1	19028		381	v	01.06.2011	Fresing							70	6,8	Fresing/anriking 4 l/m2	Veidekke, A/S
5	19	39	E	V	8	1	19279	1	19636		357	v	03.06.2011	Fresing							70	6,8	Fresing/anriking 4 l/m2	Veidekke, A/S
5	19	39	E	V	8	1	19279	1	19636		357	v	06.06.2011	Vegdekke	110	16	6,8	44	Agb				Fra 4l/m2 + Gk 5 cm	Veidekke, A/S
5	19	39	E	V	8	1	19636	1	26554		6918	v	01.07.2014	Vegdekke	275	22	9	110	A					
0	19	0	E	V	8	5	24956	5	25871		915	v	13.08.2019	Vegdekke	47	11	7,1	19	Agb					YIT Norge AS
0	19	0	E	V	8	5	24956	5	25871		915	v	14.08.2019	Vegdekke	102	16	7,1	41	Agb					YIT Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	26554	1	28240		1686	v	27.12.1966	Vegdekke	110		6,8	44	Og					UKJENT/USPESIFISERT
5	19	39	E	V	8	1	26554	1	28240		1686	v	27.12.1976	Vegdekke	120	16	6,8	48	Og					
5	19	39	E	V	8	1	26554	1	28265		1711	v	31.12.1986	Vegdekke	119	16	6,8	47	Ma					
5	19	39	E	V	8	1	27600	1	28160		560	v	14.06.2016	Vegdekke	47	11	6,4	19	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	27600	1	28166		566	v	16.06.2016	Vegdekke	107	16	6,4	43	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	28096	1	29307		1211	v	17.09.2014	Vegdekke	72	16	6,5	29	Agb					Veidekke Industri AS
5	19	39	E	V	8	1	28240	1	35471		7231	v	29.12.1982	Vegdekke	30		6,8	12	Eo					
5	19	39	E	V	8	1	28240	1	37823		9583	v	27.12.1975	Vegdekke	110		6,8	44	Og					
5	19	39	E	V	8	1	28260	1	31869		3609	v	29.05.1991	Vegdekke	100	16	6,5	45	Ma					Fres/Anrik 1.5 l/M2 km 30.950-31.925 utført av 89 (SVV-Troms)
5	19	39	E	V	8	1	29300	1	31348		2048	v	16.08.2018	Vegdekke	104	16	6,5	42	Agb					Veidekke Industri AS
5	19	39	E	V	8	1	29310	1	31000		1690	v	16.08.2018	Vegdekke	51	11	6,5	20	Agb					Veidekke Industri AS
5	19	39	E	V	8	1	30500	1	30790		290	v	15.06.2016	Vegdekke	58	11	6,4	23	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	30500	1	30794		294	v	16.06.2016	Vegdekke	107	16	6,3	43	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	31400	1	32380		980	v	15.06.2016	Vegdekke	69	11	6,7	28	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	31400	1	32384		984	v	16.06.2016	Vegdekke	106	16	6,7	42	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	31869	1	32321		452	v	10.07.1996	Vegdekke	66	11	6,4	26	Ma					Tynndekke
5	19	39	E	V	8	1	32305	1	37823		5518	v	31.12.1987	Vegdekke	120	16	7	48	Ma					Toppdekke A/S
5	19	39	E	V	8	1	32321	1	37750		5429	v	15.07.1997	Vegdekke	130		6,3	52	Gja					SAVATIE OY
5	19	39	E	V	8	1	32500	1	32828	2	328	v	15.06.2016	Vegdekke	79	11	3,2	32	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	32500	1	32828	2	328	v	16.06.2016	Vegdekke	86	16	3,2	34	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	32500	1	32828	1	328	v	23.06.2016	Vegdekke	105	16	6,4	42	Agb					Lemminkainen Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	32802	1	33552		750	v	24.06.2013	Fresing						2	6,3	Fra 4 l/m2 + Gk 0-22	Lemminkainen Norge AS	
5	19	39	E	V	8	1	32802	1	33552		750	v	28.06.2013	Vegdekke	110	16	6,3	44	Agb					Lemminkainen Norge AS
0	19	0	E	V	8	5	34998	5	35486		488	v	12.08.2019	Vegdekke	88	11	6,5	35	Agb					YIT Norge AS
5	19	39	E	V	8	1	35471	1	37823		2352	v	27.12.1969	Vegdekke	110		7	44	Og					
5	19	39	E	V	8	1	37115	1	37821		706	v	30.08.2018	Vegdekke	53	11	6,2	21	Agb					Veidekke Industri AS
5	19	39	E	V	8	1	37118	1	37828		710	v	30.08.2018	Vegdekke	102	16	6,2	41	Agb					Veidekke Industri AS
5	19	39	E	V	8	1	37750	1	37823		73	v	10.07.1996	Vegdekke	66	11	6,4	26	Ma					Tynndekke
5	19	39	E	V	8	1	37750	1	37823		73	v	19.08.2004	Vegdekke	41	11	6,5	16	Ma					Kolo-Veidekke as
5	19	39	E	V	8	1	37750	1	37823		73	v	20.08.2004	Vegdekke	101	16	6,5	40	Ma					Kolo-Veidekke as
5	19	39	E	V	8	1	37823	1	38477		654	v	01.07.2014	Vegdekke	275	22	9	110	A					
5	19	39	E	V	8	1	38477	1	38518	1#2	41	v	01.07.2014	Vegdekke	275	22	9	110	A					



Kornkurve

Oppdragsnr.	5190216	Oppdragsnavn	E8 Borealis-Skibotndalen
Prosjektnr.	506011	Prosjektnavn	E8 Borealis - Registrering av dekketilstand
Ansvarsområdenr.		Ansvarsområdenavn	

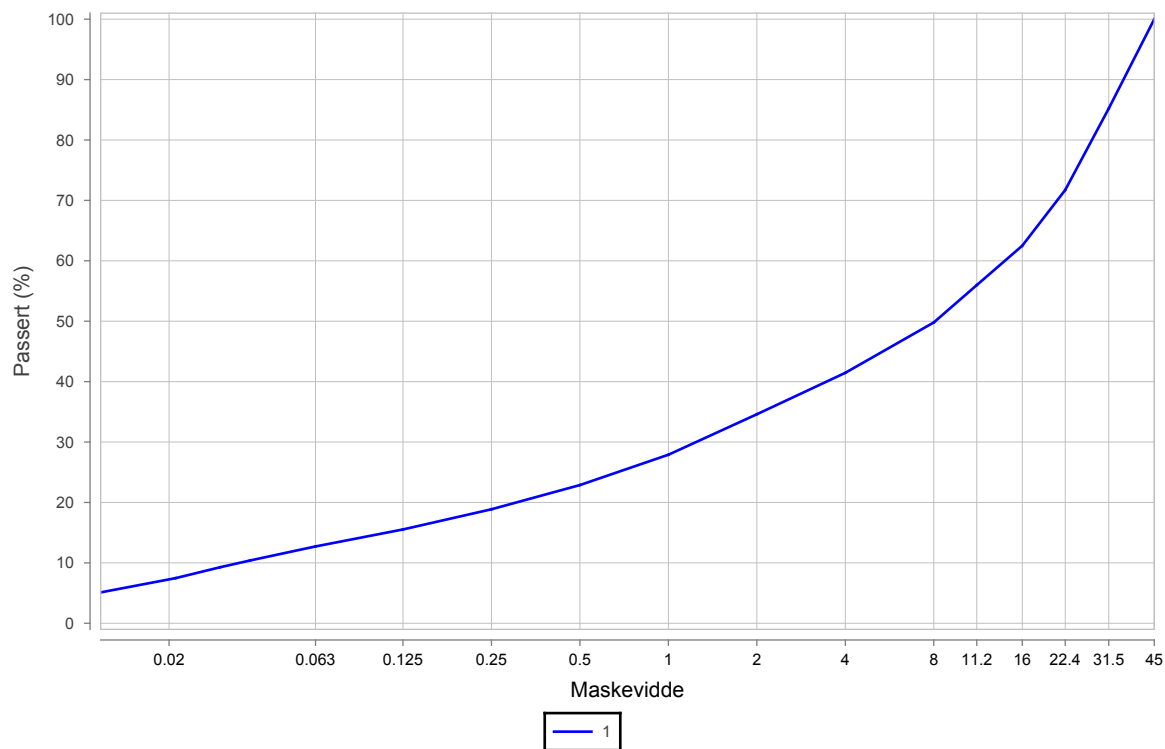
Serienr.: 1^(B), Hullnr.: 910, koordinater:

Prøvenr.	1			
Uttaksdato	11.09.2019			
Analysetype	Våtsikt			
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	3.8			
% <63µm av <delsikt	17.7 (22,4 mm)			
% <20µm av <delsikt	10.1 (22.4 mm)			

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm								
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4	31.5	45
1	12.7	15.5	18.9	22.9	27.9	34.6	41.5	49.8	56.0	62.5	71.7	85.2	100.0

Silt		Sand			Grus		
Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.2 - 1.0	Sandig grus	401.8	T2

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

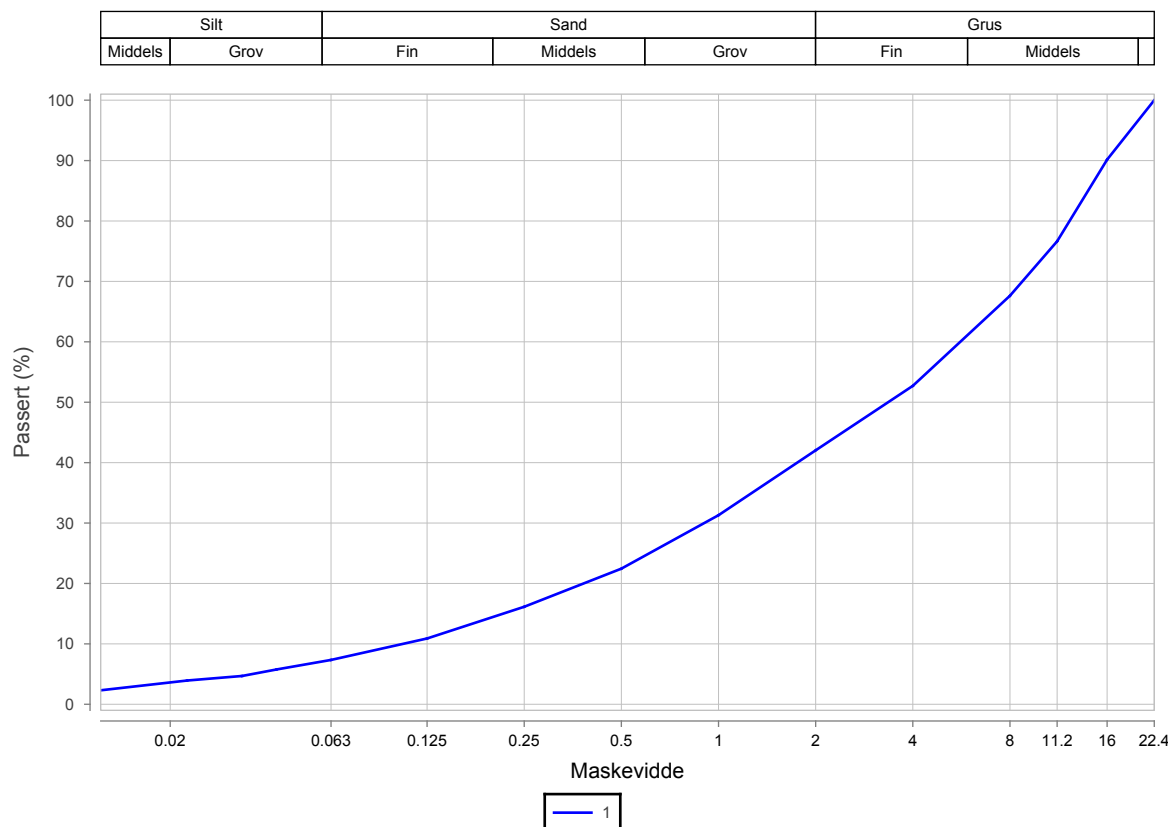
Oppdragsnr.	5190216	Oppdragsnavn	E8 Borealis-Skibotndalen
Prosjektnr.	506011	Prosjektnavn	E8 Borealis - Registrering av dekketilstand
Ansvarsområdenr.		Ansvarsområdenavn	

Serienr.: 2^(B), Hullnr.: 2480, koordinater:

Prøvenr.	1			
Uttaksdato	19.09.2019			
Analysetype	Våtsikt			
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	2.5			
% <63µm av <delsikt	7.3 (22,4 mm)			
% <20µm av <delsikt	3.6 (22.4 mm)			

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm						
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4
1	7.3	10.9	16.1	22.5	31.3	42.0	52.7	67.6	76.6	90.2	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.0 - 1.0	Grusig sandig materiale	53.3	T2

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

Oppdragsnr. **5190216**
 Prosjektnr. **506011**
 Ansvarsområdenr.

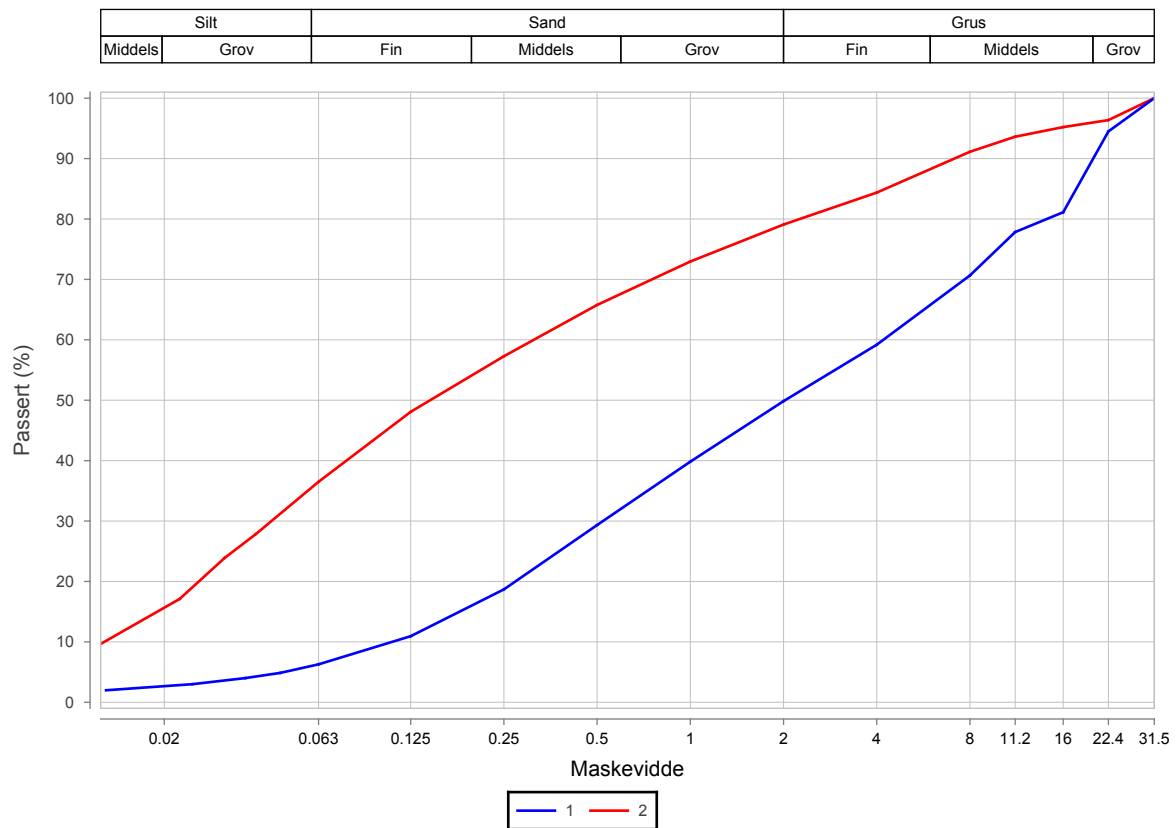
Oppdragsnavn **E8 Borealis-Skibotndalen**
 Prosjektnavn **E8 Borealis - Registrering av dekketilstand**
 Ansvarsområdenavn

Serienr.: 4^(B), Hullnr.: 9520, koordinater:

Prøvenr.	1	2		
Uttaksdato	18.09.2019	18.09.2019		
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt		
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	4.1	12.9		
% <63µm av <delsikt	6.6 (22,4 mm)	37.9 (22,4 mm)		
% <20µm av <delsikt	2.8 (22.4 mm)	16.2 (22.4 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm							
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4	31.5
1	6.3	10.9	18.7	29.3	39.8	49.9	59.2	70.7	77.8	81.1	94.5	100.0
2	36.5	48.1	57.3	65.8	73.0	79.1	84.4	91.1	93.6	95.2	96.4	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.0 - 1.0	Grusig sandig matriale	38.6	T1
2		1.0 - 2.0	Sandig siltig grusig matriale	24.4	T4

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

Oppdragsnr. 5190216
 Prosjektnr. 506011
 Ansvarsområdenr.

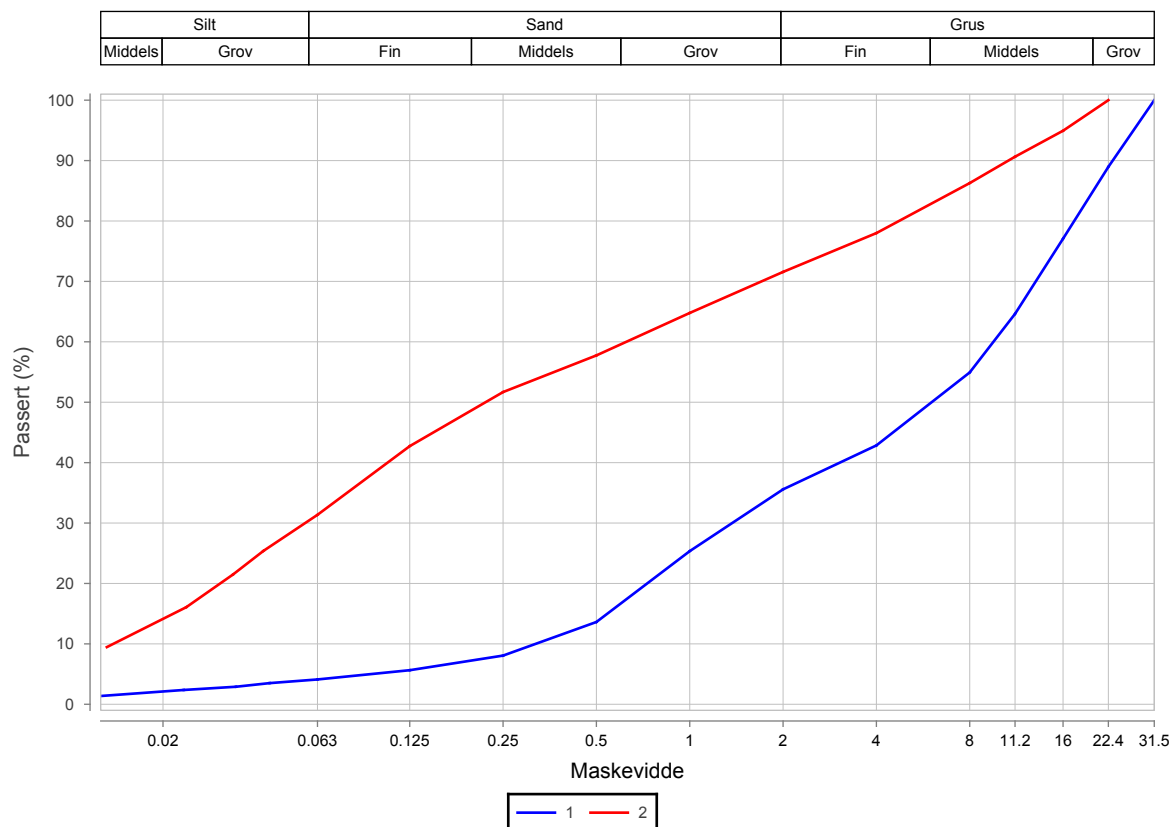
Oppdragsnavn E8 Borealis-Skibotndalen
 Prosjektnavn E8 Borealis - Registrering av dekketilstand
 Ansvarsområdenavn

Serienr.: 5^(B), Hullnr.: 18600, koordinater:

Prøvenr.	1	2		
Uttaksdato	18.09.2019	18.09.2019		
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt		
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	2.1	20.4		
% <63µm av <delsikt	4.6 (22,4 mm)	31.4 (22,4 mm)		
% <20µm av <delsikt	2.4 (22.4 mm)	14.1 (22.4 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm							
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4	31.5
1	4.1	5.6	8.1	13.6	25.3	35.6	42.9	54.9	64.6	77.1	89.0	100.0
2	31.4	42.7	51.7	57.8	64.8	71.6	78.0	86.3	90.6	94.9	100.0	



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.0 - 1.0	Sandig grus	30.0	T1
2		1.0 - 2.0	Sandig siltig grusig materiale	45.1	T3

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

Oppdragsnr. 5190216
 Prosjektnr. 506011
 Ansvarsområdenr.

Oppdragsnavn E8 Borealis-Skibotndalen
 Prosjektnavn E8 Borealis - Registrering av dekketilstand
 Ansvarsområdenavn

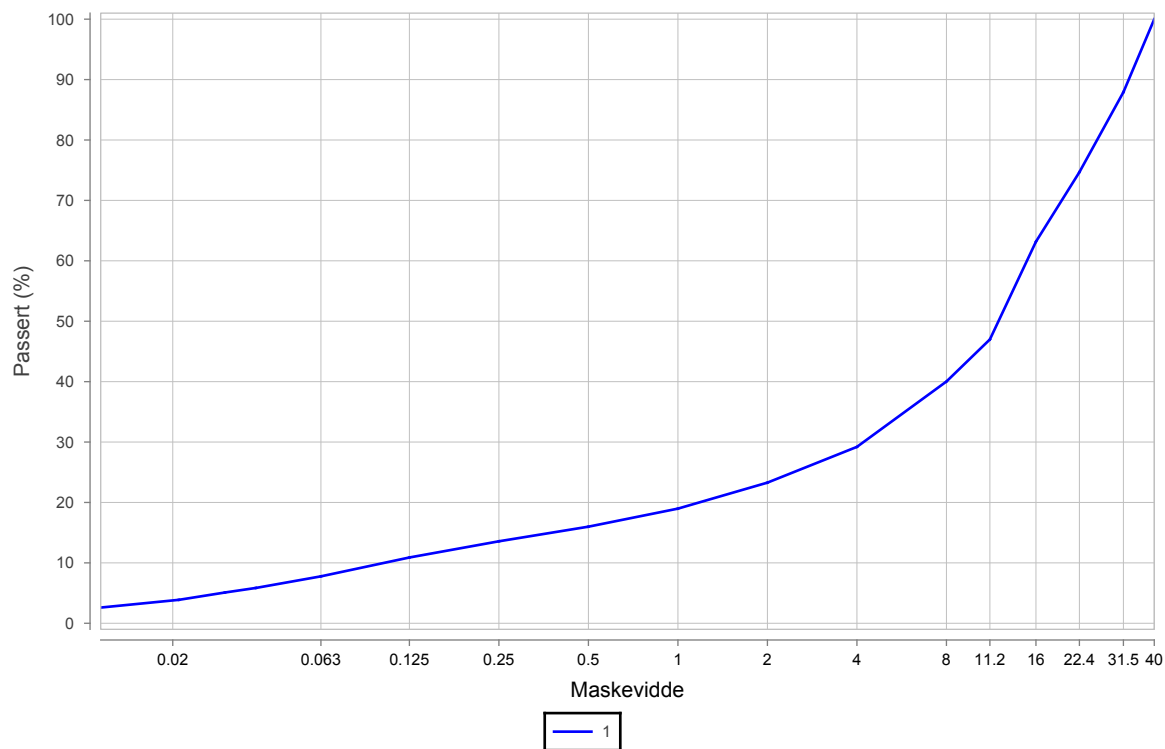
Serienr.: 3^(B), Hullnr.: 20600, koordinater:

Prøvenr.	1			
Uttaksdato	18.09.2019			
Analysetype	Våtsikt			
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	2.4			
% <63µm av <delsikt	10.4 (22,4 mm)			
% <20µm av <delsikt	5.1 (22.4 mm)			

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm								
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4	31.5	40
1	7.8	10.9	13.6	16.0	19.0	23.3	29.2	40.0	47.0	63.2	74.7	87.9	100.0

Silt		Sand			Grus		
Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.2 - 0.8	Grus	145.1	T2

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

Oppdragsnr. 5190216

Oppdragsnavn E8 Borealis-Skibotndalen

Prosjektnr. 506011

Prosjektnavn E8 Borealis - Registrering av dekketilstand

Ansvarsområdenr.

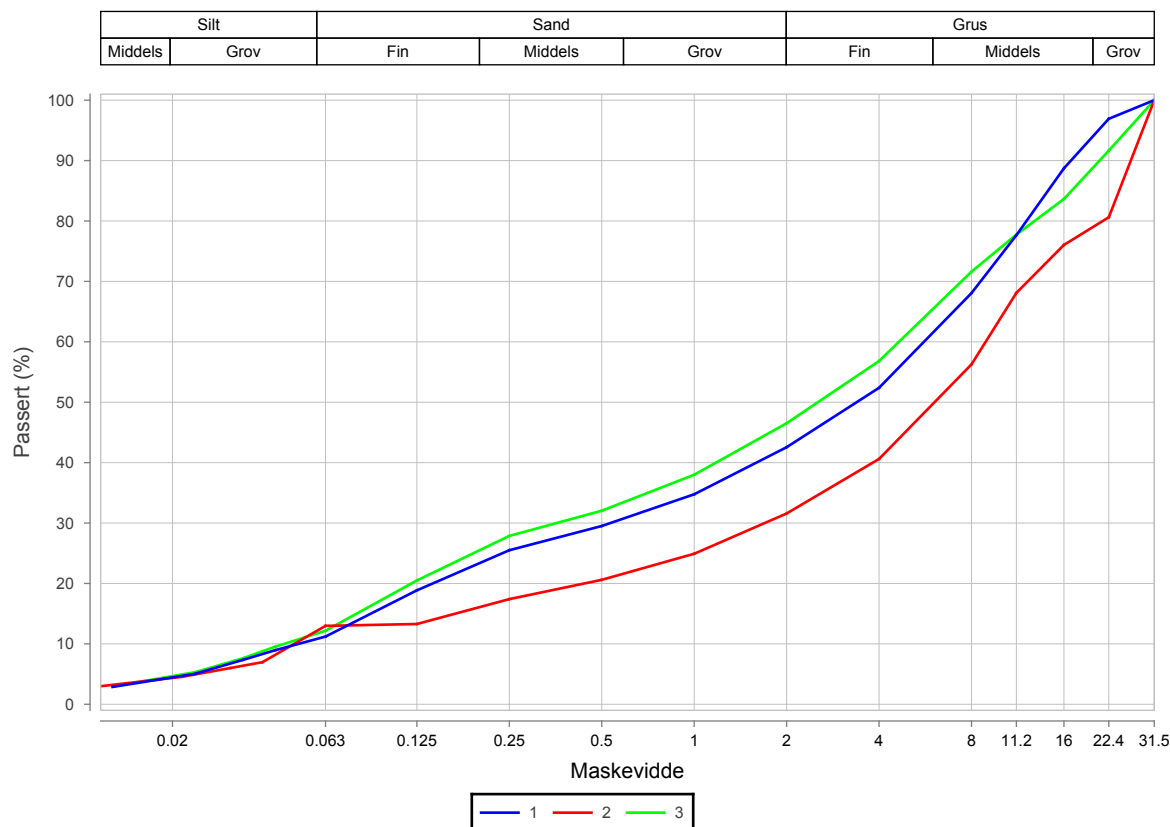
Ansvarsområdenavn

Serienr.: 8^(B), Hullnr.: 25420, koordinater:

Prøvenr.	1	2	3		
Uttaksdato	12.09.2019	12.09.2019	12.09.2019		
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt		
Humus (Glødetap)					
Vanninnhold (%)	3.4	1.9	3.4		
% <63µm av <delsikt	11.6 (22,4 mm)	16.1 (22,4 mm)	13.3 (22,4 mm)		
% <20µm av <delsikt	4.6 (22.4 mm)	5.4 (22.4 mm)	5.1 (22.4 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm							
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4	31.5
1	11.2	18.9	25.5	29.5	34.8	42.5	52.4	68.1	77.7	88.7	96.9	100.0
2	13.0	13.3	17.4	20.6	24.9	31.6	40.6	56.3	68.1	76.0	80.6	100.0
3	12.2	20.5	27.9	32.0	38.0	46.5	56.8	71.6	77.8	83.7	91.7	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.3 - 1.0	Grusig sandig matriale	108.8	T2
2		1.0 - 2.0	Grus	178.5	T2
3		2.0 - 3.0	Grusig sandig matriale	100.5	T2

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

Oppdragsnr. 5190216

Oppdragsnavn E8 Borealis-Skibotndalen

Prosjektnr. 506011

Prosjektnavn E8 Borealis - Registrering av dekketilstand

Ansvarsområdenr.

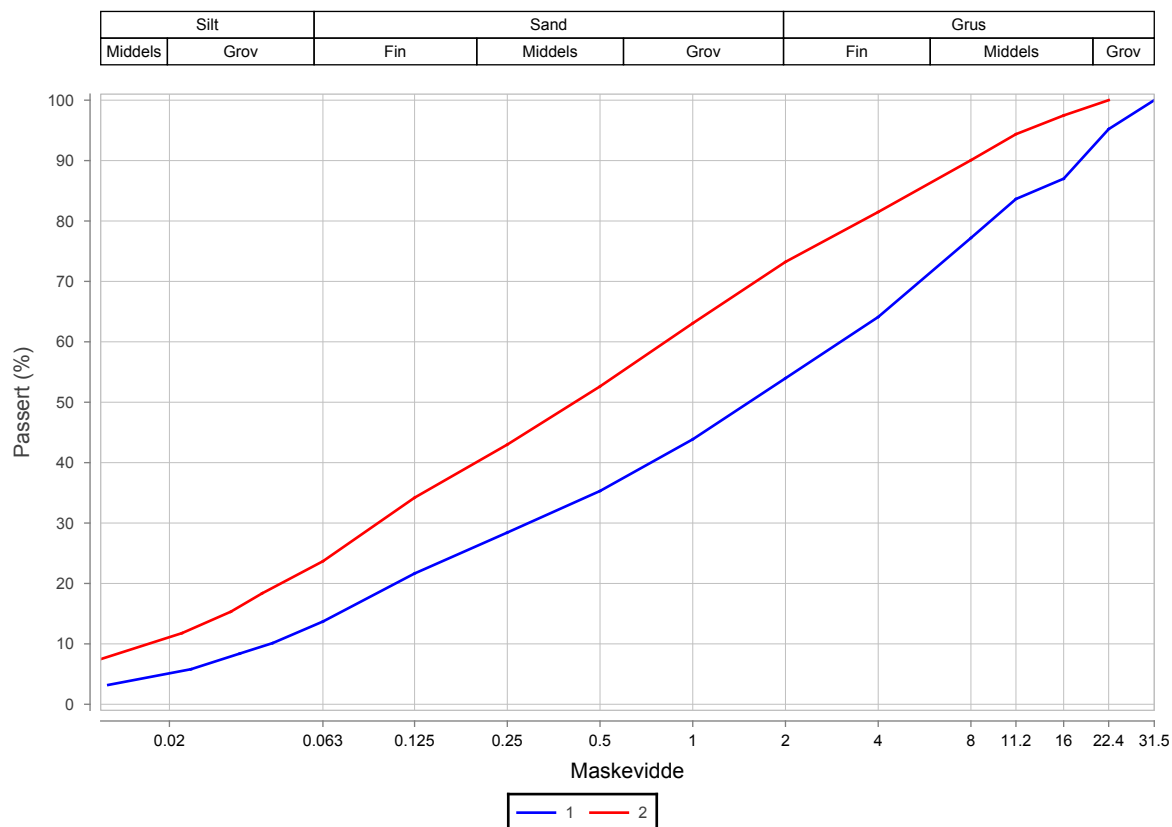
Ansvarsområdenavn

Serienr.: 7^(B), Hullnr.: 33000, koordinater:

Prøvenr.	1	2		
Uttaksdato	18.09.2019	18.09.2019		
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt		
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	4.3	6.2		
% <63µm av <delsikt	14.4 (22,4 mm)	23.7 (22,4 mm)		
% <20µm av <delsikt	5.4 (22.4 mm)	11.1 (22.4 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm							
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4	31.5
1	13.7	21.7	28.4	35.3	43.9	54.0	64.1	77.2	83.6	87.0	95.2	100.0
2	23.7	34.2	43.0	52.6	63.1	73.2	81.5	90.1	94.4	97.5	100.0	



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.2 - 1.2	Grusig sandig matriale	71.1	T2
2		1.2 - 2.2	Sandig grusig siltig matriale	47.7	T2

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

Oppdragsnr. 5190216

Oppdragsnavn E8 Borealis-Skibotndalen

Prosjektnr. 506011

Prosjektnavn E8 Borealis - Registrering av dekketilstand

Ansvarsområdenr.

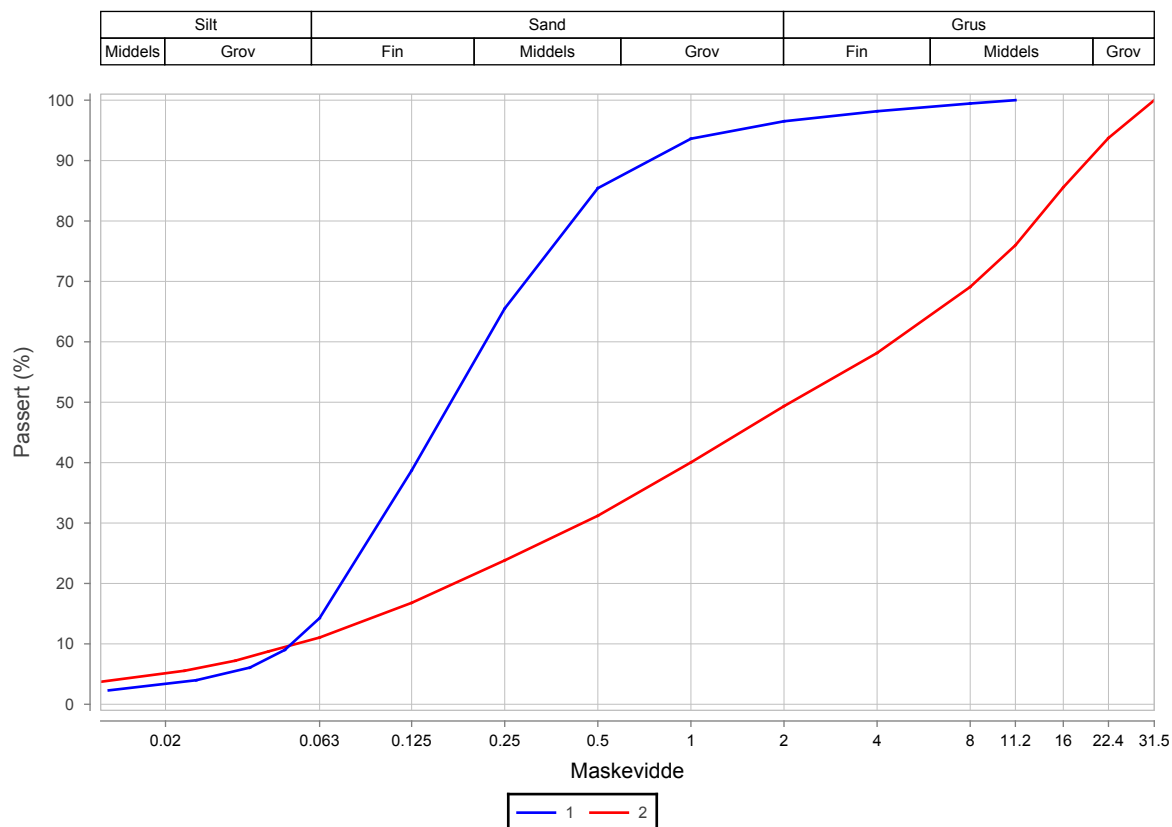
Ansvarsområdenavn

Serienr.: 6^(B), Hullnr.: 37260, koordinater:

Prøvenr.	1	2		
Uttaksdato	13.09.2019	13.09.2019		
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt		
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	24.2	4.4		
% <63µm av <delsikt	14.3 (22,4 mm)	11.8 (22,4 mm)		
% <20µm av <delsikt	3.4 (22.4 mm)	5.5 (22.4 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm							
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4	31.5
1	14.3	38.7	65.5	85.4	93.6	96.5	98.2	99.5	100.0			
2	11.0	16.8	23.8	31.2	40.0	49.4	58.2	69.1	76.0	85.6	93.7	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.2 - 1.2	Sand	4.2	T2
2		1.2 - 2.0	Grusig sandig materiale	84.9	T2

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47)22073000
firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen