



vti

VTI PM

2018-10-02

Diarienummer:2013/0390-9.1

Sopsaltning av gång- och cykelvägar

Fältförsök i Stockholm vintern 2017–2018

Anna Niska

Göran Blomqvist

vti

Förord

För femte vintern i rad har VTI gjort mätningar i Stockholm för att utvärdera tillämpningen av sopsaltmetoden för vinterväghållning av cykelstråk. Metoden innebär att en sopvals används för att röja bort snön från vägytan och att halka bekämpas med saltlösning eller befuktat salt. Första vinterns mätningar (2013/14) finns sammanställda i VTI notat 28-2015 och andra vinterns mätningar (2014/15) i VTI notat 29-2015. De viktigaste resultaten från första vinterns mätningar finns också sammanfattade i broschyren ”Sopsaltning av cykelvägar – för bättre framkomlighet och säkerhet för vintercyklister” (Niska och Blomqvist, 2014). Den tredje vinterns mätningar (2015/16) finns sammanställda i ett PM (Niska, Blomqvist och Järleskog, 2016) medan den fjärde vinterns mätningar (2016/17) är publicerade i VTI notat 30-2017 (Niska, Blomqvist och Järleskog, 2017).

Denna vinters mätningar skiljer sig från tidigare vintrar genom att inte någon generell uppföljning av sopsaltningen på cykelvägar gjorts, genom stickprovsvisa mätningar, utan istället har ett antal specialstudier genomförts. Dessa har bland annat innefattat tester av olika saltlösningar och utvärderingar på trottoarer.

Även denna vinter har vi liksom under de senaste vintrarna, i tillägg till utvärdering av sopsaltningen, specifikt studerat friktion och slitage på rödfärgade cykelytor. Uppföljningen av de rödfärgade cykelytorna kommer att presenteras i sin helhet i en separat VTI-rapport, men utvalda resultat från denna vinters mätningar ingår även i detta PM.

Ett stort tack till Jones Karlström, Sara Alves och Peter Ringkrans på Stockholms stad för ett gott samarbete och värdefulla synpunkter under arbetets gång! Ett stort tack också till Bengt Björkman och alla förare: Kim, Robert, Jimmy, Lillen och Niklas på Peab och hos underentreprenörer samt Rosie och Dennis på Svevia som med stort tålamod medverkat i våra studier.

Samtliga fotografier i detta PM är tagna av Göran Blomqvist.

Linköping, oktober 2018

Anna Niska

Innehållsförteckning

Sammanfattning	7
1. Inledning	10
1.1. Bakgrund.....	10
1.2. Syfte	10
2. Tidigare mätningar i Stockholm.....	11
3. Fältstudier denna vinter, 2017-2018.....	14
3.1. Specialstudie av olika halkbekämpningsmedel.....	14
3.1.1. Genomförande.....	14
3.1.2. Resultat	19
3.1.3. Diskussion och slutsats	22
3.2. Jämförelser av olika borstar	23
3.2.1. Genomförande.....	23
3.2.2. Resultat	23
3.2.3. Diskussion och slutsats	24
3.3. Utvärdering av sopsaltning på gångbanor/trottoarer.....	24
3.3.1. Genomförande.....	25
3.3.2. Resultat	26
3.3.3. Diskussion och slutsats	29
3.4. Uppföljning hala ytor	30
3.5. Uppföljning av slitage på rödmålade ytor.....	31
3.5.1. Genomförande.....	32
3.5.2. Resultat	33
3.5.3. Diskussion och slutsats	36
4. Förslag till fortsatta studier.....	37
4.1. Ökad kunskap om saltdoser	37
4.2. Förbättrad uppföljning av åtgärder.....	37
4.3. Utveckling av utrusning, metoder och strategier	38
4.4. Ökad kunskap om variationer i lokalklimat.....	38
Referenser	39

Sammanfattning

Sopsaltning av gång- och cykelvägar. Fältförsök i Stockholm vintern 2017–2018

av Anna Niska och Göran Blomqvist (VTI)

VTI har sedan vintersäsongen 2012/13 haft i uppdrag av Stockholms stad att utvärdera sopsaltmetoden som används för vinterväghållning av – idag cirka 21 mil – prioriterade cykelstråk. Det är femte säsongen i rad som VTI genomför en uppföljning. Sopsaltmetoden innebär att en sopvals röjer/borstar bort snön från cykelvägen som därefter prepareras med saltlösning eller befuktat salt, vanligtvis NaCl (natriumklorid). Utvärderingen har bestått i stickprovsvisa mätningar vid ett antal strategiskt utvalda platser längs de sopsaltade cykelstråken samt ett antal specialstudier, bland annat jämförelser av olika halkbekämpningsmedel och uppföljning av friktion och slitage på rödfärgade ytor. För utvärderingen har vi valt ut platser som anses särskilt intressanta då de representerar olika miljöer, olika metoder, utrustningar eller strategier, eller där vägbanan har kända variationer (olika beläggingsmaterial, dålig kondition med potthål och sprickor, skärningspunkter mellan sopsaltat och icke sopsaltat stråk, osv.). På dessa platser har vi mätt friktion, saltmängd, fördelning av saltet, vätskemängd och temperatur – både i luft och på vägbanan. Okulära bedömningar av väglaget har även noterats och sammanställts. Till viss del har åtgärderna följts upp med hjälp av väderdata och förarprotokoll. Praktiska erfarenheter har också samlats in med hjälp av intervjuer och diskussioner med förare och driftledare. Resultaten från samtliga genomförda utvärderingar hittills kan sammanfattas enligt följande:

Sopsaltning på cykelvägar

- Sopsaltmetoden fungerar bra så länge förarna är ute i tid, nederbörden inte blir för kraftig eller temperaturen för låg.
- Saltningen görs med fördel i preventivt syfte, innan nederbörd för att cykelvägen ska klara lägre temperaturer och nederbörd innan tillfrysning sker.
- Om en sträcka inte hinner med att åtgärdas under ett snöfall är risken stor att det bildas en isbark av kompakterad snö.
- Om en isbark uppstått kan det inte åtgärdas med enbart saltlösning och borstning då detta snarare polerar isen och gör den än mer hal. Då är det bättre att ploga/riva bort isbarken, sanda och därefter återgå till sopsaltning när vädret tillåter.
- Cykelvägens utformning och vägytans kondition ligger till grund för sopsaltningens resultat:
 - trånga passager som försvårar driftfordonets snöröjning leder till ökade saltmängder och större risk för isbildning;
 - utformningsdetaljer där snö och is kan ackumuleras är en potentiell källa till inrinnande smältvatten, med risk för utspädning av saltet med tillfrysning som följd;
 - brunnarnas placering och vägbanans lutning påverkar avrinningen, och därmed risken för isbildning;
 - ojämnheter och/eller skador i beläggningen ökar svårigheten att rengöra ytan med fullgott resultat och kan även påverka avrinningen.

- Valet av beläggingsmaterial har betydelse för risken för halka, något som kan bli extra tydligt i samband med sopsaltning.
- Friktionen kan variera mycket längs de sopsaltade stråken – något som cyklister behöver göras uppmärksamma på. Det gäller framförallt:
 - där beläggningen är skadad eller ojämn;
 - där osaltade stråk korsar eller ansluter till de saltade cykelstråken;
 - på brunnsock, smågatsten eller andra typer av ”avvikande beläggning”;
 - där byggtrafik eller liknande dragit in lera, smuts och grus på cykelvägen;
 - där cykelvägen korsar bilväg, i synnerhet på rödfärgade cykelpassager.

Potential för förbättringar av metod, utrustning och strategi

- En fortsatt utveckling av fordon och utrustning är nödvändig för att sopsaltmetoden ska nå en mer optimal tillämpning.
- Den faktiska saltgivan är sällan överensstämmande med inställd saltdos vilket innebär svårigheter för förarna att säkerställa att korrekt saltmängd applicerats på ytan.
- Spridning av saltlösning med munstycken/dysor ger en jämnare spridning utan synligt salt på ytan och en snabbare upptorkning i jämförelse med befuktat salt från en tallriksspridare.
- En effektiv borstning som tar bort så mycket vätska som möjligt från ytan, medför att en lägre saltgiva behövs för att förhindra till- eller återfrysning.
- Borstens slitage påverkar möjligheten att få vägytan ren.
- Specifika saltmallar för sopsaltning behövs som stöd till utförarna för val av optimal saltdos och salttyp vid olika väderförhållanden och temperaturer.
- Under vissa förhållanden kan det vara fördelaktigt att ersätta eller komplettera den vanliga saltlösningen av natriumklorid (NaCl) med andra typer av halkbekämpningsmedel.
- Innan den vanliga saltlösningen av natriumklorid (NaCl) kan ersättas av andra halkbekämpningsmedel behövs en mer fullständig beskrivning och livscykelanalys för respektive medel för att klargöra miljöeffekter och kostnadseffektivitet.
- Det finns goda möjligheter att hålla saltmängderna nere genom att spara in på antalet åtgärder och/eller dosen vid varje enskilt salttillfälle.
- Vid åtgärder under pågående snöfall kan sopsaltmetoden resultera i en betydande spridning av salt till omgivningen och det kan därför finnas anledning att se över strategin vad gäller saltgivor och ruttlängder/återkomsttider under pågående snöfall.
- För att kunna ta fram en för cykelvägar bättre anpassad saltningsstrategi behövs en ökad kunskap om de processer som sker på en cykelbana som påverkas av underlaget, saltmängden och friktionen inbegripet cykeltrafikens bearbetande förmåga av saltet.

- För att kunna göra de strategiskt och taktiskt bästa valen i fråga om åtgärdernas tidpunkt och omfattning behövs kvalificerade väderprognoser och väderuppföljning, framförallt vad gäller vägytetemperaturer och förväntad fuktmängd.
- Det kan förekomma stora lokala variationer i vägtemperatur och väder vilket påverkar resultatet med sopsaltmetoden. Lokala väderstationer och sensorer skulle kunna ge bättre väderdata och prognoser som underlag för när och vilka åtgärder/saltmängder som behövs.
- Vädret kan snabbt ändra sig och bli annorlunda än vad prognosen förutsagt, särskilt i samband med upplärande väder kan temperaturen bli lägre än förväntat och frostutfällningen större än förväntat. Vid sådana tillfällen är det bra om föraren är försedd med en handhållen vägytetermometer, för att säkra att inte saltgivan är för låg.
- I samband med vägarbeten behöver upphandlingen av sopsaltningen ses över, t.ex. gällande:
 - Ansvarsfördelning
 - Hållbarhet av tillfälliga konstruktioner, så att de klarar de driftfordon som används
 - Rengöring från grus, lera, etc.

Sopsaltning på gångbanor

- Det kan vara svårare att uppnå ett tillfredsställande resultat av sopsaltning på gångbanor eftersom:
 - underlaget ofta är mer ojämnt än på en cykelbana, bland annat till följd av en blandning av en mängd olika beläggningsmaterial;
 - trånga passager och möbleringszoner försämrar framkomligheten för driftfordonen;
 - det är vanligt med tillförsel av vatten från stuprörsrännor;
 - ett snötäcke tycks packas snabbare av passerande fotgängare än av cyklister.
- Den stora variation i typen av beläggningsmaterial som förekommer på gångytor kan också innebära stora variationer i friktion/halkbenägenhet.

Rödfärgade cykelytor

- En noggrann övervägning behövs innan beslut om var och i vilken omfattning en rödfärgad cykelyta ska anläggas.
 - Tidigare vetenskapliga studier har visat att säkerhetseffekterna av färgade cykelpassager kan vara både positiva och negativa.
 - Under vissa förhållanden erbjuder de rödfärgade cykelytorna en lägre friktionsnivå än omgivande ytor. kan bli extra hala vintertid
 - En vintersäsong ger ett tydligt slitage av korsande biltrafik på rödfärgade ytor, vilket leder till stora underhållskostnader.

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Stockholms stad har under flera år arbetat aktivt med att främja ett ökat cyklande, året runt. Under vintern 2012/13 gjordes inledande försök med "sopsaltning" av cykelvägar i syfte att uppnå en högre vinterdriftsstandard och därmed förbättra cyklisters framkomlighet, komfort och säkerhet vintertid. Sopsaltning är en metod som innebär att en sopvals används för att röja bort snö från vägytan och att halka bekämpas med saltlösning eller befuktat salt. Metoden har använts för vinterväghållning av cykelvägar i Linköping sedan 1999 (Bergström, 2002) och har under senare år börjat tillämpas i ett trettiotal svenska kommuner. Inför vintern 2013/14 då Stockholms stad började tillämpa sopsaltning i större omfattning – då motsvarande 61 km cykelväg – fick VTI i uppdrag att utvärdera metoden för att identifiera för- och nackdelar och ge förslag till möjliga förbättringar. Stockholms stad valde ut vilka cykelstråk som skulle sopsaltas, främst med utgångspunkt från viktiga pendlingsstråk där det färdas många cyklister. Inför vintern 2014/15 fördubblades det sopsaltade cykelvägnätet till 120 km och inför vintrarna 2015/16 och 2016/17 utökades det ytterligare till 155 respektive 182 km. Under dessa vintrar, har vi genomfört fältmätningar på några strategiskt valda platser längs de sopsaltade cykelstråken för utvärdering av metod och utrustning. Resultat från dessa utvärderingar finns sammanställda i VTI notat 28-2015, VTI notat 29-2015, VTI PM 2016-12-01 (Diarienummer: 2013/0390-9.1) samt VTI notat 30-2017. I dessa publikationer finns också de olika mätplatserna presenterade i detalj och på kartor.

Några olika varianter av fordon och utrustningar har använts under åren, där den mest väsentliga skillnaden varit typen av saltspridare. Den ena typen har en spridarramp med munstycken som endast kan sprida saltlösning och den andra en tallriksspridare som kan användas för att sprida såväl saltlösning, som befuktat eller torrt salt. I VTI:s uppdrag har ingått att också identifiera för- och nackdelar med olika typer av utrustning. Inför vintern 2017/18 hade det sopsaltade cykelvägnätet utökats till 207 km. Även denna vinter fick VTI ett utökat uppdrag att göra fortsatta utvärderingar, med då med ett annat upplägg än under tidigare vintrar.

1.2. Syfte

Syftet med mätningarna denna vinter, 2017/18, har varit att fördjupa kunskaperna kring de processer som sker vid saltning på en cykelväg och att undersöka om effekt och varaktighet skiljer sig mellan olika typer av halkbekämpningsmedel.

I tillägg till studier av sopsaltning på cykelvägar har vi denna vinter också haft i uppdrag att närmare studera metodens tillämpning på trottoarer. I det ingår en jämförelse av två olika metoders för- och nackdelar.

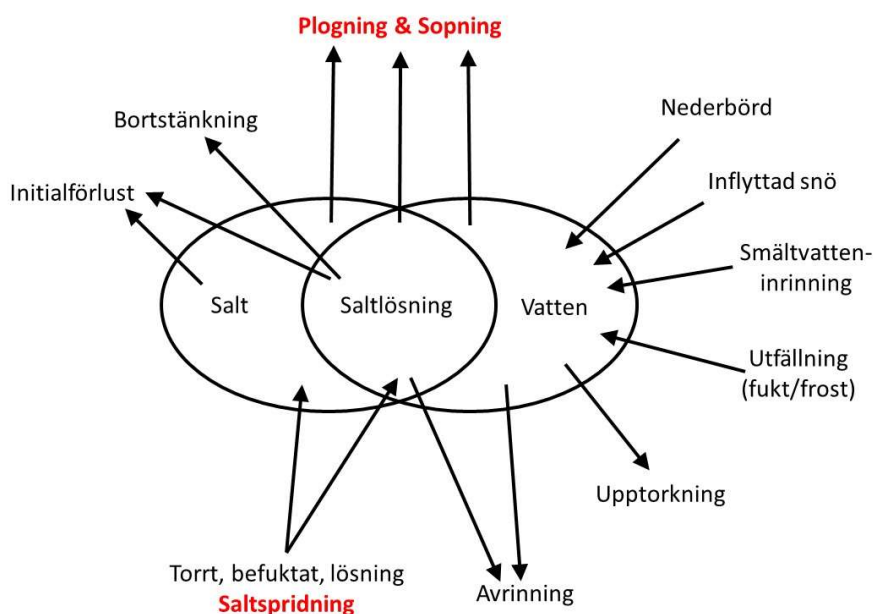
Specialstudierna av de rödmålade cykelpassagerarna har också fortsatt denna vinter, nu med ett större fokus på slitaget, där olika typer av färger/massor har jämförts.

2. Tidigare mätningar i Stockholm

Här sammanfattas upplägg och resultat från våra tidigare utvärderingar av sopsaltningen i Stockholm.

Den första vintern (2013/14) var ovanligt mild och sopsaltmetodens fördelar blev tydliga (Niska och Blomqvist, 2016a; Niska och Blomqvist, 2014). Det var i princip alltid barmarksförhållanden på de sopsaltade stråken och den frekventa sopningen gjorde att ytorna var betydligt renare från grus och smuts än på cykelvägar där metoden inte tillämpats. Vägslagsobservationer och friktionsmätningar visade emellertid att det är viktigt att cykelvägen är i gott skick, utan skador i beläggningen och med tillfredsställande avrinning, för att det ska vara möjligt att uppnå ett gott resultat vid sopsaltning. Det konstaterades vidare att friktionen kan variera mycket längs de saltade stråken och att en större mängd salt kan behövas på vissa platser för att undvika att halka uppstår. Även om det visuellt ser ut att vara barmark kan det finnas halka som cyklister behöver informeras om och vara beredda på, framförallt där beläggningen är skadad eller ojämn; där cykelvägen korsar bilväg, i synnerhet på röd massa som markerar cykelpassage; där osaltade stråk korsar eller ansluter till de saltade cykelstråken; på brunnslock, smågatsten eller andra typer av ”avvikande beläggning”; där byggtrafik eller liknande dragit in lera, smuts och grus på cykelvägen.

Under den första vintern tycktes det räcka med enbart saltlösning för att uppnå ett fullgott resultat, undantaget ovanstående problemlatser. Till skillnad från de sträckor som halkbekämpades med befuktat salt från en tallriksspridare, fick man en jämnare spridning utan synligt salt på ytan och en snabbare upptorkning på de sträckor där enbart saltlösning spridits med munstycken och vi såg heller inga problem med återfrysning. Utifrån våra mätningar den vintern kunde vi också konstatera att, trots att saltgivorna varit låga, hade ändå ganska höga saltmängder ackumulerats på cykelvägarna. Därmed skulle det kunna finnas goda möjligheter att hålla saltmängderna nere genom att spara in på antalet åtgärder och/eller dosen vid varje enskilt salttillfälle. För att kunna ta fram en för cykelvägar bättre anpassad saltningsstrategi behövs emellertid en ökad kunskap om de processer som sker på en cykelbana som påverkar underlaget, saltmängden och friktionen inbegripet cykeltrafikens bearbetande förmåga av saltet (se Figur 1).



Figur 1. Principerna för hur olika processer påverkar mängderna av salt och vatten på gång- och cykelbanor och därigenom leder till olika salthalter som i sin tur har effekter för halkrisk (Niska och Blomqvist, 2016b).

Nästföljande vinter (2014/15) var inte lika mild i Stockholm och hade perioder med låga temperaturer i kombination med mycket nederbörd, vilket satte sopsaltmetoden på prov och tydliggjorde några av dess nackdelar. Under ett par veckor i januari-februari blev det problem med isbildning på de sopsaltade cykelstråken – framförallt på sträckor där det förekom mycket gångtrafik (Niska och Blomqvist, 2016b). När snö och is väl fått fäste på vägytan var detta svårt att råda bot på. Vid dessa tillfällen innebar framförallt saltning med enbart saltlösning att isbildningen snarare byggdes på vid åtgärd istället för att fjärnas. Till slut fick man tillfälligt övergå till isrivning och sandning på vissa sträckor. En annan process som lyftes fram under vintern 2014/15 var spridningen av salt till omgivningen, orsakad av själva åtgärden. Vi konstaterade att vissa förhållanden (pågående snöfall och då åtgärden består av ett öppningsdrag som kompletteras med ett breddningsdrag) kunde leda till en betydande saltförlust. För att minska omgivningens exponering för salt kan det därför finnas anledning att se över strategin vid sådana tillfällen, vad gäller saltgivor och ruttlängder/återkomsttider.

Under den tredje vintern (2015/16) var det generellt sett mindre nederbörd än de tidigare vintrarna, men däremot var det flera tillfällen med ovanligt kraftig rimfrostutfällning (Niska, Blomqvist och Järleskog, 2016). Med anledning av problemen med isbildning under föregående vinter, hade man beslutat att gå över till sandning vid låga temperaturer, vilket man också gjorde under en vecka i januari. Förare som hade möjlighet att sprida torrsalt valde emellertid det istället och menade att det fungerade bra, trots temperaturer under -10°C . Under vintern 2015/16 kompletterade vi de ordinarie mätningarna på cykelvägar med stickprovsvisa mätningar på några gångbanor i innerstaden som saltades. Vi hade också extra fokus på att samla in förarnas erfarenheter och synpunkter genom personliga intervjuer. Förarna sa bland annat att det viktigaste för att uppnå ett gott resultat vid sopsaltning är att vara ute i rätt tid, innan snön hinner fästa på ytan. De lyfte också behovet av vidareutveckling av borstar och spridare för en mer optimal användning på gång- och cykelvägar. Gångbanestudierna visade att det kan vara svårare att uppnå ett gott resultat av saltning på gångbanor eftersom underlaget ofta är mer ojämnt än på en cykelbana. Studierna visade också på en stor variation i typen av beläggningmaterial på gångytor och att det kan ha stor betydelse för friktionen.

Under vintern 2015/16 specialstuderade vi också några rödfärgade cykelytor, eftersom våra tidigare mätningar indikerat att de kan bli extra hala vintertid. Mätningarna bekräftade att halka kan uppstå och en genomgång av tidigare vetenskapliga studier visade att säkerhetseffekterna av färgade cykelpassager kan vara både positiva och negativa beroende på trafiksituation och utformning (t.ex. Jensen, 2008). Med anledning av detta är det inte alltid lämpligt att rödfärga cykelpassagerna, särskilt inte på platser där man också har ett stort slitage som medför höga kostnader för att underhålla målningen. En slutsats var att slitaget av de rödmålade ytorna behövde undersökas närmare i kombination med ytterligare friktionsmätningar. Vi fortsatte därför med fördjupade studier av rödfärgade cykelytor under vintersäsongen 2016/17. En ny massa innehållande Bauxit utlagd på en cykelpassage i Västberga utvärderades och ”vanlig målning” gjordes i en korsning i Linköping för att underlätta en mer frekvent uppföljning. Förutom friktion mättes även slitaget av den rödmålade ytan i Linköping och resultaten pekade på ett markant slitage på bara en säsong. Friktionsmätningar visade att friktionen på den röda massan vid Bergslagsplan, liksom föregående vintrar, var relativt låg medan så inte var fallet på övriga rödfärgade cykelytor, vare sig i Stockholm eller Linköping - trots ett stort slitage.

Vintern 2016/17 var överlag mild, med medeltemperaturer över ”det normala” och relativt lite nederbörd, undantaget ett mycket kraftigt snöfall som startade den 8 november och lamslog hela Stockholm. Förutom de fördjupade studierna av rödfärgade cykelytor och de ordinarie stickprovsvisa mätningarna för uppföljning av sopsaltningen, detaljstuderade vi denna vinter också några olika processer såsom till- och bortförsel av fukt på vägytan. Detaljstudierna visade tydligt att cykelvägens utformning och vägytans kondition har betydelse för sopsaltningens resultat. Ojämnheter och/eller skador i beläggningen ökar svårigheten att rengöra ytan med fullgott resultat och kan även påverka avrinningen. Avrinningen påverkas också av brunnars placering och vägbanans lutning. Utformnings-

detaljer där snö och is kan ackumuleras är en potentiell källa till inrinnande smältvatten och trånga passager försvårar snöröjningen, vilket leder till större risk för isbildning och behov av ökade saltmängder. Vi kunde också konstatera att borstens slitage påverkar möjligheten att få vägytan ren.

Under vintersäsongen 2016/17 uppmärksammades problem med halka vid Slussen och dess byggplats. Våra slutsatser från observationer och friktionsmätningar var att den upplevda halkan till stor del berodde på damm och smuts från byggplatsen i kombination med en ovanligt slät beläggning. För att motverka halkan frästes räfflor i asfalten, som dessvärre ledde till inrinning av smältvatten och att det var svårt att med borsten sopa undan vattnet. Utifrån erfarenheter från arbetet vid Slussen kan vi också konstatera att det finns ett behov att se över upphandlingen av sopsaltning i samband med vägarbeten.

Sammantaget visar våra utvärderingar hittills att sopsaltmetoden fungerar bra så länge förarna är ute i tid, nederbörden inte blir för kraftig eller temperaturen för låg. En fortsatt utveckling av fordon och utrustning är dock nödvändig för att sopsaltmetoden ska nå en mer optimal tillämpning. Exempelvis överensstämmer den faktiska saltgivan sällan med den inställda salt dosen vilket innebär svårigheter för förarna att säkerställa att korrekt saltmängd applicerats på ytan. Dessutom behöver saltmallar tas fram som ett stöd för att indikera vilken giva som är optimal vid olika väderförhållanden och temperaturer.

3. Fältstudier denna vinter, 2017-2018

Till skillnad från tidigare vintrar har vi denna vinter (2017/18) fokuserat på ett antal specialstudier istället för en reguljär uppföljning av sopsaltningen av cykelvägar. Endast vid några enstaka tillfällen har vi gjort mätningar på några av de vanliga mätplatserna, för kontinuitet och ytterligare kunskapsuppbyggnad kring hur sopsaltningen kan optimeras. De fältmätningar vi genomfört har liksom tidigare innefattat väglagsobservationer, friktionsmätningar och saltmätningar på vägytan. Dessa utvärderingsmetoder har beskrivits närmare i VTI notat 28-2015 (Niska och Blomqvist, 2016a). Vi har också gjort mätningar av vätskemängd och saltkoncentrationer (refraktometerindex). Dessa mätmetoder beskrivs närmare i VTI notat 30-2017 (Niska, Blomqvist och Järllskog, 2017). Övriga mätmetoder och tillvägagångssätt beskrivs för respektive specialstudie för sig, i avsnitten som följer. Under vintersäsongen 2017/18 var vi i Stockholm vid 3 mättillfällen, 2–4 dagar i sträck, vilket summeras till utvärderande mätningar under totalt 9 dygn.

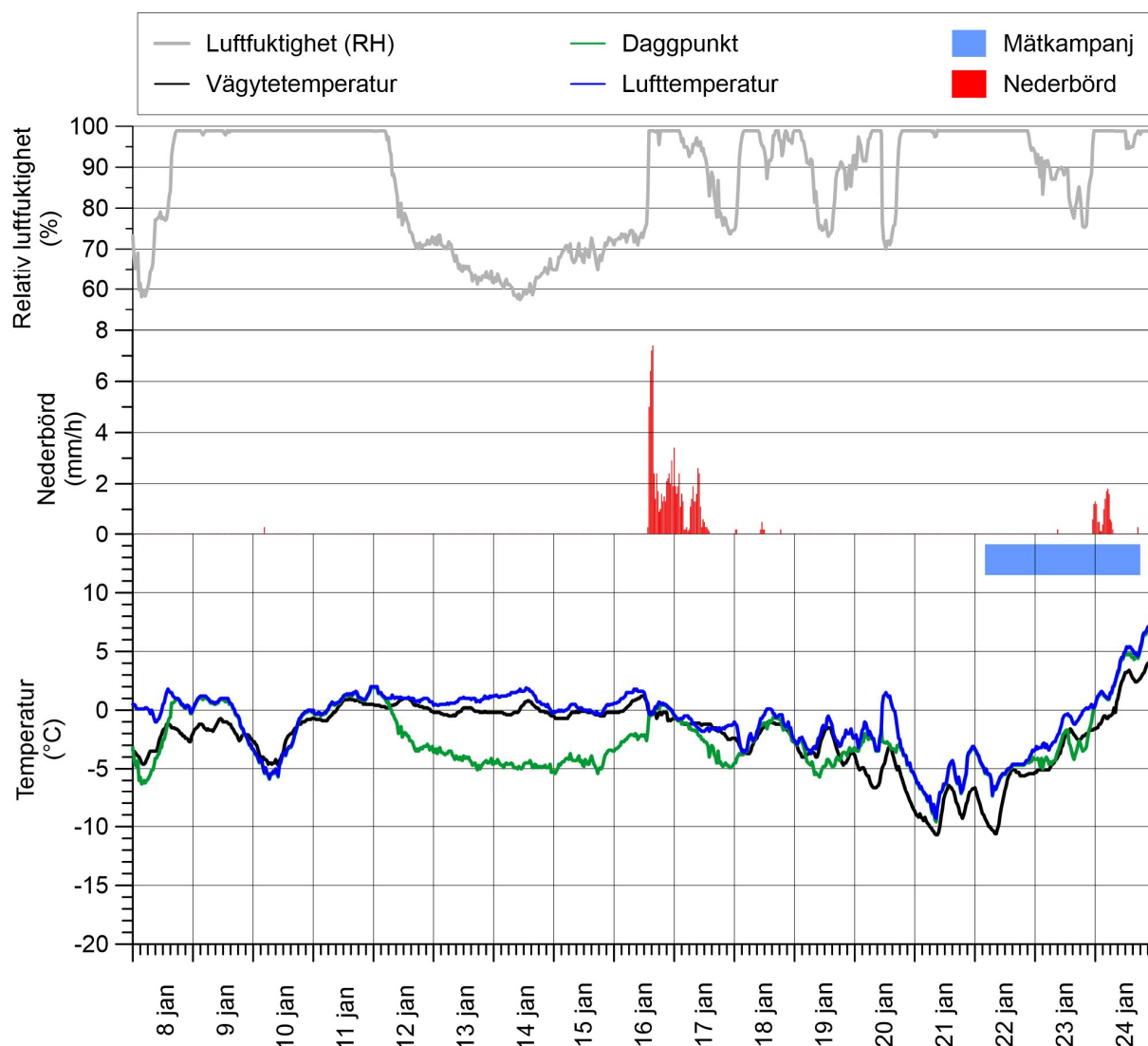
3.1. Specialstudie av olika halkbekämpningsmedel

I takt med att sopsaltmetoden börjat tillämpas i allt större omfattning har alternativ till den vanliga saltlösningen med natriumklorid (NaCl) börjat diskuteras. Exempelvis har Karlstad kommun tagit fram en blandning av natriumklorid och kalciumklorid som de använder vid sopsaltning av cykelvägar (Stomberg, 2016). Målsättningen för Karlstad var att ta fram en blandning som är mer effektiv än vanlig saltlösning (NaCl), även vid lägre temperaturer, utan att resultera i en fuktigare yta. Kalciumklorid (CaCl_2) har en lägre fryspunktstemperatur, men är mer hygroskopisk än natriumklorid (Vejdirektoratet, 2018). Efter visst experimenterande kom man fram till att en blandning av två delar 36-procentig kalciumkloridlösning med åtta delar 23-procentig natriumkloridlösning var det mest optimala. Karlstad upplever själva att de får ett bättre resultat med Karlstadlaken (Stomberg, 2016), men mer vetenskapliga studier behövs för att kunna dra några egentliga slutsatser kring Karlstadlakens effekt och varaktighet under olika förhållanden.

En annan saltlösning som förespråkats vid halkbekämpning på gång- och cykelbanor är Kaliumformiat. Den levereras av producenten Perstorp och därav kallas den populärt för ”Perstorpslösningen”. Kaliumformiaten sägs ha en snabbare avisningseffekt och vara verksam vid lägre temperaturer än natriumklorid (Wallqvist, 2016; Vejdirektoratet, 2018). Den ska också vara mindre korrosiv och skadlig för miljön i vissa situationer (Vejdirektoratet, 2018).

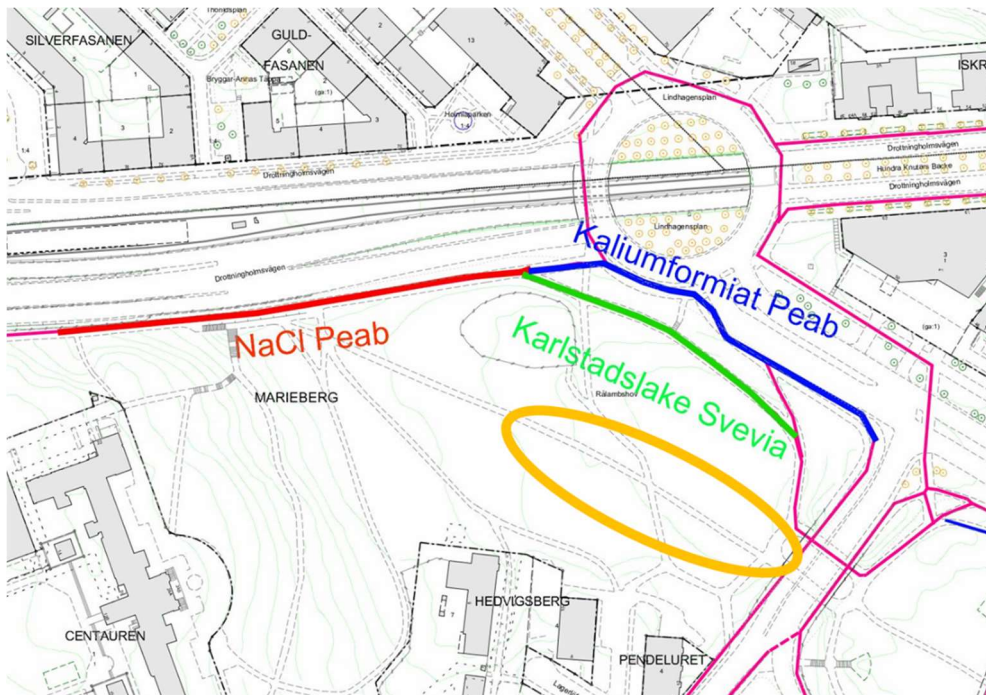
3.1.1. Genomförande

För att jämföra Karlstadlaken och Kaliumformiatlösningen med den vanliga natriumkloridlösningen har vi genomfört semikontrollerade tester i verklig miljö i Stockholm. Målsättningen var att genomföra försöket vid ett tillfälle då temperaturen förväntades vara förhållandevis låg – detta för att kunna jämföra de olika saltlösningarnas effekt på ett bättre sätt. Under slutet av januari förväntades låga temperaturer – enligt prognosen skulle det vara omkring -10°C under flera dagar. Vid genomförande blev det emellertid inte så kallt som prognosen talat för och mot slutet av perioden gick det över till mildväder (Figur 2).



Figur 2. Temperaturer och nederbörd, enligt VViS-stationerna 237 och 215, under våra mätningar i slutet av januari samt veckorna dessförinnan.

Vi valde vår mätplats vid Lindhagensplan (se beskrivning i VTI notat 30-2017) som försöksområde eftersom de olika driftområdena möts här – det ena sköts av Peab och det andra av Svevia. Tanken var att testa de olika saltlösningarna på de ordinarie rutterna på cykelbanorna i området (Figur 3). Vid mätningar inför försöket upptäckte vi emellertid att restsaltmängden på cykelbanorna var relativt hög – uppemot 50 g/m² – varför saltmängderna under försöken skulle vara försumbara i sammanhanget och därmed omöjliggöra en jämförande studie. Dessutom var det halkfri barmark på cykelbanorna samtidigt som vägtemperaturen var låg (-8°C; -4,5°C i luften) och det fanns risk att vårt försök skulle försämrade väglaget och skapa halka för cyklisterna. Vi valde därför att istället genomföra försöket på en gångbana längre ner i parken som inte saltats tidigare under vintern (Figur 4). Gångbanan är ungefär 220 cm bred.



Figur 3. Karta över Linhagensplan som visar cykelvägnätet och de planerade teststräckorna samt den slutligt valda försökssträckan på gångbanan i parken (inringat med gult).



Figur 4. Fotografier som visar gångbanans sträckning genom parken vid Lindhagensplan.

Innan försöket var det på gångbanan ungefär 1,5 cm hårt packad snö med ca 0,3 cm lös snö ovanpå. Ytan borstades tre gånger (Figur 5) vilket resulterade i att den lösa snön och lite av den packade snön försvann. Inför utläggning av saltlösningarna var det således ungefär 1 cm packad snö med lite synligt grus från tidigare sandning på ytan.



Figur 5. Borstning av den snötäckta gångbanan inför försöken med olika typer av salter (till vänster) med efterföljande friktionsmätning (till höger), vid 6-tiden på morgonen den 22 januari 2018.

Gångbanan delades in i 30 meter långa sektioner som saltades med varsin typ av saltlösning, enligt följande:

1. Kaliumformiat (Perstorpslösningen)
2. Karlstadslaken ($\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$)
3. Vanlig NaCl -lösning

Förarna fick instruktioner om att lägga samma giva, 40 gram per kvadratmeter, av respektive saltlösning. Då olika spridare användes för respektive lösning (Figur 6 och Tabell 1) är det dock troligt att den faktiska mängden skilde sig mellan sträckorna. Den var exempelvis inte möjligt att ställa in mängden saltlösning med den spridare som användes för att sprida Kaliumformiat – endast trycket kunde justeras upp till maximalt 2 bar. Spridarna var inte heller kalibrerade inför försöken.



Figur 6. De olika spridare som användes vid försöket: 1) för spridning av Kaliumformiat; 2) för spridning av Karlstadslaken; 3) för spridning av NaCl -lösning.

Den första saltningen gjordes vid 7-tiden på morgonen. Uppföljande mätningar gjordes direkt efter åtgärd och ca 3 timmar efter utlägg och sedan efter ytterligare två timmar. Under denna tid förändrades inte väglaget nämnvärt (se Figur 8 i resultatavsnitt 3.1.2) och för att få bort den packade snön sopades hela teststräckan. Det krävdes ett tiotal vändor innan snön hade sopats bort (Figur 7). Sopningen följdes upp med ytterligare mätningar. Av rädsla för att halka skulle kunna uppstå på gångbanan valde Trafikkontoret att därefter sanda sträckan i väntan på ny saltningsåtgärd. Då sanden innehöll en viss mängd salt (motsvarande ungefär 3 gram salt per kvadratmeter – enligt våra analyser i VTI:s laboratorium) kan det ha påverkat resultaten därefter.



Figur 7. Gångbanan efter borstning (till vänster) med efterföljande sandning (till höger), vid lunchtid den 22 januari, 2018.

Vid 4-tiden morgon därpå var vi på plats för fortsatta mätningar. Det var mildare väder (-2°C) än dagen innan och inte så kallt som prognosen förutsagt (-7°C). Vägtemperaturen var ungefär -3°C på samtliga delsträckor. Hela teststräckan borstades ren från grus följt av fler mätningar. Därefter gjordes nya saltningsåtgärder på delsträcka 2 och 3. Delsträcka 1 hade saltats med Kaliumformiat utan vår vetskap, innan vi var på plats. Uppföljande mätningar gjordes strax efter saltningsåtgärderna och ca 4 respektive 9 timmar därefter.

Tabell 1. Sammanställning av försöksupplägget för specialstudien av olika halkbekämpningsmedel. Saltlös 1 lades vid 7-tiden på morgonen den 22 januari. Saltlös 2 lades vid 6-tiden på morgonen den 23 januari, förutom Kaliumformiaten som lades redan vid 4-tiden.

	Delsträcka 1	Delsträcka 2	Delsträcka 3
Saltlösning	Kaliumformiat	Karlstadslaken	Vanlig saltlösning (NaCl)
Koncentration	50 % KHCO_2	8 delar (23 % NaCl) + 2 delar (36 % CaCl_2)	23 % NaCl
Spridare	Specialbyggd dysramp	Multihog dysramp	Schmidt tallriksspridare
Antal dysor	4 dysor med 40 cm emellan. Total bredd: 120 cm	2 rakt ner placerade med 70 cm mellanrum (+2 avstängda sneda)	-
Spridarebredd	> 120 cm	130–140 cm	-
Väglag innan saltning 1	1 cm packad snö	0,5 cm packad snö med enstaka bara fläckar	0,5 cm packad snö med bara fläckar
Vägtemperatur	-8°C	-7°C	-6°C
Saltlösningdos 1	Max = 2 bar (40 g/m^2)	40 g/m^2	40 g/m^2
Väglag innan saltning 2	Våt barmark, lite snömodd i början av sträckan	Våt till fuktig barmark	Våt barmark
Saltlösningdos 2	i.u.	20 g/m^2	20 g/m^2

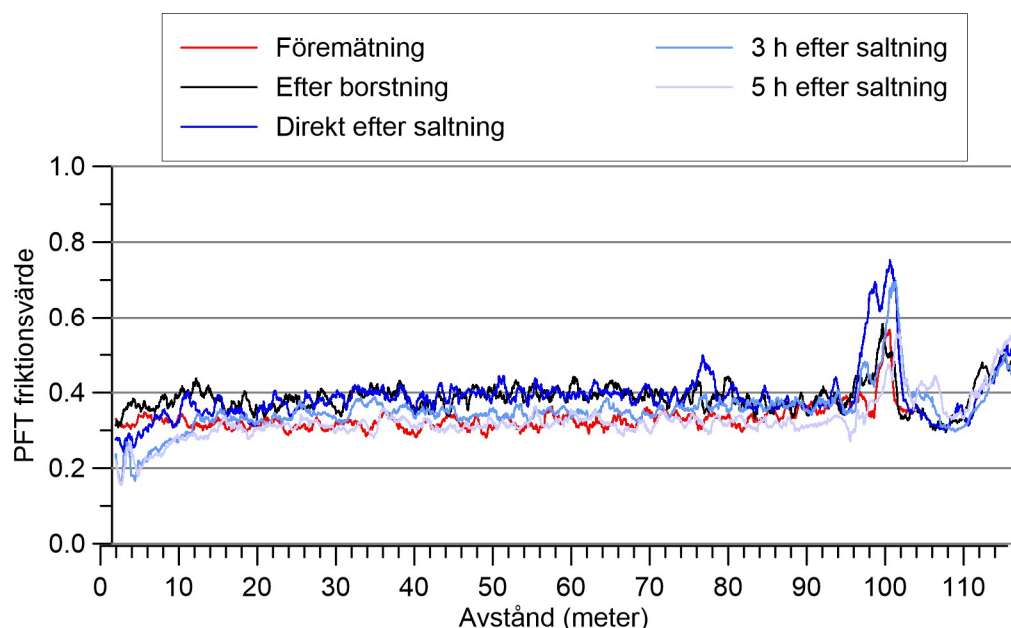
På försökets tredje dag snöar det rikligt på morgonen. Vid 6-tiden sopades hela teststräckan ren med uppföljande mätningar innan och efter åtgärd. Vid 7-tiden, efter genomförda mätningar avtar snöfallet och övergår i regn. Uppföljande mätning görs återigen ca 4,5 respektive nio timmar efter åtgärd.

3.1.2. Resultat

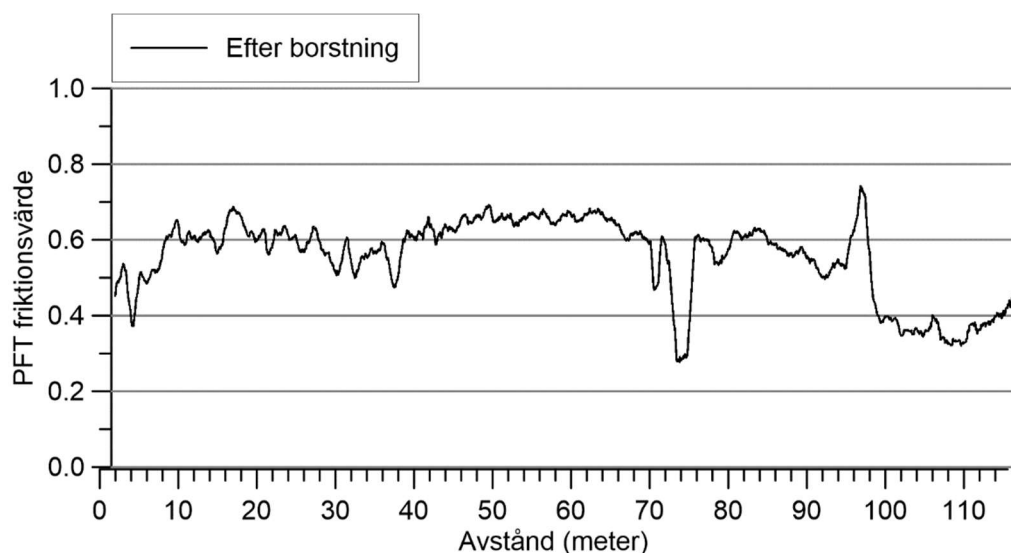
När ytan med hårt packad snö och lös snö borstades innan försöket ökad friktionsnivån från omkring 0,3 till 0,4 (Figur 8). Det resultatet är intressant med tanke på att drifrutinen av praxis är att aldrig göra en snöröjningsåtgärd utan en påföljande halkbekämpningsåtgärd (Niska, Blomqvist och Järllskog, 2017). Direkt efter saltning är friktionsnivån densamma, men 3 och 5 timmar senare har friktionsnivån gått ner något – till samma nivå som innan borstningen. Det (den sänkta friktionsnivån) kan antagligen förklaras av att passerande fotgängare trampat till snöytan så att den blivit slätare. Den lilla saltmängd som lagts var inte tillräcklig för att lösa upp den packade snön, men däremot kan den ha försämrat snökvaliteten så att snölagret lättare kunde borstas bort därefter (se sammanställning av uppmätta saltmängder i Tabell 2 nedan). Det krävdes dock ett tiotal vändor med snösopning för att få bort den packade snön på teststräckan. Därefter var det barmark med enstaka fläckar av packad snö längs teststräckan samt en isfläck i anslutning till ett brunnslock vilket framträdde som en dipp i friktionsprofilen vid ungefär 74 meter (Figur 9), på den delsträcka som halkbekämpats med natriumkloridlösning. I Figur 10 visas hur väglaget förändras på de tre delsträckorna under försökets gång. I bildserien längst till höger syns isfläcken vid brunnslocket på den andra bilden uppfifrån.

Tabell 2. Sammanställning av uppmätta saltmängder vid olika tillfällen för respektive delsträcka i specialstudien av olika halkbekämpningsmedel. Saltmätningssinstrumenten som använts utnyttjar den kända relationen mellan den elektriska ledningsförmågan hos mätvätskan och dess salthalt, givet att saltet är NaCl. Då detta förhållande inte nödvändigtvis är samma för de olika salterna i den här studien kan inte värdena jämföras mellan salterna utan bör ses som relativ inom respektive saltsträcka. Sopning efter snöfall gjordes vid 6-tiden på morgonen den 24 januari.

	Delsträcka 1	Delsträcka 2	Delsträcka 3
Saltlösning	Kaliumformiat	Karlstadslaken	Vanlig saltlösning (NaCl)
Uppmätt restsaltmängd under snöytan, efter saltlösningdos 1	0 g/m ²	3 g/m ²	6 g/m ²
Uppmätt restsaltmängd på ytan efter borstning och saltlösningdos 1	13–19 g/m ²	1–32 g/m ²	28–38 g/m ²
Uppmätt restsaltmängd på ytan före saltlösningdos 2	SOBO: 10–18 g/m ² WSS: 14–15 g/m ²	SOBO: 5–9 g/m ²	SOBO: 8–21 g/m ²
Uppmätt restsaltmängd på ytan direkt efter saltlösningdos 2	SOBO: 10–21 g/m ² Not: ca 2 timmar efter spridning	SOBO: 9–21 g/m ²	SOBO: 12–21 g/m ²
Uppmätt restsaltmängd på ytan 4 timmar efter saltlösningdos 2	SOBO: 8–21 g/m ² Not: ca 6 timmar efter spridning	SOBO: 5–13 g/m ²	SOBO: 11–24 g/m ²
Uppmätt restsaltmängd på ytan 9 timmar efter saltlösningdos 2	SOBO: 6–21 g/m ² Not: ca 11 timmar efter spridning	SOBO: 5–12 g/m ²	SOBO: 8–21 g/m ²
Uppmätt restsaltmängd på ytan 9 timmar efter sopning och snöfall	SOBO: 0 g/m ²	SOBO: 0 g/m ²	SOBO: 0–4 g/m ²



Figur 8. Friktionsprofiler från mätningar på teststräckan vid Lindhagensplan morgonen den 22 januari, 2018, vid inledning av försöket med olika saltlösningar.



Figur 9. Friktionsprofil från mätningar på teststräckan vid Lindhagensplan på eftermiddagen den 22 januari, 2018 efter att ytan borstats ren från packad snö.

Morgonen därpå var det våt barmark på hela teststräckan med en vägtemperatur på ungefär -3°C . Fläckarna med packad snö från dagen innan hade börjat lösas upp till snömodd. Isfläcken vid brunnslocket finns kvar men har också börjat lösas upp och försvinner till stor del när ytan sopas (Figur 10 och Figur 11). Påföljande saltningsåtgärder påverkar inte friktionsnivåerna nämnvärt. Däremot kan man se att indrag av snö från korsande fotgångarstråk framträder med lägre friktionsvärden (omkring 38 och 72 meter in i mätprofilen) fyra respektive nio timmar efter åtgärd.

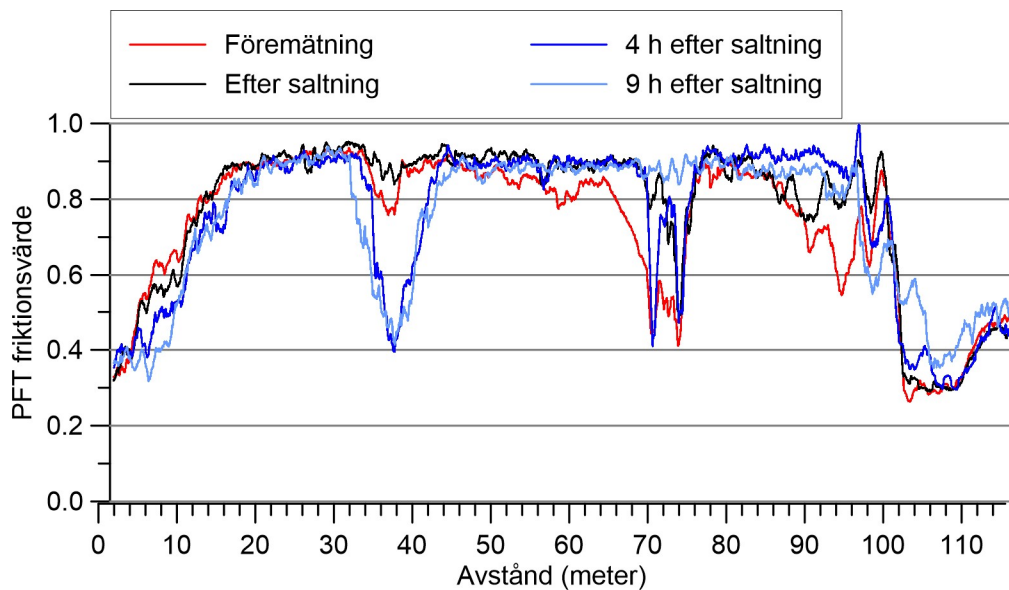
På försökets tredje dag snöar det rikligt på morgonen. Vid 6-tiden sopades hela teststräckan ren med uppföljande mätningar innan och efter åtgärd. Vid 7-tiden, efter genomförda mätningar avtar snöfallet och övergår i regn. Uppföljande mätning görs återigen ca 4,5 respektive 9 timmar efter åtgärd.

Efter snöfallet under försökets tredje dag kunde vi urskilja en viss skillnad mellan de olika delsträckorna. På delsträcka 1 behandlad med Kaliumformiat är nästan hela ytan täckt av packad snö under den lösa snön (Figur 10). På delsträcka 3 behandlad med vanlig NaCl-lösning finns också en hel

del packad snö (fotspår och spår från PFT:n). På delsträcka 2 däremot, behandlad med Karlstadslaken, har snön inte packats i samma omfattning som på de andra delsträckorna. Vid observationer ca 10 timmar senare kan vi också notera att delsträcka 2 upplevs torrare än de andra delsträckorna. Det är inte helt klarlagt att de observerade skillnaderna beror på halkbekämpningsmedlen i sig, men det finns alltså en tendens till att Karlstadslaken tycktes ha en något bättre effekt, under de rådande förhållandena, än de båda andra saltlösningarna. Vidare studier behövs emellertid för att säkerställa detta. Resultaten kan också bero på skillnader i vägtemperatur, avrinningsförhållanden (lutning och tvärfall), omgivande träd, med mera. Vägslagsobservationer innan försöket antyder också att denna delsträcka då upplevdes torrare än övriga delsträckor.



Figur 10. Förändring av väglaget på de olika teststräckorna under försökets gång. Från vänster till höger de tre delsträckorna för Kaliumformiat, Karlstadslake och Natriumklorid. Uppifrån och ned: 2018-01-22 kl 11.10, 2018-01-22 kl 15.40, 2018-01-23 kl 10.45, 2018-01-24 kl 10.50, 2018-01-24 kl 15.25.



Figur 11. Friktionsprofiler från mätningar på teststräckan vid Lindhagensplan morgonen den 23 januari, 2018, andra mät dagen av försöket med olika saltlösningar.

3.1.3. Diskussion och slutsats

Som vanligt visade det sig vara komplicerat att göra fullskaleförsök i verklig miljö. Oförutsedda händelser inträffar och det är svårt att åstadkomma helt jämförbara förhållanden. Trots att de tre olika saltlösningarna testades på samma plats, var förutsättningarna inte exakt desamma. Exempelvis skilde sig väglaget och vägytans temperatur något mellan de olika delsträckorna inför den första saltningen (se Tabell 1). Vi kunde också se att det var ett större indrag av snö från passerande fotgängare på den delsträcka som behandlats med Kaliumformiat i jämförelse med de andra två delsträckorna. Att de olika saltlösningarna lades av olika förare, med olika fordon och spridare skapar givetvis också olika förutsättningar vilket ytterligare försvårar möjligheten att göra rättvisa jämförelser. En annan svårighet är förstås att vädret är svårt att förutse. Vår målsättning var att genomföra studien under en period med låga temperaturer vilket också prognosen för mätveckan gjorde gällande, men det visade sig bli betydligt mildare än förutspått.

Med anledning av ovan beskrivna svårigheter behöver fältstudier av det här slaget kompletteras med mer kontrollerade försök exempelvis i laboratorier och på testbanor där mer jämförbara förhållanden kan skapas. Å andra sidan är det svårt att uppnå verkliga förhållanden i laboriemiljö varför båda typerna av studier behövs. I en jämförelse mellan olika typer av halkbekämpningsmedel behöver också andra parametrar ingå såsom kostnader, hantering, frakt och lagring liksom miljöeffekter och korrosion.

Vi har fått i uppgift att Kaliumformiat är ungefär 20 gånger så dyrt som vanlig saltlösning (NaCl). Med hänsyn till den höga kostnaden är det inte troligt att Kaliumformiat kommer att kunna ersätta natriumklorid för löpande saltning i ordinarie verksamhet. Däremot tycks det finnas en potential att använda Kaliumformiaten som komplement till natriumkloridlösning, exempelvis för punktinsatser där isbildning redan uppstått. Det kan också vara ett alternativ på särskilt utsatta platser där halka lättare/oftare uppstår – exempelvis på broar. Med tanke på att Kaliumformiat inte är lika skadligt för växtligheten som Natriumklorid (Vejdirektoratet, 2018) kan det också användas på begränsade sträckor i extra känsliga naturområden.

Trots de begränsade möjligheterna att dra slutsatser kring skillnader i effekter av de olika halkbekämpningsmedlen, har försöket givit värdefulla erfarenheter och några intressanta observationer, utöver det faktiska syftet med studien. Exempelvis, antyder våra friktionsmätningar att det inte är nödvändigt att halkbekämpa direkt efter en snöopning som annars är gällande praxis vid

vanlig plogning. Plogning med ett slätstål ger i regel en hårt packad och slät snöyta som kan bli mycket hal medan så inte tycks vara fallet med borsten. Det här är en aspekt som skulle vara intressant att studera vidare i framtida studier, exempelvis vid jämförelse av olika typer av borstar.

3.2. Jämförelser av olika borstar

3.2.1. Genomförande

I samband med försöken med olika halkbekämpningsmedel (se avsnitt 3.1) passade vi även på att göra några jämförande studier av olika typer av sopvalsar/borstar. Två olika förare med olika fordon och utrustning fick sopa varsin delsträcka av en orörd del efter teststräckorna på den gångbana där försöket med de olika saltlösningarna genomfördes. På den ena delen användes en mjuk och tät borste monterad på en Belos Transgiant och på den andra delen en styvare borste med horisontellt monterade borststrån, populärt kallad "Svischen" monterad på en Wille (Figur 12).



Figur 12. De två olika borstar som jämfördes i samband med försöken av olika halkbekämpningsmedel: "Svischen" till höger och den mjukare och tätare borsten till vänster.

3.2.2. Resultat

Vi kunde se skillnader i resultat mellan de olika borstarna. Borsten på Belos Transgiant var för mjuk och lämnade mycket snö/modd kvar på ytan, medan den andra borsten resulterade i en renare yta (Figur 13).



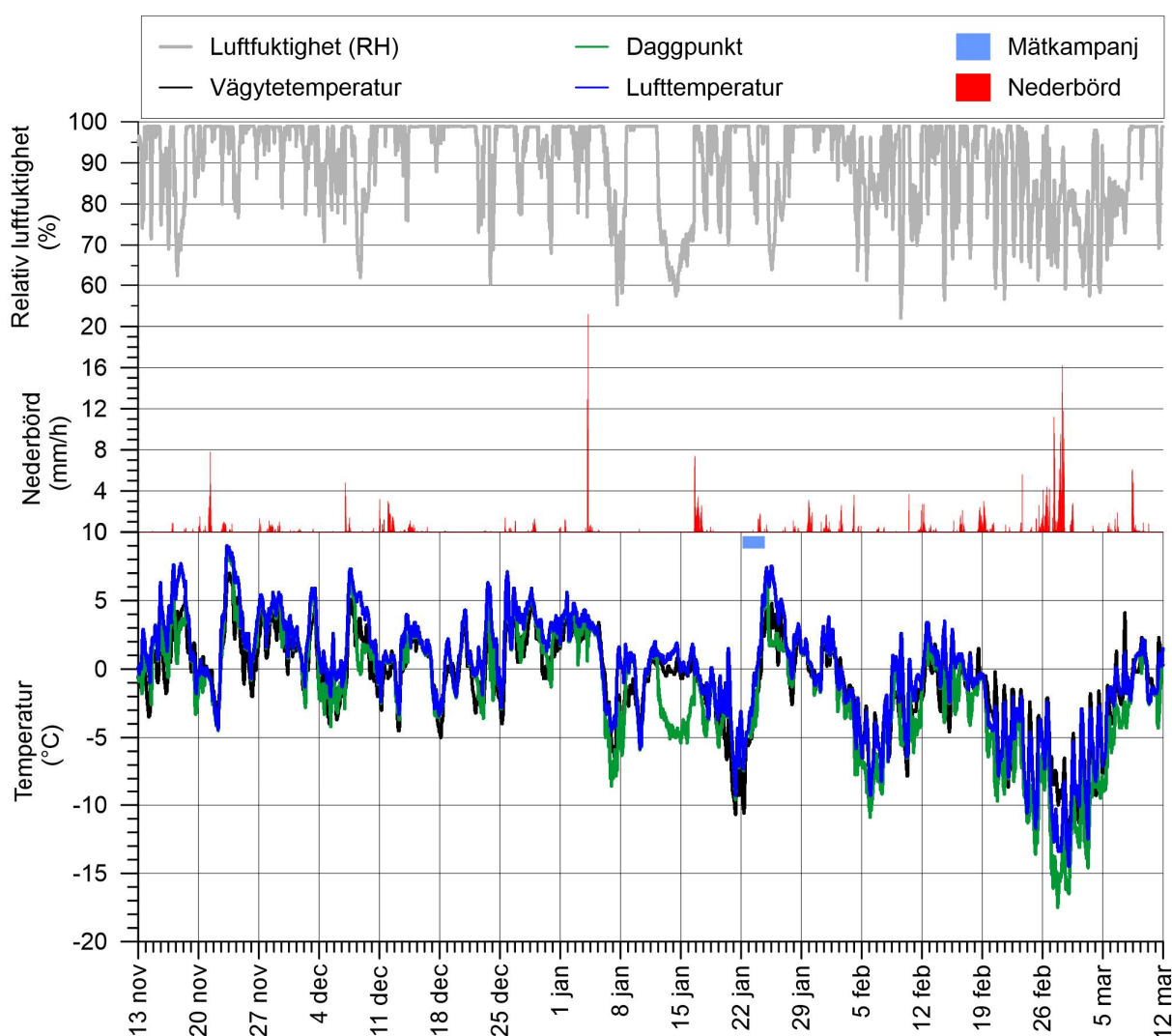
Figur 13. De borstade ytorna 2018-01-24 ca kl 06.35, 10.45 och 15.25. Övre raden "Svischen" och nedre raden den mjuka borsten.

3.2.3. Diskussion och slutsats

Jämförelsen mellan de olika typerna av borstar visar tydligt att borstens utformning, borststrånas hårdhet, etc. har betydelse för det resultat som går att uppnå. Det skulle vara värdefullt att studera detta närmare, gärna i samarbete med borstillverkare för att finna ut hur den mest optimala borsten ska vara utformad för sopsaltning. Det är troligt att olika borstutformningar är mer eller mindre effektiva under olika förhållanden. En typ av borste kan vara den mest optimala vid borstning av blöt snö, medan en annan konstellation kan vara som är den mest optimala vid hårt packad snö. Förutom borsten i sig, spelar naturligtvis det tryck och den vinkel man anlägger borsten med, den hastighet borsten roterar med, och vilken hastighet fordonet har, en viktig roll för hur effekten blir.

3.3. Utvärdering av sopsaltning på gångbanor/trottoarer

En första inventering av trottoarerna gjordes i november 2017, men de stickprovsvisa mätningarna gjordes i huvudsak i samband med jämförelsestudien av de olika halkbekämpningsmedlen dvs. 21–24 januari 2018 samt i början på mars. Vädret under vinterperioden illustreras i Figur 14 nedan.



Figur 14. Vädret under hela mätsäsongen 2017/18, enligt data från VViS-stationerna 237 och 215.

3.3.1. Genomförande

Syftet med mätningarna på trottoarerna var egentligen att utvärdera en för gångbanor specialtillverkad plog, kallad ”pianoplogen”¹, och jämföra hur effektiv den var i jämförelse med sopsaltmetoden. Pianoplogen skulle användas på trottoaren längs Sveavägen och som jämförelse valde vi en trottoar längs S:t Eriksgatan som sopsaltas. Då leveransen av pianoplogen var försenad kunde vi inte utvärdera den denna vinter utan istället blev det en jämförelse mellan plogning respektive sopsaltning av trottoarer. På trottoaren längs Sveavägen används en traktor av märket John Deer utrustad med en vikplog och en tallriksspridare från Schmidt med möjlighet att lägga såväl torrt och befuktat salt som saltlösning (Figur 15).



Figur 15. Den utrustning som använts vid snöröjning och saltning på trottoaren längs Sveavägen.

På trottoaren längs S:t Eriksgatan användes en Belos Transgiant med borste fram och två ”seriekopplade” saltspridare (Figur 16). Det är samma fordon som användes för att sprida Kaliumformiat i specialstudien av olika halkbekämpningsmedel (avsnitt 3.1). Den första spridaren är en specialkonstruktion för att kunna komplettera med spridning av Kaliumformiat och den bakre spridaren är en Schmidt-spridare med munstycken för vanlig saltlösning (NaCl).



Figur 16. Den utrustning som användes för sopsaltning av gångbanan längs S:t Eriksgatan.

¹ Specifikt framtagen för gångbanor och andra ojämna ytor. Ett flertal smala plogskär är infästade efter varandra, likt pianotangenter, för att lättare kunna följa en ojämn vägyta och därmed få bort mer snö vid plogning.

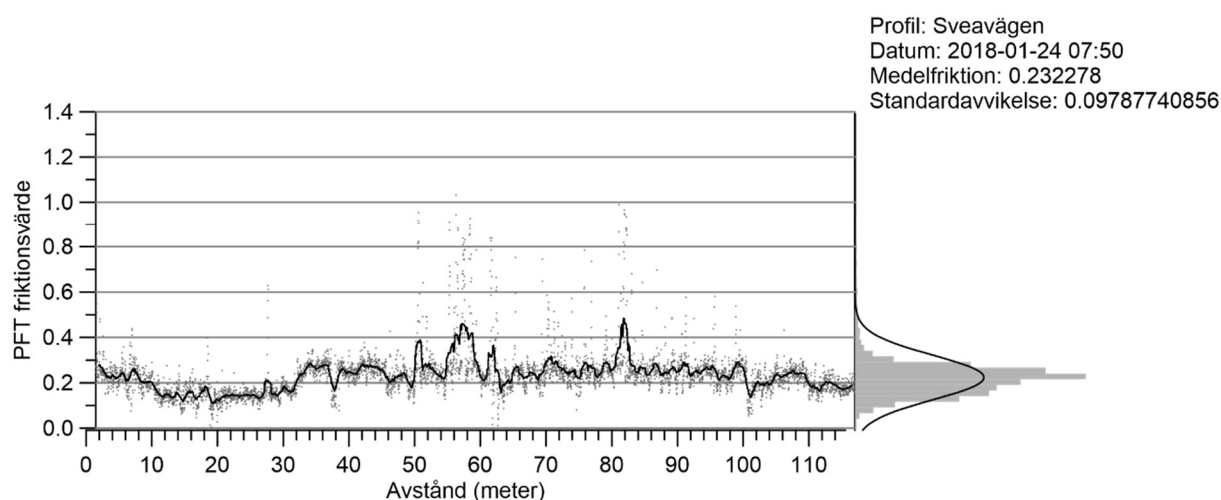
De två mätplatserna valdes för att vara någorlunda jämförbara och med förutsättningar som vi ansåg var intressanta att följa upp. Båda trottoarerna var belagda med betongplattor och längs mätsträckorna fanns kantstenar av granit, brunnsluck, garageutfarter, möbleringszoner och struprörsrännor.

3.3.2. Resultat

Utifrån våra mätningar är det svårt att dra några långtgående slutsatser kring skillnaderna mellan de båda metoderna. Enligt våra observationer kan vi dock se att plogningen lämnar kvar en större rest av snö/snömodd jämfört med sopningen. Vikplogens utformning gör också att det blir en sträng i mitten av den plogade ytan med ytterligare snö/snömodd (Figur 17). Ju mer snö som är kvar på ytan efter snöröjningen, desto större saltmängd krävs för att få ytan ren från snö och desto större är risken för återfrysning. Följden kan då bli ett mer ojämnt och halt underlag. En friktionsmätning som vi gjorde direkt efter plogningen visar att friktionsnivån kan vara ganska låg då också (Figur 18).



Figur 17. Rester av snömodd efter plogning på trottoaren längs Sveavägen, den 24 januari 2018. Innan plogningen var det ungefär 1 cm snömodd på ytan och efter plogningen återstår ca 0,3 cm.



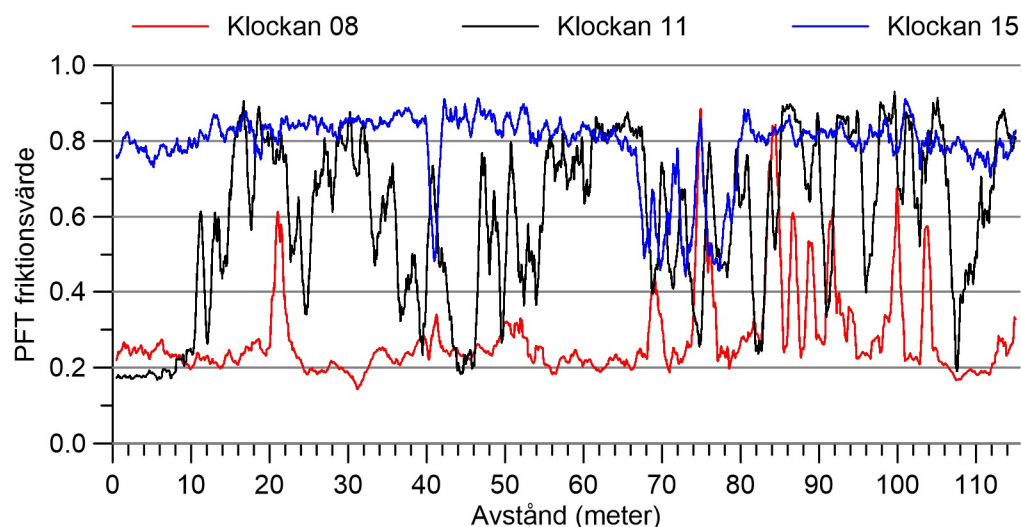
Figur 18. Exempel på en friktionsmätning på snömodd på trottoaren längs Sveavägen, direkt efter plogning.

Under vinterns utvärderingar har vi också observerat att möblering och utplacerade hinder på trottoarerna gör det svår att komma fram med driftfordonen. Det innebär att delar av trottoaren vid vissa tillfällen inte röjs (Figur 19) och den kvarvarande snön blir en källa till inrinnande vatten som späder ut saltet och kan leda till halka.



Figur 19. Möblering och utplacerade hinder på trottoarer som begränsat möjligheten att sköta vinterdriften på ett tillfredsställande sätt.

Även variationer i beläggingsmaterial, brunnsluck, kantstenar eller annat som skapar en ojämn yta ackumulerar snörestor och ger en ökad risk för isbildning. Med hjälp av upprepade friktionsmätningar i samband med snöfallet den 24 januari kan vi illustrera hur friktionsnivån successivt förbättras till följd av genomförda åtgärder och stigande temperaturer, men att det fläckvis återstår lägre friktionsnivåer (Figur 20).



Figur 20. Friktionsprofiler från upprepade mätningar på trottoaren längs S:t Eriksgatan i samband med ett snöfall den 24 januari, 2018. Vid 8-tiden på morgonen är det 0,1 cm snömodd på packad snö (Figur 21, till vänster), vid 11-tiden är det en blandning av våt barmark och 0,5 cm snömodd (Figur 21, i mitten) och vid 15-tiden är det övervägande våt barmark på ytan (Figur 21, till höger).



Figur 21. Väglaget på trottoaren längs S:t Eriksgatan i samband med snöfallet den 24 januari, 2018. Vid 8-tiden på morgonen (till vänster), vid 11-tiden (i mitten) och 15-tiden (till höger).

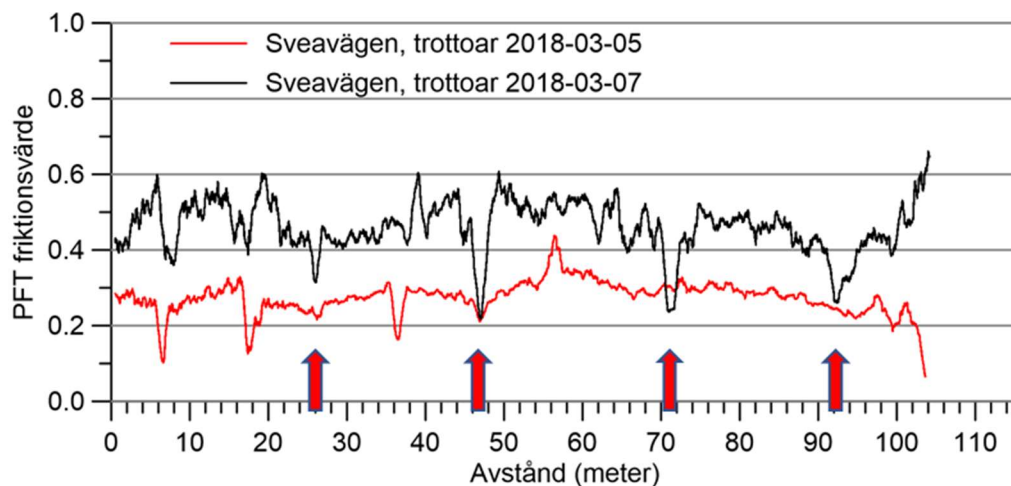
Ett annat specifikt problem på trottoarerna är de stuprör som leder bort smältvatten från taken ner på trottoarerna. I anslutning till dessa blir det ofta en kraftig isbildning som kräver manuellt arbete för att råda bot på (Figur 22). För att lättare få bort isbildningen använder föraren torrt salt (NaCl) och Kaliumformiatlösning, enligt följande förfarande:

1. Hackar några hål i issvålen
2. Fyller torrt salt i hålen
3. Sprutar ner Kaliumformiat
4. Hackar loss isen med ishacka när saltet verkat och fått isen att lossna från underlaget.



Figur 22. Isbildning i anslutning till stuprör på trottoaren längs S:t Eriksgatan (till vänster) som kräver manuellt arbete för att råda bot på (till höger).

På trottoaren längs Sveavägen där det också finns stuprörsrännor kan vi med hjälp av efterföljande friktionsmätningar även illustrera hur friktionsnivån påverkas av isbildningen vid stuprörsrännorna. I samband med ett snöfall den 5 mars gjorde vi en friktionsmätning på ytan som då var täckt av 0,1 cm lös snö (Figur 24, till vänster) vilket gav en friktionsnivå omkring 0,3 (Figur 23, röd kurva). Två dagar senare har driftåtgärder och mildare temperaturer lett till att det mestadels är våt barmark på ytan, men att det vid stuprörsrännorna finns is kvar (Figur 24, till höger). Friktionsnivån har då gått upp till i genomsnitt på omkring 0,5 men vid stuprörsrännorna är friktionsnivån kvar på den lägre nivån (Figur 23 **Fel! Hittar inte referenskälla., svart kurva**).



Figur 23. Friktionsprofiler från trottoaren på Sveavägen som tydligt visar lägre friktionsnivåer vid stuprörsrännorna (röda pilarna i diagrammet).



Figur 24. Trottoaren på Sveavägen med lös snö den 5 mars (till vänster) och med våt barmark men isbildning vid stuprörsrännorna den 7 mars (till höger).

3.3.3. Diskussion och slutsats

Vid tillämpning av sopsaltning på cykelvägar ökar också efterfrågan på att höja vinterdriftstandarden på gångbanor. Är väglaget sämre på gångbanan än på cykelbanan kommer de gående att välja att gå i cykelbanan istället (Figur 25), vilket naturligtvis inte är önskvärt.

Våra utvärderingar såväl denna vinter liksom tidigare vintrar, har dock visat att det är svårare att uppnå ett gott resultat med sopsaltning på gångbanor än på cykelbanor. Dels beror det på att ytan på en gångbana i regel är mer ojämn än på en cykelbana och dels beror det på att snö och is snabbare binder till ytan vid höga gångflöden. Stora variationer i beläggingsmaterial, smala passager, möbleringar, utfarter, stuprörsrännor osv. är andra faktorer som komplicerar vinterväghållningen av gångbanor.



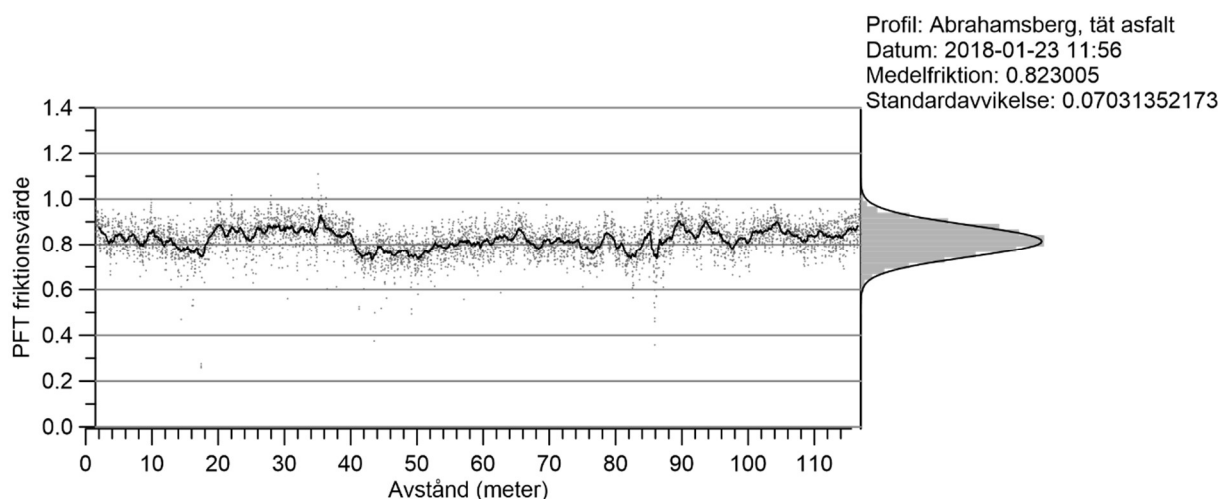
Figur 25. Fotgångare längs S:t Eriksgatan som väljer att gå i cykelbanan istället för på gångbanan.

3.4. Uppföljning hala ytor

En av förarna har upplevt att den nylagda beläggningen på en cykelbana vid Abrahamsberg (Figur 26), som ingår i det sopsaltade cykelvägnätet, varit hal vid några tillfällen. För att kontrollera detta var vi på plats vid ett par tillfällen och kontrollerade läget – noterade väglag och mätte friktion. Vi kunde i våra mätningar inte notera någon halka (Figur 27). Dock är det allmänt känt att nylagda beläggningar kan upplevas hala, men då ofta till följd av blödning (t.ex. Lundberg m.fl., 2015).



Figur 26. Cykelbanan med ny beläggning vid Abrahamsberg.



Figur 27. Exempel på friktionsprofil från mätning vid Abrahamsberg.

En annan plats där problem med halka uppmärksammats är på gång- och cykelvägen vid Slussen. Vi har tidigare vintrar gjort en del mätningar här och har även denna vinter gjort en del observationer på platsen, dock i begränsad omfattning. Exempelvis var vi där tidigt på morgonen den 5 mars. Längst ner i kurvan såg det då ut att vara rimfrost på ytorna, men det visade sig vara intorkat salt (Figur 28). Vägytans temperatur var där $+8-10^{\circ}\text{C}$ medan den på övriga delar av gång- och cykelvägen var -3°C . Den högre temperaturen beror antingen på värmeslingor under beläggningen eller värme från utrymmet under konstruktionen.



Figur 28. Gång- och cykelvägen vid Slussen. Intorkat salt nere i kurvan (till höger) och torr barmark utan synligt salt högre upp i backen (till vänster).

Olika beläggningars halkbenägenhet, särskilt i kombination med sopsaltning, är något som vore intressant att studera närmare.

3.5. Uppföljning av slitage på rödmålade ytor

Redan under första vinterns utvärderingar kunde vi, under vissa förhållanden, notera märkbart låga friktionsnivåer på de rödmålade cykelpassagerna över in- och utfarten till cirkulationen vid Bergslagsplan (Niska och Blomqvist, 2016a). De föranledde en diskussion om risken för halka på rödmålade ytor på cykelvägar och att vi fick i uppdrag att i samband med utvärderingarna av sopsaltmetoden också specifikt skulle studera detta lite närmare. Så länge ytorna behåller sin textur tycks de erbjuda en fullgod friktion, men vid slitage kan de under vissa förhållanden upplevas hala. Detta i kombination med att det är mycket kostsamt att underhålla de rödmålade ytorna har föranlett att vi under senare år fokuserat på att studera slitaget på de rödmålade ytorna (se framförallt VTI notat 30-2017: Niska, Blomqvist & Järleskog, 2017).

3.5.1. Genomförande

För att jämföra slittåligheten hos olika typer av rödfärgade massor, har Stockholms stad valt ut två teststräckor där tre olika färger/massor lagt i parallella fält tvärs körriktningen. Den ena sträckan utgörs av stadstrafik på en äldre beläggning (Figur 29) medan den andra placerats på en nyare beläggning på infarten till rondellen vid just Bergslagsplan (Figur 30) där vi tidigare uppmätt låg friktion på de rödmålade cykelpassagerna. Vi har haft i uppdrag att följa upp försöket med friktionsmätningar och observationer på plats. Vi har även passat på att ta fotografier med en speciell texturkamera som VTI nyligen införskaffat. Då vi ännu inte har någon metod för att analysera dessa fotografier återges dock inte resultaten i detta PM.



Figur 29. Tre fält med olika typer av rödfärgade massor målade på Fleminggatan. Fotot är taget den 16 november 2017.



Figur 30. Tre fält med olika typer av rödfärgade massor målade vid infarten till cirkulationen vid Bergslagsplan. Fotot är taget den 16 november 2017.

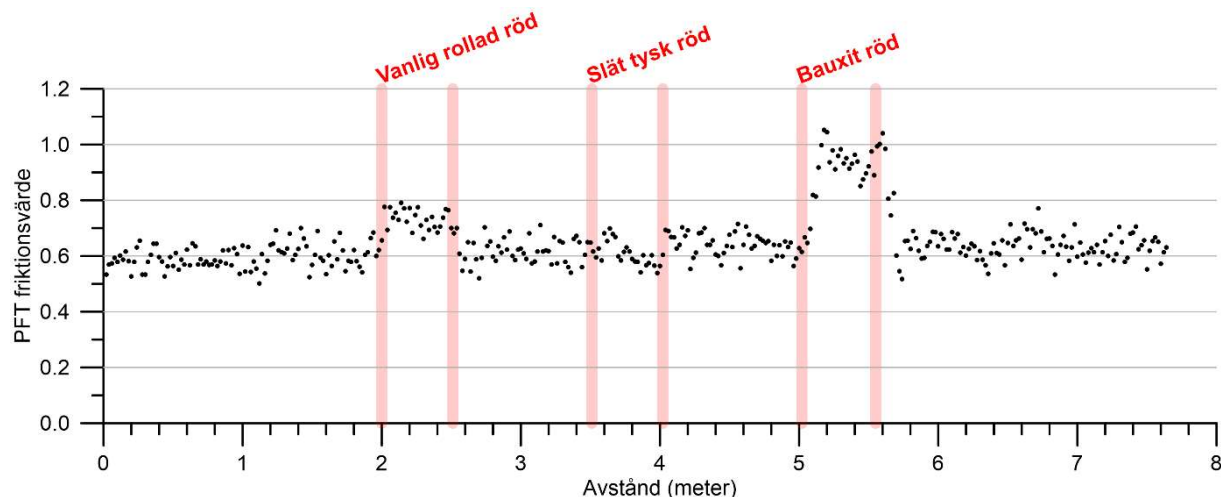
En första mätning gjordes innan vintersäsongen, den 16 november och en andra mätning den 7 mars, efter vintersäsongens slut. Vid varje mättillfälle noterades väglag inklusive mätning av vägytans temperatur samt tre upprepade friktionsprofiler i två olika spår över de röda testfälten. Ena spåret mätte vi där vi tror att det högsta slitaget är – i hjulspåret (ca 1 decimeter in från körfältslinjen till höger på Fleminggatan och ca 1 meter in från ytterkanten av de målade ytorna vid Bergslagsplan). Det andra spåret mätte vi där vi tror att slitaget är litet (precis innanför ”mittlinjen” i körbanan på Fleminggatan och precis innanför ytterkanten av de målade ytorna vid Bergslagsplan). I Tabell 3 ges en sammanställning över de ytor som ingår i de inmätta friktionsprofilerna på respektive mätplats.

Tabell 3. Ytor som ingår i friktionsmätningar i utvärderingen av de röda testfälten.

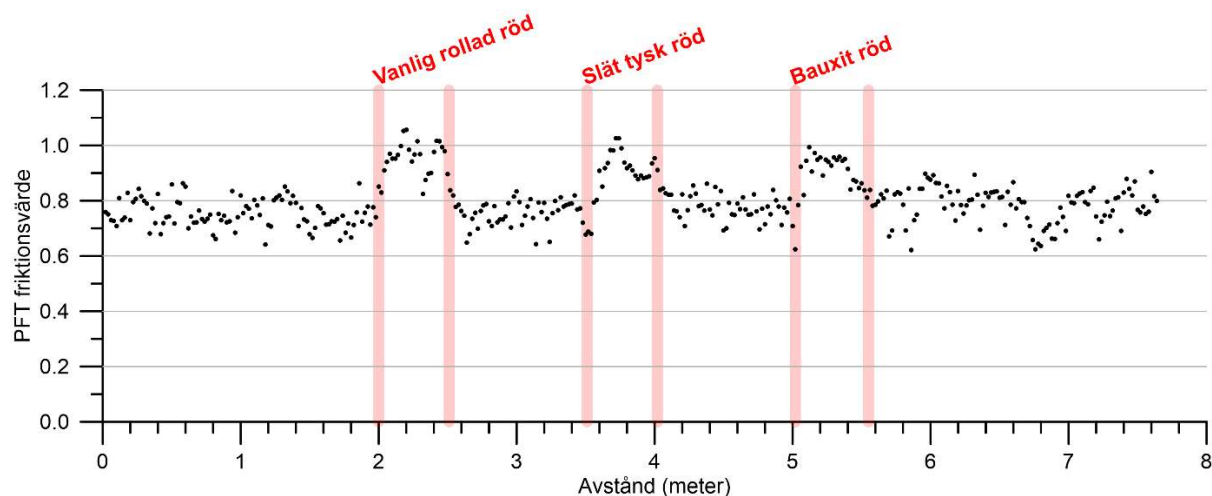
Fleminggatan		Bergslagsplan	
0 – 2,0 m	Start: asfalt	0 – 2,0 m	Start: asfalt
2,0 – 2,51 m	Vanlig rollad rød	2,0 – 2,52 m	Bauxit
3,51 – 4,02 m	Tysk rød, slät	3,52 – 4,04 m	Tysk rød, slät
5,02 – 5,55 m	Bauxit	5,02 – 5,53 m	Vanlig rollad rød
– 7,53 m	Stopp: asfalt	– 7,0 m	Stopp: asfalt

3.5.2. Resultat

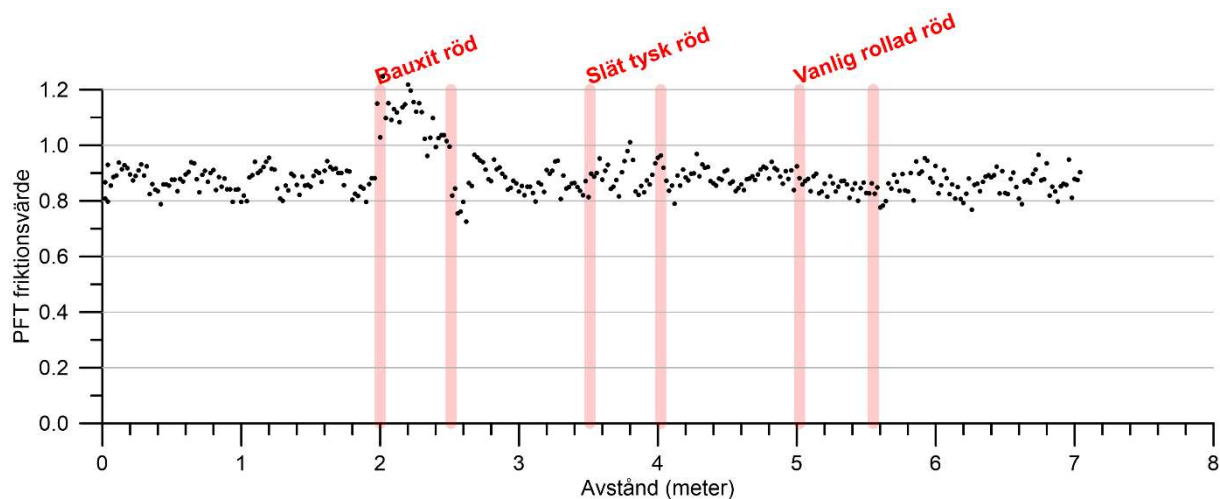
Friktionsmätningarna visade inte på någon sänkt friktion på de röda fälten vid någon av våra mätningar, tvärtom är friktionsnivåerna högre på de röda fälten i jämförelse med omgivande asfalt (Figur 31 till Figur 34). Å andra sidan var det vid båda mättillfällena våt/fuktig barmark och plusgrader både i luften och på vägytan. Friktionsnivåerna har inte heller försämrats från första till andra mättillfället (jämför Figur 31 med Figur 32 samt Figur 33 med Figur 34). Både mängden smuts och fukt kan ha inverkan på friktionen, så slitage är kanske i sammanhanget av mindre betydelse.



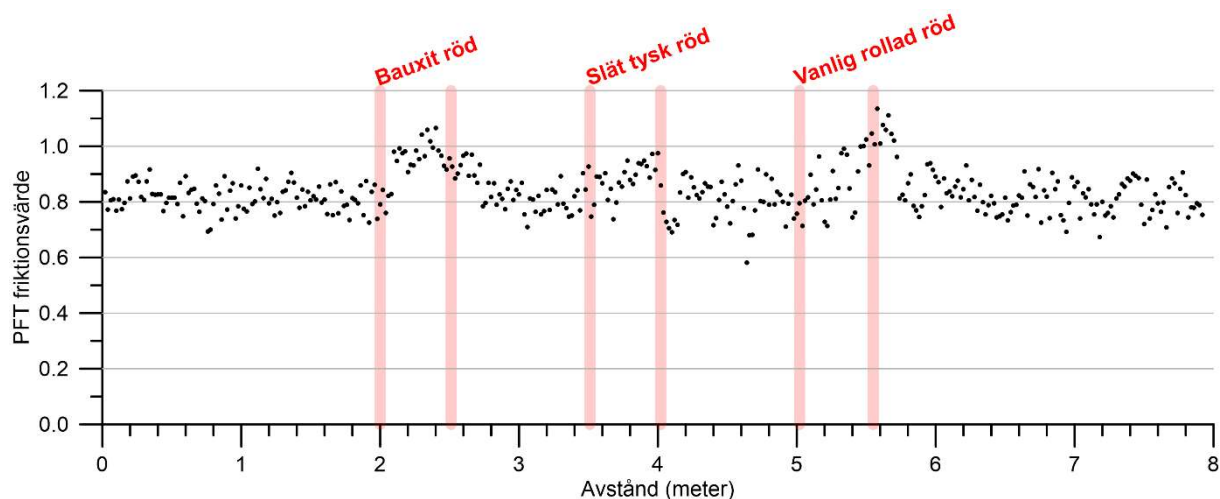
Figur 31. Uppmätta friktionsvärden i hjulspår på teststräckan på Fleminggatan den 16 november, 2017. Vid mättillfället var det fuktig barmark (se Figur 29) +4,5°C i luften och +2°C på vägytan.



Figur 32. Uppmätta friktionsvärden på teststräckan på Fleminggatan den 7 mars, 2018. Vid mättillfället var det våt barmark (se Figur 35, till vänster) +2°C i luften och +3°C på vägytan.



Figur 33. Uppmätta friktionsvärden i hjulspår på teststräckan vid infarten till cirkulationen vid Bergslagsplan, den 16 november 2017. Vid mättillfället var det fuktig barmark (se Figur 30) $+4,5^{\circ}\text{C}$ i luften och $+3^{\circ}\text{C}$ på vägytan.

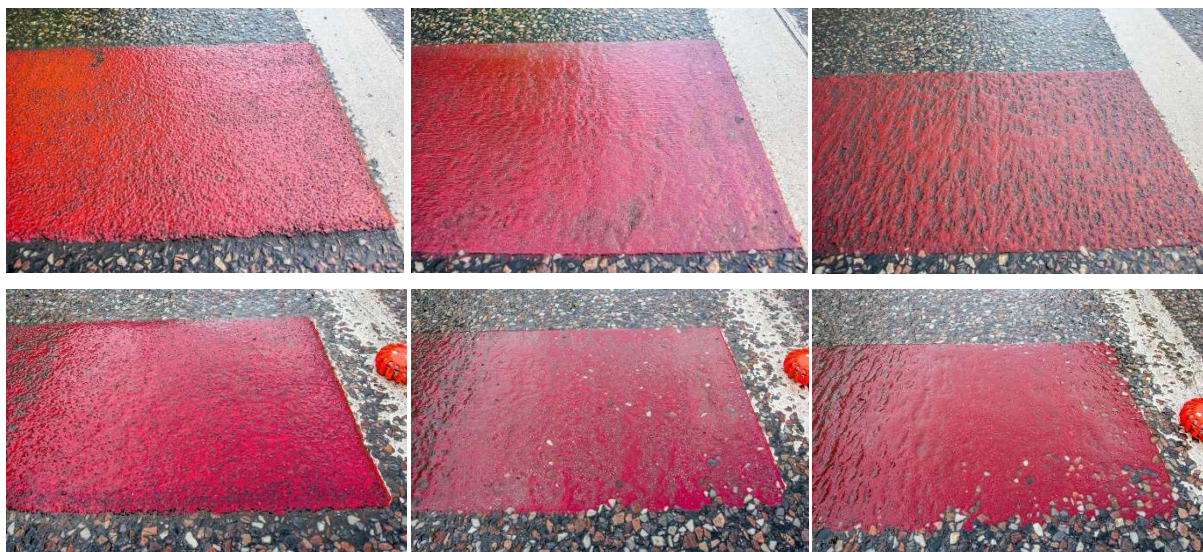


Figur 34. Uppmätta friktionsvärden i hjulspår på teststräckan vid infarten till cirkulationen vid Bergslagsplan, den 7 mars 2018. Vid mättillfället var det våt barmark (se Figur 35, till höger) $+2^{\circ}\text{C}$ i luften och $+5^{\circ}\text{C}$ på vägytan.



Figur 35. De tre fälten med olika typer av rödfärgade massor på Fleminggatan (till vänster) respektive vid infarten till cirkulationen vid Bergslagsplan (till höger), den 7 mars 2018.

Det går dock att se en tydlig skillnad i slitage mellan de olika typerna av beläggningar, där den innehållande Bauxit är närmast opåverkad mellan de båda andra visar på ett tydligt slitage (Figur 36 och Figur 37).



Figur 36. De tre olika färgmassorna på Fleminggatan: Bauxit längst till vänster, Slät tysk massa i mitten och EKC:s vanliga rollade röda massa längst till höger. Den övre bildraden visar ytorna innan vintern (den 16 november) medan den nedre bildraden visar ytorna efter vintersäsongen (den 7 mars). Fotona visar ytorna i hjulspåret närmast körfältslinjen där vi antagit att slitaget är som störst.



Figur 37. De tre olika färgmassorna vid infarten till cirkulationen vid Bergslagsplan: Bauxit längst till vänster, Slät tysk massa i mitten och EKC:s vanliga rollade röda massa längst till höger. Den övre bildraden visar ytorna innan vintern (den 16 november) medan den nedre bildraden visar ytorna efter vintersäsongen (den 7 mars). Fotona visar ytorna i hjulspåret ca 1 meter in från ytterkanten av de målade ytorna där vi antagit att slitaget är som störst.

Även om den röda massan innehållande Bauxit ser ut att vara mer slittålig än de båda andra, slits även den ned med tiden. På den testyta i Västberga som vi utvärderade under förra vinterns mätningar (se VTI notat 30-2017: Niska, Blomqvist & Järllskog, 2017) har vi denna vinter kunnat notera nedslitning och plogskador (Figur 38).



Figur 38. Cykelpassagen i Västberga med en röd massa innehållande Bauxit. Nedre bilden till höger visar plogskador på ytan.

3.5.3. Diskussion och slutsats

Utvärderingen av de rödfärgade testfälten bekräftar det vi kunnat konstatera i tidigare utvärderingar – att slitaget på de rödfärgade ytorna kan vara betydande på bara en säsong. Massan innehållande Bauxit tycks ha en något bättre slittållighet än de övriga materialen, men utan att vi i våra mätningar kunnat se att det haft någon märkbar effekt på friktionen. På platser med högt slitage bör man därför överväga att lägga den massan, men då även väga in arbetstid i samband med läggning och kostnader i övrigt.

Liksom tidigare vill vi understryka att det alltid bör göras en noggrann övervägning innan beslut tas om var och i vilken omfattning en rödfärgad cykelyta ska anläggas. Särskilt då tidigare vetenskapliga studier visade att säkerhetseffekterna av färgade cykelpassager kan vara både positiva och negativa beroende på trafiksituation och utformning (t.ex. Jensen, 2008).

Fler studier på rödfärgade cykelytor bör göras bland annat med fokus på utvärdering av friktionsnivåer under en variation i väder och väglag. En kostnadsjämförelse av olika typer av färger/massor bör göras ur ett livscykelperspektiv. Även bidraget till mikroplaster behöver vägas in i en sådan jämförelse.

4. Förslag till fortsatta studier

4.1. Ökad kunskap om saltdoser

Fortsatta studier av de processer som sker i samband med saltning på en cykelväg behövs för att kunna ge tydligare rekommendationer kring optimala metoder, utrustningar och strategier (exempelvis vilken saltmängd som krävs under olika förhållanden). De fältstudier vi genomfört i Stockholm sedan 2013 har varit mycket givande och genererat värdefulla erfarenheter både vad gäller metodens tillämpning i sig och hur metoder och verktyg för utvärdering kan utvecklas. Dessa studier bör nu kompletteras med studier i laboratorier och på testytor eller i fält där de yttre förutsättningarna kan kontrolleras eller följas upp mer noggrant. I tillägg behövs även en teoretisk genomgång av exempelvis olika typer av salter, inklusive en kostnadsjämförelse för att bedöma vilka salter som kan anses vara kostnadseffektiva och tänkbara att använda i praktiken. Det bästa vore naturligtvis att göra en fullständig livscykelanalys innefattande samhällskostnader för tillverkning, transport, lagring, kvantitet som behövs för att uppnå önskad effekt och varaktighet av åtgärderna. Inte bara kostnaderna ingår i en sådan bedömning utan även värdet av effekterna.

För en bättre tillämpning av sopsaltningen i praktiken är det viktigt att utförarna även gör egna uppföljningar. Det som är viktigt att följa upp är restsaltmängd, fuktmängd och vägytans temperatur och vi har lämnat förslag på ett "salt-kit" för denna uppföljning (Figur 39).



Figur 39. Rekommenderat "salt-kit" för utförarnas egen uppföljning av sopsaltmetoden: a) digital refraktometer med tillhörande pipett för att mäta saltkoncentrationen i vätska (till exempel prov från vägytan eller saltkoncentrationen i tanken), b) manuell refraktometer (som a, men behöver kalibreras utifrån vätskans temperatur), c) konduktivitetsmätare för saltkoncentration i tanken, d) densitetsgivare för saltkoncentration i tanken, e) wettexdukar och fjädervåg för att mäta vätskemängden på ytan och f) termometer för att mäta vägytans temperatur. Minsta rekommendation är att åtminstone ha en yttertermometer (f) och någon av a–d, för att säkerställa saltlösningens koncentration.

4.2. Förbättrad uppföljning av åtgärder

För att kunna göra rättvisande bedömningar av åtgärdernas effekter, behövs bättre och mer detaljerad information gällande vilka åtgärder som faktiskt utförts. De utförarprotokoll som vi använt ger viss information, men inte i den detaljeringsgrad som egentligen behövs. En möjlighet är att samla in och analysera GPS-positionerade data direkt från spridarutrustningarna, vilket är möjligt för de allra flesta fordonen redan idag. Detta är något som diskuterats länge, men ännu inte genomförts. Förslagsvis görs inledningsvis en mindre pilotstudie där GPS-data från en maskin samlas in och analyseras för att

undersöka hur användbart det är och hur mycket arbete som krävs för att bearbeta informationen. Förslag på temperatur och spridardata som bör samlas in:

- Vägytans temperatur längs körd sträcka
- Luftens temperatur längs körd sträcka
- Spridarinställning längs körd sträcka (varje förändring noteras)
- Total salt- och vätskeåtgång per åtgärdsstillfälle
- Starttid
- Stopptid
- Tider för passage vid särskilda platser (broar, mätplatser, där vägsensorer finns nedfrästa, etc.)

4.3. Utveckling av utrustning, metoder och strategier

Fortsatta utvärderingarna av metoder, utrustning och strategier behöver göras och då gärna i nära samarbete med maskin- och utrustningstillverkare och leverantörer. Exempelvis ser vi ett behov av att närmare studera vad som påverkar effektiviteten av borstningen: olika borstmaterial, utformning, borstens kondition, motoreffekt, varvtal, etc. Även saltspridarna behöver utvecklas för större flexibilitet och bättre anpassning till användningen på gång- och cykelvägar.

4.4. Ökad kunskap om variationer i lokalklimat

I fortsatta fältstudier, bland annat för ökad kunskap kring de processer som sker i samband med saltning på en cykelväg, vore det värdefullt med några nedfrästa vägbanesensorer och någon mindre väderstation för bättre noggrannhet i väderdata. De lokala avvikelserna i väder är så pass stora att VViS-stationerna inte klarar att representera alla delar av det sopsaltade cykelvägnätet. Förutom att ge värdefull bakgrundsinformation till våra mätningar kan de också användas av entreprenörerna för att avgöra när och vilka åtgärder som behövs.

Referenser

Bergström (numera Niska), A. (2002). Winter maintenance and cycleways. *Doctoral thesis, TRITA-VT FR 02:04*, Avdelningen för Vägteknik, Institutionen för byggvetenskap, Kungliga tekniska högskolan. Stockholm.

Jensen, S. U. (2008). Safety effects of blue cycle crossings: A before-after study. *Accident Analysis and Prevention*, vol. **40**, pp. 742-750.

Lundberg, T., Ekblad, J., Göransson, N-G., Sjögren, L. och Arvidsson, A. (2015). Makrotexturens möjlighet att identifiera låg friktion. Tillståndsmätning av vägytan. *VTI rapport 877*, Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

Niska, A. och Blomqvist, G. (2014). Sopsaltning av cykelvägar – för bättre framkomlighet och säkerhet för vintercyklister. Broschyr i A5-format, oktober 2014. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

Niska, A. och Blomqvist, G. (2016a). Sopsaltning av cykelvägar. Utvärdering av försök i Stockholm vintern 2013/14. *VTI notat 28-2015*, Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

Niska, A. och Blomqvist, G. (2016b). Sopsaltning av cykelvägar. Utvärdering av försök i Stockholm vintern 2014/15. *VTI notat 29-2015*, Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

Niska, A., Blomqvist, G. och Järleskog, I. (2016). Utvärdering av sopsaltning i Stockholm vintern 2015/16. *VTI PM 2016-12-01 (Diarienummer: 2013/0390-9.1)*, Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

Niska, A., Blomqvist, G. och Järleskog, I. (2017). Utvärdering av sopsaltning på cykelstråk i Stockholm vintern 2016/17. *VTI notat 30-2017*, Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

Stomberg, T. (2016). Karlstadslaken – så fick vi halkbekämpningen mer effektiv, skonsammare för miljön och billigare. Teknik- och fastighetsförvaltningen, Karlstad kommun, Rapport 2016-04-28, Dnr TFN-2016-1147, Karlstad.

Wallqvist, V. (2016). Nya recept för ispreventiva substanser för halkbekämpning av gång- och cykelbanor. SP Kemi, Material och Ytor, SP Rapport 2016-06-07, TRV 2014/77296, Stockholm.

Vejdirektoratet (2018) Håndbog Tømidler, Drift, Vejregler (Høringsudgave, November 2017), Vejdirektoratet København, Danmark