

Nya recept för ispreventiva substanser för halkbekämpning av gång- och cykelbanor

Sammanfattning

Rapporten är framtagen med ekonomiskt bidrag från Trafikverkets skyltfond. Ståndpunkter och slutsatser i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter och slutsatser inom rapportens ämnesområde.

Den första delen av arbetet utfördes delvis som ett examensarbete av Ena Cupina vid institutionen för Bygg- och miljöteknik, avdelningen för geologi och geoteknik väg- och trafikantgruppen vid Chalmers och professor of the practice Anders Markstedt [1]. Inom examensarbetet undersöktes begränsningarna med underhållsmaskinerna, sopsaltningsmetoden och organisationen som krävs utvärderades genom hela projektet, för att på ett korrekt sätt genomföra en fältstudie för att hitta möjliga teststräckor. Maskin- och cykelvägsutformning, olika typer av vägbeläggning, varierande väderförhållanden, budget och miljöpåverkan är exempel på ett antal faktorer som påverkar resultatet av sopsaltningsmetoden. Som följd av detta, utformades en fältstudie med besiktning av det prioriterade cykelnätverket, för att undvika att rekommendera ofördelaktiga områden. Utredningen fann att vid jämförelser mellan olika ispreventiva substanser bör likvärdiga teststräckor användas. Dessa bör vara fria från korsningar under minst 500 m sträckning. Om en mindre mängd lösning än en full tank testas bör sträckan ligga nära ett förråd för ispreventiv substans/lösning för att förhindra extra körsträckor i samband med påfyllning. Eftersom väderlek påverkar substansens effekt är det optimalt att hitta två likvärdiga sträckor att testa simultant med de substanser man vill jämföra. Flera möjliga teststräckor i Stockholm kunde rekommenderas utifrån testkraven och den mest fördelaktiga sträckan hittas på cykelbanorna längs båda sidor av Nynäsvägen mellan Sockenvägen och Gubbängen, söder om Stockholm. Vidare, rekommenderas i examensarbetet förbättringsförslag som innefattar att förlänga det prioriterade cykelnätet, införskaffandet av mer utrustning och personal, upprättandet av mätbara mål för resultat av vinterunderhållet, ruttoptimering och realtidsapplikationer, och med hjälp av erfarenheter och väderrapporter utvecklades en daglig planeringsprocess. Slutligen konstaterades att mer ekonomiska resurser är avgörande för att förbättra sopsaltningsmetoden och uppnå ett miljövänligt vinterunderhåll.

På grund av varmt väderlek utfördes fälttester i Umeå istället för Stockholm i projektets andra del. Halkpreventiva kemikaliers effektivitet – visuellt och perceptivt testades med cykling, där exempelvis bromsegenskaper, svängradie och ojämnheter utreddes. Friktionsmätning utfördes med friktionspendel enligt SS-EN 13036-4:2011, till största möjliga utsträckning. Vidare genomfördes intervjuer med maskinförarna och driftingenjörer. Resultaten visar att ett byte av

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Postadress	Besöksadress	Tfn / Fax / E-post
SP Box 5607 114 86 STOCKHOLM	Drottning Kristinas väg 45 114 28 STOCKHOLM	010-516 50 00 08-10 80 81 info@sp.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte SP i förväg skriftligen godkänt annat.

ispreventiv substans till kaliumformiat kan ge effektivare isprevention än det natriumkloridbaserade gatusalt som nästan uteslutande används dag samt göra att sopsaltningssmetoden kan användas i områden där klimatet är kallare än -8°C . Stora områden där denna metod förr inte använts skulle nu kunna överväga sopsaltning som en vinterväghållningsmetod.

Syftet med projektet

Syftet med projektet har varit att undersöka lovande formuleringar i sopsaltare på cykel- och gångbanor och utforma tester på hur effekten av dessa kan jämföras samt hur prestandan i fält överensstämmer med laborativa resultat. Resultaten har genomgående jämförts med det gatusalt som nästan uteslutande används dag. Parametrar som löslighet, blandbarhet, pris och logistik har även tagits i beaktande.

Bakgrund

Under åren 2010 till 2012 skadade sig i genomsnitt drygt 25 000 fotgängare per år i halkolyckor till följd av snö och is. Med skada menas här att skadan varit så allvarlig att vederbörande uppsökt en akutmottagning. Av de skadade var drygt 15 000 kvinnor [2].

Enligt IDB Sverige uppsöker varje år drygt 23 000 personer ett akutsjukhus efter att ha skadats som cyklist. De flesta cykelolyckor är singelolyckor (82 %) och den vanligaste förekommande motparten är en annan cyklist (8 %). För 60% av singelolyckorna kan man utläsa orsak till olyckan. Dominerande orsak är här halt väglag (18%), trots att det är relativt få som cyklar under perioden november till februari [3].

Vid normala förhållanden bildas snö och is på vägbanorna vid 0°C . Även utan snöfall kristalliserar fukt från luften på ytorna. Med hjälp av fryspunktsnedsättande substanser går det dock att förhindra is- och snöackumulering även vid lägre temperaturer. Natriumklorid är den substans som i det närmaste uteslutande används för detta ändamål på vägbanor. Trafikverkets rekommenderade temperaturgräns för användning av natriumklorid går vid -6°C , vilket begränsar användningen i landets norra delar. Natriumklorid är även problematiskt ur miljösynpunkt på grund av dess höga halter av natrium som kan påverka åkermark och klorid som kan förorena till exempel grundvatten. Alternativa produkter för halkbekämpning kommer därför i framtiden behövas för att minska den negativa miljöpåverkan.

Natriumklorid påverkar strukturen av vattenmolekylerna i iskristallen vilket gör att det krävs mer kinetisk energi för att lösningen ska frysa, vattnets fryspunkt sänks ju mer natriumklorid som tillsätts [4]. Produkten har en korrosiv effekt på metaller vilket kan skada vägar, bilar och även vattenledningar i de fall saltet sprids till dricksvattnet. Saltkristaller som bildas av natriumklorid kan också dra till sig djur som slickar på vägarna och ökar risken för viltolyckor [5, 6].

Under de senaste åren har en ny metod att applicera natriumklorid börjat användas på gång- och cykelbanor. Istället för att använda fasta partiklar har man först löst upp saltet i vatten till mättnad (ca 23-24%) och påfört från en s.k. sopsaltare som i fronten borstar gatan ren från eventuell snö och partiklar och i aktern applicerar natriumklorid (Figur. 1).



Figur 1.Sopsaltare [1]

Applicering från lösning möjliggör att en mindre mängd natriumklorid förbrukas vid behandlingen som dessutom blir effektivare. Metoden har hyllats av cyklister där den har använts.

Metod och material

Den första delen av arbetet utfördes delvis som ett examensarbete iav Ena Cupina vid institutionen för Bygg- och miljöteknik, avdelningen för geologi och geoteknik väg- och trafikantgruppen vid Chalmers och professor of the practice Anders Markstedt [1]. Inom examensarbetet undersöktes begränsningarna med underhållsmaskinerna, sopsaltningsmetoden och organisationen som krävs utvärderades genom hela projektet, för att på ett korrekt sätt genomföra en fältstudie för att hitta möjliga teststräckor. Maskin- och cykelvägsutformning, olika typer av vägbeläggning, varierande väderförhållanden, budget och miljöpåverkan är exempel på ett antal faktorer som påverkar resultatet av sopsaltningsmetoden. Som följd av detta, utformades en fältstudie med besiktning av det prioriterade cykelnätverket, för att undvika att rekommendera ofördelaktiga områden.

På grund varm väderlek utfördes fälttester i Umeå istället för Stockholm i projektets andra del. Halkpreventiva kemikaliers effektivitet – visuellt och perceptivt testades med cykling, där exempelvis bromsegenskaper, svängradie och ojämnheter utreddes samt med hjälp av en pendel med fotsimulator och friktionsmätning enligt SS-EN 13036-4:2011, till största möjliga utsträckning. Vidare genomfördes intervjuer med maskinförarna och driftingenjörer.

Resultat

Utformning av försök

För att utföra jämförelser mellan olika ispreventiva substanser bör likvärdiga teststräckor användas. Dessa bör vara fria från korsningar under minst 500 m sträckning. Om en mindre mängd lösning än en full tank testas bör sträckan ligga nära ett förråd för ispreventiv substans/lösning för att förhindra extra körsträckor i samband med påfyllning. Eftersom väderlek påverkar substansens effekt är det optimalt att hitta två likvärdiga sträckor att testa simultant med de substanser man vill jämföra. Ett exempel på sträckor i Stockholm som uppfyller dessa kriterier är längs Nynäsvägen, mellan Globen och Sofielundsplan. Här löper det prioriterade cykelnätet längs båda sidor av vägen. I Figur 2 visas bilder på cykelbanan vilket visar att den östra delen är helt ostörd av vägmarkeringar, brunnslock eller andra hinder. Cykelvägen på västra sidan av Nynäsvägen däremot har färgmarkeringar och andra typer av beläggning. Dessutom är delar av den västra delen täckt av en arena, så denna utsätts för mindre nederbörd. Dessa typer av störda sträckningar är också intressanta att utvärdera, men för att jämföra substanser i första hand bör sträckor liknande den östra delen.



Figur 2. Nynäsvägen - mellan Globen och Sofielundsplan. Bild 1-2 visar cykelbanan på östra sidan av vägen. Bild 3-5 visar cykelbanan på den västra sidan [1].

Fältförsök - friktionsmätning

I projektets andra del skedde kontakter med fler olika kommuner. Material för fältförsök transporterades till Stockholm, men på grund av varm väderlek kunde försöken här inte utföras. Istället utfördes försök i Umeå under kalla temperaturer på ned till -15°C . Här testades kaliumformiat i 50 % -lösning och jämfördes med tidigare behandling med natriumklorid. Umeå har liksom flera av Sveriges nordliga städer på grund av de ökade temperaturväxlingarna behövt förändra sitt vinterunderhåll eftersom traditionell vinterväghållning inte längre fungerar lika effektivt. Umeå kommun har liksom de flesta av Sveriges kommuner ett uttalat mål att öka cyklingen, men har kanske som Björkarnas stad extra anledning till att säkerställa att ispreventionen inte ger negativ effekt på växtlighet.

Då Umeå kommun under tiden för försöket endast hade tillgång till ett sopsaltningsfordon var det inte möjligt att jämföra natriumklorid- och kaliumkloridlösningarna sida vid sida, då det skulle bli för tidskrävande att mäta upp, rengöra och byta lösning. Av den orsaken beslutades det att inför testerna använda samma mängd lösning som med natriumklorid för att lättast kunna jämföra resultaten av kaliumformiat i sopsaltaren. Med hjälp av detta kunde den vana personalen lättare jämföra resultaten visuellt.

Flera komplikationer uppstod under fälttesterna. På grund av snömängden innan fältförsöksstarten gick motorn som driver sopborsten sönder. Detta ledde i sin tur till att några av testerna inte kunde genomföras den första morgonen då snön inte kunde sopas bort. Dock hyrdes en utomstående entreprenör in till de efterföljande dagarna, tyvärr fungerade inte koordineringen av gatusopen samt spridningen med sopsaltaren optimalt och i några av fallen vid nederbörd, hann ny snö lägga sig innan spridningen var fullföljd vilket ledde till sämre spridning av lösningen.

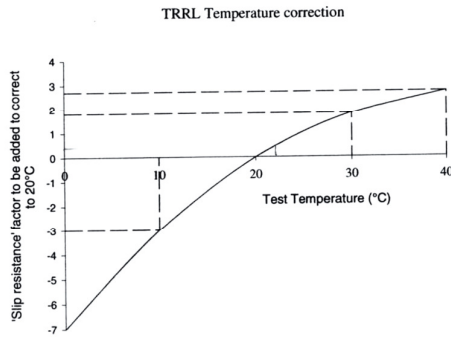
Innan resultaten av fältförsöken presenteras bör följande kommentarer nämnas inför tolkning av resultaten. Friktionspendeln har i jämförelse mellan tribometrar visat sig korrekt kunna ranka ytor efter deras halkegenskaper för fotgängare, något bara fyra av elva testade tribometrar klarade av [7]. Dock behöver även vid användande av pendelmetoden vissa approximationer göras. Dels är friktionen beroende av temperaturen och desto kallare det är ju mindre friktion, och vid användning av metoden i kallt väder krävs en korrektion av pendeltestvärdet (PTV). Dessutom påverkas gummiklacken som används tillsammans med pendeln av temperaturen och ändrar karakteristik och beteende med temperaturen. Tabell 1 och Figur 1 visar korrigeringar vid temperaturer ner till 0°C [8-10]. Eftersom alla mätningar i Umeå utfördes vid minusgrader, skulle detta kunna innebära att de till synes höga PTV från försöken eventuellt kan hamna under det rekommenderade värdet av 36 efter korrektion för temperaturen. Detta temperaturberoende är inte unikt för pendelmetoden, utan alla

friktionsmätningar där ett gummidäck eller en gummiklack används kommer att bero av gummits temperaturegenskaper.

Tabell 1. Korrigering av PTV när provningen utförs i annan temperatur än 20°C med klack 57, tabell ur SS-EN 13036-4:2011 [10].

Uppmätt klacktemperatur (°C)*	36-40	30-35	23-29	19-22	16-18	11-15	8-10	5-7
Korrektion till mätvärde	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4

*temperaturen kan påverkas av ytan



Figur 3. Korrigering av PTV när provningen utförs i annan temperatur än 20°C med slider 57 [8].

Förutom detta, är ”normalanvändaren” en person i åldersspannet 18-60. Men fall- och halkstatistiken visar att äldre personer är överrepresenterade i fallstatistik, på grund av en högre andel äldre som följd av lågt barnafödande och ökande medellivslängd [11]. De som faktiskt skadar sig vid fall har sämre balans än normalanvändaren och för att undvika onödiga skador bör högre PTV eftersträvas. Vid väta sjunker friktionen ytterligare, vilket medför högre risk för halka och skador vid omväxlande väder. Under försöket med kaliumformiat anges huruvida ytan har varit torr eller våt, då detta påverkar friktionen. Tabell 2 visar PTV värden uppmätta vid fältförsöken.

Tabell 2 Friktionsvärden uppmätta vid fälttester i Umeå

Mättilfälle	1.1	1.2	1.3	2.1 ⁺	2.2 ⁺	2.3 ⁺	3.1 ⁺⁺	3.2 ⁺⁺	3.3 ⁺⁺
Temperatur (°C)	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11
Luftfuktighet (%RH)	94-98	100	100	96-98	100	100	90-91	91-92	90-92
Tid efter sopsaltning (h)	15	15	15	0	0	0	4	4	4
Substans	natrium-klorid	natrium-klorid	natrium-klorid	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat
PTV 1	55	50	45	56	56	58	50	56	50
PTV 2	60	50	59	67	62	59	58	59	51

PTV 3	60	55	56	67	63	63	54	60	53
PTV 4	60	55	56	68	64	64	53	56	60
PTV 5	59	56	60	69	63	65	54	58	55
PTV Medel	59	53	55	65	62	62	54	58	54
Måttillfälle	4.1	4.2	4.3	5.1	6.1	6.2	7.1 ^{‡+}	8.1 ⁺⁺⁺	8.2 ⁺⁺⁺
Temperatur (°C)	-16	-16	-16	-16	-14	-14	-2	-8	-8
Luftfuktighet (%RH)	96	100	100	100	100	100	75-77	100	100
Tid efter sopsaltning (h)	24	24	24	24*	24**	24**	1	16*	16*
Substans	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat	kalium-formiat
PTV 1	57	55	59	54	53	50	45	65	55
PTV 2	56	60	60	56	51	63	60	60	57
PTV 3	56	60	58	56	52	56	61	50	53
PTV 4	59	55	60	56	50	55	65	70	62
PTV 5	63	55	60	54	55	60	62	68	64
PTV Medel	58	57	59	55	52	57	59	63	58
Måttillfälle	9.1 ⁺⁺⁺	9.2 ⁺⁺⁺							
Temperatur (°C)	-11	-11							
Luftfuktighet (%RH)	100	100							
Tid efter sopsaltning (h)	0	0							
Substans	kalium-formiat	kalium-formiat							
PTV 1	46	53							
PTV 2	51	63							
PTV 3	57	66							
PTV 4	60	69							
PTV 5	59	72							
PTV Medel	55	65							

*direkt efter en extra sopning **direkt efter två extra sopningar ⁺våt yta ⁺⁺fuktig yta ⁺⁺⁺snö på ytan [‡]mätning på isfläck



Figur 4. Bilder på mätytor samt motsvarande mättillfälles nummer.

I Tabell 2 och Figur 4 kan man se att avisningsreaktionen vid användning av kaliumformiat skedde omedelbart, även vid temperaturer när användningen och resultatet av natriumklorid avtar. Detta stämmer överens med resultaten från labförsöken. Genomgående är också att den första mätningen har ett lägre värde än de efterföljande fyra slagen. Då det ligger snömodd på ytan visar det första slaget att den initiala risken att halka är högre än vid de senare slagen så snömodden slagits undan, vilket även syntes tydligt på ytan under pågående försök. Sopning av ytan i direkt anslutning till spridning av avisningsmedel vid nederbörd är en avgörande faktor för att få ett bra resultat. Snötäcket hindrar spridningen av kaliumformiaten och lösningen som sprids ut sjunker igenom täcket. Som mätningarna indikerar varierar friktionsresultaten beroende på testytan, då all snö inte hunnit smälta undan än. De lägsta friktionsvärdena för första pendelslaget uppmättes för natriumklorid femton timmar efter behandling, vilken låg på samma nivå som mätning vid temperatur nära noll på en våt isfläck, en timme efter behandling med kaliumformiat. Dock enligt Tabell 1 och Figur 3 hade den senare högre PTV på grund av temperaturskillnaden.

Vid några tillfällen vid -15°C kunde mätningar ej utföras, dock noterades vid denna temperatur att efter åtgärderna är vägen fuktig och det mesta av snön och isen har smält undan. I kanterna av vägen finns fortfarande en del is. Personalen på plats var väldigt positiva till resultaten, på grund av de låga temperaturerna skulle natriumklorid inte haft någon effekt vid dessa temperaturer, kaliumformiat å andra sidan fungerade väldigt bra. Vid användandet av skosulan för att känna huruvida den fuktiga ytan kändes hal upplevdes väldigt hög friktion, både av testutförare and drift- och underhållspersonalen.

Fältförsök - cykeltester

Ca 1 h efter sopsaltning med kaliumformiat spridning genomfördes ett första cykeltest vid -2°C på våt yta. Testet utfördes på en elcykel lånad av Umeå kommun. Det var ett visuellt och perceptivt test med cykel, där exempelvis bromsegenskaper, svängradie och ojämnheter togs i beaktning. Först genomfördes cykling på gatan i anslutning till cykelbanan, som inte sopsaltas utan packas och sandas/grusas. Sedan genomfördes samma typ av cykling på cykelbanan. Två personer utförde cykeltesterna. Resultatet av testet var att trots en fuktig yta med flera isfläckar samt cykelmarkeringar, upplevdes cykeln som kontrollerbar, även vid plötsliga och hårda inbromsningar på den sopsaltade ytan. På gatan som inte sopsaltas upplevdes cykeln som okontrollerbar vid flera tillfällen och några gånger fick även foten sättas ner då fästet släppte. Vid ett andra cykeltest vid ca -9°C var ytan täckt av ett snölager när lösningen spreds. I detta fall märktes ingen skillnad vid cykling före och efter spridningen, vilket visar vikten av att sopsaltning undan snön direkt innan lösningen appliceras.

Slutsatser

Resultatet från ispreventiva åtgärder beror på infrastruktur och klimat vid mättilfället. För att jämföra olika substanser bör simultana mätningar ske på likvärdiga sträckningar. Dock kan en del slutsatser dras från utförda fältförsök i Umeå: personalen som befann sig på plats uttryckte direkt att det var stor skillnad på resultatet vid användande av kaliumformiat och avisningsreaktionen skedde omedelbart, även vid temperaturer när användningen och resultatet av natriumklorid avtar. Detta stämmer överens med de uppmätta värdena samt de resultat som tagits fram vid labbförsök. Detta innebär att sopsaltningsmetoden skulle kunna användas i områden där klimatet är kallare än -8°C . Stora områden där denna metod förr inte använts skulle nu kunna överväga sopsaltnings som en vinterväghållningsmetod.

Genomgående är också att den första mätningen har ett lägre värde än de efterföljande fyra slagen. Då det ligger snömodd på ytan visar det första slaget att den initiala risken att halka är högre än vid de senare slagen så snömodden slagits undan, vilket även syntes tydligt på ytan under pågående försök. Sopning av ytan i direkt anslutning till spridning av avisningsmedel vid nederbörd är en avgörande faktor för att få ett bra resultat. Snötäcket hindrar spridningen av kaliumformiaten och lösningen som sprids ut sjunker igenom täcket. Som mätningarna indikerar varierar friktionsresultaten beroende på testytan, då all snö inte hunnit smälta undan än.

Ekonomisk redovisning

Vid rapporteringsdatumet har i detta projekt förbrukats:

Provning: 211 946 kr

Projektleddning: 20 476 kr

Resor, logi, frakt och material: 24 427 kr

Summa: 257 975 kr

Referenser

1. Cupina, E., *Analysis and Improvement Recommendations for Winter Maintenance on Bike Paths From an Urban Environmental Perspective with focus on "Sopsaltnings" in Stockholm*, in *Department of Civil and Environmental Engineering*. 2015, Chalmers.
2. Schyllander, J., *Fotgängare och halkolyckor*. 2013, MSB myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
3. Schyllander, J. and R. Ekman, *Skadade cyklister – en studie av skadutvecklingen över tid*. 2013.
4. Kemikalieinspektionen, *Natriumklorid*. 2003.
5. Fischel, M., *Evaluation of selected deicers based on a review of the literature*. 2001, Colorado Department of Transportation.
6. Dahl, C., et al., *Halkbekämpning av cykelbanor ur ett miljöperspektiv*. 2014, Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskap.
7. Powers, C.M., et al., *Validation of Walkway Slip Resistance Measurements: A Gait Based Approach*. 2015: https://www.researchgate.net/publication/267799115_Validation_of_Walkway_Slip_Resistance_Measurements_A_Gait_Based_Approach.
8. *The assessment of floor slip resistance.*, in *UK Slip Resistance Group Guidelines*. 2000, UK Slip Resistance Group. p. 20.
9. *The Assessment of Floor Resistance.*, in *The UK Slip Resistance Group Guidelines*. 2005, UK Slip Resistance Group. p. 13-20.
10. *SS-EN 13036-4 Road and airfield surface characteristics – Test methods – Part 4 Method for measurement of slip/skid resistance of a surface: The pendulum test*. 2011, SIS, Swedish Standards Institute: Stockholm.
11. Schyllander, J., *Fallolyckor - Statistik och analys*, M.f.S.o.B. (MSB), Editor. 2014.