

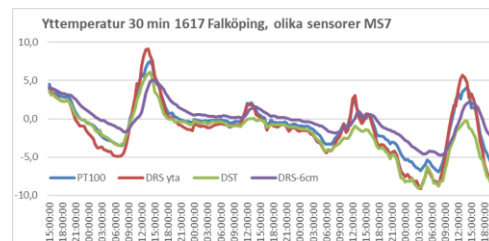
RAPPORT

VViS MS7 – Data från specialsensorer vid OAT

VERSION 1.0, 2020-06-02



	v37	v38	v39	v40	v41	v42	v43	v44	v45	v46	v47	v48	v49
10 cm	8,8	4,4	4,5	0,7	0,6	-6,1	-4,3	-7,8	-13	-12	-8,6	-9	-6,6
35 cm	10,1	6	5,1	2,2	1,7	-2,3	-2,8	-5,1	-8,6	-10	-7,7	-7,6	-5,8
60 cm	10,7	7,4	5,8	3,7	2,7	0,5	-0,8	-2,1	-4,9	-7,6	-6,3	-5,9	-4,8
85 cm	10,7	8,2	6,2	4,7	3,4	1,6	0,4	-0,3	-2,9	-5,7	-5,3	-4,8	-4,2
110 cm	10,6	8,8	6,8	5,6	4,2	2,7	1,3	-0,7	-0,7	-3,4	-3,7	-3,5	-3,2
135 cm	10,4	9,1	7,3	6,2	4,9	3,6	2,3	1,6	0,6	-1	-2	-2	-2
160 cm	10,1	9,2	7,6	6,6	5,4	4,3	3,1	2,3	1,5	0,4	-0,4	-0,7	-0,9
185 cm	9,8	9,1	7,8	6,9	5,9	4,9	3,8	3	2,2	1,3	0,5	0,2	0
210 cm	9,4	8,9	7,9	7	6,1	5,3	4,3	3,5	2,8	2	1,2	0,8	0,6



Trafikverket

Dokumenttitel: *VViS MS7 – Data från specialsensorer vid OAT*

Författare: Jonas Jonsson, UHvättb

Dokumentdatum: 2020-06-02

Version: 1.0

Rapport VViS MS7

Specialsensorer vid OAT

Innehåll

1. INLEDNING	4
2. SAMMANFATTNING	5
4. UTFÖRLIGARE BESKRIVNINGAR.....	6
4.1 Ytemperatur väg	6
4.2 Ytstatus	11
4.2.1 DRS511	11
4.2.2 DSC211.....	12
4.2.3 Jämförelse mellan DRS511 och DSC211.....	13
4.3 Tjåldjup	15
4.4 Sikt	17

1. Inledning

Under vintersäsongen 2019-2020 har VViS MS7 genomgått Operativa AcceptansTest (OAT) parallellt med MS4 på 10 platser i Sverige. OAT för lokala system (sensorer och mätstation) är godkänd under Q1 och slutförs för Centrala system (managementsystem) under Q2.

En separat rapport beskriver utfallet i jämförelse mellan MS4 och MS7 för de sk. *standardsensorerna* (Yttemp, Lufttemp, Luftfukt, Vind och Nederbörd).

Denna rapport avser de sk. specialsensorer som finns med i det kontrakt som Trafikverket upphandlat med Vaisala. Dessa omfattas inte av några specifika acceptanstest i kontraktet, och data från dessa ingår idagsläget inte heller i någon ersättningsmodell.

Med specialsensorer avses:

- Beröringsfri ytstatus (DSC211)
- Inbyggd ytstatus (DRS511)
- Beröringsfri yttemperatur (DST111)
- Tjälldjup (TPS10)
- Sikt (PWD22, extra data från sensorn som mäter nederbörd)



Specialsensorer har testats på följande tre platser:

- 1320 Hökafältet
- 1617 Falköping
- 2520 Bergfors

Studien har fokuserats dels på att verifiera att data har kommit in till systemet från specialsensorer och dels på att exemplifiera hur data från dessa kan visas.

Studien har inte fokuserats på att avgöra viss precision eller samstämmighet mot en känd referens. Kortfattad information om tillgänglighet har sammanställts.

I efterhand hade det varit klokare att installera specialsensorerna längre norrut. 1320 och 1617 har relativt milda vintrar och även om det ibland sker kritiska skiftningar runt nollgränsen uppstår t.ex. knappt något tjäle.

Kommande vintrar kan ligga till grund för utökade och fördjupade studier av områden där det finns behov, i kombination med testsiten i Sagån, som även den är utrustad med specialsensorer.

2. Sammanfattning

Nedan ges en sammanfattning av utfallet från de 3 OAT-platserna under vintersäsongen 2019-2020. Studien visar:

- att **tillgänglighet** för samtliga specialsensorer är över 99%, vilket är högt. Tillgängligheten varierar beroende på sensor och plats mellan 99,1-99,6 %.
- tydliga skillnader i hur olika sensorer för **yttemperatur** mäter, och att det runt nollgränsen kan få avgörande skillnader för beslut.
- att Trafikverket har en del att lära avseende **ytstatus** (DSC och DRS).
 - o Ytstatus är viktig information om förhållandet på vägbanan, t.ex. torrt, våt, is och snö. Beroende på sensortyp kan sensorn även uppskatta ett friktionsvärde eller en fryspunkt på vägbanan.
 - o Dessa parametrar kan ha ett stort värde för både planering och uppföljning av vinter-väghållningen, och det behövs mer information om vilka möjligheter de ger med möjliga användare.
- att **tjäldjup** kan mätas på ett enkelt och tillförlitligt sätt genom att addera en sensor till MS7 (dvs det behövs inte en separat mätstation som idag).

Data från sensorerna har samlats in med 5 minuters intervall från MS7 och sammanställts till värden var 30:e minuter eller varje timme (tjäle), som använts presentation av mätdata.

Data från båda systemen har sedan redovisats i veckovisa sammanställningar, dels som separata datablad per vecka där man ser värden från både MS4 och MS7:

Utfallet från dessa jämförelser framgår på kommande sidor.

Arbetsgruppen för att analysera mätdata har bestått av:

- Jonas Hallenberg – Sammanställning och inledande analyser av mätdata
- Roger Larsson – Extrahering av mätdata
- Tobias Ulegård – Drift av mätsystem och slutanvändning av mätdata
- Lars Forslöf – Ledning och samordning, slutrapport
- Mats Riehm – Specifikt runt information om ytstatus

4. Utförligare beskrivningar

Nedan följer det underlag som ligger till grund för sammanfattningen.

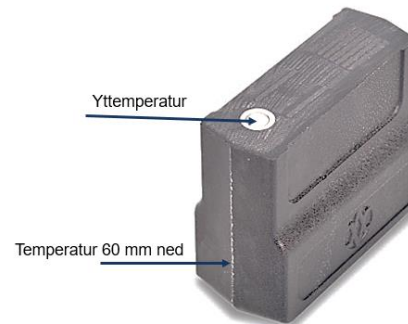
4.1 Yttemperatur väg

Rapporten för jämförelser mellan MS4 och MS7 visar att medelvärden i temperatur för de **PT-100** sensor med "hockeypuck" i vägbanan som används till de båda stationerna samstämmer bra.

I denna rapport har man studerat dels dessa båda, men även tillsammans med temperaturvärden från den beröringsfria **DST111** och den inbyggda **DRS511**. För mer information om DST111, se <https://www.vaisala.com/en/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/weather-stations-and-sensors/dst111>.

Den inbyggda **DRS511** mäter på två ställen, dels med en metallkontakt med ytan och med en sensor 60 mm ned. Båda värdena redovisas i studien. Syftet med att mäta på två djup, är bl.a. att avgöra molnighet/uppkläringar. För mer information om DRS511, se:

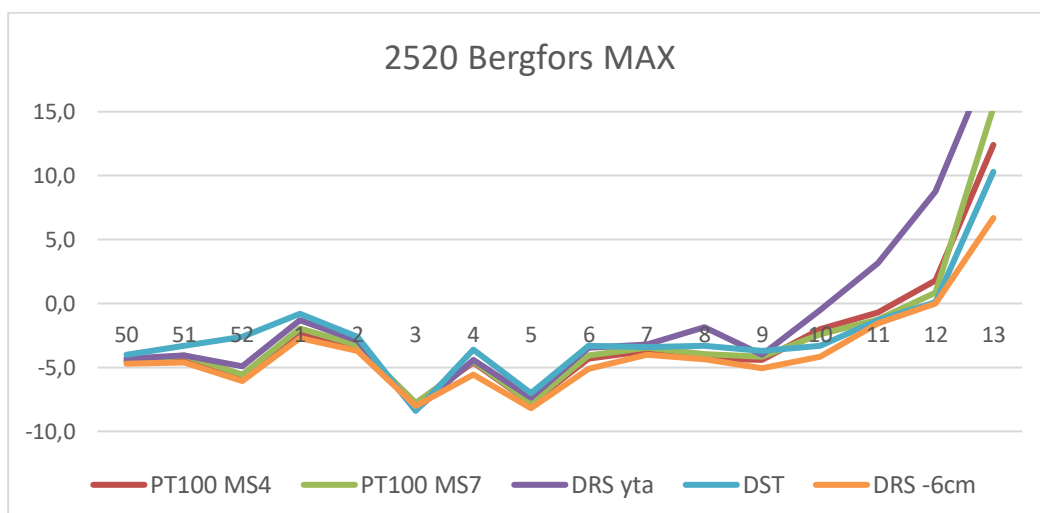
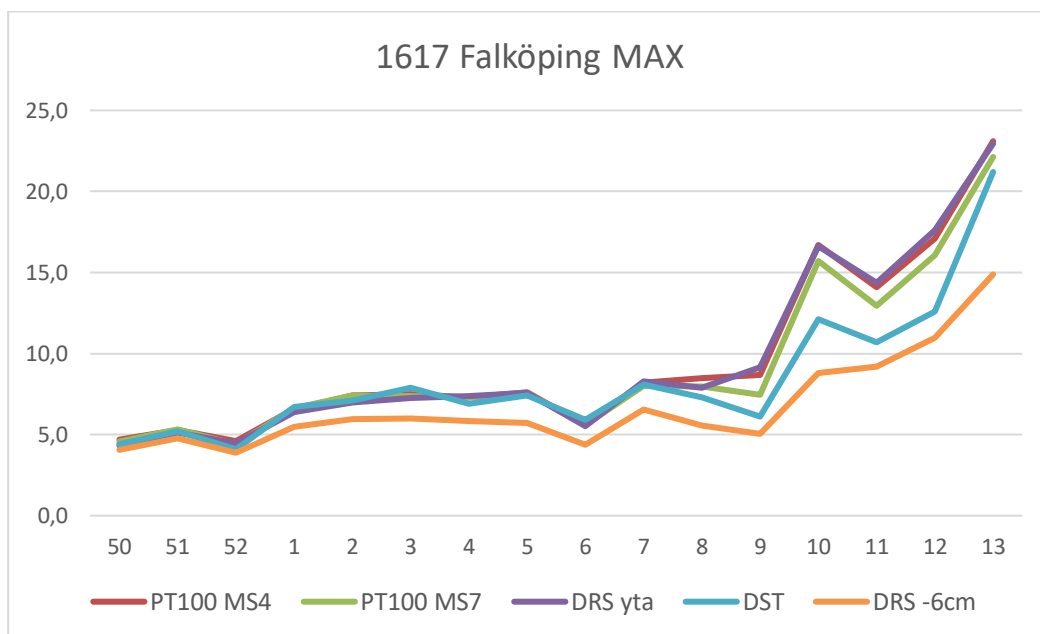
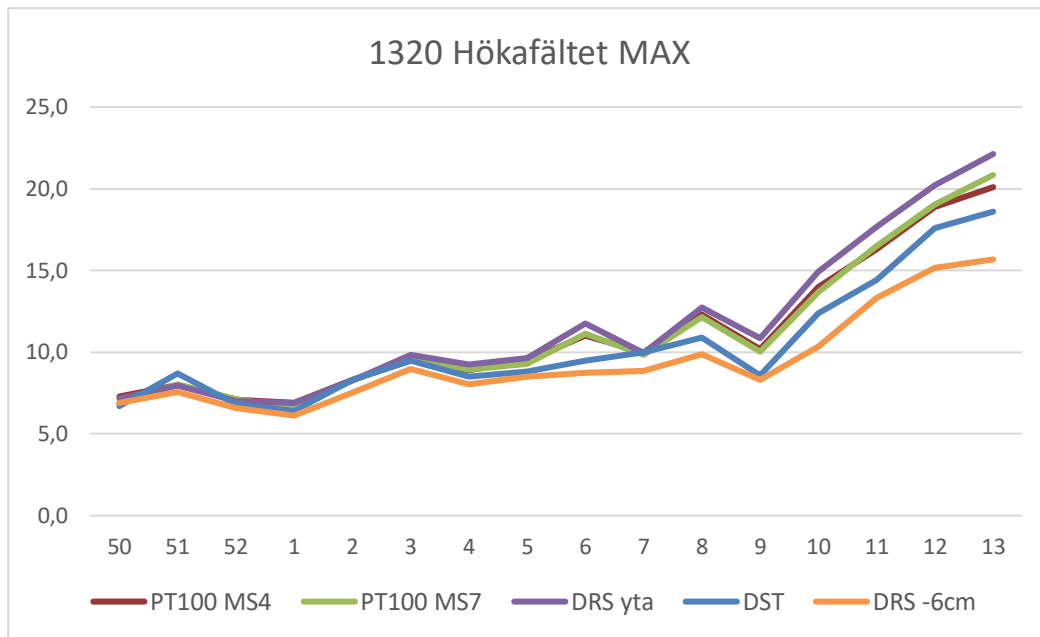
<https://www.vaisala.com/en/products/devices/weather-stations-and-instruments/drs511>.



OBS: Denna studie diskuterar inte vilken sensor som anses ger "bäst" bild av en situation (mest centralt om det fryser och blir halt). Studien visar bara hur olika sensortyper kan representera vissa situationer.

Nedan visas lite olika resultat från de värden som framkommit, först en sammanställning av MAX-temperaturer för de olika sensorerna under per vecka – sedan en med MIN-temperaturer under en vecka.

1320 Hökafältet MAX	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PT100 MS4	7,3	8,0	7,1	6,9	8,3	9,5	8,9	9,5	11,0	10,0	12,3	10,2	14,0	16,3	18,9	20,1
PT100	6,9	8,0	7,1	6,5	8,3	9,6	8,9	9,3	11,1	9,8	12,1	10,0	13,7	16,5	19,1	20,8
DRS yta	7,2	8,0	7,0	6,9	8,3	9,9	9,3	9,6	11,8	10,0	12,7	10,8	14,9	17,7	20,2	22,1
DST	6,7	8,7	6,8	6,4	8,3	9,5	8,5	8,8	9,5	10,0	10,9	8,6	12,4	14,4	17,6	18,6
DRS -6cm	6,9	7,6	6,6	6,1	7,5	9,0	8,0	8,5	8,7	8,9	9,9	8,3	10,3	13,3	15,1	15,7
1617 Falköping MAX	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PT100 MS4	4,7	5,3	4,6	6,6	7,4	7,5	7,3	7,6	5,6	8,2	8,5	8,7	16,7	14,1	17,1	23,1
PT100	4,6	5,3	4,4	6,6	7,4	7,4	7,3	7,6	5,6	8,0	8,0	7,5	15,7	12,9	16,1	22,1
DRS yta	4,3	5,1	4,5	6,4	7,0	7,3	7,4	7,6	5,5	8,3	7,9	9,1	16,6	14,4	17,6	22,9
DST	4,4	5,2	4,1	6,7	7,1	7,9	6,9	7,4	5,9	8,1	7,3	6,1	12,1	10,7	12,6	21,2
DRS -6cm	4,1	4,8	3,9	5,5	6,0	6,0	5,8	5,7	4,4	6,5	5,6	5,0	8,8	9,2	11,0	14,9
2520 Bergfors MAX	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PT100 MS4	-4,5	-4,2	-5,7	-2,3	-3,3	-7,8	-4,6	-7,8	-4,3	-3,7	-4,3	-4,4	-2,0	-0,7	1,8	12,4
PT100	-4,5	-4,0	-5,6	-2,0	-3,2	-7,8	-4,5	-7,8	-4,1	-3,5	-3,9	-4,1	-2,4	-1,2	0,9	15,3
DRS yta	-4,3	-4,0	-4,9	-1,3	-2,9	-8,3	-4,4	-7,4	-3,5	-3,2	-1,9	-4,0	-0,5	3,2	8,8	19,6
DST	-4,0	-3,3	-2,6	-0,8	-2,6	-8,4	-3,6	-7,0	-3,3	-3,4	-3,3	-3,7	-3,3	-1,3	0,1	10,3
DRS -6cm	-4,7	-4,6	-6,1	-2,7	-3,7	-8,0	-5,6	-8,2	-5,1	-4,0	-4,4	-5,1	-4,2	-1,5	0,0	6,7



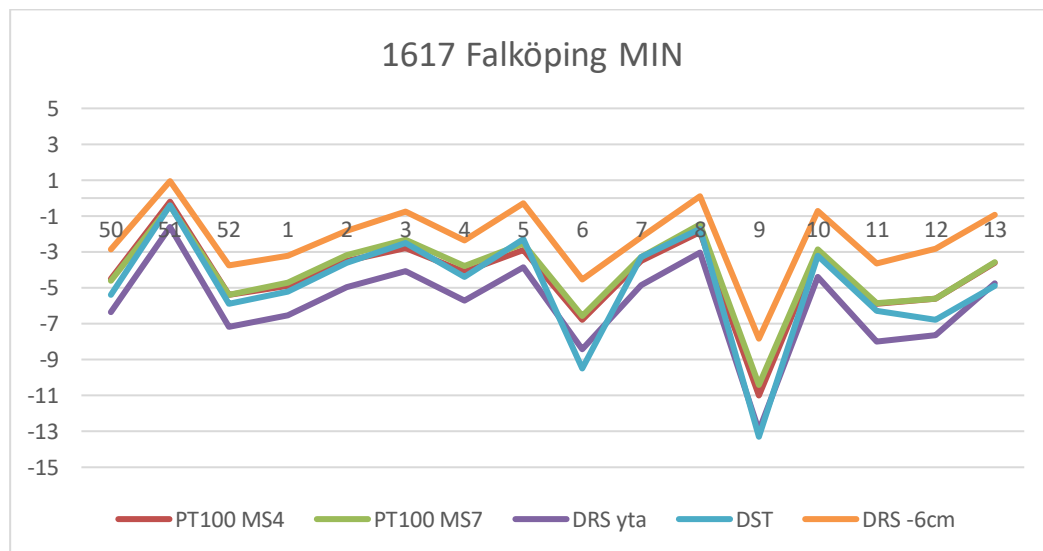
Några enkla konstateranden för max-temperaturer är att DRS yta oftast ger högsta MAX-temperatur, och att DRS -6 cm oftast visar lägst MAX-temperatur.

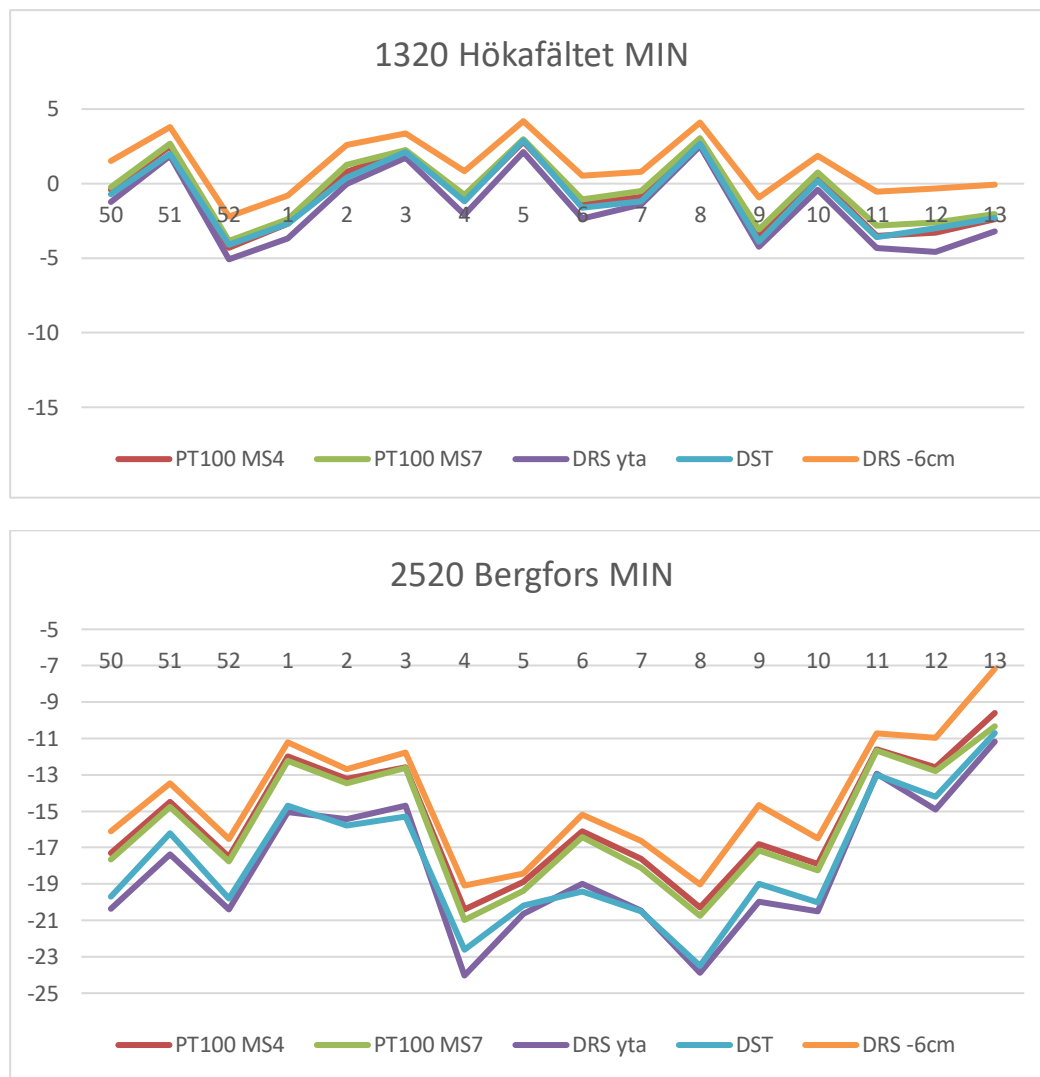
Skillnaderna mellan hur de lika de olika sensorerna återger yttemperaturen beror på vilket sätt vädret skiftar, och är beroende av plats och geografiska/klimatologiska faktorer. T.ex. är det rimligt att anta att temperaturen -6 cm ned påverkas av om det är varmt underifrån på hösten – och om det är tjäle som kylv underifrån på våren.

En annan sak som påverkar är mätpunktens placering, t.ex. om den är i det hjulspår som uppstår på vintern – eller utanför.

Nedan följer samma tabell fast för MIN-väden under en vecka.

1320 Hökafältet MIN	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PT100 MS4	-0,4	2,5	-4,3	-2,7	0,8	2,2	-1,1	2,8	-1,4	-0,9	2,9	-3,5	0,4	-3,5	-3,3	-2,4
PT100 MS7	-0,2	2,7	-3,8	-2,4	1,3	2,3	-0,8	3,0	-1,0	-0,5	3,0	-3,1	0,7	-2,8	-2,6	-2,0
DRS yta	-1,2	1,9	-5,1	-3,7	0,0	1,7	-2,1	2,1	-2,3	-1,4	2,5	-4,2	-0,4	-4,3	-4,6	-3,2
DST	-0,7	2,0	-4,1	-2,7	0,4	2,1	-1,2	2,9	-1,6	-1,2	2,7	-3,9	0,2	-3,6	-3,0	-2,3
DRS -6cm	1,5	3,8	-2,2	-0,8	2,6	3,4	0,8	4,2	0,5	0,8	4,1	-0,9	1,8	-0,5	-0,3	0,0
1617 Falköping MIN	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PT100 MS4	-4,5	-0,2	-5,4	-4,9	-3,5	-2,8	-4,1	-2,9	-6,8	-3,5	-1,9	-11,0	-3,1	-5,9	-5,6	-3,6
PT100 MS7	-4,6	-0,4	-5,4	-4,7	-3,2	-2,3	-3,8	-2,5	-6,6	-3,3	-1,5	-10,4	-2,9	-5,9	-5,6	-3,6
DRS yta	-6,4	-1,6	-7,2	-6,5	-5,0	-4,1	-5,7	-3,8	-8,4	-4,8	-3,0	-13,0	-4,4	-8,0	-7,6	-4,8
DST	-5,4	-0,4	-5,9	-5,2	-3,6	-2,5	-4,4	-2,3	-9,5	-3,3	-1,7	-13,3	-3,2	-6,3	-6,8	-4,9
DRS -6cm	-2,9	0,9	-3,8	-3,2	-1,8	-0,8	-2,4	-0,3	-4,5	-2,2	0,1	-7,8	-0,7	-3,6	-2,8	-0,9
2520 Bergfors MIN	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PT100 MS4	-17,3	-14,5	-17,5	-12,0	-13,2	-12,6	-20,4	-18,9	-16,1	-17,6	-20,3	-16,8	-17,9	-11,6	-12,6	-9,6
PT100 MS7	-17,6	-14,8	-17,8	-12,2	-13,5	-12,6	-21,0	-19,4	-16,4	-18,1	-20,7	-17,2	-18,3	-11,7	-12,8	-10,3
DRS yta	-20,4	-17,4	-20,4	-15,1	-15,4	-14,7	-24,0	-20,6	-19,0	-20,5	-23,9	-20,0	-20,5	-13,0	-14,9	-11,2
DST	-19,7	-16,2	-19,8	-14,7	-15,8	-15,3	-22,6	-20,2	-19,4	-20,5	-23,5	-19,0	-20,0	-13,0	-14,2	-10,7
DRS -6cm	-16,1	-13,4	-16,5	-11,2	-12,7	-11,8	-19,1	-18,4	-15,2	-16,6	-19,0	-14,7	-16,5	-10,7	-11,0	-7,2



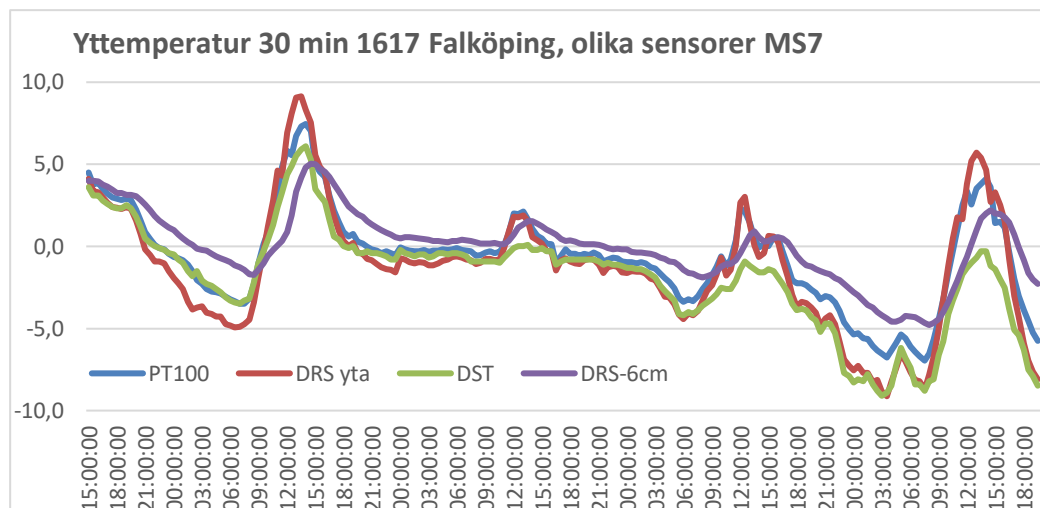


Något som utmärker MIN-värden är att DRS yta och DST följer varandra relativt väl för registrerade MIN-värden i Bergfors, och att de är markant lägre än övriga temperaturvärden.

Det kan ses som förväntat, eftersom den mäter närmare lufttemperaturen och reagerar snabbare. I sammanhanget är bör man notera 2520 Bergfors är betydligt kallare än 1617 och 1320, med is/snö på vägen.

DRS -6 cm är "varmast" av samtliga veckor på samtliga platser. Det kan vara intressant att studera om det förhållandet ändras under våren för 2520 Bergfors där det funnits tjäle.

Vidare kan man titta på data mer kontinuerligt i en ström, och med kortare tidaxel. Nedan i ett exempel från 1617 i Falköping, först som ett diagram och sedan som en tabell med villkorsformaterade celler som visar när det skiftar från + till -.



Vi har valt att illustrera en period när det sker skiftningar runt nollgränsen, då det vid dessa tillfällen sker mest dramatiska förändringar för väglaget.

Datum	tidpunkt	PT100	DRS yta	DST	DRS-6cm	Datum	tidpunkt	PT100	DRS yta	DST	DRS-6cm
20-02-23	19:30:00	2,8	2,3	2,3	3,1	20-02-26	06:00:00	-3,4	-4,4	-4,2	-1,4
20-02-23	20:00:00	2,2	1,6	1,8	3,1	20-02-26	06:30:00	-3,2	-4,1	-4,0	-1,6
20-02-23	20:30:00	1,6	0,8	1,2	2,8	20-02-26	07:00:00	-3,3	-4,2	-4,1	-1,7
20-02-23	21:00:00	0,9	-0,2	0,5	2,6	20-02-26	07:30:00	-3,0	-3,9	-3,9	-1,8
20-02-23	21:30:00	0,4	-0,5	0,2	2,2	20-02-26	08:00:00	-2,6	-3,3	-3,6	-1,9
20-02-23	22:00:00	0,1	-0,9	0,0	1,9	20-02-26	08:30:00	-2,2	-2,7	-3,4	-1,8
20-02-23	22:30:00	-0,1	-0,9	-0,1	1,6	20-02-26	09:00:00	-1,8	-2,4	-3,2	-1,7
20-02-23	23:00:00	-0,2	-1,0	-0,2	1,4	20-02-26	09:30:00	-1,2	-1,7	-2,9	-1,5
20-02-23	23:30:00	-0,4	-1,5	-0,4	1,2	20-02-26	10:00:00	-0,6	-0,7	-2,5	-1,2
20-02-24	00:00:00	-0,6	-1,9	-0,5	1,0	20-02-26	10:30:00	-1,2	-1,8	-2,6	-1,1
20-02-24	00:30:00	-0,7	-2,2	-0,8	0,7	20-02-26	11:00:00	-0,8	-1,4	-2,6	-1,1
20-02-24	01:00:00	-0,8	-2,6	-1,0	0,5	20-02-26	11:30:00	0,4	0,1	-2,1	-0,8
20-02-24	01:30:00	-1,1	-3,4	-1,5	0,3	20-02-26	12:00:00	2,3	2,7	-1,4	-0,4
20-02-24	02:00:00	-1,5	-3,9	-1,8	0,1	20-02-26	12:30:00	2,1	3,0	-0,9	0,1
20-02-24	02:30:00	-2,1	-3,7	-1,5	-0,1	20-02-26	13:00:00	1,4	1,3	-1,2	0,7
20-02-24	03:00:00	-2,3	-3,7	-2,1	-0,2	20-02-26	13:30:00	0,5	0,1	-1,4	0,9
20-02-24	03:30:00	-2,6	-4,0	-2,3	-0,3	20-02-26	14:00:00	-0,1	-0,6	-1,6	0,6
20-02-24	04:00:00	-2,7	-4,1	-2,4	-0,5	20-02-26	14:30:00	0,1	-0,4	-1,6	0,3
20-02-24	04:30:00	-2,8	-4,3	-2,6	-0,6	20-02-26	15:00:00	0,0	0,6	-1,4	0,3
20-02-24	05:00:00	-2,9	-4,3	-2,8	-0,7	20-02-26	15:30:00	0,6	0,6	-1,5	0,5
20-02-24	05:30:00	-3,1	-4,7	-3,1	-0,8	20-02-26	16:00:00	0,5	0,2	-1,9	0,6
20-02-24	06:00:00	-3,2	-4,8	-3,3	-1,0	20-02-26	16:30:00	-0,3	-0,8	-2,3	0,5
20-02-24	06:30:00	-3,3	-4,9	-3,4	-1,2	20-02-26	17:00:00	-1,2	-1,9	-2,8	0,2
20-02-24	07:00:00	-3,5	-4,9	-3,5	-1,3	20-02-26	17:30:00	-2,0	-2,9	-3,5	-0,1
20-02-24	07:30:00	-3,5	-4,7	-3,3	-1,4	20-02-26	18:00:00	-2,2	-3,6	-3,9	-0,6
20-02-24	08:00:00	-3,2	-4,4	-3,2	-1,7	20-02-26	18:30:00	-2,2	-3,4	-3,8	-0,9
20-02-24	08:30:00	-2,3	-3,4	-2,2	-1,7	20-02-26	19:00:00	-2,4	-3,4	-3,9	-1,1
20-02-24	09:00:00	-1,0	-1,9	-1,0	-1,4	20-02-26	19:30:00	-2,7	-3,7	-4,3	-1,2
20-02-24	09:30:00	0,1	-0,3	-0,3	-1,1	20-02-26	20:00:00	-2,8	-4,0	-4,5	-1,4
20-02-24	10:00:00	0,9	1,2	0,4	-0,6	20-02-26	20:30:00	-3,2	-4,8	-5,2	-1,5
20-02-24	10:30:00	1,8	2,8	1,3	-0,2	20-02-26	21:00:00	-3,0	-4,4	-4,7	-1,6
20-02-24	11:00:00	3,2	4,6	2,4	0,1	20-02-26	21:30:00	-3,1	-4,2	-4,7	-1,7
20-02-24	11:30:00	4,9	4,3	3,3	0,3						
20-02-24	12:00:00	5,8	6,9	4,4	0,9						
20-02-24	12:30:00	5,5	8,1	4,9	1,9						

Tabellerna visar att det vid vissa tillfällen kan vara skillnad i någon timme från att två olika sensorer visar samma värde. Exempel:

- 20-02-23: DRS yta går från +0.8 kl 20:30 till -0.2 °C kl 21:00, medan PT100 övergår till minus först kl 22:30 i ett mer utdraget förlopp än DRS yta.
- 20-02-26: DST ger minusvärden under en period – medan både PT-100 och DRS yta visar plusvärden under flera timmar.

4.2 Ytstatus

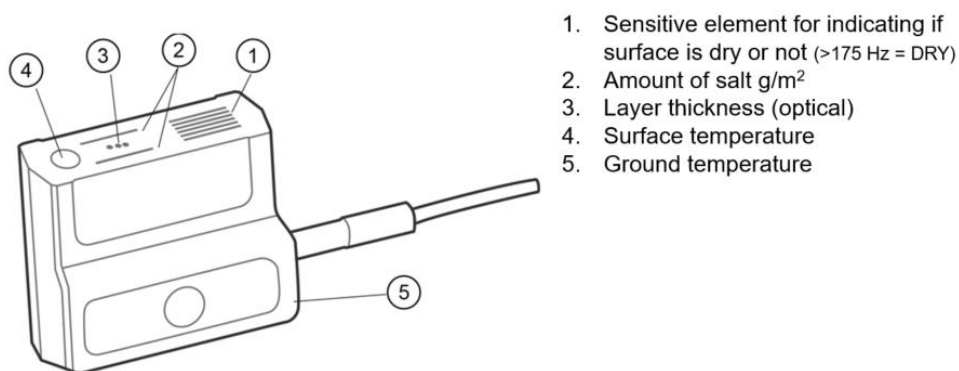
Ytstatussensorerna DRS511 och DSC211 har samma indelning av väglag i 6 klasser: Torr, Fuktig, Blöt, Frost, Snö och Is. I utvärderingen har fokus varit riktat mot hur väl väglagsklassificeringen korrelerar mellan de två sensorerna.

I efterföljande styckena 4.2.1 och 4.2.2 presenteras sensorernas respektive mätprinciper. I stycke 4.2.3 presenteras en jämförelse av sensorernas väglagsklassificering vid de tre platserna.

Utöver väglagsklassificering mäter eller beräknar sensorerna ytterligare ett antal variabler som t.ex. saltkoncentration. Dessa har ej utvärderats under OAT 2019-2020.

4.2.1 DRS511

DRS511 är en multivariabelsensor som kombinerar flera olika mättekniker. Vattnets ledningsförmåga mäts för att mäta restsalt, optisk sensor används för mätning av tjocklek på vatten eller is och två PT-100 för temperaturmätning.



I tillägg till de direkta mätningarna så beräknas och modelleras ett flertal olika variabler. Dessa beräkningar sker i dataloggern och använder sig även av data från andra sensorer. Mätvärden som kan uppfattas som uppmätta av sensorn kan istället vara beräknade eller resultatet av en modell.

För värden för väglag (fuktig, isig, snöig etc.) så kombineras data från DRS511 med information från Vaisalas nederbördsgivare. Detta är viktigt att ha med sig när man jämför DRS511 och DSC211. Det är inte en direkt jämförelse mellan två sensorer. Mätvärdena från DRS511 är ofta resultatet av beräkningar eller modeller.

Tabellen nedan listar vilka mätvärden DRS511 levererar samt om de är direkt uppmätta, beräkningar eller modellerade. Beräknade mätvärden definieras här som att minst två oberoende mätningar krävs för att beräkna mätvärdet.

Variabel	Metod	Kommentar	
Surface state (väglag)	Modellerad	Modell använder nederbördsgivare	Uppmätt
Sky condition (molnighet)	Uppmätt	Använder sig av de två temp-sensorerna och nederbördsgivare	Beräknad
Tjocklek för vatten, is och snö (mm)	Uppmätt	Uttrycks i mm vattenekvivalenter och faktisk fysisk tjocklek	Modellerad
Saltkoncentration (g/l)	Uppmätt	Från konduktivitetssensorn	
Saltmängd (g/m ²)	Uppmätt	----- " -----	
Frys punkt, första iskristall	Beräknad	Beräknad från vattentjocklek och saltkoncentration	
Frys punkt, friktionspåverkande	Beräknad	----- " -----	
Vägytetemperatur	Uppmätt		
Temperatur 6 cm under ytan	Uppmätt		

Ett exempel på modellvillkor som används av DRS511 är att när vattennivån uppmäts till mindre än 0.1 mm av den optiska sensorn på DRS511 så övergår systemet till att modellera vattennivån med hjälp av antaganden om avdunstning, dag och vin.

Utöver de olika modellberäkningarna så används så används glidande medelvärden. detta görs för att utjämna mätningarna av t.ex. vattenfilmens tjocklek som kan påverkas av trafik. Medelvärdesbildningen medför även att sensorn kan rapportera fukt för en väg och sensor som är helt torr.

4.2.2 DSC211

DSC211 är en beröringsfri ytstatusgivare som monteras i VViS-masten. Genom att lysa på vägytan med för ögat osynligt ljus kan sensorn mäta mängd vatten och is på vägen genom att observera hur mycket av ljuset som reflekteras tillbaka till sensorn.

DSC211 kan genom denna princip direkt mäta tjockleken av vatten och is på vägen. Sensorn mäter också synligt ljus och kan på så sätt klassificera väglaget som snöig eller frostig när den blir ljusare. DSC211 är mer en direkt mätning av väglag än DRS511 trots att den inte är monterad i vägen.

Detta eftersom att DSC211 utgår från ett direkt uppmätt fysikaliskt mätvärde medan DRS511 kombinerar de fysikaliska mätvärdena med data från andra sensorer och en modell.

4.2.3 Jämförelse mellan DRS511 och DSC211

Stationen Bergfors var den enda av de tre stationerna som hade en betydande mängd snö under vintern. I tabellen nedan så betyder grön markerade celler att väglagsklassificeringen helt överensstämmer mellan sensorerna. Den största avvikelser mellan sensorerna var vid situationer där DRS511 registrerade torrt medan DSC211 registrerade snö, markerat med rosa i tabellen.

2520 Bergfors		DRS511					
		Dry	Moist	Wet	Frost	Snow	Ice
D	Dry	746	5	3	0	9	22
S	Moist	1	0	1	0	0	0
C	Wet	1	5	1	0	0	0
2	Frost	45	1	0	0	0	81
1	Snow	719	63	5	300	3627	1715
1	Ice	19	23	1	0	1	11

Skillnaden kan förklaras av att DRS511 ej direkt mäter mängd snö på vägen utan värdet sätts i kombination med nederbördsgivaren. Till exempel kan modellen för DRS511 anta att vägen har blivit snöfri efter ett antal timmar medan DSC211 fortfarande registrerar snörester genom mätning av vägytans reflektion. I dessa fall är det sannolikt att DSC211 är mer korrekt än DRS511.

Vid stationen Falköping så var den största noterbara avvikelser i väglagsklassificeringen fall där DRS511 fuktigt medan DSC211 mäter torrt. Detta kan bero på väglagsmodelleringen från DRS511 har överskattat sannolikheten för fuktig väg men det kan inte heller uteslutas att DRS511 varit något fuktigare än asfalten som DSC211 mäter på i olika situationer.

1617 Falköping		DRS511					
		Dry	Moist	Wet	Frost	Snow	Ice
D	Dry	1889	1378	118	0	0	66
S	Moist	26	448	137	0	0	3
C	Wet	91	1308	1572	0	2	10
2	Frost	0	0	0	0	0	5
1	Snow	4	2	11	0	8	5
1	Ice	11	91	36	11	3	20

Vid Hökafältet var överensstämmelsen mellan sensorerna god. Generellt tenderade dock DSC211 att mäta mer fukt än DRS511.

1320 Hökafältet		DRS511					
		Dry	Moist	Wet	Frost	Snow	Ice
D	Dry	4073	94	3	0	0	0
S	Moist	189	51	3	0	0	0
C	Wet	781	1341	868	0	0	0
2	Frost	0	0	0	0	0	0
1	Snow	4	0	0	0	1	0
1	Ice	0	0	0	0	0	0

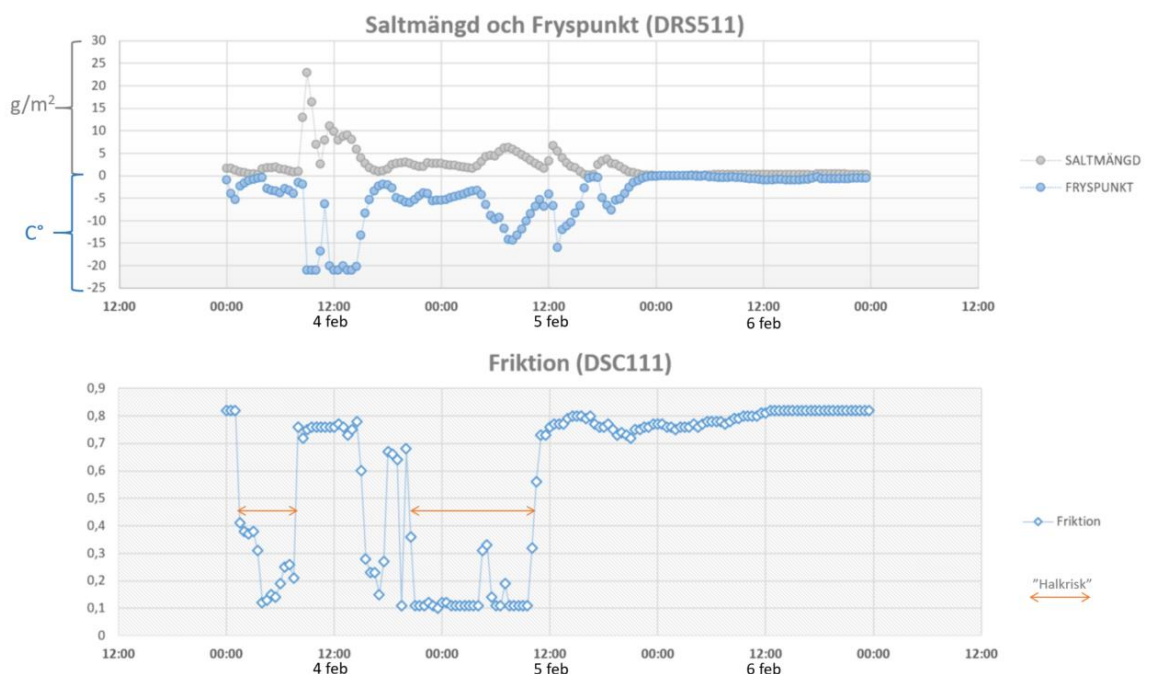
4.3 Restsalt och friktion

Saltmängden på vägen (restsalt) beräknas av DRS511 genom mätning av konduktivitet (förmåga att leda elektricitet). Restsaltet kan anges som en mängd (g/m²), en koncentration (g/liter) eller som den resulterande fryspunkten som är proportionerlig med koncentrationen.

Frysunkten kan användas för att ange vid vilken temperatur vägytan kommer börja frysa. Man måste dock vara observant på att frysunkten inte är direkt proportionerlig mot mängden salt på vägen. Vid mycket små mängder vatten på vägen kan saltkoncentrationen vara hög samtidigt som totala mängden salt är låg. Vid utspädning från nederbörd kan då frysunkten snabbt stiga mot noll..

DSC211 anger uppskattade *friktingsvärden* baserat på detektion av fukt, is eller snö. Värdena ska ses som uppskattningar och en snabb indikation på att väglaget försämras.

I bilderna från station 1617 Falköping nedan så har restsalt uttryckt i saltmängd och frys punkt uppmäts för tre dygn i den övre grafen. I den undre grafen har friktionsvärdena angetts för samma tidsperiod. Två perioder där friktionen är nedsatt har märkts ut. Vid första tillfället sjunker friktionen kraftigt vid 01:30 och stiger åter klockan 08:30 då även saltkoncentrationen stiger vilket betyder att vägen har underhållits. Saltkoncentrationen klingar sedan av under dagen och på kvällen den 4:e feb så sjunker återigen friktionen. Vid båda tillfällena förekom nederbörd i form av snö.



Restsaltmätningar kan användas av entreprenörer för att övervaka hur länge saltet ligger kvar på vägen och har avsedd effekt. Vid situationer med mycket vatten på vägen kan saltet snabbt spädas ut och skvättas bort från vägytan, ett förlopp som kan observeras genom mätningar med DRS511.

Friktionsmätningarna ger ett aggregerat värde för när det råder ett väglag som påverkar friktionen. Värdet kan användas för styrning av variabel hastighet, trafikledning och av entreprenörer för att följa upp effekter av driftåtgärder vid t.ex. risk för återfrysning.

4.3 Tjälldjup

Tjälldjup finns installerat på samtliga tre platser, men det har i praktiken inte varit någon tjäle på de två stationerna i väst. Det har varit klokare att installerat dessa längre norrut.

Utöver test i OAT finns en mätning av marktemperaturer i Sagån, inte heller där har tjälen varit omfattande under säsongen 2019-2020.

I Bergfors har det dock varit kraftig tjäle och nedan visas ett sammandrag av medeltemperatur per vecka på de olika markdjupen för Bergfors.

Diagrammet görs med en villkorsstyrd formatering av cellfärger i en exceltabell, där värden under -1°C blir blå och värden över +1°C blir röda.

Detta ger en bra översikt på tjälens utveckling under vintern.

- Det syns tydligt att tjälen sätter sig v42, och att den går djupare än de 210 cm som mäts (v02).
- Mest intressant är vad som händer på vårsidan, och tabellen/grafen visar tydligt att tjällossningen börjar v 17.

Väggkonstruktionen är extra känslig då ytlagret tinar medan det är tjäle under det upptinade ytlagret. Vatten tar sig inte ut nedåt pga tjälen och det översta lagret i vägen kan bli fuktigt och mjukt. Under denna period finns en speciell risk för skador och det kan vara befogat med lastbegränsningar för tung trafik.

Man kan konstatera att tjälen vid rapportens färdigställande fortfarande ligger kvar 210 cm ned i marken under vecka 22.

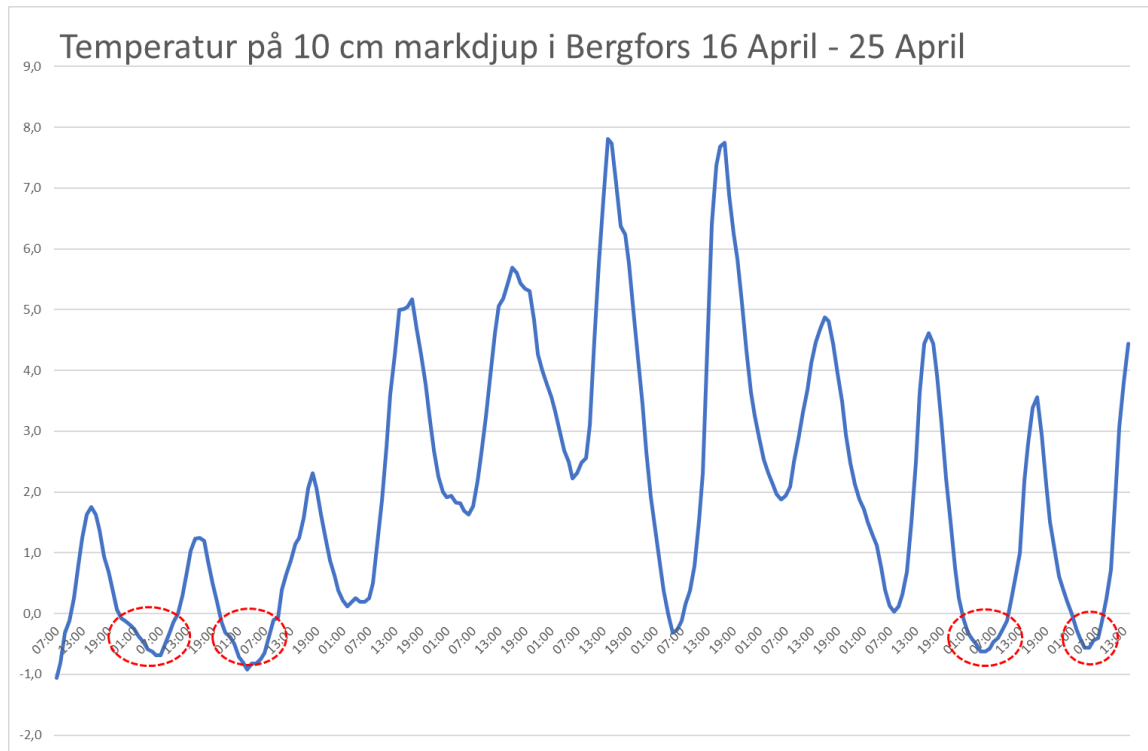
Ökad risk för
tjälkskador

Djup under mark	v37	v38	v39	v40	v41	v42	v43	v44	v45	v46	v47	v48	v49	v50	v51	v52	v01	v02	v03	v04	v05	v06	v07	v08	v09	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	v21	v22
10 cm	8,8	4,4	4,5	0,7	0,6	-6,1	-4,3	-7,8	-12,6	-12,3	-8,6	-9,0	-6,6	-8,8	-7,4	-9,4	-7,5	-7,3	-9,4	-9,1	-12,0	-9,9	-10,5	-9,4	-10,3	-10,5	-5,5	-5,4	-1,2	-3,6	-1,3	0,0	2,7	4,2	5,9	7,3	13,9	17,1
35 cm	10,1	6,0	5,1	2,2	1,7	-2,3	-2,8	-5,1	-8,6	-10,3	-7,7	-7,6	-5,8	-7,7	-6,2	-7,8	-6,6	-6,5	-7,9	-7,5	-10,6	-8,9	-8,8	-8,7	-8,8	-9,4	-5,5	-5,0	-1,9	-2,9	-1,5	-0,6	1,6	2,9	4,4	5,4	10,5	14
60 cm	10,7	7,4	5,8	3,7	2,7	0,5	-0,8	-2,1	-4,9	-7,6	-6,3	-5,9	-4,8	-6,1	-4,9	-6,0	-5,6	-5,4	-6,2	-6,0	-8,5	-7,6	-7,0	-7,6	-7,2	-7,9	-5,2	-4,5	-2,5	-2,2	-1,7	-0,8	-0,1	1,2	2,8	3,9	7,5	10,9
85 cm	10,7	8,2	6,2	4,7	3,4	1,6	0,4	-0,3	-2,9	-5,7	-5,3	-4,8	-4,2	-5,1	-4,2	-4,9	-5,0	-4,7	-5,2	-5,2	-7,1	-6,7	-6,0	-6,8	-6,2	-7,0	-5,0	-4,2	-2,7	-1,9	-1,8	-1,0	-0,3	-0,1	1,3	2,7	5,3	8,4
110 cm	10,6	8,8	6,8	5,6	4,2	2,7	1,3	0,7	-0,7	-3,4	-3,7	-3,5	-3,2	-3,7	-3,2	-3,6	-3,9	-3,7	-4,0	-4,1	-5,4	-5,4	-4,7	-5,5	-5,0	-5,6	-4,4	-3,6	-2,6	-1,6	-1,7	-1,0	-0,5	-0,2	0,2	1,6	3,4	6
135 cm	10,4	9,1	7,3	6,2	4,9	3,6	2,3	1,6	0,6	-1,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,3	-2,1	-2,3	-2,7	-2,5	-2,7	-2,9	-3,7	-3,9	-3,5	-4,0	-3,7	-4,2	-3,6	-2,8	-2,2	-1,3	-1,4	-0,8	-0,5	-0,3	-0,2	0,5	2	4
160 cm	10,1	9,2	7,6	6,6	5,4	4,3	3,1	2,3	1,5	0,4	-0,4	-0,7	-0,9	-1,1	-1,1	-1,3	-1,6	-1,5	-1,6	-1,8	-2,3	-2,5	-2,3	-2,7	-2,6	-2,9	-2,7	-2,1	-1,7	-1,1	-1,1	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0,6	2
185 cm	9,8	9,1	7,8	6,9	5,9	4,9	3,8	3,0	2,2	1,3	0,5	0,2	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-0,8	-0,8	-1,0	-1,2	-1,5	-1,4	-1,7	-1,7	-1,9	-1,9	-1,5	-1,3	-0,8	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	0,6
210 cm	9,4	8,9	7,9	7,0	6,1	5,3	4,3	3,5	2,8	2,0	1,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,0	-0,9	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2

Man kan vidare studera data med tätare tidsupplösning, nedan ett exempel varje timme under perioden 15-16 April. Vid detta tillfälle fryser vägen till under natten för att sedan tina upp under dagen.

Marktemp	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
-10	1,4	0,9	0,7	0,4	0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,0	0,3	0,7	1,0	1,2	1,3	1,2	0,9	0,5	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	-0,1	0,4	0,7	0,9		
-35	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1		
-60	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
-85	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	
-110	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9
-135	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	
-160	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	
-185	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	
-210	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5

Principen att villkorsformatera en tabell blir svår att använda med så korta tidsintervall, så ett linjediagram med enbart yttemperatur är bättre. Se nästa sida.



De tillfällen när vägen fryser på natten och tinar på dagen är intressanta ut flera perspektiv.

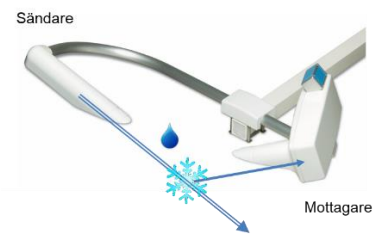
- 1) Systemet kan visa på problem utanför en förväntad problemperiod. Tillfällen med tjällossning upplevs variera mer nu är tidigare. Tidigare kunde man säga att tjällossning i ett visst område skedde mellan 15 april – 15 Maj. Nu upplever man att det kan uppstå tjällossningsproblem i samma område under några dygn i februari, och att vägen sedan periodvis fryser till och från fram tills maj.
- 2) Ett intresse finns från t.ex. transportsektorn. Under en förväntad period med tjällossning kan man göra viktrestriktioner, och om man kan konstaterar att en väg återtjälär över en natt, kan man i teorin tillåta tyngre transporter under en sådan natt. Det är dock relativt få nätter det sker. Det är även logistiskt en utmaning att ha beredskap för att det blir en frostnatt och en prognos för lufttemperatur för kommande nätter är sannolikt bättre till det syftet.
- 3) Ett annat intresse kan vara en koppling till vägsador generellt, där man vet att vägen riskerar att skadas mer om det blir många nätter där det tinar och återfryser. Varje gång detta sker finns en risk för tjälskjutning och frostsprängning. Risken för skador är större ju fuktigare vägkroppen är.

Summeringen för tjäldjupsmätning med MS7 och utifrån aktuell studie är följande:

- De tjäldjupssensorer som finns till MS7 fungerar bra!
- Det är relativt enkelt och inte så kostsamt att addera dessa till en befintlig MS7 och ordinarie datainsamling.

4.4 Sikt

Den nya nederbördssensorn – PWD22 kan förutom nederbörd även uppge ett siktvärde. Sensorn använder s.k. forward scattering, och mäter reflektion från partiklar som passerar mellan en sändare och en mottagare i vinkel till varandra.



Mer information om sensorn hittas på:

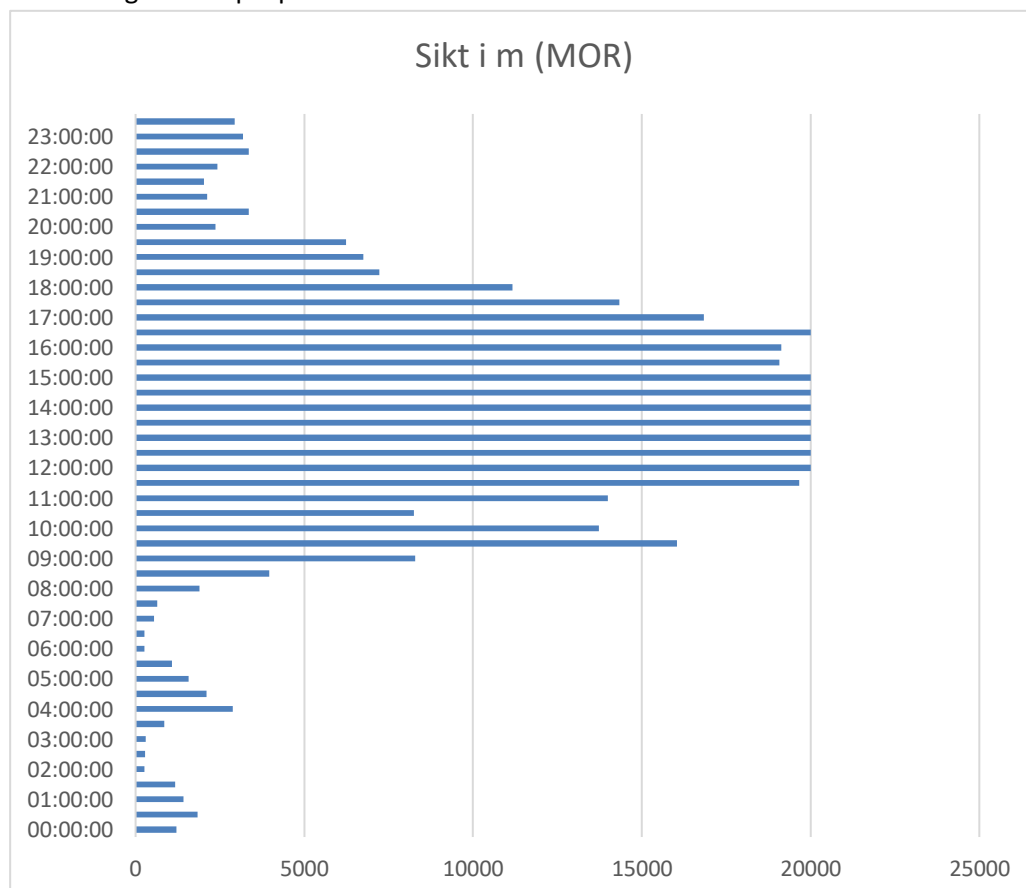
<https://www.vaisala.com/en/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/weather-stations-and-sensors/pwd22-52>.

Sikt är en ny parameter för Trafikverket, och i denna rapport återges endast exempel på hur insamlade ser ut, och kan visas i tabeller/diagram. Dvs rapporten gör ingen värdering av hur relevanta eller exakta siktvärdena är.

Mer information om sensorns precision för uppmätta siktvärden kan erhållas från tillverkaren och är något som kan och bör följas upp av Trafikverket i ett senare skede. Tex genom att göra fallstudier med bilder från platsen vid olika tillfällen med dålig sikt.

Den längsta uppmätta sikten är 20000 meter och en standard som kallas Meteorological Optical Range (MOR) används.

Nedan några exempel på data från 1320 Hökafältet:



Tid	Sikt i m
00:00:00	1216
00:30:00	1844
01:00:00	1413
01:30:00	1177
02:00:00	257
02:30:00	282
03:00:00	307
03:30:00	843
04:00:00	2879
04:30:00	2094
05:00:00	1564
05:30:00	1071
06:00:00	265
06:30:00	259
07:00:00	551
07:30:00	647
08:00:00	1885
08:30:00	3963
09:00:00	8277
09:30:00	16034
10:00:00	13729
10:30:00	8255
11:00:00	13986
11:30:00	19665
12:00:00	20000

Tid	Sikt i m
12:30:00	20000
13:00:00	20000
13:30:00	20000
14:00:00	20000
14:30:00	20000
15:00:00	20000
15:30:00	19072
16:00:00	19132
16:30:00	20000
17:00:00	16836
17:30:00	14337
18:00:00	11158
18:30:00	7232
19:00:00	6743
19:30:00	6244
20:00:00	2364
20:30:00	3351
21:00:00	2124
21:30:00	2035
22:00:00	2418
22:30:00	3360
23:00:00	3182
23:30:00	2928
00:00:00	2510

Till vänster visas samma data som en villkorsformaterad tabell, där

Hösta **GRÖNT** = 20.000 meter
Mitten VITT = 1000 meter
Lägsta **RÖTT** = 200 meter

Den ger en indikation under vilka tillfällen som sikten är begränsad, på ett annat sätt än med det liggade stapeldiagrammet på föregående sida.

Informationen kan vara värdefull ur ett perspektiv för trafikstyrning snarare än ur ett underhållsperspektiv.

T.ex. kan system för variabla hastigheter (VHS) och motorvägskontrollsystem (MCS) användas för att sänka rekommenderad hastighet för trafiken vid dålig sikt.

Ytterligas studier med specifikt fokus på sikt bör göras.

