

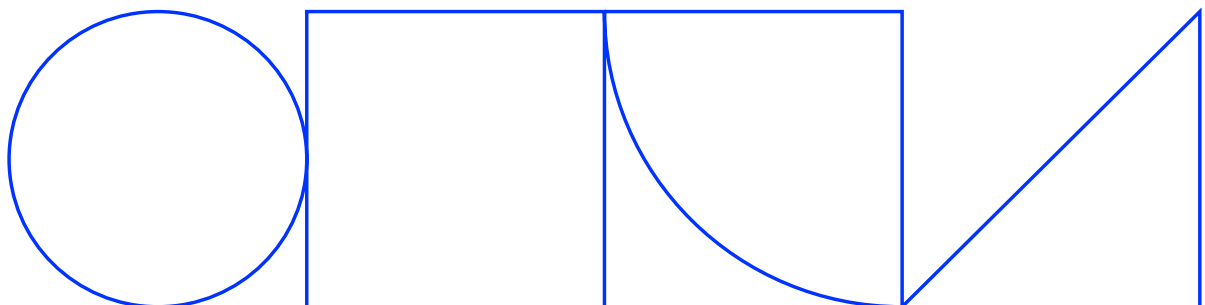
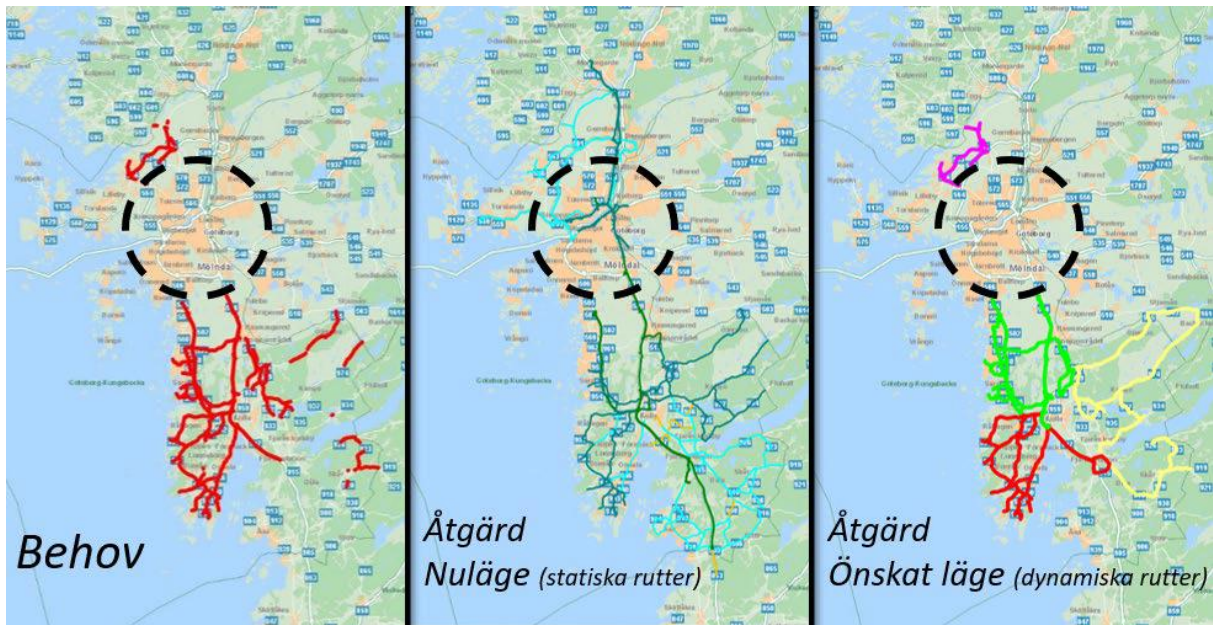
PROJEKTNR. 13767

# Prognosstyrd dynamisk vinterväghållning

## FAS5, Datahantering

Andreas Bäckström, Mats Wärme  
Svevia AB, BM System AB

2023-08-25



# Förord

Denna rapport presenterar resultatet av Fol-projektet "Prognosstyrd dynamisk vinterväghållning" som startade under 2016 och har hittills bestått av 5 faser. Projektet syftar till att utveckla och integrera befintlig teknik samt forskning för att skapa nya tekniska lösningar som leder till implementering och utveckling av nya automatiserade produktionsmetoder. Projektet finansierades av Svevia, BM System, SMHI, Klimator via egen insats och med Trafikverket och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) som huvudfinansiärer. Stort tack riktas till er samt övriga medverkande nedan.

Projektets **styrgrupp** bestod av följande personer:

Christian Eriksson, Trafikverket

Anita Ihs, Vti

P-O Dahlberg, Svevia

**Referensgrupp** bestod av följande personer:

Jonas Jonsson Trafikverket

Tobias Ulegård, Trafikverket

Michael Wallin, Trafikverket

Anders Asp, Trafikverket

Kimmo Kynnös, Vaisala

Jacob Olsson-Wallentin, Skanska

Christer Andersson, Peab

Ketil Dahl, Mesta AS

Erika Blom, BDX

Martin Karlsson, Terranor AB

Johan Casselgren, LTU

Jonas Westberg, Zeekit

Christer Friggeråker, Friggeråkers Verkstäder

Ari Tuononen, Roadcloud

Anna Arvidsson, Vti

Göran Blomqvist, Vti

**Projektgruppen** bestod av i huvudsak:

Linnéa Wengland, Svevia

Petter Semrén, Svevia

Niclas Hallgren, Svevia

Linus Blomlöf, Svevia

Max Brogren, Svevia

Beredskapshavare och åkare i pilotområde Enköping

Christer Karlberg, Trafikverket

Gunnar Norgren, Peab

Mattias Larsson, BDX

Elina Heed, Vaisala

Per Holmberg, Vaisala/Metsolutions

Rami Honkanen, Vaisala

Esben Almkvist, Klimator

Eric Zachrisson, Klimator

Annie Sandqvist, Smhi

Emelie Karlsson, Smhi

**Projektledningen** leder projekt- och referensgrupp och ansluter till styrgrupp och består av:

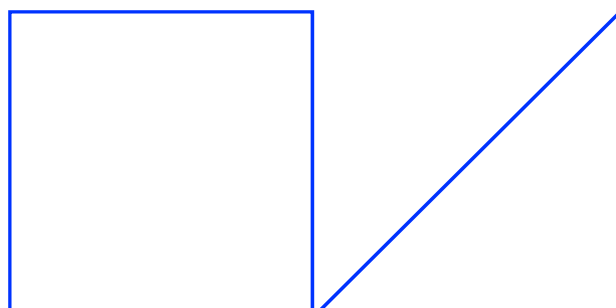
Andreas Bäckström (projektledare), Svevia

Mats Wärme (Biträdande projektledare), BM system

Dan Eriksson (handläggare), Trafikverket

**Göteborg, juni 2023**

Författarna: Andreas Bäckström, Mats Wärme



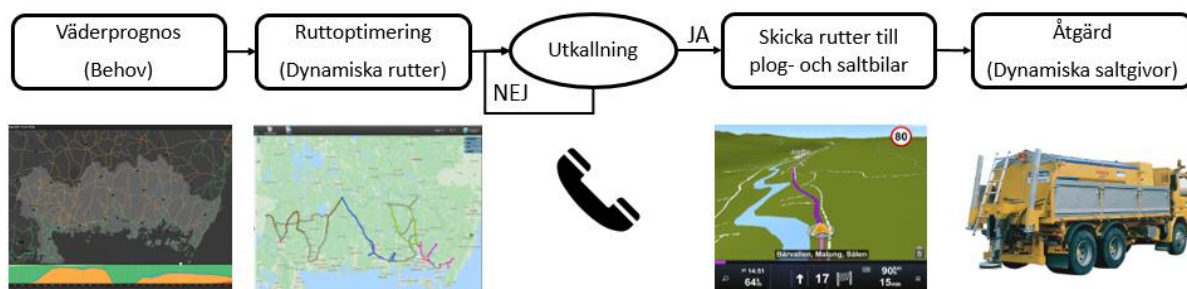
## Sammanfattning

Sverige håller yttersta internationella toppklass inom vinterväghållning och projektet Prognosstyrd Dynamisk Vägdrift är state-of-the-art. I många länder jobbar man fortfarande med att implementera saltningsstrategier med ökad användning av saltlösning vilket varit kravställt i Sverige i över ett årtionde.

Digitaliseringen har skapat nya möjligheter att effektivisera vinterdriften ytterligare och projektet Prognosstyrd Dynamisk Vinterväghållning har tagit fram erforderlig mjukvara för det ändamålet. Mjukvaran utför **automatisk ruttoptimering** vilket tillsammans med **automatisk saltspridning** möjliggör att **högupplöst väglagsinformation** kan hanteras samt att dess besparingspotential kan realiseras i form av **skräddarsydda åtgärder**.

Projektet består av följande delprojekt (SBUF-projektnummer):

- Fas 1 (13269) POC "proof of concept"
- Fas 2 (13484) Implementation av dynamisk ruttoptimering med navigeringsstöd
- Fas 3 (13552) Utveckling av restsaltalgoritm för bättre vägväderprognoser
- Fas 4 (13655) Uppkoppling av saltspridare
- Fas 5 (13767) Datahantering (implementering av IoT-vägdata och saltprognoser)



**Figur 1**, Systemöversikt Prognosstyrd dynamisk vinterväghållning

Projektet visade redan i Fas 1 att en **15–25% reduktion av vinterväghållningskostnader** är rimlig vid full implementering av högupplöst Prognosstyrd dynamisk vinterväghållning.

Den svagaste länken i denna kedja är väderprognosleverantörernas förmåga att tillhandahålla tillräckligt **högupplösta och tillförlitliga prognoser** vilket kräver tillgång till en **tillståndsbedömning** av vägnätet i realtid ("digital tvilling") via **sensordata**. I den nu rapporterade Fas 5, har vi utrustat testdriftsområden med vägsensorer som förslagits av väderprognosleverantörerna så att de från sensordata har kunnat verifiera sina vägvädermodeller och vidareutveckla prognoser i beslutsstödsystemen.

På grund av milda vintrar och icke fungerande sensorer behövde projektet förlängas och projektet har närmast sig målet *"Bättre och mer högupplösta kommersialiserade vägväderprognoser"*. Projektet har även utvecklat kunskap om vilka sensorer och indata som krävs för ett effektivt Vägväderinformationssystem vilket är en grundläggande pusselbit i automatiseringen av vinterväghållningen. Projektdeltagarna är också fortsatt överens om att besparingspotentialen 15–25% är rimlig.

# Summary

Sweden holds international top class in winter road maintenance and the project Forecast-controlled Dynamic Road Operation is state-of-the-art. In many countries, they are still working on implementing salting strategies with increased use of saline solution, which has been a requirement in Sweden for over a decade.

Digitalization has created new opportunities to make winter operations even more efficient, and the Forecast-Controlled Dynamic Winter Road Management project has developed the necessary software for that purpose. The software performs **automatic route optimization**, which together with **automatic salt spreading** enables **high-resolution road information** to be handled and the potential savings can be realized through **tailored measures**.

The project consists of the following sub-projects (SBUF project number):

- Phase 1 (13269) POC "proof of concept"
- Phase 2 (13484) Implementation of dynamic route optimization with navigation support
- Phase 3 (13552) Development of residual salt algorithm for better road weather forecasts
- Phase 4 (13655) Salt spreader communication
- Phase 5 (13767) Data management (implementation of IoT road data and salt forecasts)

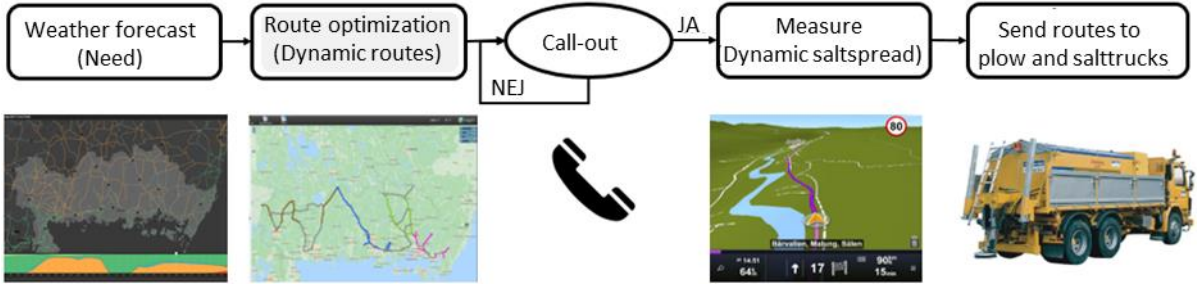


Figure 1, System overview Forecast-controlled dynamic winter road maintenance

Already in Phase 1 the project showed that a **reduction in winter road maintenance costs of 15–25%** is reasonable with full implementation of high-resolution Forecast-controlled dynamic winter road maintenance.

The weakest link is the ability of weather forecast providers to provide **reliable forecasts of sufficient high-resolution**. This requires access to a real-time **assessment of the road network condition** ("digital twin") via **sensor data**. In the now reported Phase 5, we have equipped test operation areas with road sensors proposed by the weather forecast suppliers so that they have been able to verify their climate models from the sensor data and further develop forecasts in the decision support systems.

Due to mild winters and non-functioning sensors, the project had to be extended and the project has approached the goal of *"Better and more high-resolution commercialized road weather forecasts"*. The project has also developed knowledge about which sensors and input data required for an effective road weather information system, which is a fundamental in the automation of winter road maintenance. The project participants also continue to agree that the savings potential of 15–25% is reasonable.

## Innehåll

Bakgrund	3
Syfte	5
Förväntat resultat	5
Vilka som fler drar nytta av resultaten	5
Metodbeskrivning och Utförande	6
Projektetapper	6
Ändringsbegäran	7
Resultat och diskussion	10
Slutsatser	16

BILAGA 1, Projektansökan Fas 5 Trafikverket, 2019-08-20

BILAGA 2, Halvtidsbokslut Fas 5, 2021-07-02

BILAGA 3, Delrapport kopplad till ändringsbegäran 3

BILAGA 4, Inspel till Inriktningsdokument VViS från Prognosstyrd Dynamisk Vinterväghållning "Branschprojektet", 2022-12-09

## Bakgrund

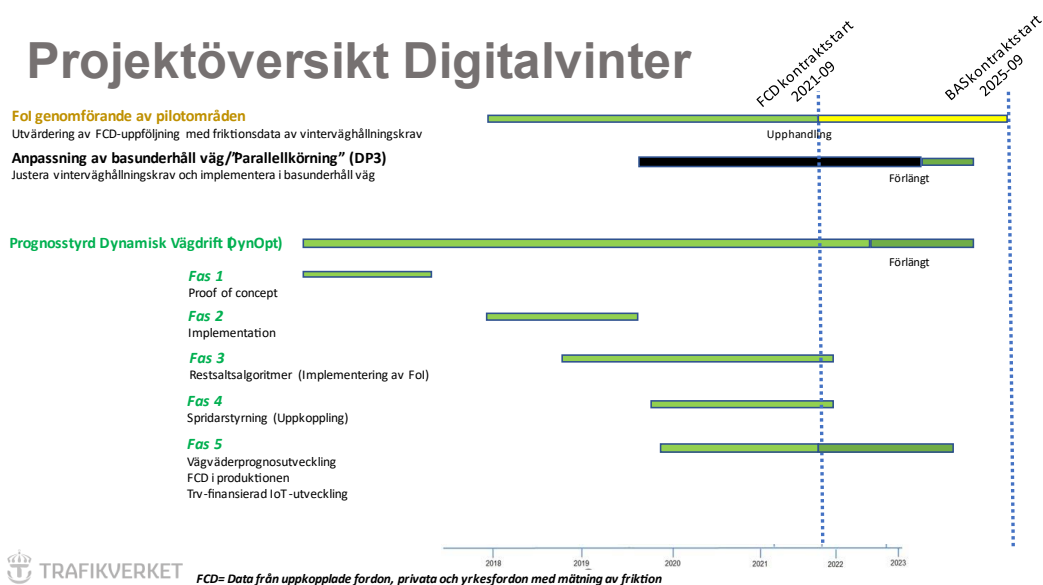
För att vägväderprognosleverantörerna skall kunna utveckla sina algoritmer och framställa mer träffsäkra samt högupplösta prognoser krävs ökad tillgång till sensordata som kontinuerligt ger information om väglag, ytemperatur och vattenfilm mm för att en fullgod tillståndsbedömning av väglagsförhållanden.

I dialog med väderprognosleverantörerna (SMHI, Vaisala och Klimator) togs därför, inför projektansökan, fram ett förslag på investeringar i sensorer som förväntas kunna tillhandahålla de data som behövs. Driftentreprenörerna tillsammans med Trafikverket formulerade därefter projektansökan till fas 5, Datahantering (implementering av IoT-väldata och saltprognoser), se BILAGA 1, som avsåg att fullt utrusta testdriftsområden med från väderprognosleverantörerna föreslagna vägsensorer så de utifrån sensordatan bättre kan verifiera sina vägvädermodeller och vidareutveckla prognoser i beslutsstödsystemen.

En viktig aktivitet i Trafikverkets program Digital Vinterväglagsinformation, som även inkluderar branschprojektet Prognosstyrd Dynamisk Vinterväghållning, är att inför implementeringen av uppkopplade fordonsflottor (Floating Car Data, FCD) i leveransuppföljning förbereda branschen. Branschen skall alltså få möjlighet att kunna leva upp till de krav som Trafikverkets kommer att ställa i sina vinterdriftkontrakt framöver och som i nuläget bedöms kommer följas upp med hjälp av FCD-friktionsdata, se figur 3.

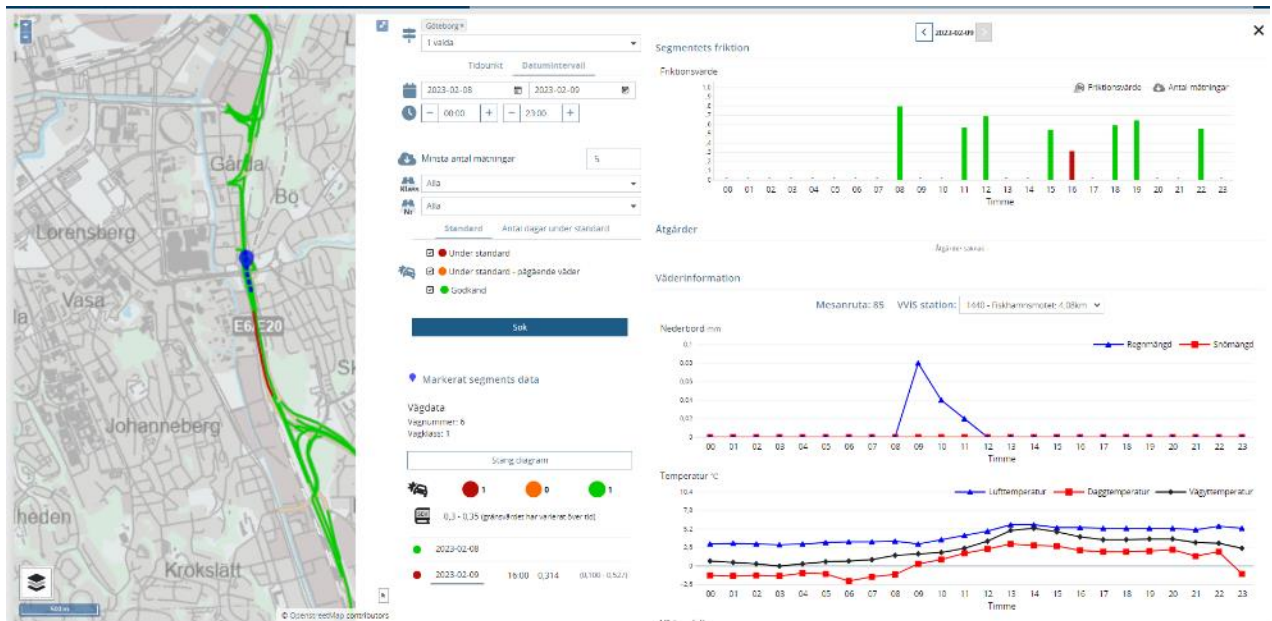
Projektet inkluderar därför även nyutveckling av funktionalitet för analys om oberoende utvärdering av prognoskvalité och utförda vinterväghållningsåtgärder kan utföras med hjälp av halkdata från FCD som initialt tillhandahålls via Trafikverkets projekt Digital vinterväglagsinformation.

Entreprenörerna uttryckte gemensamt intresse av att utveckla programmet genom att de bereds möjlighet att aktivt delta bland annat i Fas 5 samt Trafikverksledda FCD uppföljningar av friktionskrav i utsedda Pilotområden s.k. Parallellkörning (DP3).



Figur 2, Programöversikt Digital Vinter





Figur 3, Friktionsdatalager för vinterväghållningskravuppföljning i Trafikverkets beslutsstödsystem GPD-analys.

## Syfte

För att på effektivaste sätt uppnå projektets och programmet Digital Vinterväglagsinformations potential bedömde projektparterna att det krävs en aktiv och byggbranschledd projektledning i fas 5, alltså ett användardrivet angreppssätt. Entreprenörerna har alltjämt störst kunskap om i vilken riktning tekniken bör anpassas för att även fungera i praktiken för att kunna uppnå en produktiv vinterväghållning. Entreprenörernas helhetssyn är avgörande för att projektet utöver att handla om uppföljning, vägväder och sensorer även kan fokusera på innovation och implementering av produktionsstrategier. Syftet med detta SBUF-projektet var således att utveckla Fol-programmet Digital Vinterväglagsinformation till att även omfatta ett branschprojekt inkluderande entreprenörens perspektiv och kunskap. Då kan användningsområden, dvs väderlägen när prognoskvalité i beslutsstöd är tillräcklig för automatiserad produktion, effektivare fastställas liksom var utvecklingspotential finns som kan tillgodoses via exempelvis nya algoritmer eller att behov av fler vägsensorer identifieras.

## Förväntat resultat

Projektet förväntas resultera i utvecklade vägväderprognosmodeller med bättre precision som kan implementeras i beslutsstödsystemen för vinterväghållning med funktioner för dynamisk ruttoptimering, navigering samt automatisk saltgiva. Vilket möjliggör en hållbar och optimerad vinterväghållning med ökad trafiksäkerhet, arbetsmiljö och minskad miljöbelastning och kostnad som följd.

En jämnare och högre kvalité på utförd vinterväghållning ökar även framkomligheten och leder till en minskning av samhällskostnader eftersom olyckor och köer kan undvikas i högre utsträckning. Trafikverket som väghållare är huvudproblemägare och således den stora vinnaren.

## Vilka fler som drar nytta av resultaten

Vinsten för entreprenörer, som är upphandlade på fast pris i de mångåriga vinterdriftkontrakten, består av att produktionskostnader sjunker vid tekniksprång. Projektet avser således att komma hela branschen till nytta genom ökad digitalisering som skapar lönsamhet, internationell konkurrenskraft och ökad attraktivitet.

Tanken har även varit att försöka utvärdera nyttan avseende prognossäkerhet med olika konfigurationer av sensordata, alltså indata påverkan. Med detta underlag kan därefter branschen tillsammans med Trafikverket skapa en objektiv bild av vad för sensorinfrastrukturinvesteringar (exempelvis sensoruppgraderingar av Trafikverkets **VägväderInformationssystem "VViS-nätet"**) som skapar mest vinster i vinterväghållningsverksamheten på ett samhällsekonomiskt plan.

För Trafikverket och branschen är det viktigt att samarbetet blir ett branschgemensamt projekt och att alla entreprenörer får samma chans och möjlighet att delta. De entreprenörer som inte får eget testområde kan fortfarande vara delaktiga i projektet och ta del av resultatrapporter och erfarenheter genom att till exempel ha representanter i referensgrupp eller projektgrupp.

Branschen och Trafikverket har genom detta initiativ fått chansen att tillsammans utforma och sträva mot framtidens Hållbara Vinterväghållning!



# Metodbeskrivning och Utförande

## Projektetapper

**Etapp 1:** Installation, driftsättning och uppkoppling av fasta vägsensorer i driftområde Enköping (Svevia).

**Etapp 2:** Implementering av

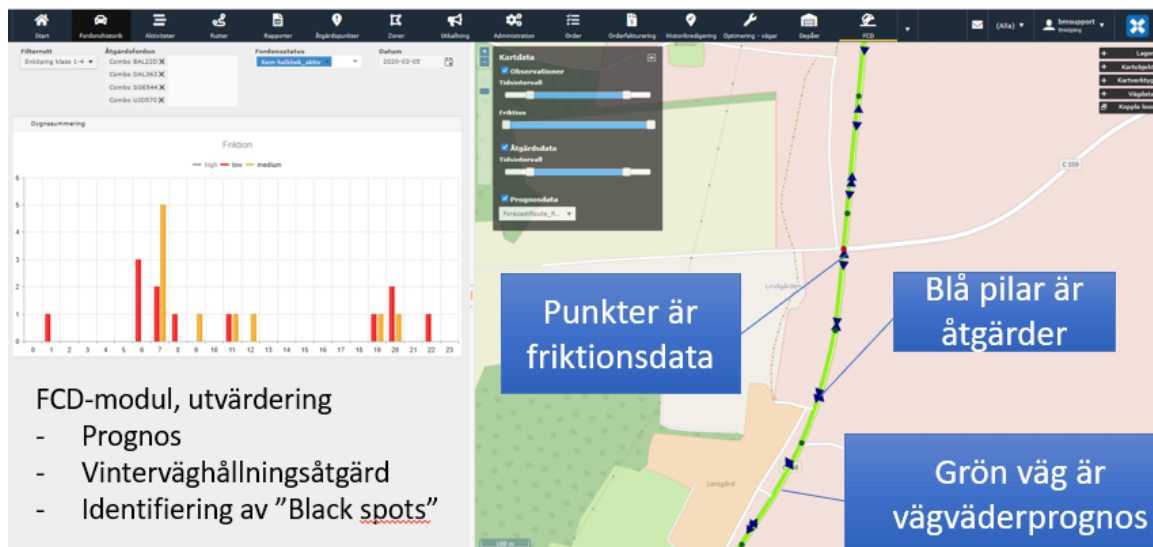
- Vägsensordata (FCD, rörliga- och fasta)
- Sannolikhetsberäkningar
- PMSV3 (beläggningsdata)

i väderprognosleverantörernas (Vaisalas, Klimator och SMHI) vägvädermodeller. I BM:s produktionssystem BM RoadService utvecklades även funktionalitet för hantering av sannolikhetsberäkningar vid dynamisk ruttoptimering samt modul för FCD-utvärdering med visualisering av avvikelsestatistik över vart halka uppstått på åtgärdade vägar, se Figur 4.

**Etapp 3:** Branschledd utvärdering av prognoskvalité

Utvärdering av väglags- och saltprognoser som ger upphov till åtgärdsförslag (saltgiva) har skett avseende beslutsstödsystem levererade av Klimators (RSI) och Vaisala (MDSS/Horizon).

Via Trafikverkets projekt Digital Vinter har FCD friktionsdata tillgängliggjorts från bilar som producerar friktionsestimat för att med hjälp av dessa halkdata i BM:s nyutvecklade systemlösning automatiskt kunna indikera och visualisera prognoskvalité utifrån detekterade halkavikelser. Detta sker genom att jämföra 5-timmars vägväderprognos från beslutsstödsystem med FCD-detekterad halka.



Figur 4, BM:s FCD-modul med dygnsstatistik över tillfällena med låg friktion

Prognosutvärdering i branschprojektgruppen och feed-back till väderprognosleverantörer har under vintermånaderna skett via videokonferens, till en början veckovis, därefter varannan vecka. Mötena har haft en stående agenda med inledningsvis en återblick hur vädret varit senaste perioden, därefter branschprojektgruppens feed-back

till väderprognosleverantörernas (Vaisala, Klimator och SMHI) med bedömning av hur väl prognoserna fungerar för beslut om vinterväghållningsåtgärder samt specifikt för möjligheten att nyttja Dyn-Opt i pilotområde Enköping för att slutligen gå igenom förbättringsåtgärder och ev. felhantering.

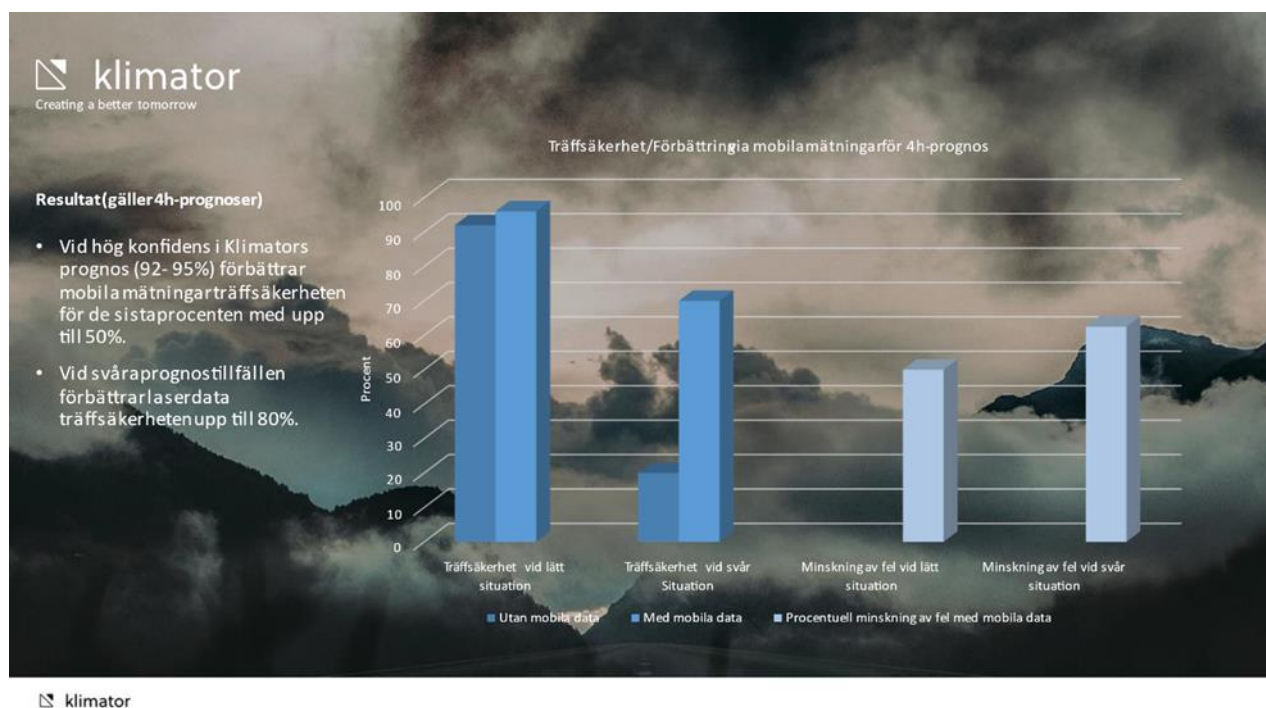
## Ändringsbegäran

Följande ändringsbegäran har skickats in under projektiden:

**Ändringsbegäran 1:** Förlängning av projektiden med 1 år (vintern 2021/2022) pga milda vintrar.

**Ändringsbegäran 2 & 5:** Inköp och delning av RoadClouds högupplösta väglagsdatatjänst inom projektet vintrarna 20/21 & 21/22 (inkl Digital Vinters områden dvs hela branschen gavs tillgång).

Kommentar: Väglagsdata (MD30 & RoadCloud) kan numera framgångsrikt användas i vägväderprognoser.



Figur 5: Utvärdering av Klimator från 2021 avseende mobil väglagsdata (MD30 & RoadCloud) förbättring av vägväderprognoser.

**Ändringsbegäran 3:** Forcering (begärd okt 2021)

Kommentar: Forcering via utökad feed-back. För att kompensera för att väderprognoser inte nått den förväntade kvalitén i förväntad takt tillsattes extra operativ personal vid utvärdering och utveckling av prognoser, utveckling av saltförslag samt stöttning av beredskapsorganisationen i Enköping, med syfte att utföra fler åtgärder/fältförsök med automatisk saltspridning och dynamisk ruttoptimering.

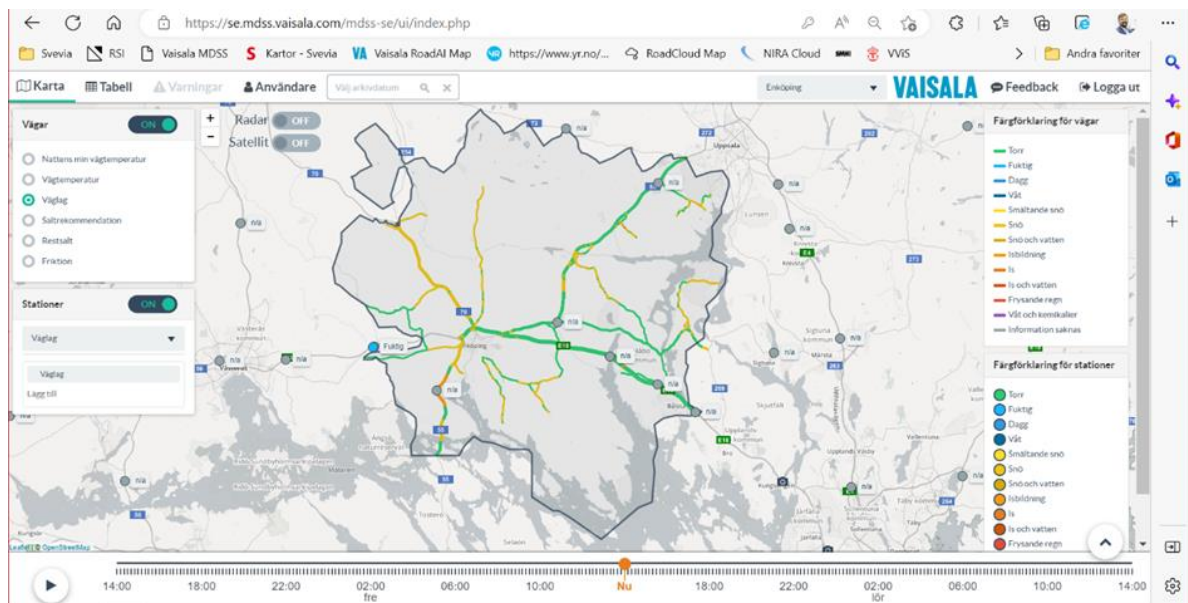
*Projektledningen ska introducera en tidsatt aktivitetsplan för en objektiv utvärdering av väglagsprognoserna under vintern 2021-2022.*

Projektledningen ska dokumentera resultat av utvärderingarna av väglagsprognoserna och erfarenheter i en särskild delrapport.

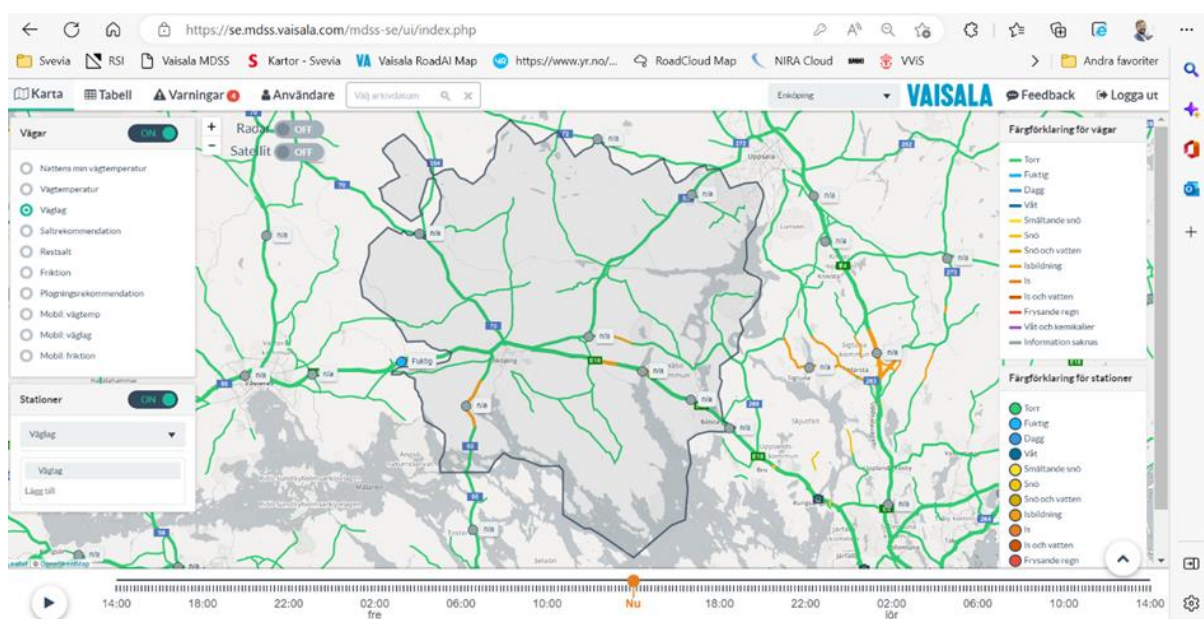
Kommentar: BM har 20/21 tagit fram en FCD-modul som kan utvärdera prognos med friktionsdata samt under 21/22 har utökats med funktionalitet för prognosutvärdering med väglagsdata från MD30. Se delrapport i bilaga 3.

**Ändringsbegäran 4:** Termisk kartering av driftområde Enköping inklusive analys av prognosförbättring utförd av Vaisala.

Kommentar: Utfört vintern 21/22 och kommunicerat samt levererat data till samtliga projektparter. Implementering i prognos pågår och färdigställdes december 22 i Vaisala MDSS. Som man kan se på figurer nedan är upplösningen betydligt högre med termisk kartering implementerad.



Figur 6: Prognos i Vaisala MDSS med Termisk mappning.



Figur 7: Prognos i Vaisala MDSS utan Termisk mappning.

### **Ändringsbegäran 5:** Prognosutvärdering med mobila sensorer (MD30)

Kommentar: Utförts utan budgetutökning i synergi med egenkontroll och övriga Sagåprojekt.

### **Ändringsbegäran 6:** Förlängning av projektets sluttid

Förlängning 1 år dvs att även omfatta vintern 22/23.

Motiv: Projektet ville att den senaste (och därmed bästa) väglagsprognosen, som i stora delar varit implementerad först i slutskedet av vintern 21/22, skall kunna utvärderas under vintern 22/23. Det sker med FCD-modul som under 21/22 utökats med funktionalitet för prognosutveckling med väglagsdata från MD30 utöver prognosutvärdering med friktionsdata (som inte fanns tillgängligt längre) enligt Ändringsbegäran 3. Tanken är att kunna dra mer relevanta slutsatser om aktuell prognoskvalité samt identifiera förbättringsområden utgående ifrån den senaste prognosen och som då även nyttjar indata från MS7 (uppgraderingen startade i Enköping hösten 2022 och färdigställs 2024), MD30, samt de enstaka restsaltsensorer som installerades först i slutet av vintern 21/22. Även implementeringen av Termisk kartering av driftområde Enköping (Ändringsbegäran 4) bedömdes då att kunna bidra till en bättre prognos. I slutändan bör följaktligen en bättre och mer relevant slutrapport (och framför allt delrapport enligt Ändringsbegäran 3) för projektet kunna produceras.

### **Ändringsbegäran 7:** Förlängning av projektets sluttid. (Oförändrad budget, inskickad 5/5-23, obehandlad)

Begäran att förlänga 1 år dvs att omfatta vintern 23/24 för att få möjlighet att etablera dynamiskt arbetssätt.

Bakgrund: Projektet har inte utfört Dynamisk-Ruttoptimering vintern 22/23 pga de problem med avvikande saltkvalité som uppstod på hösten och avsaknaden av halkbekämpningstillfällen på vårvintern som präglades av snöfall dvs när dynamiska rutter sällan är aktuella att nyttja.

### **Ändringsbegäran 8:** Utökning av sensordata

Kommentar: Branschprojektet har installerat den rörliga sensorn AHEAD och IoT-vägväderstationen Road Weather Station i Vinterpilotområde Enköping. Sensorerna bedöms kunna förbättra prognosen ytterligare.





## Resultat och diskussion

2021-07-02 gjorde ett halvtidsbokslut på projektet enligt BILAGA 2.

Här framgår att milda vintrar samt strulande sensorer och dataleveranser försenat projektet. Pilotområdet når alltså tyvärr inte i närheten av den förväntade reduktionen på 15–25% vilket mest sannolikt beror på att efterfrågad sensordata inte funnits tillgänglig, och då primärt fasta fuktsensorer samt sekundärt restsaltsensorer. Det krävs dessutom en längre tidsperiod än två vintrar för väderprognosleverantörerna skall kunna utveckla sina prognoser. Se även Bilaga 4, Inspel till Inriktningsdokument VViS från Prognosstyrd Dynamisk Vinterväghållning "Branschprojektet", 2022-12-09

Utan kompletterande stabila mätserier från restsalt samt fukt-/väglagssensorer (fasta fukt/väglagsdata) så är det svårt att bygga nya fukt- samt restsaltalgoritmer uppger prognosleverantörerna.

Projektdeltagarna med fokus på prognosleverantörerna, alltså de vars saltprognoser projektresultatet är avhängig till, anser alltså att projektet är på väg i rätt riktning för att nå det övergripande projekt målet mer produktiv vinterväghållning via bättre och mer högupplösta kommersialiserade vägväderprognoser. Hur vi ska göra det effektivast, dvs vilka sensorer, indata (FCD, PMSV3-beläggningsdata etc.) som skall vara i fokus är alltså parterna fortsatt överens om liksom att besparingspotentialen 15–25% är rimlig. Uppskattningen är i dagsläget att 35% av preventiva salttillfällen är lämpliga för dynamisk ruttoptimering "dynopt". Övriga tillfällen behöver sannolikt hela vägnätet köras alternativt är det är så liten optimeringsmöjlighet att det inte tjänar något till att optimera om ordinarie rutter.

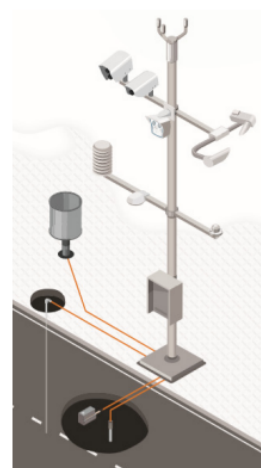
	prev dynopt		Beräkning Enköping	
Antal aktuella dynopt körningar	35%		Minskad förbrukning/åtgärdstillfälle	49,07448
Antal tillfällen med standardkörning	65%		Minskad CO2/åtgärd kg	79,74112255
antal tillfällen	100		Tot minskning med Dynopt	2790,939289
Snittförbrukning l/DISEL/1km	0,28		Tot standard körning (med Dynopt) L	8097,2892
Reduktion km/dynopt	50%		Tot standard körning (med Dynopt) CO2	13157,28522
CO 2 kg/liter (40% inblandat)	1,6249			
Tot prev km Enk	350,532		Enbart standardkörning liter	9814,896
Standardkörning förbrukning	98,14896		Enbart standardkörning CO2	15948,22451
Dynopt körning förbrukning	49,07448	Snitt halverad körning		
Antal dynopt/vinter	35		CO2 reduktion med Dynopt kg	2791
Antal Standard/vinter	65		CO2 reduktion med Dynopt %	18%
Standard körning CO2 kg	159			
			Autosalt reduktion salt	10%
Autosalt ökad körsträcka	10%		Reduktion av fordonskörning	18%
			Reduktion av saltanvändning	28%

Figur 8, Uppskattning av produktionspersonal i Pilotområde Enköping.

Takten har dock inte riktigt kunnat hållas som förväntat (projektet var två vintrar ursprungligen men förlängs ytterligare två år på grund av milda vintrar). Det beror även på att kompletta data-set att analysera alltså saknas då förväntad dataleverans från i huvudsak Trafikverkets MS7 uppgraderingsprojekt (Vaisala RWS200) med API-data från flera nya sensorer försenats. Förseningen har uppstått på grund av att utbytet behövt förhålla sig till Driftupphandling snarare än projektets önskan av tidigareläggande av uppgradering av nuvarande MS4 VViS-stationer i pilotområden.

## Ny mätstation MS7

- **Leverantör VAISALA, Finland**
- **Vind** Istället för "skålkors" och vindriktningsgivare så har MS7 en sensor baserat på ultraljud. Den nya sensorn lämnar samma data som tidigare, men kan även mäta kastvindar.
- **Nederbördssensorn** - byts från den tidigare Optic-Eye till Vaisalas PWD22. Den nya nederbördssensorn mäter även sikt.
- **Fryspunkt** - Möjlighet till inbyggd ytstatus (fryspunkt, molnighet, DRS511).
- **Lufttemperatur och luftfuktighet** - samma sensortyp som tidigare, men med uppvärmning som gör att den behöver servas/kalibreras mer sällan.
- Möjlighet till flera beröringsfria givare samt tjäldjup i samma station
  - **Temperatur (DST)**
  - **Ytstatus/Friktion (DSC)**



9

TRAFIKVERKET

Figur 9, Presentation, Nästa generations VViS, Jonas Jonsson 2019-10-24

Följaktligen saknas väglagssensor DSC211 på huvuddelen av VViS-stationerna i pilotområdena och i de fall den gamla sensorn DSC111, med lägre mätnoggrannhet, varit installerad visade det sig till råga på allt att mätvärden under första vintern felaktigt decimalavrundats av Trafikverket (så att en tunn vattenfilm kan anges som torrt väglag) vilket sedan åtgärdades. För restsaltsensor DRS511 har vissa data utelämnats på API samt restsaltvärden från MetSalt saknas helt då leverantören fått återkalla sensorn på grund av mätfel på de prototyper som levererades till projektet. För att delvis försöka överbygga problemen med att DRS511 och DSC211 inte kan anslutas till MS4 gjordes installationer av [DRS611](#) som är en IoT-sensor (samma typ som DRS511 men trådlös) inför vintern 22/23 men beroende på problem med datakommunikationen tog dessvärre batterier slut. Sammantaget är det i dagsläget tyvärr endast ett fåtal av Pilotområdenas VViS-stationer som har utrustats med väglagssensor DSC211 och restsaltsensor DRS511/[DRS611](#) trots Trafikverkets ansträngningar.

Det har visat sig svårt att jämföra prognoser och inte minst jämföra med FCD-halkdata som projektet ursprungligen tänkte. En FCD-modul har planenligt tagits fram av BM System för att utvärdera prognos och är tillgänglig för projektdeltagare att kvalitativt utvärdera prognoser. Men svårigheten är att bedöma vad analysen ger och hur man ska jämföra olika prognoser om inte anledningen till att det är halt framgår. Att analysera väglag (torr, is, blött, fuktigt, snö osv), nederbörd och yttemperatur samtidigt som friktionskrav utvärderas ingår i dagens kravställning, se figur 3 & 10, men kräver alltså tillgång till kontinuerliga väglagsmätningar mellan VViS-stationer för att inte bara kunna utföras invid vägväderstolparna.



### Krav vid uppehållsväder och när åtgärdstid efter nederbörd löpt ut

Sektionselement	Vägytetemperatur			Ojämnhet cm
	Varmare än -6°C	-6°C till -12°C	Kallare än -12°C	
	friktionstal	friktionstal	friktionstal	
Körfält	Snö/isfritt	0,35	0,25	1,5
Vägren	0,25	0,25	0,25	1,5
Sidoanläggning	0,25	0,25	0,25	1,5

Tabell 81.121 a, Krav vägklass 1–3

Startkriterium och åtgärdstid för lös snö, när det inte finns krav på snö- och isfrihet, är samma som vid snöfall i tabell 81.121 b.

### Krav vid nederbörd samt under åtgärdstid efter nederbörd

Sektionselement	Startkriterier		Åtgärdstid timmar		
	Snöfall	Regn	vägklass		
	Snödjup cm lös snö	Friktion Friktionstal	1	2	3
Körfält	1	0,30	2	3	4
Vägren	1	0,25	4	6	8
Sidoanläggning	3	0,25	4	6	8

Tabell 81.121 b, Krav, vägklass 1–3

Under snöfall när startkriteriet (cm lös snö) inte är uppnått gäller samma krav som vid regn.

När vägytetemperaturen stiger ska standardkraven gällande för det varmare temperaturintervallet vara uppfyllda senast 15 timmar efter att en temperaturgräns passerats.

Figur 10, Trafikverkets funktionskrav för vägklass 1–3

Långsiktighet avseende test-bäddar har således visat sig vara nödvändigt då vintrar varierar kraftigt numera och entreprenörer ständigt byts ut i de korta driftkontrakten med 4–6 års upphandlingsperioder. Det är således många aktörer och intressen inblandade vid transformationen av framtidens VViS-system som är en grundläggande pusselbit i automatiseringen av vinterväghållningen.

## Tidplan – Långsiktighet är nödvändig!

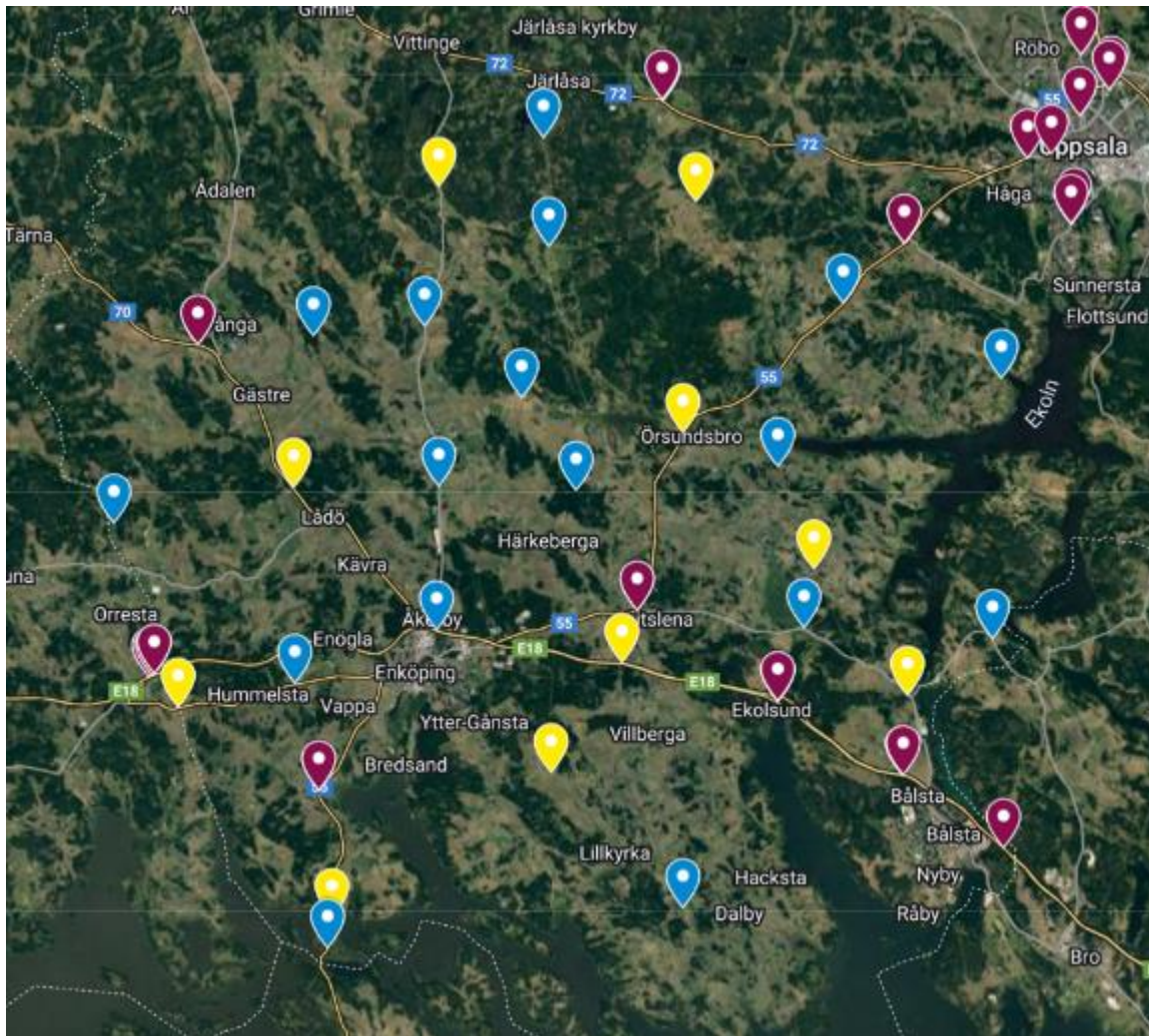
- Tidplan förskjuten, innovationsuppdrag snarare än projekt
  - Ingen vinter 19/20
  - Kort tuff vinter 20/21 (mycket snö men lite halka)
  - Hygglig vinter 21/22
  - Hygglig vinter 22/23 (höst med saltstrul därefter mycket snö men lite halka)
  - Saknad sensordata (DSC211 & DRS611)
- Hur säkrar vi test-bädd Enköping på lång sikt dvs där nästa vinter 21/22 är sista kontraktsåret i BUV Enköping (exkl option). **2-års option utlöst dvs till 23/24.**
- Samverkan Hög i Enköping för att bevara testbädden runt Sagån?
- Målet är att bevara projektgruppen åtminstone vinter 22/23 och 23/24

Figur 11, Slide från projektredovisning i Sagån juni 2022 (kompletterad med vintern 22/23)

Vi kan nu efter projekt konstatera att "bästa" vintern i systemimplementeringsperspektiv uppnåddes 21/22 med följande resultat:

- 20st (av ca 100 st varav 35 aktuella) Dyn-Opt saltningar körda i Enköping vintern 21/22
- Avgränsat arbetssätt implementerat (för vissa typer av vädersituationer som är enklare att prognostisera exempelvis frosthalka )
- Fortsatt fokus på ökad prognoskvalité samt upplösning

Framtiden ser alltså relativt ljus ut då antalet och kvalitén på indata från bland annat IoT-vägväderstationer ökar stadigt. Intresset för projektet samt vägväderprognoser har även spridit sig internationellt, exempelvis till Norge där MESTA i april 2023 på branschprojektgruppsmöte uppgav att de vintern 22/23 nyttjar saltprognoser från Klimators RSI i 23 st områden och har monterat totalt 44 IoT-stationer av typen [Road Weather Station](#) från Klimator i deras områden. Vaisala har även levererat motsvarande MS7-vägväderstationer (RWS200) eller bättre bestyckade stationer i stora delar av norra Europa och Baltikum de senaste åren. Vi har nu även 10 st Road Weather Station installerade i driftområde Enköping för användning vintern 23/24. Detta har utökat antalet sensorpunkter, Figur 12.



Figur 12, placering av sensorer i testområde Enköping, gula markering är nya Road Weather Station, lila markeringar befintliga VVIS-väderstationer och blå markering är förslag på ytterligare sensorer.

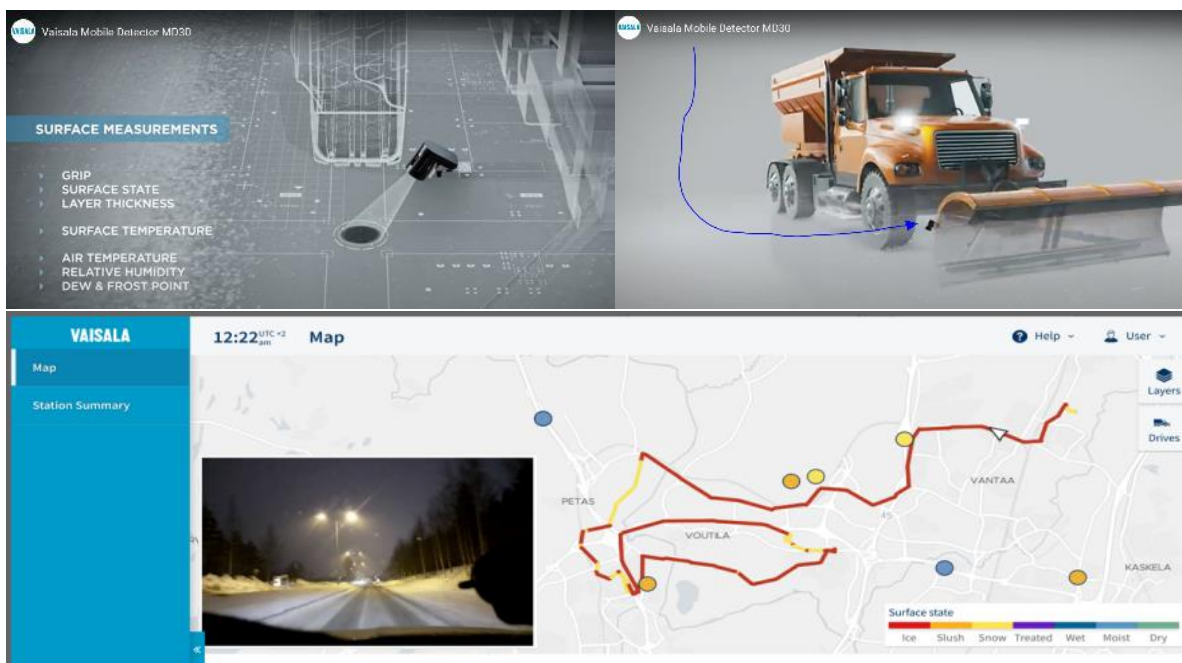


Figur 13, [Road Weather Station \(klimator.se\)](http://klimator.se) från Klimator



Rörliga sensorer typ [MD30](#) och [AHEAD](#) (tillkom vintern 22/23) har även testats i projektet dvs möjligheten att nyttja väglagsdata som prognosdata. Vad som är än mer spännande är att konkreta samtal nu pågår avseende Fol-projekt för att nyttja mätdatan även för justering av givan i samband med implementering av automatisk saltning. Bland annat har Svevia haft ett första initialt möte med Vaisala, BM System och Friggeråkers Verkstäder angående test av automatiserade saltspridare i Pilotområde Enköping nästa vinter dvs 23/24. Vaisala bedöms kunna skicka en prognosgiva via BM som kompletterar med saltbredd från historiska körningar till den uppkopplade Falköpingsaltspridaren från Friggeråkers Verkstäder. Liknande upplägg planeras även med MESTA och Klimator i Norge.

Fuktmätningar skulle alltså kunna användas på liknande sätt som infraröd teknik använts historiskt för att mäta aktuell yttemperatur vid saltningsåtgärdstillfället för att kunna justera för eventuella avvikelser mot prognos och now-cast.



Figur 14, MD30



Figur 15, AHEAD

## Slutsatser

Följande slutsatser som konstateras i halvtidsbokslut enligt BILAGA 2 gäller alltså vid projektslut.

Det kan konstateras att det har tagit och kommer ta längre tid än vad projektet hoppats på att kommersialisera saltbehovsprognoser och att FCD-friktionsdata "halkdata" inte alls haft och kommer få den avgörande roll i kommersialiseringen av ändamålsenliga saltprognoser som indikerats från vissa håll. Att använda FCD-data som den primära prognosindatan som indikerades vid projektstart har inte fungerat eller i vart fall är inte FCD-friktionsdata implementerade i någon av väderprognosleverantörernas prognosmodeller men däremot väglagsdata.

Halkdata (friktionsestimat) är alltså ingen högvärd prognosindata och är mindre lämplig för att verifiera algoritmer då den varken kan ge konkreta svar på varför det är halt ex väglag (torrt, snö, is, fukt etc) eller om det möjligen handlar om grus-, oljehalka eller vattenplaning. Att FCD-friktionsestimat "halkdata" kan fylla en funktion även som prognosindata i framtiden när avancerade algoritmer finns på plats kan mycket väl vara sannolikt, men en sak i taget dvs i första hand måste algoritmerna tas fram och valideras i ett överflöd av högkvalitativ data som algoritmen senare kan göra sig oberoende av.

I tillägg till ovan är projektet mycket stolta över att Sannolikhetsberäkningar har implementerats av samtliga väderprognosleverantörer och alltså kan nyttjas i den Dynamiska Ruttoptimeringen för att optimera åtgärder kopplat till säkerheten i halkprognosen.

PMSV3-beläggningsdata avseende spår djup har implementerats i Vaisala MDSS avrinningsmodell för vägytan.

Det har enligt prognosleverantörer indikerats att det med ganska stor säkerhet går att se tidiga indikationer ca 1–2 timmar innan halkan uppstår utifrån analys av friktionsdata. Dock är väglaget och därmed åtgärdsbehoven samt vinterväghållningsmetod svår att fastställa enbart utgående ifrån friktionsdata vilket gör att användningsområdet i dagsläget endast handlar om tidig varning om att åtgärd troligen kommer behövas.

Kommentar från väderprognosleverantör: *För vår del är det väldigt positivt att testa ny input-data och få kontinuerlig feedback på våra modeller. Det gör att vi kan jobba på att förbättra oss där det behövs. Vaisalas, SMHs och Klimators modeller testades även i Göteborgs kommun med väldigt positiva resultat. Utan Digital Vinter-projektet hade det inte varit möjligt. Digitaliseringen av vinterväghållningen har kommit väldigt långt redan nu.*

# Varför är det halt och hur ska det åtgärdas?

## Svårigheter med friktionsdata...i den operativa verksamheten

- Vart har mätningen skett?
  - Olika krav i hjulspår, vägren och mittsträng (beroende av väglag)
    - GPS- och kartnognrighet saknas för automatiserad kategorisering...och hjulspåren flyttar sig mellan tillfällena...
    - Generaliseringsregler i NVDB
- Vad har mätts?
  - Mätningen på representativ yta?
    - Kraven är olika samt mätning förutsätts INTE utföras
      - Under snöfall (nget friktionskrav och hur vet vi om det snöat vid mätning om inte väglag mätts?)
      - Där snösträngen körts ut tillfälligt vid ex omkörning. Eller?
      - Där hjulspåren är djupa eller ojämnheter medför att rensplögning inte kan utföras?
    - Och vid vilken ytemp? (påverkar krav)
      - Hur vet vi om det är snö och isstitt utan väglagsdata?
- Hur ska det åtgärdas.
  - Hyvel, plogning och/eller salt och hur mycket?
    - Fukt mängder alltså ökande dvs tjocklek på is-/snölagret och vattenfilm.
- Oljespill, grushalka, vägmarkeringshalka, vattenplaning?
- Inte helt trivialt att hantera i praktiken och hur skall denna data kunna användas i prognos för preventivt vinterväghållning.



**SVEVIA**

Figur 16, Redovisning på Webinarium Digital vinterväglagsinformation - mot en effektiv och hållbar vinterväghållning 1 juli 2021

Framtagning av avancerade algoritmer (bl a fukt) tar tid och kräver stor tillgång till högvärd och ibland pre-kommersiell data (vägsensordata) under verifieringsfas för att på sikt kunna nyttja lågvärd (till exempel friktionsestimering från bilsensordata eller vindrutetorkardata) som är mer tillgänglig.

Pre-kommersiellprognosdata behöver finansieras av behovsägaren (Trafikverket) i en lågmarginal bransch för att beslutsstödsystem-/väderprognosleverantörer fortsatt skall vara intresserade att bedriva Fol här i Sverige med driftentreprenörsbranschen och kunna verifiera/implementera PMSV3 och Väglagsdata.

På sikt kommer troligtvis indata från vägscanning (fuktmodeller), mobila trafikflödesmätningar via mobilnätet och friktionsestimeringar att fungera som prognosunderlag i salt- och väglagsprognosmodellerna i beslutsstödsystemen där fuktmodellerna primärt behöver utvecklas.

Det är alltså viktigt att framöver fortsätta låta driftentreprenörsbranschen (slutanvändarna som är specialister på vinterväghållning) driva på utvecklingen om man vill att Sverige ska ges möjlighet att fortsätta leda utvecklingen av beslutsstödsystem.

Attraktiva Test-Siter eller snarare Driftområden likt Enköping behöver finnas över tid dvs med senaste fasta samt rörliga sensorerna samt att pre-kommersiella/efterfrågade data tillhandahålls till prognosleverantörer. Se bilaga 4.