



Samhällspåverkan vid konventionell vinterväghållning och markvärme

Hanna Nevalainen Henaes

Examensarbete på Civilingenjörsnivå
Avdelningen för Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet



SAMHÄLLSPÅVERKAN VID KONVENTIONELL VINTERVÄGHÅLLNING OCH MARKVÄRME



Hanna Nevalainen Henaes
September 2018

Föreliggande examensarbete på civilingenjörsnivå har genomförts vid Avd. för Energihushållning, Inst för Energivetenskaper, Lunds Universitet - LTH samt vid Kraftringen AB i Lund.Handledare på Kraftringen AB: Peter Ottosson, Projektledare; handledare på LU-LTH: vikariearnde lektor Per-Olof Johansson Kallioniemi ; examinator på LU-LTH: biträdande universitetslektor Kerstin Sernhed.

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

ISRN LUTMDN/TMHP-18/5422-SE

ISSN 0282-1990

© 2018 Hanna Nevalainen Henaes samt Energivetenskaper

Energihushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

www.energy.lth.se

Förord

Detta examensarbete utgör det avslutande momentet på civilingenjörsutbildningen inom elektroteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har utförts på uppdrag utav Krafringen och avdelningen för Energivetenskaper på LTH under våren och sommaren 2018.

Jag vill rikta ett stort tack till Krafringen som har gett mig möjligheten att genomföra mitt examensarbete hos er. Ett speciellt tack till min handledare Peter Ottosson på Krafringen för ditt stöd och engagemang under arbetets gång. Tack även till mina kontorsgrannar Holger och Arne på Krafringen för trevligt bemötande och uppmuntrande ord. Tack även till min handledare på LTH Per-Olof Johansson Kallioniemi som hjälpt mig genom diskussioner och gett mig vägledning i riktning mot att nå resultat.

Till sist vill jag rikta ett varmt tack till min man och son för allt er stöd och kärlek under min studietid.

Hanna Nevalainen Henaes
Oktober 2018

Abstract

During the winter it will snow various amount in all of Sweden. To be able to walk and ride on bicycle during the winter the road requires maintenance. The traditional way of doing so is to clear snow off the roads with machines and combat slip with salt or sand. Another way to winter maintain the roads is ground heat. The ground is heated with warm water or electricity to melt the snow.

The winter maintenance have various amount of impact on the community, When the winter maintenance do not work well, which is when snow or ice is still on the road, the impact on the community is increased. In this study traditional winter maintenance and ground heat have been looked at in three different ways: community impact, cost and environmental impact. The cost have been calculated on Clemenstorget in Lund.

Causes for poor winter maintenance from traditional winter maintenance is obstacles along the road, different paving and narrow spaces. The knowledge on roads for pedestrian and cyclists when it comes to winter maintenance are poor and the weather information that are available is not always reliable which leads strait to winter maintenance for the roads.

Ground heat have several causes for poor winter maintenance. One is that ground heat is not working well in low temperature, steering difficulty, uneven heat distribution, and it is much to think about when it is installed.

Poor winter maintenance will have an impact on the community in different ways. Falling accident will be higher, the accessibility will be smaller and less sustainable transport system. The three impacts have in common that for all of them there are clear goals and guidelines for them but poorly described on how the goals are achieved. For example on that is Nollvisionenåhere the goals are clear: reduce severely injured falling accidents, but there are no suggestions on how it will be done.

The cost calculations for Clemenstorget in Lund shows that the install cost for ground heat is high, around 1 000 kr/m² and the maintenance cost is about the same as the costs for traditional winter maintenance, around 30 kr/m². The calculations also shows that the costs for falling accidents are high, 900 kr/m² yearly. For the two other impacts on the community have not been calculated shows that are money to be saved if the roads are better winter maintained to do less noise and greenhouse gas emissions.

To use ground heat, that uses warm water as heater, instead of traditional winter maintenance on one or more roads will lead to cleaner air, better quality on the groundwater and less impact on the climate. The benefits is because of reduced fuel consumption and no use of salt.

Sammanfattning

Under vintern snöar det i varierande mängd i hela Sverige. För att fotgängare och cyklister ska kunna ta sig fram behöver vägarna vinterväghållas. Konventionell vinterväghållning sker genom snöröjning med hjälp av maskiner och halkbekämpning genom sandning och/eller saltning. Snöröjning och är till för att ta bort snön från vägarna. och halkbekämpning utförs för att minimera risken att halka. Ett annat sätt att vinterväghålla vägar är genom markvärme. Markvärme värmer upp marken med hjälp av värme eller el för att smälta bort snön på marken.

Vinterväghållningen påverkar samhället i varierande grad och när vinterväghållningen inte sker på ett bra sätt, det vill säga när snö eller is finns kvar på vägarna, påverkas hela samhället. I den här studien har konventionell vinterväghållning och markvärme studerats ur ett samhällsperspektiv utifrån tre olika infallsvinklar: samhällspåverkan, kostnad, och miljöpåverkan. Kostnaderna som gjorts i studien har beräknats för ett fall på Clemenstorget i Lund.

Orsaker till bristande vinterväghållning vid konventionell vinterväghållning är hinder på vägen, olika beläggningar på vägen och trånga utrymmen som gör att det ej går att vinterväghålla konventionellt på ett bra sätt. Kunskapen kring konventionell vinterväghållning på gång- och cykelvägar är låg. Det har forskats betydligt mindre än på bilvägar. Väderinformationen som ges ut är inte alltid tillförlitlig och leder till svårigheter att välja rätt åtgärd för snöröjning och halkbekämpning.

Markvärmerna har flertalet olika orsaker som gör att vinterväghållning brister. En av orsakerna att det ej fungerar vid låga temperaturer. Andra fel som kan uppstå i markvärmesystem är styrningssvårigheter, ojämn värmefördelning, och svårigheter vid anläggning och installation.

Vid bristande vinterväghållning är samhällspåverkan bland annat fallolyckor, minskad tillgänglighet i utemiljö och mindre hållbart transportsystem. Gemensamt för de tre olika påverkansfaktorerna är att det finns tydliga mål och riktlinjer men ej hur de ska uppnås. Ett exempel på det är nollvisionen där ett av målen där i är att antalet allvarligt skadade vid fallolyckor ska minska, men det ej finns några konkreta förslag på hur det skall uppnås.

Kostnadsberäkningarna som har gjorts i studien på Clemenstorget i Lund visar att installationskostnaden för markvärmerna är hög, cirka 1 000 kr/m² medan drift och underhållskostnaderna (de årliga kostnaderna) är liknande de för konventionell vinterväghållning, cirka 30 kr/m². De beräknade kostnaderna för fallolyckor på halt vägunderlag är cirka 900 kr/m² årligen för det beräknade fallet. Kostnaderna

för minskad tillgänglighet i utemiljö och mindre hållbart transportsystem har ej beräknats men visar ändå att genom bättre vinterväghållna vägar går det att minska kostnaderna genom minskat buller som leder till minskade sjukvårdskostnader och minskade växthusgasutsläpp.

Genom att använda värmedriven markvärme istället för konventionell vinterväghållning på en eller flertalet vägar kan det hjälpa till på vägen att nå flera miljömål, som friskare luft, bättre kvalitet på grundvatten samt minskad klimatpåverkan. Det för att salt ej används och växthusgasutsläppen minskar vid markvärme jämfört med konventionell vinterväghållning.

Innehåll

Förord	i
Abstract	iii
Sammanfattning	v
1 Inledning	1
1.1 Vinterväghållning i Lund	2
1.2 Syfte och frågeställningar	7
1.3 Avgränsningar	7
1.4 Disposition	8
2 Teori	9
2.1 Konventionell vinterväghållning	9
2.1.1 Snöröjning	10
2.1.2 Halkbekämpning	11
2.2 Markvärme	12
2.2.1 Anläggning av markvärme	13
2.2.1.1 Värmedriven markvärme	15
2.2.1.2 Eldriven markvärme	18
2.2.2 Styrning och reglering av markvärmesystem	19
2.2.2.1 Manuell styrning	20
2.2.2.2 Automatisk styrning	20
3 Metod	23
3.1 Litteraturstudie	23
3.2 Intervjuer och studiebesök	24
3.2.1 Intervju	24
3.2.2 Studiebesök	24
3.3 Kostnadsberäkningar	24
3.3.1 Markvärme	26
3.3.2 Fallolyckor	26
4 Samhällspåverkan vid vinterväghållning	29
4.1 Konventionell vinterväghållning	29
4.2 Markvärme	30
4.3 Bristande vinterväghållning	32
4.3.1 Fallolyckor	32
4.3.2 Tillgänglighet i utemiljön	35
4.3.3 Hållbart transportsystem	39

5	Kostnadsanalys av vinterväghållning och samhällspåverkan	43
5.1	Konventionell vinterväghållning	43
5.2	Markvärme	43
5.2.1	Anläggnings- och installationskostnader	43
5.2.2	Driftskostnader	44
5.3	Bristande vinterväghållning	44
5.3.1	Kostnader för fallolyckor	45
5.3.2	Kostnader vid minskad tillgänglighet i utemiljö	45
5.3.3	Kostnader vid mindre hållbart transportsystem	46
5.4	Sammanställning av kostnader	48
6	Miljöpåverkan vid vinterväghållning	49
6.1	Miljömål	49
6.2	Konventionell vinterväghållning	51
6.2.1	Snöröjning	51
6.2.2	Mekanisk halkbekämpning	52
6.2.3	Kemisk halkbekämpning	52
6.3	Markvärme	53
6.3.1	Värmedriven markvärme	54
6.3.2	Eldriven markvärme	56
6.4	Sammanställning av miljöpåverkan från vinterväghållning	57
7	Analys	59
7.1	Samhällspåverkan	59
7.2	Kostnader	60
7.3	Miljöpåverkan	61
8	Diskussion	63
8.1	Teori	63
8.2	Metod	63
8.3	Samhällspåverkan	63
8.4	Kostnader	64
8.5	Miljöpåverkan	65
8.6	Förslag på fortsatt vidare arbete	65
9	Slutsats	67

Referenser

Bilagor

Begrepp och förkortningar

Begrepp och förkortningar	Förklaring
ALM2	<i>Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga på allmänna platser och inom områden för andra anläggningar än byggnader.</i> Föreskrifterna i ALM omfattar exempelvis gångytor, ramper och trappor.
ASEK 6.1	<i>Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn.</i> En rapport framtagen åt Trafikverket gällande verktyg och förutsättningar för analyser inom transportsektorn. Version 6.1 är den senaste versionen av ASEK och kom ut i april 2018.
bristande vinterväghållning	När vinterväghållningen ej sker på ett tillfredsställande sätt. Det till säga att det finns snö eller is kvar på marken som har en påverkan på människor och samhället.
c/c-avstånd	Ett avstånd som används inom markvärme. C/C-avståndet är avståndet mellan mittpunkterna på två angränsande rörslingor/värmekablar.
friktionstal	Beskriver friktionen mellan två fasta objekt. Friktionstalet är mellan noll och ett. Noll betyder att ej finns någon friktion mellan objekten och ett betyder att objekten ej glider mot varandra.
gc-vägar	gång- och cykelvägar
GCM-handbok	<i>Gång, Cykel och Moped-Handbok</i> En handbok för att lyfta fram gång- och cykeltrafiken. Boken är ett samlat dokument för planerare, projektörer och politiker om gång-, cykel- och mopedtrafik.
HIN	<i>Boverkets föreskrifter och allmänna råd om avhjälpande av enkelt avhjälpna hinder till och i lokaler dit allmänheten har tillträde och på allmänna platser.</i> Föreskrifterna gäller tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- och orienteringsförmåga

LundaEko II	<i>Lunds program för ekologisk hållbar utveckling 2014-2020.</i> LundaEko II bygger på de nationella miljö kvalitetsmålen, som Lunds kommun sedan satt upp 8 egna miljömål att arbeta utefter.
LundaMaTs III	<i>Lunds strategi för ett hållbart transportsystem.</i> MaTs står för ett miljöanpassat transportsystem. LundaMaTs ska ange riktlinjer för bestämmande myndigheter i Lund i arbetet med stadens trafik och transporter. Arbetet började år 1999 och idag arbetar man efter LundaMaTs III.
MSB	<i>Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.</i> En statlig myndighet som har till uppgift att utveckla samhällets förmåga att förebygga och hantera olyckor och kriser.
SKL	Sveriges kommuner och landsting
STRADA	<i>Swedish Traffic Accident Data Acquisition.</i> Ett informationssystem för skador och olyckor inom vägtransportssystemet. Systemet bygger på rapportering från polis och sjukvården (endast akutsjukhus).
Trafikverket	Trafikverkets uppdrag är att ansvara för den långsiktiga infrastrukturplaneringen för vägtrafik, järnvägstrafik, sjöfart och luftfart samt för byggande och drift av statliga vägar och järnvägar.
VTI	<i>Statens väg- och transportforskningsinstitut.</i> Bedriver forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transport som en del i att uppnå Sveriges transportpolitiska mål. Forskningen sker kring samtliga transportslag inom bland annat drift och underhåll, miljö, och människan i transportsystemet.

Figurer

1	De fyra klimatzonerna i Sverige (Devi 2018)	14
2	Inkoppling till fjärrvärmenätet för ett markvärmesystem (LK System 2018b)	16
3	En förläggning av markvärme i Malmö (LK Systems 2018)	17
4	Förläggningsexempel gatsten, gräsyta och asfalt (Sant 2018)	18
5	Ett exempel på hur zonstyrning kan se ut (Danfoss 2017a)	20
6	Clemenstorget i Lund. 1cm på kartan motsvar 20 meter i verkligheten (Google 2018)	25
7	Vägomständigheter för de 10 fallolyckorna för fotgängare singel på Clemenstorget 2012-2016	27
8	Fördelning av orsaker till skadan i fotgängare singelolyckor under olika månader över året (Öberg 2011)	33
9	Antal skadade fotgängare skadade vid halt väglag under tidsperioden 15 november 2010 till 15 mars utefter ålder i Skåne (Berntman m. fl. 2011)	35
10	Tre olika typer av plattor för konstgjorda ledstråk (Benders Mark 2013)	38
11	Färdmedelsval under sommaren för olika distanser (april till oktober) (Bergström och Magnusson 2003)	40
12	Färdmedelsval under vintern för olika distanser (november till mars) .	41
13	Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion i procentandel av 54 TWh år 2017 (Khodayari 2017)	54
14	Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion i Lund i procent år 2017 (Kraftringen 2018)	55
15	Sveriges elproduktion år 2017 fördelat på olika energislag	56

Tabeller

1	Starttider för vinterväghållning i Lunds kommun	4
2	Åtgärdstider för vinterväghållning i Lunds kommun	4
3	Åtgärdstider för vinterväghållning i Lunds kommun	6
4	Krav för vinterväghållning vid nederbörd	11
5	Krav för vinterväghållning vid uppehållsväder	11
6	Samhällskostnader för några olyckstyper och samhällskostnader för att förebygga dessa. Kostnadsuppskattningen är från 2013.	34
7	Antalet resta kilometer på resor som är 5 kilometer eller kortare med olika typer av färdmedel (Eriksson och Forward 2010)	40
8	Kostnader för olika poster gällande anläggning av markvärme. Kostnad i kr.	44
9	Värdering av olyckor för fotgängare (Trafikverket 2018b).	45
10	Värdering av minskad gångtid för fotgängare uttryckt i kr/personimme i prisnivå 2014 och 2040	46
11	Värdering av luftföroreningars regionala effekter kr/kg utsläpp (Trafikverket 2018b)	46
12	Värdering av luftföroreningars lokala effekter kr/exponeringsenhet. . .	46
13	Kostnad för buller från vägtrafik utomhus. Total kostnad i kr/person och år (Trafikverket 2018b).	47
14	Sammanställning av kostnader för konventionell vinterväghållning, markvärme och fallolyckor uttryckt i kr/m ²	48
15	Sveriges 16 miljömål, vilken miljöpåverkan man vill undvika och om de är studerade i den här studien	50
16	Sammanställning om konventionell vinterväghållning och markvärme ger upphov till negativ inverkan på de fyra miljömål som studerats . .	57

1 Inledning

I Sverige har vi ett varierande klimat, från varma somrar till kalla vintrar. Under vintern snöar det i varierande grad i olika delar av Sverige och det kan bildas is på vägarna. För att öka framkomligheten och säkerheten under vintern vinterväghålls vägarna. Vinterväghållningen kan delas upp i två delar, snöröjning och halkbekämpning. Där snöröjning består i att få bort snön från vägen och halkbekämpning att minska risken för att halka.

Med konventionell vinterväghållning i den här studien menas snöröjning med hjälp av maskin eller manuellt och halkbekämpning med hjälp av sand eller salt. Vid vinterväghållning på detta sätt kan det fortfarande finnas kvar snö och/eller is på vägarna. Ett annat sätt att vinterväghålla är genom att använda markvärme. Markvärme är rörslangor eller värmekablar som ligger under ytan på vägen som värmer upp marken. Vis snöfall smälter snön när den faller på marken.

Både konventionell vinterväghållning och markvärme kan leda till att snö eller is finns kvar på vägarna. När snö och/eller is finns på vägarna ger det upphov till olika samhällsproblem. Ett problem är att antalet fallolyckor ökar under vintern. VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) har gjort forskning på vintervädrets betydelse för fallolyckor (Eriksson och Sörensen 2015). Statistik från STRADA (Swedish Traffic Accident Data Acquisition) visar att 90 procent av alla fotgängarskador under vintern sker i en fallolycka utan fordon inblandat (fallolycka singel). Av alla fallolyckor singel är nästan 70 procent på grund av halka.

Ett annat samhällsproblem vid bristande vinterväghållning är minskad tillgänglighet på vägarna. Personer med olika typer av funktionsnedsättningar, personer med rullatorer och barnvagnar har svårare att ta sig fram, och i vissa fall kanske inte kan ta sig fram alls när, vinterväghållningen inte fungerar på ett bra sätt.

Gång- och cykeltrafiken bidrar till att staden blir mer levande och attraktiv samtidigt som det bidrar till bättre hälsa för gemene man och ett mer hållbart transportsystem för samhället (SKL 2010). För att öka gång- och cykeltrafiken har flera kommuner satt upp egna mål och ställningstaganden. Trots detta minskar cyklingen under vintern med runt 50 procent, och störst minskning är det vid noll grader där det i högre grad snöar och blir halt på vägarna (Kröyer m. fl. 2017).

Att vinterväghålla vägar, både konventionellt och genom markvärme, kostar pengar. De direkta kostnaderna för markvärmerna är högre än för konventionell vinterväghållning och därför väljs ofta markvärmerna bort. Indirekta kostnader, eller kostnader som undviks genom att använda markvärmerna istället för konventionell vinterväghållning tas inte med i beräkningen för den totala kostnaden för de två olika alternativen. Flera studier har konstaterat att samhällskostnaderna för fallolyckor

vida överstiger kostnaderna för konventionell vinterväghållning (Arvidsson och Öberg 2012; Mattsson 2017).

En studie från VTI konstaterar att markvärme skulle kunna vara ett kostnadseffektivt alternativ när det finns svårigheter att uppnå ett bra resultat i konventionell vinterväghållning, och även vid mycket höga trafikflöden (Niska m. fl. 2017).

1.1 Vinterväghållning i Lund

I Lunds kommun är det Tekniska förvaltningen som ansvarar för vinterväghållningen med hjälp av olika entreprenörer och Lunds Renhållningsverk. Samarbeten angående vinterväghållningen sker på vägar där ansvaret går över från statlig till kommunal verksamhet där Lunds kommun använder sig av samma entreprenörer som staten gör för att få en enhetlig vinterväghållning på vägen (Jönsson 2018). För att vinterväghållningen ska ske på ett tillfredsställande sätt och efter förväntningar finns det policys om bland annat förväntad standard (se Tabell 3 för olika standarder gällande vinterväghållning) för vinterväghållningen samt start- och åtgärdstider (Tabell 1 och 2) som ska efterföljas. Det finns kontrollpunkter i Lund för att se hur väl vinterväghållning har skett på vägarna.

Kommunen ansvarar för att vinterväghålla kommunala gator, torg, gång- och cykelbanor och det är fastighetsägarens ansvar att hålla gångutrymmet fritt längs fastigheten, oavsett om trottoar finns eller ej (Tekniska förvaltningen, Lunds kommun 2018). Fastighetsägaren har också ansvar att ta bort istappar från fastigheten, ta bort snö från tak vid risk för snöras och att galler till rännstensbrunn hålls fri från snö och is (Tekniska förvaltningen, Lunds kommun 2017a). Det går att köpa tjänster för vinterväghållningen för fastighetsägare från renhållningsverket (Jönsson 2018).

För att endast vinterväghålla vägarna när det behövs använder sig Lunds kommun av en vädertjänst som heter Foreca. Vädertjänsten ger tillgång till bland annat radar och prognoser för väder. Utefter prognoser bestäms när vinterväghållning ska ske.

Budgeten för vinterväghållning i kommuner är ofta satt efter normalvintern (ibid.). Om det blir en snörik vinter leder det till att budgeten överskrids, för vinterväghållning behöver göras även om budgeten överskrids. När budgeten överskrids för vinterväghållning blir det mindre pengar över till drift och underhåll. Det kan göra att en kommun inte har råd till att göra planerade driftsunderhåll under resterande del av året att vägar kan därmed bli eftersatta.

Precis som i andra städer vinterväghålls Lund utefter en prioriterad ordning. Målet med prioriteringen är att samhällets resor, transporter och leveranser ska fungera på ett trafiksäkert och acceptabelt sätt även när det är vinterväder (Tekniska förvaltningen, Lunds kommun 2018). De gator och cykelstråk med prioritet 1

ska vara farbara och trafiksäkra när morgontrafiken sätter igång. Snöröjning och halkbekämpning görs vid behov, oavsett tid på dygnet på dessa gator och cykelstråk. Vid dåligt väder kan man behöva börja om plogningen på högsta prioritet på gator och cykelstråk. Det kan göra att det kan ta upp till flera dagar innan lägre prioriterade stråk plogas.

Högsta prioritet (Prioritet 1) i Lund har:

- Större cykelstråk som leder mot centrum och viktiga målpunkter kring stråken
- Huvudgator med kollektivtrafik och bussgator
- Landsvägsnätet som ej tillhör Trafikverket

Större bostadsgator och cykelstråk och prioriterade gångbanor där kommunen ansvarar för vinterväghållningen har prioritet 2. Torgytor, övriga gångbanor och mindre trafikerade cykelvägar har prioritet 3 (Tekniska förvaltningen, Lunds kommun 2018). Vid stora mängder snö kan snön behöva deponeras. Senast det gjordes i Lund, använde sig Lunds kommun av egen mark (Jönsson 2018).

För vinterväghållningen finns det start- och åtgärdstider, där åtgärdstid består av inställetid och körtid. Inställetid är den tid det tar för en förare att påbörja vinterväghållningsinsatsen med en färdig vinterväghållningsenhet och körtid är den effektiva tid som vinterväghållningsinsatsen pågår. Tiderna visas i Tabell 1 för starttider och Tabell 2 för åtgärdstider.

Tabell 1: Starttider för vinterväghållning i Lunds kommun

Prioritet	Typ av väg/gata	Halkbekämpning	Snöröjning
1	Cykelstråk med prioritet 1	Vid indikation om kommande halka	max 3 cm
1	Huvudgator med kollektivtrafik samt bussgator	Vid indikation om kommande halka	max 5 cm
1	Landsvägsnät	Vid indikation om kommande halka	max 5 cm
2	Cykel- och gångbanestråk med prioritet 2	Vid konstaterad halka	max 3 cm
2	Uppsamlings- och industrigator	Vid konstaterad halka	max 5 cm
3	Övriga cykelvägar	Vid svår halka	Vid behov under ordinarie arbetstid
3	Lokalgator	Vid svår halka	Vid behov under ordinarie arbetstid

Tabell 2: Åtgärdstider för vinterväghållning i Lunds kommun

Prioritet	Typ av väg/gata	Halkbekämpning	Snöröjning	Kompletterande röjning
1	Cykelstråk med prioritet 1	5 timmar	5 timmar	3 dygn
1	Huvudgator med kollektivtrafik samt bussgator	3 timmar	3 timmar	3 dygn
1	Landsvägsnät	3 timmar	3 timmar	3 dygn
2	Cykel- och gångbanestråk med prioritet 2	8 timmar	8 timmar	3 dygn
2	Uppsamlings- och industrigator	8 timmar	8 timmar	3 dygn
3	Övriga cykelvägar	12 timmar	12 timmar	3 dygn
3	Lokalgator	12 timmar	12 timmar	3 dygn

I Lund används både salt och sand för halkbekämpning (Tekniska förvaltningen, Lunds kommun 2018). I tabell 3 visas standard och halkbekämpningsmetod för olika typer av vägar. Den sand som vanligen används som halkbekämpning är kvartsit, men även åssand används. Kvartsiten som används på gc-vägar har tumlats för att minimera risken för cykelpunkteringar. I all sand som används blandas salt in för att undvika klumpbildning. Sanden tas vanligtvis upp i början av mars och håller på till slutet av maj.

Salt används vid ishalka (som är den vanligaste förekommande vädersituationen i Lund under vintern) och underkyllt regn. Salt används även förebyggande för att undvika halka på gator, vägar och gång- och cykelbanor med högsta prioritet. Den förebyggande halkbekämpningen sker med hjälp av väderprognoser. I Lunds kommun används salt sällan på gång- och cykelbanor, parker, nära trädplanteringar och på smala gator i stadsmiljö på grund av saltets negativa påverkan på växtlighet samt på betongkonstruktion och gatuutrustning. Lund försöker successivt gå över från torrt salt till saltlösning och befruktat salt (Tekniska förvaltningen, Lunds kommun 2017b).

Tabell 3: Åtgärdstider för vinterväghållning i Lunds kommun

Prioritet	Typ av väg/gata	Standard	Halkbekämpning
1	Cykelstråk med prioritet 1	Snö- och isfri cykelbana. Moddsträngar får ej ligga kvar annat än i cykelbanekant	Halkbekämpningen ges en hög prioritet. Förebyggande halkbekämpning får ske. Den förebyggande halkbekämpningen ska ske med saltlösning/befuktat salt i första hand.
1	Huvudgator med kollektivtrafik samt bussgator	Snö- och isfri vägbana. Moddsträngar får ej ligga kvar annat än i körbanekant	På huvudgator och på vissa bussgator skall målsättningen vara att snabbt få en framkomlig och halkfri vägbana. Förebyggande halkbekämpning får se. Den förebyggande halkbekämpningen ska ske med saltlösning/befuktat salt i första hand.
1	Landsvägsnät	Snö- och isfri vägbana. Moddsträngar får ej ligga kvar annat än i körbanekant	Kommunens gatunät anpassas till intilliggande statligt vägnät så att en enhetlig standard erhålles. Förebyggande halkbekämpning får se. Den förebyggande halkbekämpningen ska ske med saltlösning/befuktat salt i första hand.
2	Cykel- och gångbanestråk med prioritet 2	Fria från lös snö, snövallar, god framkomlighets- och jämnhetsstandard	Halkbekämpning med sandning. Ej förebyggande halkbekämpning.
2	Uppsamlings- och industrigator	Snö- och isfri vägbana. Moddsträngar får förekomma.	Halkbekämpning med sandning. Ej förebyggande halkbekämpning.
3	Övriga cykelvägar	Snö får förekomma på gatan, men framkomlighets- och jämnhetsstandard ska vara tillfredsställande	Halkbekämpning genomförs med sand. Ej förebyggande halkbekämpning.
3	Lokalgator	God framkomlighets- och jämnhetsstandard	Halkbekämpning genomförs med sand. Ej förebyggande halkbekämpning

Vid övergångsställen i centrum och busshållplatser med många resande skottas det för hand eller med mindre maskiner. Att snöröja på detta sätt är långsamt och gör att plaster blir snöröjda allt eftersom det finns tillgänglig personal och maskiner. Det gör att vid helger och plötsliga snöfall sker det långsammare än normalt (Tekniska förvaltningen, Lunds kommun 2017a).

1.2 Syfte och frågeställningar

Studiens syfte är att studera markvärme och konventionell vinterväghållning ur ett samhällsperspektiv. Utifrån syftet har följande frågeställningar tagits fram:

1. Undersöka vilka orsaker som leder till bristande vinterväghållning för konventionell vinterväghållning, markvärme samt se vilken samhällspåverkan bristande vinterväghållning har.
2. Vad kostar konventionell vinterväghållning och markvärme samt vilka kostnader medför samhällspåverkan vid bristande vinterväghållning?
3. Vilken miljöpåverkan har alternativen konventionell vinterväghållning och markvärme?

Studiens frågeställningar kommer besvaras främst genom en litteraturstudie, och där fakta saknas kompletteras genom intervjuer och studiebesök.

1.3 Avgränsningar

Vinterväghållningen som har studerats i den här studien är vinterväghållning på främst gång- och cykelvägar (gc-vägar). Där det ej har funnit tillräckligt med material har även vinterväghållning för bilvägar studerats. Det finns få eldrivna markvärmesystem på gc-vägar. Därför har även anläggning vid trappor, entréer och byggnader studerats.

Avveckling av markvärme har ej tagits med i den här studien. Anledningen till det är att de är få, om något, markvärmesystem som har tagits ur drift. Därmed har även slutskedet av konventionell vinterväghållning uteslutits (avveckling av fordon, gruslager med mera) för att på ett mer rättvist sätt kunna bedöma de två sätten att vinterväghålla. Detta gäller för alla de tre delar i studien, samhällspåverkan, kostnadsberäkningar och miljöpåverkan.

I avsnittet om kostnadsberäkningar har endast värmedriven markvärme beräknats. Eldriven markvärme finns idag inte i större skala i Sverige. Dock finns det med i miljökapitlet för att kunna jämföra miljöpåverkan både från eldriven och värmedriven markvärme.

Kostnadsberäkningarna som är gjorda i studien är av enklare grad. Det har inte tagits någon hänsyn till vikter, skatt och liknande i beräkningarna. Utifrån studiens omfattning har det ej varit möjligt att göra mer avancerade beräkningar.

Kostnaden för konventionell vinterväghållning är budgeten som är satt för ett år. Därmed antas det vara en driftskostnad. Andra kostnader, som underhåll och inköp av maskiner, har därmed ej beräknats i studien.

För två av samhällspåverkningarna vid bristande vinterväghållning, tillgänglighet och hållbart transportsystem, visas endast vilka kostnader som kan uppstå om vinterväghållningen brister. För att kunna beräkna kostnaderna för de två samhällseffekterna hade för många antaganden behövts göras. Det hade lett till att kostnaden som hade beräknats fram inte hade varit tillförlitlig.

1.4 Disposition

I kapitel 2 presenteras fakta om konventionell vinterväghållning samt markvärme. Konventionell vinterväghållning är uppdelat i snöröjning och halkbekämpning. Avsnittet om markvärme tar upp anläggning av värme- och eldriven markvärme samt styrning av markvärme. Kapitlet avslutas med fakta om vinterväghållningen i Lund.

De metoder som används i studien presenteras i kapitel 3. Metoder som används i studien är bland annat litteraturstudie, intervjuer och studiebesök.

Kapitel 4 om samhällspåverkan vid vinterväghållning är indelat i tre avsnitt. Ett om konventionell vinterväghållning, ett om markvärme och till sist ett avsnitt om vilken samhällspåverkan som uppstår vid bristande vinterväghållning.

I kapitel 5 beräknas kostnader för konventionell vinterväghållning, markvärme samt för fallolyckor. För de övriga två samhällseffekterna visas vilka kostnader som kan uppstå vid bristande vinterväghållning.

Miljöpåverkan vid vinterväghållning studeras i kapitel 6. Kapitlet innehåller ett avsnitt om miljömål i Sverige och Lund, ett om miljöpåverkan vid konventionell vinterväghållning samt ett avsnitt om miljöpåverkan vid markvärme.

I kapitel 7 analyseras kapitel 4 (samhällspåverkan vid vinterväghållning), 5 (kostnader) och 6 (miljöpåverkan vid vinterväghållning).

I kapitel 8 diskuteras studien och rekommendationer för fortsatt arbete ges.

I det avslutande kapitlet, kapitel 9, dras slutsatser av studien.

2 Teori

Vinterväghållningen är till för att öka trafiksäkerheten när det är snö, is och kyla. Det största problemet vid vinterväghållning är att utföra rätt åtgärd vid rätt tidpunkt. För att på bästa sätt undvika att halka uppstår måste det gå att identifiera grundorsaken till att halka uppstår för att sedan välja bästa åtgärd. Det finns tre grundorsaker till att det uppstår halka på väg uppstår (Ljungberg 2000):

- nederbörd i form av snö eller underkyllt regn
- nederbörd på en frusen vägbana
- frostutfällning, som sker då luftens daggpunkt är högre än vägytans temperatur och vägytans temperatur är under 0 grader Celsius.

För att kunna veta när och vilken typ av nederbörd som förväntas komma används till exempel väderprognoser från en vädertjänst och information från VViS stationer (Arvidsson m. fl. 2013). VViS (VägVäderinformationsSystemet) har 800 stationer på vid vägar runt om i Sverige. Stationerna mäter temperaturen i luften och vägytan, vindriktning, vindhastighet, detekterar nederbördstyp och mängd. Informationen kan skickas ut till dem som har uppdrag för snöröjning och halkbekämpning för en viss plats.

På gator, torg, parker och allmänna platser är det kommunen som ansvarar för vinterväghållningen (SFS 1998). På gångbanan eller trottoaren utanför sin egen fastighet ansvarar fastighetsägaren att vinterväghålla. Gator, torg och gångbanor med mera ska vinterväghållas på ett sådant sätt att människor inte utsätts för olägenheter och skadas.

2.1 Konventionell vinterväghållning

Konventionell vinterväghållning kan delas upp i två delar, snöröjning och halkbekämpning. Snöröjning handlar om att rensa vägar och gator från snö samt att sikten blir tillfredsställande i trafik korsningar. Halkbekämpning är till för att minska risken att halka, antingen när vägen har blivit hal eller i förebyggande syfte.

Maskiner används både vid snöröjning och halkbekämpning. Kommuner har en maskinspark gällande drift- och underhåll. När livslängden är nådd byts maskiner ut. Denna process går långsamt och det gör det svårt för kommuner att hänga med i teknikutvecklingen. Ofta vill kommuner förbättra vinterväghållning genom att byta ut maskiner men det är inte alltid möjligt ur ekonomisk synvinkel (Jönsson 2018).

2.1.1 Snöröjning

Snöröjning består av ett flertal olika aktiviteter, så som plogning, snöbortforsling, vallavskärning och isrivning (Ljungberg 2000). Av dessa aktiviteter är plogning vanligast. Genom plogning rensas vägbanan från snö, genom att flytta snön till sidan av vägen för att öka framkomligheten.

Plogning utförs på olika sätt i en stad beroende på vart plogningen sker (Josefsson och Johansson 2014). I villakvarter är det vanligast att snö bara flyttas undan mot väggkanten, vilket gör vägen smalare. I centrum används ofta snöslungor och plogbilar för att få bort all snön på en gång. Om inte snöslunga används kan det behövas att snön lastas upp på en lastbil för att deponeras. Även vintrar med mycket snö behöver snön fraktas bort, det gäller speciellt de centrala delarna av tätorten (SKL 2010). Det är viktigt var snön deponeras för att minimera miljöpåverkan.

Kapaciteten för att vinterväghålla, rörande arbetskraft och maskiner, gör att det inte går att snöröja överallt samtidigt. Även kostnaden spelar roll, högre kapacitet leder till högre kostnader. Därmed finns en prioritetsordning för snöröjning, från hög till låg prioritet (även kallad standard hos trafikverket). Vägar med hög prioritet är vägar där mycket trafik färdas, till exempel i de centrala delarna av tätorten.

Trafikverket har satt upp regelverk för olika typer av standard snöröjning kan ha. GC-vägar har två olika klasser: normal och hög. Vilken standard en viss GC-väg har bestämmer väghållaren. Startkriterierna, det vill säga när snöröjning ska börja, är densamma för båda. Det som skiljer dem åt är åtgärdstiden (när det ska vara snöröjt). Åtgärdstiden är kortare för hög standard än den för normal. Nedan i tabell 4 och 5 visas startkriterier vid nederbörd och vid uppehållsväder som trafikverket har satt som krav. De anser att kraven ska uppfyllas på minst 75 procent av vägbanans bredd, där minimum är en halvmeter.

Tabell 4: Krav för vinterväghållning vid nederbörd

Startkriterier		Åtgärds tid	
Snöfall	Regn	Standardklass	
Snödjup, lös snö	Friktions, friktionstal	Hög	Normal
2 cm	0,3	2 tim	4 tim

Tabell 5: Krav för vinterväghållning vid uppehållsväder

Startkriterier		Åtgärds tid friktion		Åtgärds tid ojämnheter	
Friktion	Ojämnheter	Standardklass		Standardklass	
Friktionstal	cm	Hög	Normal	Hög	Normal
0,3	1	1 tim	2 tim	2 tim	4 tim

Enligt GCM-handboken ska standarden för de högst prioriterade gc-vägarna vara hög. För cyklister bör snödjupet inte vara högre än 3 cm, och aldrig vara över 5 cm. 3 cm är vad som anses vara hanterbart för en cyklist. Vid 5 cm väljer cirka hälften av alla cyklister hellre körbanan, istället för cykelvägen. Därför bör cykelbanan snöröjas före körbanan. Det kan dock leda till problem när skiljeremans inte är tillräckligt bred vilket leder till att när körbanan plögas kommer snön upp på cykelbanan.

Det finns ställen som är extra svåra att snöröja, som till exempel övergångsställen och busshållplatser. Om plogbilen inte får plats, får dessa plaster snöröjas manuellt (Josefsson och Johansson 2014). Även möblering, nivåskillnader, plantsättningar med mera gör det svårare att vinterväghålla gator och vägar i tätorter (SKL 2010). När man plogar med maskiner kan det uppstå skador på enskild egendom vid sidan av gatan eller vägen, som byggnader, staket och växter (SKL 2014).

2.1.2 Halkbekämpning

Halkbekämpning är till för att bekämpa halka genom att antingen förhindra att halka uppstår eller höja friktionen på vägbanan. Det finns två olika typer av halkbekämpning: mekanisk och kemisk (Ljungberg 2000).

Mekanisk halkbekämpning av GC-vägar sker vanligen genom sandning. Sandning innebär att man tillför ytan friktionshöjande material. Det finns olika typer av material som går att använda för mekanisk halkbekämpning. Exempel på material är makadam, siktad sand eller krossad sten.

Att sanda fungerar inte vid alla väglag då sanden behöver få fäste för att öka friktionen (Östman 2014). Exempel på väglag som sand fungerar dåligt vid är när det bildas slask, är kallare än minus 5 grader eller när det bildas is på sanden.

Under våren sker sandupptagning, efter att vintersäsongen är slut. Sandupptagning sker för att spara på naturresurser och för att minska antalet singelolyckor (fallolyckor) och förhindra punkteringar (SKL 2010). I vissa fall återanvänds sanden som halkbekämpning om det tillåts ur miljösynpunkt samt om sanden fortfarande har lämplig friktion (Ljungberg 2000).

Kemisk halkbekämpning sker genom att salt (natriumklorid) tillförs på marken för att sänka snöns fryspunkt. Salt fungerar som bäst ner till minus 6 grader, men kan användas ända ner till minus 18 grader med försämrade verkan (SKL 2014). Saltet kan spridas på olika sätt: torrt, befuktat eller som lösning (Ljungberg 2000).

Kommuner och staten försöker minska användningen av torrt salt då det är i de allra flesta fall är en ineffektiv metod då saltet lätt rullar av vägen på grund av trafiken. Torrt salt ska därför bara användas i undantagsfall, som till exempel vid underkylt regn.

Befuktat salt är salt som är blandat med vatten eller saltlösning. Befuktat salt gör att salt stannar på vägen bättre och verkar snabbare än torrt salt. Saltlösning är en mättad lösning av salt och vatten med en koncentration på cirka 23 procent. Saltlösning verkar på en gång och har inte heller några initialförluster. Saltlösning och befuktat salt leder till minskad saltanvändning på grund av ökad effektivitet.

Genom att salta förebyggande minskar olycksrisken och minskar även saltanvändningen. Anledningen till att saltanvändningen minskar är för att det går åt mer salt för att smälta is än att förhindra att det fryser. För att få bästa resultat vid förebyggande halkbekämpning är det viktigt att saltet sprids vid rätt tidpunkt (SKL 2014). När snö eller is redan ligger på marken krävs det att vägen först plogas eller borstas innan saltet sprids. Risken är annars stor att vattenmängder som bildats när snön har smält med hjälp av saltet sedan fryser till is.

2.2 Markvärme

Markvärme är till för att värma upp marken för att till exempel smälta snö. Från början användes markvärme främst på små markytor, som entréer och trappor (Byggnadsstyrelsen 1976). Vid ökad tillgång på lågvärdig värme ökade också efterfrågan på markvärmen till större ytor i tätorten, så som torg och gatustråk. Det första stora markvärmesystemet som anlades i Sverige var i Västerås under 60-talet (Nyberg och Blomqvist 2015). Efter det anlade flera andra städer större markvärmesystem, till exempel Göteborg, Stockholm och Linköping. Markvärmen har även spridit sig ner till södra delarna av landet där Kristianstad, Helsingborg och Malmö har installerat markvärmesystem.

Motiven för att installera markvärme kan bero på en rad olika faktorer. Några av faktorerna kan vara (Sant 2018):

- Att konventionell snöröjning ej går att genomföra på grund av trånga passager
- Att man önskar uppnå ökad säkerhet för trafikanter
- Att man önskar underlätta för att personer med funktionsnedsättning att ta sig fram
- Minskad miljöpåverkan jämfört med konventionell snöröjning
- Minskat buller och minskade avgaser
- Minskat slitage på golv och minskat behov av städning inomhus
- Ökad trivsel

Markvärme kan användas nästan överallt där behov finns. Vanliga ytor att anlägga markvärme för gång- och cykeltrafikanter är utanför entréer, ramper, trappor, sammanhängande gång- eller cykelstråk, torg, busshållplatser och perronger (Byggnadsstyrelsen 1976; SMHI 2018):

2.2.1 Anläggning av markvärme

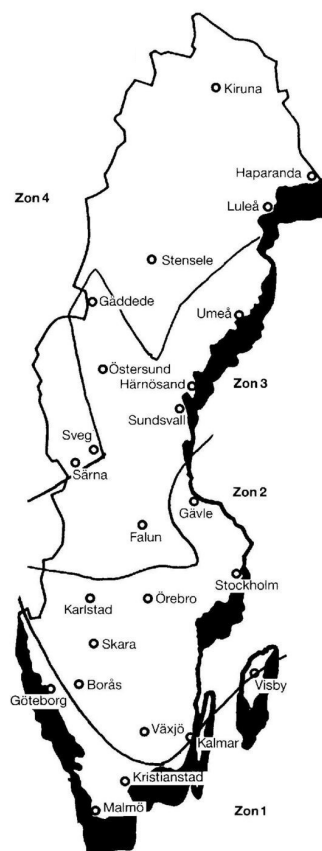
Markvärmesystem anläggs antingen genom rörslingar med cirkulerande värmemedium (värmedriven) eller med elvärmekablar nedlagda i marken (eldriven) (Byggnadsstyrelsen 1976). En fördel med eldriven jämfört med värmedriven markvärme är att det inte finns någon frysrisk vilket gör att markvärmesystemet kan sättas på och av utan risk för att systemet fryser. Eldriven markvärme har högre driftskostnader jämfört med värmedriven markvärme. Anledningen till det är att priset för el generellt sätt är högre än värme.

Gemensamt för de båda alternativen (värmedriven och eldriven) är att vilken effekt markvärmesystemet har är väldigt viktigt för hur väl systemet fungerar. Vilken effekt som krävs beror på en rad olika faktorer, och faktorerna samverkar på olika sätt beroende på omständigheter (LK System 2018b). Exempel på faktorer som påverkar effektbehovet är:

- snöfallets mängd och intensitet
- lufttemperatur
- vindhastighet

- öppen eller kringbyggd yta där avskärmd markyta avtar vindens påverkan och strålningsförlusterna minskar
- strålningsförluster som är beroende på markyta och hur mycket snö som finns på marken
- tidsfaktorn för snösmältning

En annan aspekt att ta hänsyn till vid effektbehov för ett markvärmesystemet är vilken klimatzon markvärmesystemet ska anläggas i. Sverige är indelat i fyra klimatzoner som visas i Figur 1. Rekommenderad effekt för zon 1 är 175-250 W/m², zon 2 230-300 W/m², zon 3 275-350 W/m² och zon 4 300-400 W/m².



Figur 1: De fyra klimatzonerna i Sverige (Devi 2018)

Även vilken standard markvärmesystemet ska ha spelar in gällande för effektbehovet. Högre effekt gör att det går snabbare att värma upp markvärmesystemet, men kan kosta mer. Effekten måste sättas så hög att markvärmesystemet på rimlig tid kan höja marktemperaturen så mycket att snön kan börja smälta när det börjar snöa.

Ingrepp för att säkerställa god standard på befintliga underjordiska ledningar så som va- och fjärrvärmeledningar och säkerställa att läckage uteblir försvåras i och med att markvärmesystem anläggs (Svensson och Läppen 2018). Därför bör dessa ingrepp göras i samband med byggandet av markvärmesystemet för att minska risken för läckage av VA-system och andra underjordiska ledningar och säkerställa god standard.

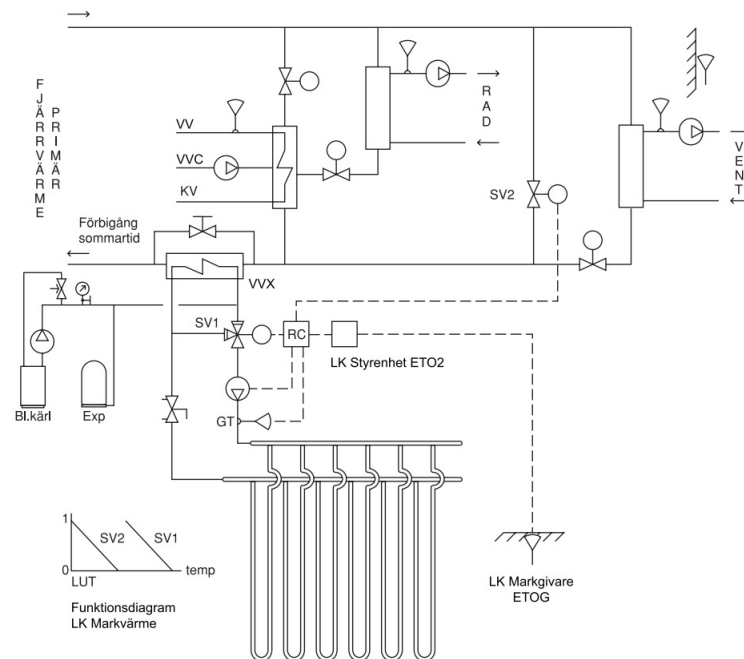
Planering för träd, bänkar och liknande för gatustråken behövs så att markvärmen kan gå runt dessa. Annars är det väldigt svårt att plantera träd, placera bänkar och liknande när markvärme redan är lagd därför att det ej går att veta exakt var rörslingorna ligger.

Växtlighet gynnas av att marken värms upp. Markvärmen kan därmed leda till oönskad växtlighet. Problemen brukar vara störst där även fukt tillkommer som kring cykelställ, soptunnor och fundament (Gustafsson och Hålstén 2006). Önskad växtlighet leder till ökade kostnader för drift och underhåll.

Det är viktigt att det finns dagvattenbrunn i anslutning till markvärmen så att smältvattnet kan rinna av på ett bra sätt. Annars riskerar det att bli stora vattenpölar på marken (Danfoss 2017b).

2.2.1.1 Värmedriven markvärme

Vid inkoppling av värmedriven markvärme drivs systemet av varmt vatten som cirkulerar runt i rörslingor med hjälp av tryck. För att undvika frysning av vattnet kan frysmedel, som glykol och polyetylglykol, användas. Idag kan så låga temperaturer som 35 grader användas, returvattnet från markvärmesystemet får då en temperatur på 20 grader (Uponor AB 2018). Att låga temperaturer kan användas gör att det går att utnyttja flera olika värmekällor, även lågvärdig värme som returvattnet från fjärrvärme, och spillvärme från industri och värmepumpar. Där den vanligaste värmekällan är fjärrvärme. I Figur 2 visas inkoppling från markvärmesystem till fjärrvärmenätet



Figur 2: Inkoppling till fjärrvärmenätet för ett markvärmesystem (LK System 2018b)

Vid anläggning av ett markvärmesystem drivet av värme behövs ett flertal komponenter (Sant 2018). Det finns tre grundkomponenter: fördelare, rörslingsor och styrenhet där fördelare och rörslingsor visas i Figur 3. Det finns ett flertal olika fördelare som passar olika behov, från mindre fördelare till markvärmesystem på mindre än 150 m² till brunnar för stora markvärmesystem. Om brunn används går det stänga av ett visst rör i markvärmesystemet medans resten är igång. Det underlättar vid läckage då markvärmesystemet inte behöver stängas av för att laga en rörslinga. Vilken fördelare som väljs beror ofta på kostnaden, behov och storlek på markvärmesystemet. Fördelare används för att få jämt tryck över hela markvärmesystemet vilket leder till en jämn värmefördelning.



Figur 3: En förläggning av markvärme i Malmö (LK Systems 2018)

Till fördelarna kopplas rörslingar gjorda av plast. Vilket avstånd det ska vara mellan rörslingorna, c/c-avstånd, beror på en rad olika faktorer. En del av faktorerna är hur öppen ytan är, förläggningsprincip och tidfaktorn för snösmältningen. Det vanligaste c/c-avståndet är 250 mm. Mindre avstånd gör att det krävs mindre effekt för att värma upp marken på lika lång tid som markvärmesystem med större c/c-avstånd (Sant 2018).

Principen när man lägger markvärme är att alla rörslingar från ett och samma fördelningsrör är lika långa så att värmen fördelas jämnt. Vid olika längd behövs strypventiler för att få en jämn värmedelning i rörslingorna. Vid användning av flera fördelarrör balanseras markvärmesystemet genom att beräkningar av tryckfall i rörslingorna, fördelarrören och matarrören (Uponor AB 2018). Böjar som uppstår i slutet av markvärmesystemet i slingorna har ingen större betydelse för tryckfall och behöver inte tas hänsyn till (Sant 2018).

Rör kan gå sönder och börja läcka. En orsak till att rör kan gå sönder är för att plattorna viker ner sig i rören när för tunga fordon kört på marken där markvärmesystemet finns. Rören går då sönder på grund av litet avstånd mellan rör och plattor. Läckage kan även uppstå om kopplingar går sönder eller inte är helt täta (Nyberg och Blomqvist 2015).

Genom att använda markisolering vid värmedriven markvärme värms marken snabbare upp samtidigt som det ger minskade värmeförluster (Ismail 2013). Snabbare uppvärmning och minskade värmeförluster är en fördel om markvärmesystemet inte

är på konstant utan är på av och till (LK System 2018b). Även för fristående konstruktioner som är mer utsatta för väder och vind, så som broar och rampar är isolering en viktig fördel (Danfoss 2017a).

Ett värmedrivet markvärmesystem kan anläggas under olika typer av material. I Figur 4 nedan visas tre olika exempel, gatsten, gräsyta, och asfalt.



Figur 4: Förläggningsexempel gatsten, gräsyta och asfalt (Sant 2018)

Värmedrivet markvärmesystem som läggs under asfalt måste spolas med kallvatten med tryck genom rörslingorna när asfalten läggs ut. Det är viktigt att vattnet har tillräckligt tryck så att hela rörets volym kyls, annars har inte kallvattnet någon inverkan. Om inte rörslingorna spolas med kallvatten smälter rören när asfalten läggs på (LK System 2018a).

Livslängden för ett värmedrivet markvärmesystem är runt 50 år, troligtvis längre. När livslängden är beräknad på 50 år ska markvärmesystemet köras på 50 grader och 6 bars tryck. Det vanliga är att vattnet är cirka 35-40 grader och har en begränsning på 2,5 bars tryck. Det gör att systemet inte belastas så hårt som i testerna och gör att systemet borde hålla längre (Sant 2018).

2.2.1.2 Eldriven markvärme

Anläggning av eldriven markvärme sker antingen genom värmemattor eller värmekablar (värmeelement) (Danfoss 2017b). Värmemattor är en matta där en

värmekabel är fäst på ett plastnät. När värmekabel används behöver kablarna fixeras i marken. Detta för att värmekablar ej får korsas eller vidröra varandra för då kan markvärmesystemet kan gå sönder. Det är även för att få en jämn värmefördelning på markvärmesystemet (Danfoss 2017a).

Utformning av ett eldrivet markvärmesystem styrs av tillgången på ström. Ifall strömförsörjningen är begränsad får man bestämma ifall man vill minska storlek på markvärmesystemet, minska effekten eller dela upp markvärmesystemet i zoner och prioritera olika zoner. Vid minskning av effekten ska hänsyn tas till vilken standard systemet ska ha. Strömförsörjningen är vanligen 230 eller 400 V. För markvärmesystem ligger rekommenderad uteffekt på 240-600 W/m² beroende på väder och klimatzon.

Precis som för värmedriven markvärme går eldriven markvärme att lägga under de flesta material och i olika typer av material. Beroende på material kan det krävas olika anläggningsprinciper och installationer. Dock ska alltid kablarna vara riktade mot elskåp och kablarna ska bäddas in helt så att inga luftfickor uppstår.

I de fall värmekabeln är inbäddad i betong bör kabeln helst ligga på ett djup på minst 5 cm. Värmeelementen behöver fästas i marken så att de ej kan röra på sig när betongen hölls på. Det är även viktigt att betongen inte innehåller vassa stenar eller flisor som kan skada värmeelementen. Betongen behöver härda 30 dagar innan markvärmesystemet kan börja användas.

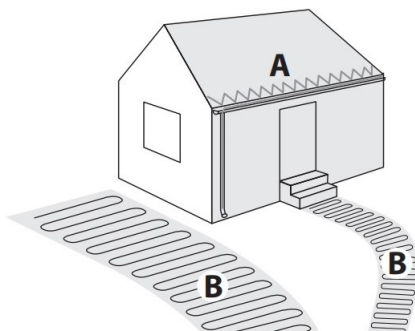
Värmeelement kan placeras i sand/sandblandning. Även här är det viktigt att materialet inte innehåller vassa stenar eller liknande som gör att värmeelementet går sönder. Ifall ytan är av tegel eller klinker är det viktigt att värmeelementet placeras nära ytan (dock minst 2,5 cm djup). Vid läggandet av teglet/klinker behöver man vara försiktig för att inte förstöra kablarna.

Vissa typer av värmekablar går att lägga direkt i asfalten. Vid anläggning direkt i asfalt läggs värmekabeln i ett lager och sedan läggs ytterligare ett lager på. Det första lagret med asfalt måste svalna till maximalt 80 grader innan nästa lager hålls på, annars riskeras värmekablarna att förstöras. Ett annat sätt är att kablarna läggs i ett lager av sand eller betong, för att sedan lägga ett asfaltslager ovanpå (ibid.). Lagret av betong/sand ska ha ett djup på minst 2,5 cm. Under asfalten/sanden/betongen ligger ett lager av stenkross (Danfoss 2017b).

2.2.2 Styrning och reglering av markvärmesystem

I marken läggs också givare för styrning av markvärmesystemet. Det finns olika typer av givare för olika behov. Det går även att lägga in flera givare för så att markvärmesystemet delas in i olika zoner för att minska energianvändningen, vilket

visas i figur 5. Detta då alla zoner kanske inte är snö/is-täckta och behöver vara i gång. Det går även att prioritera olika zoner ifall det finns olika behov.



Figur 5: Ett exempel på hur zonstyrning kan se ut (Danfoss 2017a)

Energibehovet som krävs för att driva ett markvärmesystem påverkas mycket av vilken driftstrategi systemet har. Genom styrning av markvärmesystem kan energibehovet minska och därmed även kostnaderna. Det finns olika typer av styrningar och givare för markvärme. Det går att använda flera typer av givare/sensorer samtidigt för att optimera driftstiden. Styrning av markvärme kan delas upp i två kategorier: manuell och automatisk.

2.2.2.1 Manuell styrning

Manuell styrning sker genom att en person sätter på markvärmesystemet när behov finns och stänger av när behovet upphör. Genom att styra systemet manuellt går det att bestämma helt när markvärmerna ska vara på eller av. Dock är det tidskrävande att styra manuellt då någon hela tiden behöver hålla reda på om det är risk för snöfall.

2.2.2.2 Automatisk styrning

Automatisk styrning betyder att markvärmesystemet styrs med minimal mänsklig påverkan. Styrningen kan ske genom en eller flera olika givare/sensorer för mätning av en eller flera olika parametrar, exempelvis temperatur, fukt och vind.

Fukt- och temperaturgivare

Genom att reglera markvärmesystem både genom fukt och temperatur kan driftstiden minska jämfört vid manuell styrning. För regleringen krävs en givare som registrerar fukt och temperatur. Givaren placeras i marken på ett ställe där normalt mest snö

och vatten samlas (Thermotech 2018). Vid ytor som sträcker sig runt byggnader och liknande som får både norr- och söderläge kan det behövas två givare.

När temperaturen är under angivet värde startar givarens värmeelement att värma för att smälta eventuell snö. Ifall givaren registrerar fukt och temperaturen är under angivet värde slås markvärmesystemet på genom en styrenhet kopplat till givaren och markvärmesystemet. Markvärmesystemet är på så länge givaren registrerar fukt plus en angiven eftervärmningstid.

Snösniffare

För att starta ett markvärmesystem innan snöfall registreras kan en snösniffare användas. En snösniffare registrerar fuktighet och snabba temperaturförändringar i luften. Snabba temperaturförändringar är normalt en indikation på nederbörd. På så sätt kan markvärmesystemet starta innan snöfallet börjar och marken kan vara varm redan när snön faller (Variant VVS 2018).

Vindsensor

En vindsensor registrerar vindhastigheten. Vindhastigheten påverkar den relativa temperaturen vilken är viktigt för att beräkna ifall snön går att smälta från marken där markvärmesystemet är (Aiwell 2018). Vid för höga vindar kan det bli för kallt för att smälta bort snön genom markvärme.

Prognosstyrning Markvärme

Genom att styra markvärmesystemet efter väderprognoser kan marktemperaturen sänkas när det inte väntas bli snöfall eller halka. Prognosstyrningen fungerar genom att en prognosmottagare installeras på reglerutrustningen (SMHI 2018). Sedan levereras prognosdata till prognosmottagaren från till exempelvis SMHI. Prognosvärdena loggas även i en databas. Genom inbyggd redundans kopplas uppvärmningen på även om prognosdatan angivit uppehåll. Prognosstyrningen kan kompletteras med givare för att säkerställa att marken håller sig snö- och isfri.

Prognosstyrningen leder till minskad energiförbrukning genom att sänka aktuellt börvärde för temperaturen på markvärmesystemet och därmed hålla en lägre nivå på grundvärmen när det är snöfritt (ibid.). Baserat på prognosdata ökas värmeförseln när snöfall förväntas falla. Värmeförseln sätts på en god tid innan så marken blir tillräckligt varm för att smälta snön .

3 Metod

För att kunna besvara studiens första respektive tredje frågeställning har en litteraturstudie gjorts. Litteraturstudien syftade även till att få en teoretisk kunskap kring markvärme och konventionell vinterväghållning. För att komplettera litteraturstudien har två intervjuer gjorts samt ett studiebesök.

För att besvara studiens andra frågeställning angående kostnader, har det gjorts för ett specifikt fall på Clemenstorget i Lund. Kostnaderna som används i studien för konventionell vinterväghållning kom från intervjun på Tekniska förvaltningen. I kostnaden ingår snöröjning och halkbekämpning, det vill säga driftskostnader. Kostnaderna för markvärme beräknas utifrån kalkyler gjorda av Krafringen gällande markvärme för en tilltänkt uppvärmd busshållplats. De kostnader som tas med för markvärme är anläggning och installation samt drift. Gällande kostnaderna för samhällspåverkan, däribland fallolyckor, kom de från ASEK 6.1. För att sedan ta reda på antalet fallolyckor på det valda fallet gjordes utdrag ur STRADA för åren mellan 2012 och 2016. STRADA är ett informationssystem för data om skador och olyckor inom vägtransportssystem. I det specifika fallet på Clemenstorget beräknas konventionell vinterväghållning, markvärme och fallolyckor.

Miljöpåverkan för konventionell vinterväghållning och markvärme har studerats genom litteraturstudien. För att kunna göra utvärdera miljöpåverkan för de två alternativen har Sveriges miljömål gällande vinterväghållning tagits fram.

3.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien syftade till att få en teoretisk grund för områdena markvärme och konventionell vinterväghållning. Vidare syftade den på att besvara två av frågeställningarna, fråga ett och tre.

Litteraturstudien har utgått från sökningar på Google Scholar, LUB (Biblioteken vid Lunds universitet) och Lovisa (Lunds universitets bibliotekskatalog). Sökningarna bestod av olika sökord rörande markvärme, konventionell vinterväghållning, samt samhälls- och miljöpåverkan. Sökord som användes vid sökningarna var fallolyckor, markvärme, vinterväghållning, halkbekämpning, snöröjning, miljöpåverkan, samhällspåverkan, tillgänglighet och hållbart transportsystem. Ibland användes sökorden enskilt och ibland tillsammans.

Referenslistor som använts i rapporter, böcker och dylikt som hittats i sökning har även de studerats för att täcka upp mer litteratur kring ämnet som söktes.

För att kunna analysera samhälls- och miljöpåverkan har myndighets- och organisationssidor använts för att hitta lagar, regler och rekommendationer kring

fallolyckor, tillgänglighet i utemiljö och hållbart transportsystem.

3.2 Intervjuer och studiebesök

Utöver litteraturstudien gjordes två intervjuer samt ett studiebesök för att samla teori och information kring markvärme och konventionell vinterväghållning. Intervjuerna var hos C4 Energi i Kristianstad och på Tekniska förvaltningen, Lunds kommun. Studiebesöket var på LK Systems i Malmö. Målet med intervjuerna samt studiebesöket var att få en bild om hur markvärme fungerar samt hur vinterväghållning i Lund fungerar i verkligheten.

3.2.1 Intervju

Inför intervjun skickades frågor i förväg för att intervjupersonerna skulle hinna bearbeta och ta fram nödvändig information till intervjun. Intervjufrågorna finns att se i bilaga A för intervjun med C4 Energi och bilaga B för intervjun med Tekniska förvaltningen, Lunds kommun.

Till att börja med presenterades studiens syfte för att få en bättre förståelse för intervjufrågorna och deras betydelse. Därefter ställdes intervjufrågorna och ibland följdes frågorna upp med följdfrågor när någonting var oklart och behövde förtydligas. Intervjupersonerna fick även chansen att berätta deras syn på respektive område (markvärme och konventionell vinterväghållning). Detta för att få en förståelse för hur vinterväghållningen fungerar i verkligheten.

3.2.2 Studiebesök

Ett studiebesök gjordes på LK Systems i Malmö för att ta reda på mer om markvärme. Studiebesöket bestod i en presentation om markvärme av Andreas Sant, säljledare på LK Systems. Presentationen bestod i bland annat komponenter för markvärme, drift och, styrning gällande markvärme. Efter presentationen studerades en styrenhet Under hela studiebesöket ställdes följdfrågor om informationen kring markvärme utifrån studiens syfte och frågeställningar.

3.3 Kostnadsberäkningar

För att göra kostnadsberäkningar för konventionell vinterväghållning, markvärme och samhällspåverkan vid bristande vinterväghållning valdes Clemenstorget i Lund som markyta. Clemenstorget valdes då det innehåller både ett torg och gc-vägar samt för

att det rör sig många personer där alla dagar i veckan efter som det ligger i anslutning till centralstationen.



Figur 6: Clemenstorget i Lund. 1cm på kartan motsvar 20 meter i verkligheten (Google 2018)

I Figur 6 visas Clemenstorget i Lund. I figurerna har det markerats med röda linjer där det i den här studien är tänkt att vara markvärme. De röda linjernas totala längd är cirka 31,5 cm på karta vilket motsvarar 630 meter i verkligheten. Med en bredd på 2,5 meter blir det en total area på 1575 m². Rektangel 1 har en längd och bredd på 83 meter och 22 meter vilket ger en area på 180 m². Rektangel 2 har en längd och bredd på 50 meter och 48 meter vilket ger en area på 240 m². Totalt ger det en area på 1995 m².

För att kunna jämföra kostnader mellan konventionell vinterväghållning, markvärme och fallolyckor beräknas kostnaden per area enligt följande ekvation:

$$\text{kvadratmeterpris} = \text{totalkostnad}/\text{area} \quad (1)$$

Där kostnaden är i kr och arean i m². Ekvationen användes i kostnadsberäkningarna för konventionell vinterväghållning, markvärme och fallolyckor. Den totala kostnaden för konventionell vinterväghållning innehåller driftskostnaderna under ett år. För

markvärme är det två olika totala kostnader, en för anläggning och installation och en för driftskostnader under ett år. Totala kostnaden för fallolyckor är kostnaden för fallolyckor per år på Clemenstorget.

3.3.1 Markvärme

För att kunna beräkna driftskostnaderna för markvärme användes de två formlerna nedan:

$$\text{förbrukad energi} = \text{driftstimmar/år} \cdot \text{area} \cdot \text{installerad effekt} \quad (2)$$

Där storleken är i m^2 , installerad effekt i W/m^2 , och förbrukad energi i $\text{W}/\text{h}/\text{år}$. Genom att dela den förbrukade energin på 1 000 fås enheten $\text{kW}/\text{h}/\text{år}$.

$$\text{årlig kostnad} = \text{förbrukad energi} \cdot \text{pris} \quad (3)$$

Där förbrukad energi är i $\text{kW}/\text{h}/\text{år}$ och priset i kr/kWh .

3.3.2 Fallolyckor

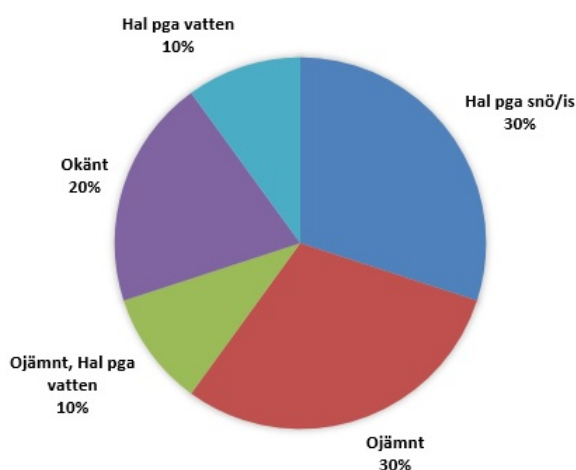
STRADA (Swedish Traffic Accident Data Acquisition) är ett informationssystem för data om skador och olyckor inom vägtransportsystemet. Det är polisen och sjukvård som rapporterar in skador och olyckor i vägtrafikmiljön. Polisen rapporterar in vägtrafikolyckor och är rikstäckande sedan 2003, medan akutsjukhusen rapporterar in de personer som uppsöker vård på grund av vägtrafikolycka och är rikstäckande sedan 2016 (Transportstyrelsen 2018b).

Genom att få information från två källor ger ett bättre informationsunderlag kring trafikskadade. Det är främst sjukvården som har information kring oskyddade trafikanter så som fotgängare, cyklister och mopedister, och därmed fallolyckor.

I samband med att en person söker vård till följd av en trafikolycka på något av akutsjukhusen som rapporterar till Transportstyrelsen erbjuds personen att fylla i en blankett från Trafikskadejournal (Transportstyrelsen 2018a). När blanketten inte har kunnat erbjudas i samband med skadan skickas ett brev hem med förfrågan om man vill delta i rapporteringen till STRADA. I och med att man fyller i blanketten samtycker man till registreringen.

Uppgifterna på blanketten tillsammans med underlag från interna system på sjukhusen rapporteras in av personalen på sjukhusen. Informationens samlas i STRADA och matchas med rapporter från polisen i de fall där de båda har rapporterat om samma olycka.

Ett utdrag ur informationssystemet från STRADA gjordes för studien för att se hur många fallolyckor som skett i Lunds kommun. Utdraget bestod i fallolyckor singel för gående och cyklister i Lunds kommun mellan åren 2012 och 2016. För att göra kostnadsberäkningen gällande fallolyckor söktes det i utdraget för olyckor som skett på Clemenstorget, både gata och torg togs med. I bilaga C ses utdraget efter att denna sökning gjordes. Vägomständigheter för de 10 fallolyckorna som skett och som registrerats i STRADA visas i Figur 7.



Figur 7: Vägomständigheter för de 10 fallolyckorna för fotgängare singel på Clemenstorget 2012-2016

Under åren 2012-2016 har det skett 3 fallolyckor med vägomständigheten hal på grund av snö/is. Den totala kostnaden för dessa fallolyckor beräknas enligt följande formel:

$$\text{årlig kostnad} = \text{total kostnad} / \text{år} \quad (4)$$

Där kostnaden är i kr. Kostnaden för en fallolycka kommer från ASEK 6.1. ASEK består av kalkylvärden och analysmetoder framtagna av Trafikverket (Trafikverket 2018a). ASEK används vid samhällsekonomiska analyser av åtgärder inom transportsektorn.

4 Samhällspåverkan vid vinterväghållning

Vinterväghållning påverkar samhället på olika sätt. Kapitlet innehåller orsaker till bristande vinterväghållning vid konventionell vinterväghållning och markvärme. Tre olika samhällseffekterna vid bristande vinterväghållning beskrivs därefter. De olika samhällseffekterna beskrivs först med vilka mål som finns i Sverige och i Lund samt hur de påverkar samhället.

4.1 Konventionell vinterväghållning

Konventionell vinterväghållning har orsaker som kan leda till bristande vinterväghållning. Bland dessa orsaker finns hinder på vägen, den mänskliga faktorn, och ekonomiska skäl.

Hinder på vägen

Hinder på vägen medför att maskiner, framförallt stora, inte kan komma fram (Rosander och Johansson 2016). Hindret kan bestå i stolpar, elskåp, belysning och skyltar. Även parkerade fordon kan utgöra hinder vid parkering, till exempel när front- eller bakpartiet sticker ut över en trottoar. På busshållplatser och även gc-vägar kan hinder utgöras av utsmyckningsdetaljer såsom buskar, cykelställ, papperskorg, pollare och hållplatsstolpar (Niska m. fl. 2013).

Mänskliga faktorn

I kommuner är det vanligt att man köper in vinterväghållningen från olika entreprenörer. För att vinterväghållningen ska skötas på liknande sätt i hela kommunen skrivs kontrakt gällande standarden. Det är ändå ofta problem med förare som vinterväghåller utefter egna tycken vilket kan skapa problem på grund av olika typer av standard på gc-vägarna (Jönsson 2018).

Hur väl saltet sprids beror på vilket hastighet maskinen framförs i (Gasslander 2010). Vilket gör att kan blir varierande resultat från gång till gång beroende på hastighet på maskinen. Ifall mer salt än nödvändigt används leder detta till ökad miljöpåverkan och om för lite salt används, kan det leda till säkerhetsrisker på gc-vägarna.

Väderinformation

För att få bra snöröjning krävs det att man har bra väderprognoser och arbetar förbyggande. Detta kan vara svårt då vädret kan variera mycket i tätorten/kommunen på grund av bland annat höjdskillnader. Ibland sker det även att antingen väderprognosen eller väderstationen eller båda två ger felaktig information (Arvidsson m. fl. 2013). Den felaktiga informationen leder till felaktiga beslutsunderlag gällande vinterväghållningen.

Kunskap

Kunskap som finns rörande vinterväghållning handlar till största delen om vinterväghållning av flygplaster och bilvägar (VTI 2018). GC-vägar är dock en helt annan miljö där bildäckens bearbetning av salt-snöblandningen på ytan ersätts av skosulor, cykeldäck, barnvagnar med mera. Det är därför tveksamt om de uppföljningsmetoder och verktyg som finns för flygplatser och bilar fungerar på gc-vägar.

Trånga utrymmen och korsningar

Entreprenörer vill gärna använda så stora fordon som möjligt för större kapacitet och ökad effektivitet (Rosander och Johansson 2016). Trånga utrymmen medför att den maskinella snöröjningen med större maskiner försvåras.

Korsningar är problematiska att snöröja (Jönsson 2018). En väg snöröjs först och bildar en vall i korsningen, sedan snöröjs den andra vägen och tar bort vallen men bildar en ny på den vägen som redan är snöröjd. Vallarna försvårar för cyklister och fotgängare att ta sig fram på ett säkert sätt.

Olika beläggningar

Olika material har också olika ytegenskaper. Friktionen på materialet varierar vintertid, vilket kan öka olycksrisken för bland annat gående och cyklister. Taktilla plattor som används för personer med synskador eller orienteringsförmåga blir lättare hala och är svåra att vinterväghålla konventionellt (Niska m. fl. 2013).

Utformningsdetaljer som beskrivs i HIN och ALM är en blandning av beläggingsmaterial, kantstenar och smala passager som medför problem i bland annat vinterväghållningen. Även detaljutformningar som avsmalningar och räcken som anläggs för att öka trafiksäkerheten medför svårigheter vid konventionell vinterväghållning.

4.2 Markvärme

Även vid markvärme finns det orsaker som kan leda till brister som påverkar samhället. Bland dessa orsaker finns låga temperaturer, brist på styrning och trasiga rör.

Anslutningsmöjligheter och markbegränsningar

För att kunna anslutas till fjärrvärmenätet måste markvärmesystemet anpassas rent geografiskt till var det finns tillgång på el eller värme. Detta gör en begränsning i var markvärmesystemet kan anläggas. Det behövs hittas utrymme inomhus för bland annat värmeväxlare, reglersystem, pumpar, och vattendunkar i en närliggande byggnad som leder till begränsningar i var markvärmen kan anläggas. För ett markvärmesystem på cirka 2 000 m² behövs ett sådant utrymme på cirka 15 m².

Markvärmesystem har begränsningar i och med dess utrymme som installationen kräver i befintlig mark eller konstruktion som kan vara svåra att ta i anspråk (Bäck i Qvennerstedt och Palm 2017). Exempel på detta är tunna konstruktioner och annan ledningsdragning mark.

Ojämn värmefördelning

När rörslingor eller värmekablar läggs ut med olika avstånd mellan sig kan det leda till snön på marken på vissa ställen inte smälter på grund av ojämn värmefördelning.

Olika längd på rörslingor leder till ojämnt tryck i rören som även det kan leda till ojämn värmefördelning.

Låga temperaturer

Ett markvärmesystem fungerar som bäst kring nollan och plus/minus någon grad. Är det för kallt klarar inte systemet att värma upp marken. Det är dock viktigt att komma ihåg att den mesta snön faller kring noll grader (Sant 2018). När temperaturen är minus 10 grader tillsammans med snöfall tinar snön sakta och blir utetemperaturen minus 15 grader upphör snön nästan att tina helt. Vid låga temperaturer tar det lång tid att värma upp marken tillräckligt så att det går att smälta snön.

Styrning

Att styra markvärme på ett tillfredsställande sätt är svårt. Genom automatisk styrning med hjälp av givare eller prognosstyrning är det svårt att veta exakt när markvärmerna ska vara igång. Ibland reagerar givarna på fukt när det endast är regn och inte kyla och ingen risk för halka finns (Svensson och Läppen 2018). Det leder till ökade driftskostnader.

Vid manuell styrning av markvärmerna behöver man se till att marken är varm och att det inte bildas tjäle i marken när snön väl kommer. Temperaturen på marken bör vara runt 4 grader för att kunna smälta snön på ett bra sätt (ibid.). Ifall markvärmerna inte är på och marken är kall tar det cirka 6-7 timmar för markvärmesystemet att värma upp marken igen för att kunna smälta snön.

Brist på värme

Under väldigt kalla vinterdagar kan det bli brist på värme. I bland annat Kristianstad kan det då blir aktuellt att stänga av markvärmerna till förmån för andra som behöver värmen (ibid.). Det leder till att snö och is inte kan smältas bort där markvärmerna finns i och med att marken ej går att värma upp.

Anläggning och installation

Vid anläggning av markvärme kan saker och ting gå fel. Rörslingor kan gå sönder i fall de inte kallspolas vid anläggning under asfalt. Kablar kan korsas och förstöras. Givare kan placeras dåligt så att de inte fungerar bra. Brunnar kan glömmas bort så att den smälta snön inte kan ta vägen någonstans. De här sakerna bland flera andra kan ge upphov till onödiga utgifter som inte tagits med i beräkningarna och kan leda

till att systemet inte fungerar som det ska.

4.3 Bristande vinterväghållning

Samhällspåverkan som sker på grund av bristande vinterväghållning är bland annat fallolyckor, brist på tillgänglighet i utemiljö och mindre hållbart transportsystem. De här samhällspåverkan beskrivs i avsnitten nedan tillsammans med mål som finns inom respektive område.

4.3.1 Fallolyckor

Nollvisionen för vägtrafiken antogs 1997 i riksdagen och lyder som följer (Lindberg m.fl. 2006, s21):

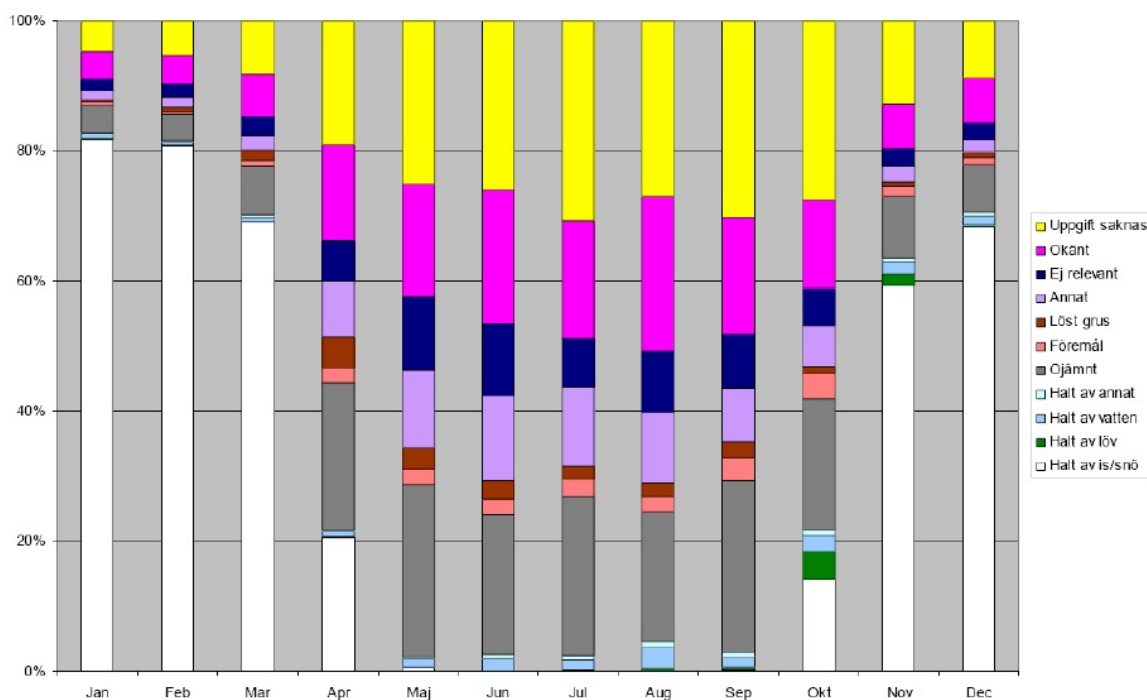
”Det långsiktiga målet för trafiksäkerheten skall vara att ingen skall dödas eller skadas allvarligt till följd av trafikolyckor inom vägtransportsystemet, samt att vägtransportsystemet utformning och funktion anpassas till de krav följer av detta.”

Nollvisionen är ett långsiktigt delmål för en säker trafik, inte bara inom vägtrafiken utan inom hela transportsystemet. I 2009 beslutades om ett etappmål för trafiksäkerheten (Lindberg m.fl. 2016) som gäller 2007-2020. Målet är att antalet dödade skall halveras (från 440 till 220) och antalet allvarligt skadade skall minska med en fjärdedel (från 5 800 till 4 300). Inom den officiella statistiken inkluderas ej till exempel självmord och fallolyckor bland gående. Dessa två kategorier definieras med andra ord inte som en vägtrafikolycka.

I nästa steg utvidgas Nollvisionen till att inkludera både självmord och fallolyckor i statistiken och prognosen för 2030. Anledningen att fallolyckor ingår i prognosen för 2030 är för att fallolyckor utgör en betydande del av trafiksäkerhetsproblemet som måste hanteras i ett ”hela-resan-perspektiv”. Fallolyckor är orsak till den enskilt största gruppen allvarligt skadade inom vägtransportsystemet. Av alla fallolyckor står fotgängare för mer än 40 procent av alla allvarligt skadade. Idag finns dock inga planerade åtgärder inriktade för att minska antalet allvarligt skadade inom kategorin fallolyckor.

En fallolycka definieras som en oavsiktlig händelse där en person hamnar på marken (Schyllander 2014b). Fallolyckan ska ha skett under transport, vilket innebär att olyckan skett i en trafikmiljö såsom trottoar, gågata, gångbana, hållplats. Däremot räknas inte fallolyckor som skett i bostadsområden, parker och liknande med i statistiken som fallolycka under transport.

Totalt sett inträffar cirka 27 000 fallolyckor bland fotgängare under transport årligen i Sverige. Den vanligaste orsaken till fallolyckan sker är på grund av halka och de flesta fallolyckorna sker under vintern (november till mars). Det sker mer än dubbelt så många fallolyckor vintertid än resten av året. Den vanligaste orsaken till fallolyckor under vintern är halka på grund av snö/is på vägen som står för mer än hälften av alla fallolyckor (Berntman 2015). I Figur 8 visas orsaken till skada för fotgängare i singelolyckor.



Figur 8: Fördelning av orsaker till skadan i fotgängare singelolyckor under olika månader över året (Öberg 2011)

Olycksrisken för gång- och cykeltrafikanter ökar med 5 till 10 gånger då vägarna är täckta med snö och is jämför med om det vore barmark (Josefsson och Johansson 2014). Speciellt farligt är det när det finns enstaka hala partier och resten barmark, det vill säga när det finns ett överraskningsmoment (SKL 2010).

Skaderisken i tätort är högre än utanför tätort, dock är det oftare allvarigare skador utanför tätort (Berntman 2015). Under åren 2009 till 2013 har det registrerats 34 dödsfall på grund av fallolyckor i STRADA. De åren skadades även cirka 62 000 i fallolyckor i trafikmiljö, cirka en fjärdedel var allvarligt skadade. Kvinnor står för två tredjedelar av skadade i fallolyckor. Äldre faller oftare än yngre.

Av alla fallolyckor bland fotgängare är det cirka 50 procent som sker på ytor som är avsedda och anpassade för oskyddade trafikanter (trottoarer och gång- och cykelvägar). Berntman (2015) menar att fallolyckor bland fotgängare i trafikmiljö måste prioriteras högre i trafikmiljön. Trots att fallolyckor har uppmärksammats och kunskapen om fallolyckorna har ökat i och med STRADA sjukvård, har antalet skadade legat relativt konstant de senaste åren. Hon menar även att standarden för vinterväghållning på gc-vägar måste höjas och det ska finnas kvalitetskrav som följts upp. En stor andel av fotgängarna (78 procent) säger att vägytans tillstånd i hög grad spelat roll för olyckan, och majoriteten av dem har påtalat halka som orsak (SKL 2010).

MSB har tagit fram samhällskostnader för olika olyckstyper och samhällskostnaden för att förebygga dessa, vilka kan ses i Tabell 6 (Schyllander 2014a). Fallolyckorna står för en högre kostnad än vägtrafikolyckor totalt sett.

Tabell 6: Samhällskostnader för några olyckstyper och samhällskostnader för att förebygga dessa. Kostnadsuppskattningen är från 2013.

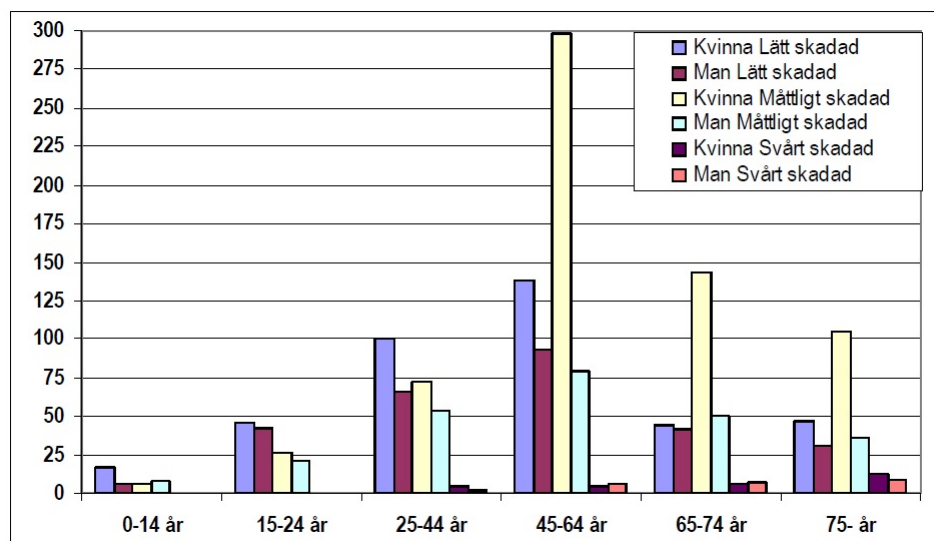
Olyckstyp	Kostnader för olyckor	Kostnader för att förebygga
Fallolyckor	24,6 miljarder	3,4 miljarder
Vägtrafikolyckor	23,5 miljarder	43,7 miljarder
Brand	6,5 miljarder	19 miljarder
Drunkning	0,8 miljarder	4,7 miljarder
Övriga olyckor	66 miljarder	Okänd

Det har visat sig att den samhällsekonomiska skadekostnaden för skadade fotgängare på is/snöväglag är betydligt högre än kostnaden för vinterväghållning (Arvidsson och Öberg 2012). Där kommuner ansvarar för vinterväghållningen av gångtytor är skadekostnaden minst dubbelt så stor. I beräkningen avses kostnaden för vinterväghållningen av hela kommunala vägnätet, det till säga bilnät och gc-vägar. Skadekostnaden är enbart för fallolyckor.

Under vintern 2010/2011 uppskattades kostnader till cirka 36 miljoner i Skåne för enbart sjukvård och produktionsbortfall i samband med olyckstillfället (Berntman m. fl. 2011). Detta är enbart räknat på fallolyckor som är registrerade i STRADA. I Skåne finns många sjukhus och därmed nära till akutsjukhus, vilket gör att inrapporteringsgraden till STRADA är hög (Arvidsson och Öberg 2012). Akutsjukhusen har även ett register sedan 1999 då STRADA startade.

Den allra vanligaste orsaken till att fotgängare - singel (utan inblandning av fordon) skadas under transport är genom fall (Schyllander 2014b). 75 procent av alla skador för fotgängare finns bland fallolyckorna. Kollision med föremål, människor och djur står för en liten del i jämförelse, med mindre än 10 procent av alla skador bland fotgängare - singel. Fler äldre som faller gör att de totala samhällskostnaderna för en

fallolycka blir högre, jämfört med till exempel cyklisters olyckor (SKL 2010). I Figur 9 visas åldersfördelningen för fotgängare singelolyckor i Skåne under vintern 2010/11. Långtidseffekterna av fotgängarnas olyckor är höga, 35 procent känner fortfarande smärta och har rörelsehinder efter ett år. Ur skadesynpunkt är det därmed väldigt viktigt att vinterväghållningen prioriteras för gående (och cyklister) framför bilister. Vinterväghållningen behöver hålla en hög och jämn standard för att minska skadorna bland fotgängare (och cyklister).



Figur 9: Antal skadade fotgängare skadade vid halt väglag under tidsperioden 15 november 2010 till 15 mars utefter ålder i Skåne (Berntman m. fl. 2011)

Bättre vinterväghållning på gc-vägar skulle kunna leda till att fler skadar sig på grund av att fler människor går eller cyklar. Totalt sett har analyser ändå sett en positiv effekt eftersom hälsoeffekten av att gå eller cykla är mycket högre än olyckseffekten (SKL 2010).

4.3.2 Tillgänglighet i utemiljön

Det övergripande transportpolitiska målet är att säkerställa en samhällsekonomisk effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet (2008/09:93 2009). Utöver det övergripande målet har ett funktionsmål *Tillgänglighet* och ett hänsynsmål *Säkerhet, miljö och hälsa* tagits fram. I funktionsmålet finns bland annat följande preciseringar:

- Medborgarnas resor förbättras genom ökad tillförlitlighet, trygghet och bekvämlighet
- Transportsystemet utformas så att det är användbart för personer med funktionsnedsättning.
- Barns möjligheter att själva på ett säkert sätt använda transportsystemet och vistas i trafikmiljöer ökar.

Sverige har antagit FN:s konvention om rättigheter för personer med funktionsnedsättning och är därmed juridiskt bundet att följa konventionens innehåll. Konventionens syfte är att *”främja, skydda och säkerställa det fulla och lika åtnjutandet av alla mänskliga rättigheter och grundläggande friheter för alla personer med funktionsnedsättning och att främja respekten för deras inneboende värde”*. Det vill säga att alla har lika rätt ett självständigt liv och ta del av miljö och omgivning. I politiken är konventionen vägledande och hela den offentliga sektorn ska arbeta utefter konventionen. Allt som byggs idag ska uppfylla de krav på tillgänglighet som finns i plan- och byggnadslagen.

I plan- och byggnadslagen finns ALM2 som är Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga på allmänna platser och inom områden för andra anläggningar än byggnader tas följande paragraf upp gällande gångytor (Olsson 2011):

7 § Gångytor ska utformas så att personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga kan ta sig fram och så att personer med rullstol kan förflytta sig utan hjälp. Gångytor ska vara jämna, fasta och halkfria. På öppna ytor ska särskilda ledstråk finnas.

Allmänt råd

Exempel på gångytor kan vara gångvägar, gångbanor, ramper, trappor och kommunikationsytor på lekplatser.

Exempel på öppna ytor kan vara torg och parkeringsplatser.

Gångytor bör utformas utan nivåskillnader.

Asfalt, betongmarkplattor och släta stenhällar är exempel på lämpliga material. I naturmiljö kan stensmjöl som vattnats för att bli hårt vara ett lämpligt material. I grusytor kan fasta gångytor iordningställas genom ytbehandling.

En gångyta bör

- a) vara så horisontell som möjligt – eftersom en längslutning brantare än 1:50 kan vara svår att använda för personer med nedsatt rörelseförmåga,

- b) inte luta mer än 1:50 i sidled,
- c) vara 2,00 meter bred eller vara minst 1,80 meter bred och ha vändzoner med jämna mellanrum, d) vid öppningar i t.ex. staket, häckar och dylikt vara minst 0,90 meter bred,
- e) vara fri från hinder,
- f) vara väl åtskild från cykelbana och körbana, samt
- g) särskiljas från möbleringszon med exempelvis avvikande markbeläggning.

När släta gångytor kombineras med ojämna gångytor som har en annan beläggning bör den släta gångytan vara minst 0,90 meter bred och förses med mötesplatser och vändzoner för att fungera t.ex. för personer med rollator.

För krav på utformningen av gångytor och ledstråk så att personer med nedsatt orienteringsförmåga kan ta sig fram, se vidare under 11 och 12 §§.

Enligt gcm-handboken avser tillgänglighet den lätthet med vilken medborgaren kan nå det utbud och de aktiviteter i samhället som de har behov av eller önskar. Saker som påverkar tillgängligheten för gående är främst tiden från start till mål, men även trevnad, uppbyggnad samt drift och underhåll av vägar. Både fotgängare och cyklister är känsliga för omvägar och nivåkillnader (SKL 2010).

Traditionellt sätt har stadens planering haft bilen i stort fokus för trafikmiljön, medan cykel och gående fått mindre plats. Det är först på senare tid som cykel och gående har fått större plats på grund av ambitiösa cykel- och gångprogram för en bättre trafikmiljö. På senare tid har även större hänsyn tagits till äldre, barn och funktionshindrade vid planeringen av stadens miljö (Berntman 2015).

Tillgänglighet i fysisk miljö handlar om att alla, inklusive människor med funktionsnedsättning, ska kunna förflytta sig på ett säkert och självständigt sätt, hitta dit man ska samt förstå när en är framme. Trafikmiljön ska utformas på ett sådant sätt att personer med nedsatt syn eller hörsel, rörelse- eller orienteringsförmåga, och personer i rullstol kan ta sig fram och förflytta sig utan hjälp (Niska m. fl. 2013). För att lyckas med det behöver gångytor vara jämna, fasta och halkfria för på ett säkert sätt kunna ta sig fram. Även platser med passage mellan olika typer av gångytor ska utformas, placeras och markeras på ett sätt att de inte medför mindre för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga. Sandning som sker på grund av halkbekämpning under vintern skapar en otillgänglighet för rörelsehindrade (Trafikverket 2016).

Ledstråk används för att personer med synskador eller orienteringsförmåga ska kunna hitta viktiga målpunkter (Niska m. fl. 2013). När naturliga ledstråk som väggar, staket och trottoarkanter tar slut behöver de kompletteras med konstgjorda. Ledstråk ska

utformas så att det tydligt framträder mot omgivningen genom till exempel taktila plattor. En taktil platta har en annan taktil egenskap än den omgivande ytan och har ofta ett syfte. Syftet kan vara att leda där sinusplattor används eller för att varna där kupolplattor används. Även släta plattor används för att visa att ett val måste göras. I figur 10 visas de tre olika typerna av plattor: kupol, sinus och släta (i två varianter).



Figur 10: Tre olika typer av plattor för konstgjorda ledstråk (Benders Mark 2013)

Plattor för ledstråk har lägre friktion vilket ökar risken för fallolyckor. Driften av plattorna vintertid försvåras då plattorna är svåra att snöröja och nöts ner av snöröjningen. Plattorna förlorar sin funktion vid för högt slitage.

I en rapport gällande drift och underhåll av tillgänglighetsåtgärder påpekas svårigheten gällande vinterväghållning vid tillgänglighetsåtgärder, såsom taktila plattor (Niska m. fl. 2013). De intervjuade i rapporten menade att det var nästintill omöjligt att skapa tillgänglighet för alla, överallt under vintern.

Pollare används som riktningsskyltar för synskadade. Pollare medför svårigheter i vinterväghållningen då de utgör ett hinder vid snöröjning och halkbekämpning. Det är svårt att snöröja ända fram till pollaren, vilket gör att funktionen av pollaren uteblir. Även andra tillgänglighetsåtgärder som skyltar, stolpar och liknande utgör hinder som är svåra att vinterväghålla.

Stolpar som inte snöröjs på ett bra sätt utan att det blir vallar runt omkring stolpen medför att blindhunder inte kan identifiera stolpen eller missar den (Trafikverket 2016). Att hunden missar försvårar för hundföraren att på ett säkert sätt navigera och ta sig fram.

Tillgänglighetsåtgärder som finns på busshållplatser som utformning av plattform, väderskydd, förhöjt insteg och stolpar utgör svårigheter för att på ett bra sätt snöröja och halkbekämpa (Niska m. fl. 2013). Även papperskorgar medför svårigheter. En annan svårighet gällande vinterväghållning för busshållplatser är att det ofta är ett flertal olika aktörer som ansvar för olika delar (en för själva hållplatsen, en annan för vägbanan och en tredje gångvägen till hållplatsen).

4.3.3 Hållbart transportsystem

I avsnitt 4.3.2 nämns det transportpolitiska målet där i det övergripande målet finns "... att säkerställa långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna...". För det övergripande målet finns funktionsmålet, där följande preciseringar finns: *"Förutsättningarna för att välja kollektivtrafik, gång och cykel förbättras."* Som förklaring till preciseringen står det "Regeringen anser att politiken bör inriktas på att förbättra förutsättningarna för människor att välja kollektivtrafik, gång och cykel, genom att de utgör de mest attraktiva färdmedlen i allt fler situationer. Inte minst när det gäller korta resor utgör gång och cykel goda alternativ. För detta talar inte bara tillgänglighets- och valfrihetsskäl utan även klimat- och hälsoskäl (se avsnittet om miljö och hälsa). Transportpolitiken ska uppmuntra till att göra klimatsmarta val attraktiva och tillgängliga."

I Lund har det tagits fram riktlinjer för ett mer hållbart transportsystemen - LundaMaTs. Från 2014 arbetar man utefter den tredje upplagan av LundaMaTS, där människan står i fokus och hela-resan tänk är central. I rapporten för LundaMaTS III står det *"för att skapa ett mer hållbart transportsystem behöver biltrafiken minska och ersättas med mer hållbara trafikslag som till exempel kollektivtrafik, gång och cykel"* (Lunds kommun 2014). Bland målen finns:

- Färdmedelsfördelning: Av alla resor inom Lunds kommun ska 70 procent ske med kollektivtrafik, gång och cykel år 2020, och 75 procent år 2030.
- Färdmedelsfördelning: Av alla resor till och från Lunds kommun ska 45 procent ske med kollektivtrafik, gång och cykel år 2020, och 50 procent år 2030.
- Gångtrafik: Gångtrafiken per invånare ska årligen öka.
- Cykeltrafik: Cykeltrafiken per invånare ska öka med 1 procent per år.
- Motorfordonstrafik: Motorfordonstrafiken per invånare på det kommunala vägnätet, skall minska med 1 procent årligen.

För att nå målen har sex fokusområden tagits fram. Bland fokusområdena finns levande stadskärna och växande Lund. I varje fokusområde finns exempel på möjliga åtgärder. Möjliga åtgärder som presenteras är: Attraktiva gatumiljöer för vistelse, fotgängare, cyklister, och utveckling av gång- och cykelstråk.

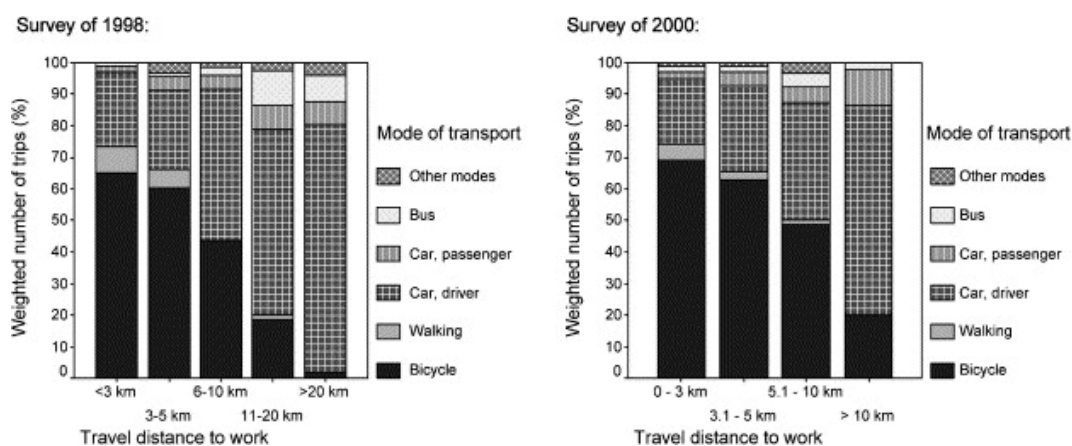
Idag står vägtransporter för nästan en tredjedel av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket 2017-11-30). En stor del av vägtransportens utsläpp kommer från personbilar. Cirka 50 procent av bilresorna är kortare än 5 km (SKL 2010). Vilka färdmedel som används för dessa resor finns studerade i ett fåtal fall i olika städer, men ej över hela Sverige. I Tabell 7 visas antalet resta kilometer för resor

på 5 kilometer eller kortare för olika färdmedel i Falu kommun. Vanligaste färdmedel för resorna är bil med 64 procent (Eriksson och Forward 2010).

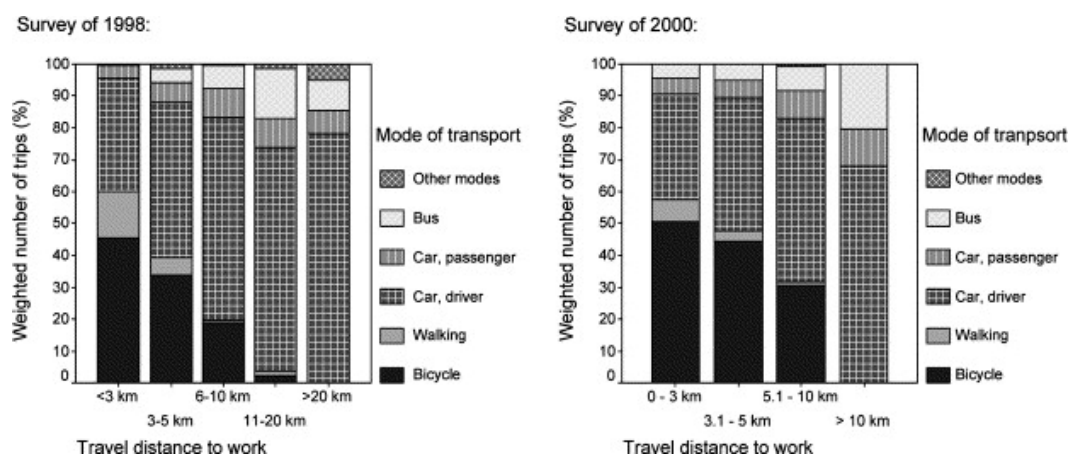
Tabell 7: Antalet resta kilometer på resor som är 5 kilometer eller kortare med olika typer av färdmedel (ibid.)

Färdmedel	Kilometer	Procent
Gång	437	10
Cykel	676	16
Buss	381	9
Bil	2 349	57
Bil som passagerare	284	7
Övriga färdmedel	8	< 1
Totalt	4135	100

Både fotgängare och cyklister är utsatta av väder och vind. Det sker en minskning av cykeltrafik under vintern. Hur stor minskningen är skiljer sig från stad till stad, och från vinter till vinter. I Göteborg och Stockholm ligger minskningen runt 50 procent (Kröyer m. fl. 2017). Under vintern väljs cykeln ofta bort till förmån för bil, buss och även i vissa fall gång (Eriksson och Forward 2010). I två enkätundersökningar från 1998 och 2000 frågas vilket färdmedel som används till arbetet, under sommaren och vintern. Resultatet av dessa två enkätundersökningar visas i Figur 11 och Figur 12. Andelen cyklister minskar från sommar till vinter med cirka 20 procent. Samtidigt ökar andel bilister från sommar till vinter med cirka 15 procent. Värt att notera är att andelen cyklister minskar med avstånd.



Figur 11: Färdmedelsval under sommaren för olika distanser (april till oktober) (Bergström och Magnusson 2003)



Figur 12: Färdmedelsval under vintern för olika distanser (november till mars)

För att kunna ersätta de korta bilresorna med mer hållbara trafikslag som kollektivtrafik, gång och cykel behöver det vara attraktivt att välja dessa trafikslag. I enkätundersökningar har det visat sig att fler skulle kunna tänka sig att cykla mer om vinterväghållningen förbättrades (Bergström 2002). Det som är svårast gällande vinterväghållningen av cykelvägar är tö-frys-cykeln med omväxlande modd, spårighet och halka. Genom bättre vinterväghållning kan sommarperioden förlängas och andel cyklister öka.

Det är svårt att omvända bilister till att börja använda andra färdmedel, speciellt under vintern. I en studie har det studeras bland annat olika faktorer som påverkar pendlarens inställning till vintercykling (Persson 2013). Bilister har få faktorer jämfört med cyklister som påverkar deras inställning till att cykla under vintern.

En ökad användning av hållbara transporter innebär en minskning av bland annat växthusgaser, bullerstörningar och luftföroreningar. Vilket medför en minskad miljöpåverkan vilket bidrar till en bättre miljöer att leva i. Även bullernivån minskar i och med minskad användning av bilar till förmån för cykel och gång.

5 Kostnadsanalys av vinterväghållning och samhällspåverkan

I det här avsnittet kommer kostnader för konventionell vinterväghållning, markvärme samt för fallolyckor att beräknas på Clemenstorget i Lund per m². Kostnaderna som uppstår vid bristande vinterväghållning för tillgänglighet och hållbart transportsystem omfattas inte vid kostnadssammanställningen som finns med i slutet av kapitlet. Kostnaderna för samhällspåverkan är tagna från ASEK 6.1.

5.1 Konventionell vinterväghållning

Vinterväghållning i Lund sker genom konventionell vinterväghållning och köps in från entreprenad och renhållningsverket på kommunen. Budgeten för vinterväghållning av gc-vägar i Lund är satt till 2,5 miljoner kronor årligen (Jönsson 2018). Kostnaden avser driftkostnader, inte underhållskostnader. Det händer ibland att budgeten överskrids och kostnaden kan bli 4-5 miljoner istället. GC-vägarna antas ha en bredd på 2,5 meter som är standardklass B för gc-vägar (Trafikverket 2004). Längden för gc-vägar i Lund är 30 km (Jönsson 2018).

Genom de angivna värden för längd och bredd tillsammans med en kostnad på 2,5 miljoner kronor beräknas kostnaden ut genom ekvation 1 till 33 kr/m².

5.2 Markvärme

Kostnaderna för markvärme delas in i fasta kostnader för anläggning- och installationskostnader samt kostnader för drift och underhåll.

5.2.1 Anläggnings- och installationskostnader

Kraftringen har gjort en uppskattning för anläggnings- och installationskostnader för ett tilltänkt markvärmesystem i Lund (Ottosson 2018). Markvärmesystemet är tänkt att vara på busshållplatsen vid universitetssjukhuset i Lund och tänkt att vara 3 200 m². Kalkylen är gjord för nyanläggning. Kalkylen har används som underlag för kostnadsberäkningarna i Tabell 8.

Tabell 8: Kostnader för olika poster gällande anläggning av markvärme. Kostnad i kr.

Kostnadspost	Kostnad
Fjärrvärmeanslutning	136 000
Fiberanslutning	50 000
Elanslutning	75 000
Styr och övervakning	70 000
Värmecentral	450 000
Projekt och kontroll	56 000
Kammare	400 000
Material	207 000
Arbetskostnader	502 000
Totalt	1 946 000

Genom ekvation 1 har anläggnings- och installationskostnaden beräknats till 975kr/m².

5.2.2 Driftskostnader

Driftskostnaden är uppdelad i värme-, el-, och underhållskostnader. Värmekostnaden är beroende av hur länge markvärmesystemet är på, kostnaden för värmen och storlek på systemet (se ekvation 2). Tiden markvärmesystemet är på, beror på vädret och vilken typ av styrning systemet har. Eftersom det idag ej finns något markvärmesystem i Lund görs antagande från markvärmesystemet i Malmö. Det markvärmesystem som finns i Malmö var igång 122 h 2016/2017 (Sant 2018). I den här studien görs antagandet att markvärmesystemet i Lund är igång i snitt 130h/år.

Kraftringen har ett värmepris från returledningen på 0.657 kr/kWh. Markvärmesystemet antas ha installerad effekt på 250 W/m² som är det vanliga för ett markvärmesystem i södra delarna av landet.

Enligt ekvation 2 är den förbrukade energin 64 840 kW/h/år. Med ekvation 3 beräknas den årliga driftskostnaden för det tilltänkta markvärmesystemet på Clemenstorget till 42 600 kronor. Elkostnader och underhållskostnader uppskattas till 3 500 kr respektive 12 000 kr (Ottosson 2018). Totala kostnader för drift och underhåll blir då 58 100 kr.

Genom ekvation 1 beräknas driftskostnaderna till 29 kr/m².

5.3 Bristande vinterväghållning

Vid bristande vinterväghållning uppstår kostnader för samhället. Kostnader som uppstår vid fallolyckor, minskad tillgänglighet i utemiljö och vid ett mindre hållbart

transportsystem har studerats.

5.3.1 Kostnader för fallolyckor

En beräkningar av samhällskostnader för fallolyckor utförd av Trafikverket som finns i ASEK 6.1 presenteras i Tabell 9. Fallolyckor räknas inte till en vägtrafikolycka vilket gör att det saknas underlag för en samhällsekonomisk kostnad per skadefall. Genom viktningar med andra fotgängarolyckor har kostnaderna för fallolyckor beräknats till de i Tabell 9.

Tabell 9: Värdering av olyckor för fotgängare (Trafikverket 2018b).

Kostnad och kostnadsparameter	År 2014	Prognos år 2040
Fotgängarolycka (fallolycka) singel		
Dödsfall, Riskvärdering	15 000 tkr/person	22 050 tkr/person
Dödsfall, Materiella kostnader	286 tkr/person	86 tkr/person
Skadad, Riskvärdering	3 000 tkr/person	4 400 tkr/person
Skadad, Materiella kostnader	54 tkr/person	54 tkr/person
Fotgängarolycka, kostnad per olycka	3 000 tkr/olycka	4 400 tkr/olycka

För att ta reda på hur många fallolyckor som skett på Clemenstorget på grund av halka har utdraget ur STRADA används. Totalt har tre fallolyckor rapporterats i STRADA under åren 2012-2017 på grund av halka (se Figur 7). Den årliga kostnaden beräknas enligt ekvation 4 fram till 1,8 miljoner med en kostnad på 3 miljoner per fallolycka. Enligt ekvation 1 beräknas kostnaden för fallolyckor på grund av halka fram till 902 kr/m² per år mellan 2012 och 2017 på Clemenstorget.

5.3.2 Kostnader vid minskad tillgänglighet i utemiljö

När snö eller is finns kvar på vägen minskas gånghastigheten på grund av minskad tillgänglighet. I ASEK 6.1 värderas de samhällsekonomiska kostnaderna för gångtid och väntetid enligt Tabell 10. Med gångväg i blandtrafik på gata/väg menas att fotgängarna delar väg med andra fordon. Fri gångbana är fri från övriga trafikanter och vägar. Värderingarna för minskad gångtid i ASEK 6.1 är bland annat hämtade från rapporter från Naturvårdsverket och VTI.

Tabell 10: Värdering av minskad gångtid för fotgängare uttryckt i kr/personimme i prisnivå 2014 och 2040

	Gångtid		Väntetid	
	2014	Prognos 2040	2014	Prognos 2040
Prisnivå, år				
Gångväg i blandtrafik på gata/väg	215	316	269	395
Gångväg bland cyklister	204	300	255	375
Fri gångbana	191	281	239	351

5.3.3 Kostnader vid mindre hållbart transportsystem

Från bilar och andra fordon drivna av bensin eller diesel bildas det skadliga utsläpp av koldioxid vid förbränning. Trafikverket har värderat kostnaden för koldioxid på 1,14 kr/kg utsläpp av koldioxid uttryckt i 2014-års prisnivå.

Förbränning av fossila bränslen och partiklar medför utsläpp av avgaser och partiklar. I ASEK 6.1 rekommenderas att i tätortsmiljöer ska kostnader för både regionala och lokala effekter av luftföroreningar tas med. I Tabellerna 11 och 12 visas de samhällsekonomiska kostnaderna för regionala och lokala effekter av luftföroreningar.

Tabell 11: Värdering av luftföroreningars regionala effekter kr/kg utsläpp (Trafikverket 2018b)

	2014	2040
Kväveoxider	86	126
Kolväten	43	63
Svaveloxid	29	43
Partiklar	0	0

Tabell 12: Värdering av luftföroreningars lokala effekter kr/exponeringsenhet.

	2014	2040
Kväveoxider	2,0	2,9
Kolväten	3,4	4,9
Svaveloxid	17,2	24,6
Fina partiklar	585,9	837,8

Bilar och andra fordon ger även upphov till buller. I Tabell 13 visas den samhällsekonomiska kostnaden för buller för olika nivåer. I bullerkostnaden har hänsyn tagits till störningar och hjärtinfarkter. För att beräkna förändrade

bullerkostnader avläser man bullernivån i decibel, före och efter en åtgärd, och avläser motsvarande bullerkostnad per person och år, före och efter åtgärden. Därefter behöver en uppskattning av antalet person som störs av bullret göras, före och efter åtgärd och för att sedan beräkna den totala bullerkostnaden per år före och efter åtgärden. Åtgärdens effekt på bullerkostnaden är skillnaden i total bullerkostnad, för och efter åtgärd.

Tabell 13: Kostnad för buller från vägtrafik utomhus. Total kostnad i kr/person och år (Trafikverket 2018b).

Bullernivå utomhus (Decibel)	Kostnad för störningseffekte 2015	Kostnad för hälsoeffekter	Total kostnad., kr/person och år, 2014	Total kostnad., kr/person och år, 2040
50	155	0	155	228
51	483	0	483	710
52	985	0	985	1 448
53	1 660	0	1 660	2 440
54	2 508	0	2 508	3 687
55	3 529	0	3 529	5 188
56	4 723	0	4 723	6 943
57	6 091	0	6 091	8 954
58	7 632	68	7 700	11 319
59	9 346	123	9 469	13 919
60	11 233	205	11 439	16 815
61	13 294	301	13 959	16 815
62	15 528	424	15 952	23 449
63	17 935	574	18 509	27 208
64	20 515	739	21 254	31 243
65	23 268	916	24 185	35 552
66	26 195	1 122	27 317	40 156
67	29 295	1 354	30 649	45 054
68	32 568	1 614	34 182	50 248
69	36 014	1 891	37 905	55 720
70	39 634	2 211	41 845	61 512
71	43 427	2 546	45 972	67 579
72	47 393	2 907	50 300	73 941
73	51 532	3 296	54 828	80 597
74	55 844	3 713	59 557	87 549
75	60330	4170	64500	94815

5.4 Sammanställning av kostnader

En sammanställning för kostnaderna för konventionell vinterväghållning, markvärme och fallolyckor visas i Tabell 14. Sammanställningen är gjord för fallet på Clemenstorget. Konventionell vinterväghållning (driftskostnad) och fallolyckor har en årlig kostnad. Markvärme har både en engångskostnad (anläggnings- och installationskostnad) och årlig kostnad (driftskostnader). Om anläggnings- och installationskostnaden slås ut på 50 år (livslängd på ett markvärmesystem) blir det 19,5 kr/m² per år.

Tabell 14: Sammanställning av kostnader för konventionell vinterväghållning, markvärme och fallolyckor uttryckt i kr/m²

Kostnadspost	Engångskostnad	Årlig kostnad
Konventionell vinterväghållning	-	33
Markvärme	975	29
Fallolyckor	-	902

6 Miljöpåverkan vid vinterväghållning

I detta kapitel presenteras de miljö kvalitetsmål i Sverige som finns och kan kopplas till vinterväghållning och även vilka miljömål Lunds kommun har. Sedan presenteras vilken miljöpåverkan konventionell vinterväghållning samt markvärme har. Avsnittet med konventionell vinterväghållning är uppdelat i tre delar: snöröjning, mekanisk och kemisk halkbekämpning. Markvärmerna delas upp i två delar: eldriven och värmedriven markvärme.

6.1 Miljömål

Sverige har tagit fram ett miljömålssystem som syftar till att minska miljöproblemen. Miljömålssystemet är uppdelat i generationsmålet, miljömålen och etappmålen (Naturverket 2018). Där generationsmålet är det övergripande målet. Generationsmålet lyder som följande:

”Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen redan är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser.”

För att nå detta övergripande mål finns 16 miljömål och etappmål. Etappmålen är till för att lättare nå generationsmålet och miljömålen för att få önskade omställning av samhället. Bland etappmålen finns att mål om att öka andelen gång-, cykel och kollektivtrafik, och minska utsläppen av växthusgaser.

Tabell 15: Sveriges 16 miljömål, vilken miljöpåverkan man vill undvika och om de är studerade i den här studien

Miljömål	Påverkan på miljön	Med i studien
Begränsad klimatpåverkan	Koldioxid och andra växthusgasutsläpp som leder till ökade temperaturer	Ja
Frisk luft	Luftföroreningar som påverkar människors hälsa negativt	Ja
Bara naturlig försurning	Försurande effekter av nedfall och markanvändning	Nej
Giftfri miljö	Farliga ämnen som hamnar i miljön som kan tas upp av djur, människor och växter	Nej
Skyddande ozonskikt	Utsläpp av ozonnedbrytande ämnen som påverkar ozonlagret negativt	Nej
Säker strålmiljö	Skadlig strålning	Nej
Ingen övergödning	Negativ inverkar på människors hälsa och förutsättningar för biologisk mångfald	Nej
Levande sjöar och vattendrag	Negativ inverkan på biologisk mångfald, kulturvärden och naturliga produktionsförmågan	Nej
Grundvatten av god kvalitet	Föroreningar i grundvattnet	Ja
Hav i balans samt levande kust och skärgård	Spridning av miljögifter och utsläpp av näringsämnen	Nej
Myllrande våtmarker	Utrötning av djurarter	Nej
Levande skog	Nedbrytning av skog och utrotning av olika skogstyper	Nej
Ett rikt odlingslandskap	Hot om utrotning av många arter och naturtyper	Nej
Storslagen fjällmiljö	Skadan på mark och vegetation i fjällen	Nej
God bebyggd miljö	Ohälsosam livsmiljö och negativ påverkan på natur- och kulturvärden	Ja
Ett rikt växt- och djurliv	Minskad biologisk mångfald	Nej

De 16 miljökvalitetsmål som tagits fram i Sverige visas i Tabell 15. Sammantaget berör 4 miljömål vinterväghållning. Vinterväghållning ger upphov till växthusgasutsläpp (från maskiner), luftföroreningar (maskiner och tillverkning av värme och el), påverkar grundvattnet negativt (salt), och påverkar den bebyggda miljön (sand och salt).

LundaEko II, som pågår 2014-2020, är Lunds program för ett ekologiskt hållbart samhälle (Lunds kommun 2017). Utefter de nationella miljömålen har Lund formulerat åtta prioriterade områden i sitt miljöarbete. Varje område har ett mål samt flera olika delmål. Bland målen finns:

- Utsläppen av växthusgaser i Lunds kommun ska minska med minst 50 procent till 2020 jämfört med 1990 och vara nära noll 2050.
- Lunds kommun ska utveckla och underhålla hållbara stads- och tätortsmiljöer med människan i centrum, genom att:
 - -skapa ett transportsystem med ett tillgängligt och attraktivt nätverk för gång-, cykel- och kollektivtrafik med minskad yta för biltransporter
 - ska förutsättningar för hållbara energisystem, hållbar resursanvändning och hållbar hantering av avfall och återvinning
 - ...
- Värna Lundabornas hälsa och miljö genom att minimera skadliga utsläpp till luft och vatten samt säkra en långsiktigt hållbar och trygg dricksvattenförsörjning

LundaEko II är till för Lunds politiker och tjänstemän i deras arbete för en hållbar utveckling i Lund, och är en del av Lunds kommuns samlade miljöarbete.

6.2 Konventionell vinterväghållning

6.2.1 Snöröjning

Snöröjning ger upphov till växthusgasutsläpp genom användning av bränsle. I en rapport från VTI (Arvidsson 2015) konstaterades att snöröjning- och halkbekämpningsmaskiner har en förbrukning på mellan 10 till 22 liter i timmen på belagda vägar, grusvägar och gc-vägar. Under vinter 2006-2007 användes totalt cirka 120 000 timmar för totalt 100 mil väg i Uddevalla. 1 liter bensin har växthusgasutsläpp motsvarande till 2,94 kg koldioxidekvivalenter och 1 liter diesel till 2,82 kg koldioxidekvivalenter (Miljöfordon.se 2018).

Att deponera snö ger upphov till negativa miljöeffekter genom förorenat smältvatten (Svenska kommunförbundet 1995). Snön innehåller föroreningar från bland annat luft, trafik, halkbekämpning, korrosion, och allmän nedskräpning. Bland de föroreningar som tas upp finns fosfor, bly, koppar, kolväten från bensin och diesel, natrium och klor. Smältvattnet från deponi har högre halt av förorening än själva snön. Smältvattnet kan påverka närmiljön på olika sätt, däribland minskning av syrehalt och igenväxning. Bullerstörningar sker vid transport till och från upplaget, samt vid snöröjning och halkbekämpning.

6.2.2 Mekanisk halkbekämpning

Friktionsmaterial som används vid mekanisk halkbekämpning är till stor del ändliga resurser som förbrukas, vilket bland annat minskar på Sveriges grustillgångar (ibid.). Det är vanligt att friktionsmaterialet endast används en gång på grund av minskad friktion på materialet, vilket förbrukar mer resurser än om materialet hade återanvänts (Josefsson och Johansson 2014).

Upptagning av friktionsmaterial kan medföra att det blidas damm beroende på vilket sätt sanden tas upp (SKL 2010). De stora partiklarna följer med vid sopningen, men små partiklar kan stanna kvar (Reinosdotter 2007). De små partiklarna innehåller högre andel av metaller jämfört med de stora partiklarna.

Friktionsmaterial som används för mekanisk halkbekämpning kan orsaka stopp i dagvattensystem och till viss del även ökar slitage på vägytan (Josefsson och Johansson 2014). Det är vanligt att salt blandas in i friktionsmaterialet för att sanden inte ska klumpa sig. Mängden salt i sanden är lika mycket som i befuktat salt och saltlösning (Svenska kommunförbundet 1995). Vilken miljöpåverkan salt har beskrivs i avsnitt 6.2.3

6.2.3 Kemisk halkbekämpning

Salt som sprids för att undvika halka på vägarna ger upphov till både primära och sekundära miljöeffekter. Med primära effekter avses de effekter som direkt kan kopplas till saltet. I Miljöanpassad gatuskötsel (1995) skriver de att de viktigaste primära effekterna som saltet har är:

- förändrade markförhållande (bland annat kemisk sammansättning struktur)
- påverkan på vegetation. Till exempel uttorkning och näringsbrist.
- förhöjd salthalt i grundvatten och brunnar

- förhöjd salthalt i sjöar och vattendrag
- ökad korrosion

Det finns inget klart samband mellan halten av salt som sprids och de saltkoncentrationer i den omgivande naturmiljön. En viss mängd salt kan ge upphov till höga salthalter i en visst område, men låga halter i ett annat område. Istället är det de geologiska och hydrologiska förhållanden som avgör vilken påverkan saltet har på området. I tätorten medför salt ytterligare belastning på en redan hårt belastad miljö.

Salt har en direkt påverkan på jorden genom kemisk markpackning som påverkar klumpbildningen av jorden (SKL 2014). Sämre klumpbildning leder till sämre syresättning, rottillväxt och jordens vattenbalans. De här faktorerna leder till sämre växtförhållande för växter nära trafik.

Salt är för träd i stadsmiljö den allvarligaste markföroreningen (Sjöman och Slagstedt 2015). Skadorna på träden uppkommer främst från saltstänk från bilar direkt på blad och barr, dock kan även upptagningen ske via rötter (Svenska kommunförbundet 1995). Vegetationen är särskilt känslig för salt i början på vegetationsperioden, till exempel vid lövsprickning. Saltet kan leda till att träden (och även andra växter) får näringsbrist och uttorkning på grund av att upptagningen av vatten och näringsämnen försämras. Vissa träd klarar av saltet bättre än andra, till exempel ask och skogsek, och andra sämre som lind, lönn och kastanj.

Salt påverkar grundvatten miljön negativt. Miljöpåverkan är störst hos de hushåll som tar vatten från egna brunnar från små grundvattenförekomster, dock finns det även noterbara påverkningar även på större betydande grundvattenförekomster (Miljömålsrådet 2002). Saltet leder till att kloridhalten i vattnet ökar samt orsakar korrosion på vattenledningar och vattenberedningsanläggningar.

Det finns ett flertal exempel på sekundära effekter av saltet (Svenska kommunförbundet 1995). Bland dessa kan nämnas:

- nedsmutsning av fordon
- ökad kemikalieanvändning vid rengöring av föremål i den vägnära miljön
- spridning av metaller till den omgivande miljön till på grund av korrosion på bland annat fordon, broar och stolpar i den vägnära miljön

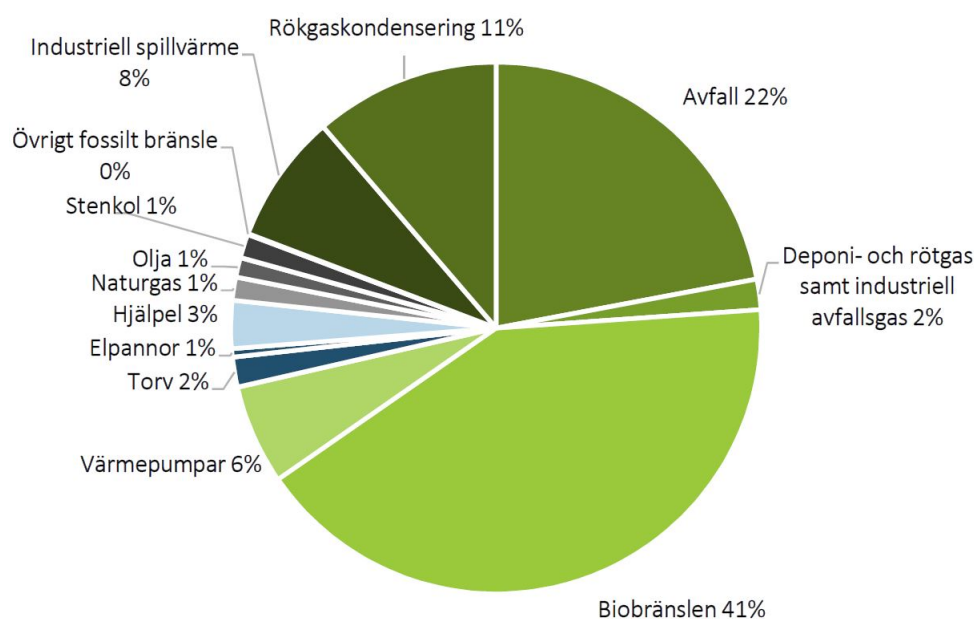
6.3 Markvärme

Vilken miljöpåverkan markvärme har beror till stor del på vilket bränsle som används till värmen eller elen som driver markvärmesystemet. En annan miljöpåverkan som

markvärmen kan ha är läckage av frysmiddel som finns i värmedriven markvärme.

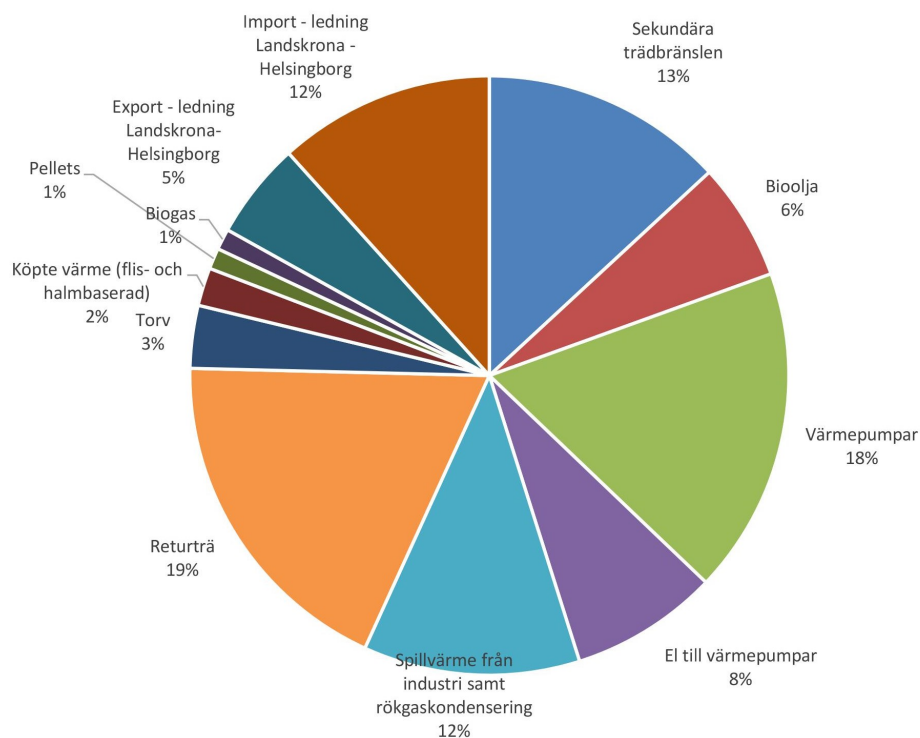
6.3.1 Värmedriven markvärme

Vid värmedriven markvärme kan värmen komma från fjärrvärme. Det bränsle som används i Sverige idag är till största delen förnybart och återvunna material (Khodayari 2017). Fossila bränslen som används i fjärrvärmen kommer från bland annat naturgas och eldningsolja. I Figur 13 ses fördelningen av fjärrvärmeproduktionens tillförda energi i procent för 2017. Den tillförda energin för fjärrvärmeproduktion 2017 var 54 TWh.



Figur 13: Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion i procentandel av 54 TWh år 2017 (ibid.)

I Lunds kommun är det Krafteringen som är nätägare för fjärrvärme och även gas (Lunds kommun 2018). Den tillförda energin för fjärrvärme för Lund, Lomma och Eslöv är den som visas i Figur 14. Totalt sett tillfördes cirka 1 TWh. Andelen förnybar och återvunnen värme är 96 procent. Målet för Krafteringen är att år 2020 ha en helt fossilfria fjärrvärmeproduktion. 2017 var miljöpåverkan för den producerade fjärrvärmen är 23 kg koldioxidekvivalenter per levererad MWh.



Figur 14: Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion i Lund i procent år 2017 (Kraftringen 2018)

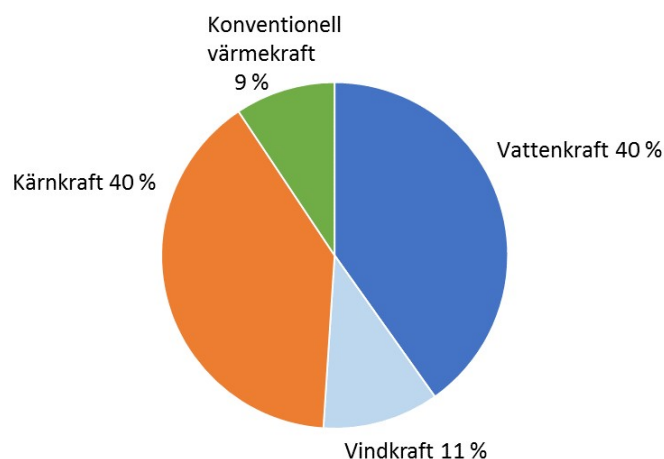
Av de bränslen som visas i figur 14 är det endast torv som räknas till fossila bränslen. Även om torv nybildas fortare än kol, olja och naturgas så är det ett fossilt bränsle (Naturvårdsverket 2017). Utvinning av torv kan ge en positiv påverkan på miljön men förbränningen av torv ger en total nettopåverkan av växthuseffekter. Detta på grund av att i torv finns stora mängder kol lagrat. Torven ska utgå som bränsle för värmeproduktion från och med säsongen 2018/2019 i Lund.

Det kan förekomma läckage i värmedrivna markvärmesystemet. Om vatten enbart används utan iblandning av frysmedel har läckage ingen påverkan på miljön. De vanligast förekommande frysmedlen glykol och polyetylglykol bryts ner relativt snabbt av naturen. Inandning och intagning av glykol i höga halter kan ge stora skador på människor medan polyetylglykol inte har någon påverkan på människor.

6.3.2 Eldriven markvärme

Miljöpåverkan av elproduktion är svårare att utvärdera. Produktionen av el måste hela tiden var lika stor som användningen, annars slutar systemet att fungera. För att undvika att systemet slutar att fungera och hålla balans i systemet kan tillfälliga underskott och överskott i elproduktionen kompenseras genom import och export till och från våra grannländer (Holmström 2018). Det gör det svårt att utvärdera endast Sveriges elproduktion, än mindre Lunds, miljöpåverkan.

Sveriges elproduktion består till största delen av vattenkraft och kärnkraft, tillsammans står de för 80 procent av Sveriges elproduktion. I figuren 15 ses Sveriges totala elproduktion fördelat på energislag 2017 i procent av totalt 159 TWh (Energimyndigheten 2018).



Figur 15: Sveriges elproduktion år 2017 fördelat på olika energislag

Vattenkraften påverkar miljön negativt i närmiljön kring de vattendrag som byggs ut (Naturskyddsföreningen 2016). Framförallt är det växter och djur som påverkas genom bland annat att vattendrag torrläggs vissa sträckor som gör att fiskar inte kan passera fritt. Vattenkraft kräver stora arealer för dammarna där vattnet ska samlas upp. Mark som hamnar under vatten kan ge ifrån sig metangas.

I kärnkraft används ämnet uran som är en ändlig resurs som kommer att ta slut. Avfallet från kärnkraft är radioaktivt och därmed mycket farligt. Avfallet behöver lagras säkert i över 100 000 år för att radioaktiviteten ska minska så mycket att det inte är skadligt för människor och djur. Att bryta uran är skadligt både för miljön och människors hälsa.

6.4 Sammanställning av miljöpåverkan från vinterväghållning

Både konventionell vinterväghållning och markvärme påverkar miljön. Tabell 16 visar om respektive vinterväghållningsmetod påverkar respektive miljömål negativt.

Tabell 16: Sammanställning om konventionell vinterväghållning och markvärme ger upphov till negativ inverkan på de fyra miljömål som studerats

Miljömål	Negativ påverkan från konventionell vinterväghållning	Negativ påverkan från markvärme
Begränsad klimatpåverkan	Ja	Ja
Frisk luft	Ja	Ja
Grundvatten av god kvalitet	Ja	Nej
God bebyggd miljö	Ja	Nej

7 Analys

I kapitlet analyseras konventionell vinterväghållning och markvärme utifrån de tre föregående kapitlen. Kapitlet delas in i tre olika delar: samhällspåverkan, kostnader och miljöpåverkan.

7.1 Samhällspåverkan

Det finns ett flertal orsaker som kan leda lite brister för konventionell vinterväghållning. Hinder som finns på vägen såsom pollare och taktila plattor är svåra att vinterväghålla konventionellt men behövs för att öka tillgängligheten för synskadade personer. Det behöver planeras för hur både målen för vinterväghållning och tillgänglighet uppnås.

Väderinformation är viktigt vid konventionell vinterväghållning, såväl som vid markvärme, för att kunna sätta in rätt åtgärder i tid. Om väderinformationen är fel kan det leda till att vinterväghållningen ej kommer igång i tid och snö blir liggande på marken. Risken för att falla ökar, det blir minskad tillgänglighet och fler väljer bilen framför att gå eller att cykla.

Det är svårt att komma ifrån mänsklig påverkan, både för konventionell vinterväghållning och markvärme. För båda leder det till brister i vinterväghållningen. För konventionell vinterväghållning kommer den mänskliga påverkan in vid snöröjning och halkbekämpning. För markvärme kommer den mänskliga påverkan in vid styrningen.

Idag finns det lite kunskap angående konventionell vinterväghållning för gc-vägar. Med mer kunskap kan konventionell vinterväghållning förbättras och kanske även förnyas med nya metoder. Med ny kunskap kan det behövas nya maskiner. Att köpa in nya maskiner är en investering som måste vägas för och nackdelar med. Nya maskiner kan också leda till minskade utsläpp, men leder till ökade kostnader i och med inköpet av maskinerna.

En svårighet för vinterväghållning är budgeten. Genom att sätta budgeten efter en normalvinter som nästan aldrig existerar blir det antingen för mycket eller för lite pengar över. Normalt sätt är det nästan alltid för lite, och man behöver därmed ta av drift- och underhållsbudgeten för resten av året. Därmed kan drift- och underhållen bli eftersatta, om ens gjorda.

Markvärmesystemet fungerar sämre eller inte alls vid låga temperaturer. I och med det kan det bli brist i vinterväghållningen. Det kanske till och med behöver använda andra vinterväghållningsåtgärder. Vid låga temperatur kan markvärmesystem behöva stängas av på grund av att andra behöver värmen mer. När markvärmerna stängas av

tar det ett bra tag innan marken är tillräckligt varm för att smälta snön. Under den tiden kan det vara aktuellt att vinterväghålla konventionellt. Om det inte är möjligt blir det brist i vinterväghållningen som påverkar samhället negativt.

Det är svårt att styra markvärmesystem optimalt. För att minimera samhällspåverkingarna behöver markvärmen vara på alltid när det är snö eller is på marken. Det kan leda till att markvärmen är på mer än nödvändigt och leder till högre driftskostnader.

Det är konstaterat att bristande vinterväghållning leder till ökade antalet fallolyckor. Fallolyckorna är stora till antalet och är oftast lindriga skador. Även om skadorna är lindriga känner många personer av skadan lång tid efter.

Trots det stora antalet olyckor finns inga planerade åtgärder för att minska fallolyckorna från Trafikverket trots att de har som mål att minska antalet. En anledning kan vara att investerarnas kostnad ej minskar för att olyckorna gör det. Trots det behövs konkreta förslag tas fram och genomförs för att minska antalet fallolyckor. Det är möjligt då kostnaderna för fallolyckorna vida överstiger de förebyggande åtgärderna.

För tillgängligheten i utemiljö finns det flertalet mål och riktlinjer för att öka tillgängligheten för personer med funktionsnedsättning. Flera av åtgärderna för att öka tillgängligheten är svåra att vinterväghålla konventionellt, men inga problem vinterväghålla genom markvärme. Ifall konventionell vinterväghållning ska användas måste det finnas klara direktiv hur tillgänglighetsåtgärderna ska vinterväghållas.

Inom transportsektor finns flertalet mål om att göra transportsektorn mer hållbar där flertalet är om att öka gång- och cykeltrafiken. Bättre vinterväghållning är inte ensamt en del av lösningen för att öka gång- och cykeltrafiken men är en del av lösningen.

7.2 Kostnader

Driftskostnaderna för konventionell vinterväghållning och markvärme i för fallet i den här studien är runt 30 kr/m². Skillnaden är den höga engångskostnaden för markvärme som ligger på runt 1 000 kr/m². I kostnadsberäkningar har inga kostnader för underhåll och inköp av maskiner gjorts för konventionell vinterväghållning.

Den årliga kostnaden för fallolyckor för fallet på Clemenstorget ligger på 900 kr/m². De årliga kostnaderna som uppstår vid mindre tillgänglighet i utemiljö och mindre hållbart transportsystem har ej beräknats. Om de två har en kostnad som är runt 100 kr/m² eller högre blir det den årliga kostnaderna som uppstår vid bristande vinterväghållning samma eller högre än engångskostnaden för markvärme.

Kostnaden som uppstår vid bristande vinterväghållning överstiger den engångskostnaden som markvärmerna har i och med att driftstiden för markvärme är på minst 50 år

7.3 Miljöpåverkan

Sverige har 16 miljö kvalitetsmål. I den här studien har 4 av de studerats närmare: begränsad klimatpåverkan, frisk luft, grundvatten av god kvalitet och god bebyggd miljö.

Både konventionell vinterväghållning och markvärme ger upphov till utsläpp av växthusgaser. Utsläppen från konventionell vinterväghållning kommer från maskinerna. Genom att köpa nya maskiner som drar mindre går det att minska utsläppen, men inte att utesluta dem. För markvärme går det att sluta använda fossila bränslen för värmeproduktion, dock finns miljöpåverkan från förläggning och material. Att sluta använda fossila bränslen är på väg att hända i Lund, och generellt i Sverige.

Konventionell vinterväghållning ger upphov till luftföroreningar vid upptagning av friktionsmaterial och markvärme vid värme- och elproduktion.

Kemisk halkbekämpning påverkar grundvattnet. Påverkan finns främst hos de som tar vatten från egna brunnar men finns även påverkan hos större grundvattenförekomster. Ingen påverkan från markvärme har upptäckts i den här studien.

Gällande god bebyggd miljö har markvärme fördelar jämfört med konventionell vinterväghållning. Salt påverkar jorden, träd och växter vid vägen. En viss mängd salt har olika påverkan för olika plaster. Det gör det svårt att veta vilken påverkan saltet har på miljön på en viss plats.

8 Diskussion

8.1 Teori

En svårighet för konventionell vinterväghållning som inte går att komma ifrån är att man alltid behöver prioritera vilka vägar som ska snöröjas och halkbekämpas. Avvägning mellan olika transportsystem behöver göras, där en känsla är att bilvägarna prioriteras i högre grad än gc-vägar. Det känns märkligt då fordon som färdas på bilvägar är mindre utsatta för vädret. Såklart behöver bilvägar även de snöröjas för att tillhandha ha en bra service i staden. Men för att fler ska välja att gå eller cykla bör fler gc-vägar prioriteras högre.

Markvärme är mer tekniskt avancerat än konventionell vinterväghållning. Det är flertalet parametrar att ta hänsyn på vid anläggning- och installation som har påverkan för hur väl markvärmesystemet fungerar. Styrning av markvärme automatisk är komplext, och verkar inte i alla fall fungera på önskat sätt. I flertalet av studerade rapporter och studier har automatisk styrning kompletterats av manuell styrning. Styrningen bör förbättras för att få ett mer tillförlitliga markvärmesystem.

8.2 Metod

En stor del av studiens resultat kommer från litteraturstudien. Litteraturstudien som har gjorts är omfattande, men möjligheten finns alltid att jag har missat intressanta och viktiga rapporter. I studien har även två intervjuer och ett studiebesök genomförts. Resultat från intervjuerna blir färgat av vilka frågor som ställs och vilken åsikt som intervjupersonen har. Att en intervju gjordes med både användare och försäljare av markvärme gjorde att en större helhetsbild kunde uppnås. Om det även gjorts för konventionell vinterväghållning hade bilden för konventionell vinterväghållning kanske förändrats.

De kostnadsberäkningar som gjorts är av enklare grad. En sak som nu i efterhand hade varit bra att ta med vara att göra beräkningar efter ett markvärmesystems livstid. Det för att kunna se hur mycket, eller lite pengar, som går att tjäna genom att anlägga markvärme och minska samhällspåverkan från vinterväghållning.

8.3 Samhällspåverkan

Både konventionell vinterväghållning och markvärme har orsaker som leder till bristande vinterväghållning. Utifrån den här studien går det inte att se vilken som är att föredra. En känsla som har funnits med genom studien är att det sker oftare

att vinterväghållningen brister när det gäller konventionell vinterväghållning jämfört med markvärme. Om den stämmer eller ej är svårt att säga.

När det gäller de tre samhällspåverkan, fallolyckor, tillgänglighet i utemiljö och hållbart transportsystem, vill samhället att dessa ska förbättras. Det syns genom de mål och riktlinjer som finns. Men för att verkligen förändra på lång sikt gällande de tre samhällsaspekterna i den här studien behövs mera resurser och pengar. När det gäller fallolyckor är de förebyggande kostnaderna extremt låga jämfört med biltrafiken. Det är svårt att förstå Nollvisionens mål om minskat antal allvarligt skadade gällande fallolyckor när de inte har tagit hur det ska uppnås.

Utformningsdetaljer som nämns i avsnittet om tillgänglighet i utemiljö är svåra att snöröja med maskiner utan behöver snöröjas för hand. Det finns ofta inga riktlinjer eller direktiv på när och hur utformningsdetaljerna ska vara vinterväghållna. För konventionell vinterväghållning är det omöjligt att vinterväghålla detaljerna på en gång när snöfallet sker överallt. Om markvärme används går det att momentant ta bort snön för utformningsdetaljerna.

För att minska fallolyckorna, öka tillgängligheten och få ett mer hållbart transportsystem behöver mer fokus läggas på fotgängarna och cyklisterna.

8.4 Kostnader

I den här studien har inga kostnader för underhåll och inköp av maskiner gjorts, utan det har antagits att konventionell vinterväghållning endast har driftskostnader. Anledningen till det är att konventionell vinterväghållning köps in av kommunen och det är därmed svårt att veta exakt var pengarna går till varje år. Därmed känns inte kostnadsberäkningarna som gjorts i den här studien fullständiga. Det hade varit väldigt intressant att se hur pengarna fördelar sig i de olika kostnadsposterna, men framför allt hade det kunnat göras en bättre jämförelse mellan konventionell vinterväghållning och markvärme ur ett kostnadsperspektiv.

Om fler kostnadskalkyler hade studerats vid anläggning och installation av markvärme, hade det varit möjligt att göra en bättre analys på om den kostnad som tagits fram varit rimlig i förhållande till andra markvärmesystem.

Styrning för ett markvärmesystem är väldigt viktigt för driftskostnaderna. Vid intervjun med C4 Energi i Kristianstad sa de att enbart använda sig av automatisk styrning medför att markvärmesystem är på mer än nödvändigt. När de började använda sig av både automatisk och manuell styrning fick de ner kostnaderna rejält. Därmed bör man noga tänka över styrningen när man installerar ett markvärmesystem. Dock bör systemet vara på när man är tveksam för att minimera risken för att snö lägger sig på marken och skapar brist i vinterväghållningen.

Kostnadsberäkningarna är gjorda för ett fall på Clemenstorget där det i utdraget från STRADA visat sig att fallolyckor på grund av halka sker under tidsperioden 2012-2016. Antalet fallolyckor har stor inverkan på resultatet av kostnaderna för fallolyckor. För att få ett mer rättvist resultat bör en större tidsperiod ha valts.

Om en annan yta hade valts i studien hade man fått andra resultat gällande den totala kostnaden för fallolyckor där. Kostnaden som antagits för en fallolycka i den här studien kommer från Trafikverket. Vid andra studier har andra kostnader används. Såklart spelar det en stor roll för den totala kostnaden för fallolyckor. Dock är det normalt att använda sig av Trafikverkets kostnader för samhällsåtgärder inom transportsektorn.

Kostnaderna som är för brist på tillgänglighet i utemiljö och för ett minskat hållbart transportsystem har inte kunnat beräknats på samma sätt som för konventionell vinterväghållning, markvärme och fallolyckor. Hur stora dessa kostnader är svårt att säga, men det bör finnas vara mer än de 100 kr/m² som skiljer mellan markvärmens engångskostnad och samhällspåverkningarnas årliga kostnad.

8.5 Miljöpåverkan

I studien har vinterväghållningen studerats utefter fyra miljömål i Sverige. Utifrån de fyra miljömålen har konventionell vinterväghållning större miljöpåverkan än markvärme. I studien finns avgränsningar i att inte slutskedet tagits med. Det leder till att resultat i den här studien hade kunnat blivit annorlunda om det gjorts. Generellt har det även varit svårt att ta reda på markvärmens miljöpåverkan jämfört med konventionell vinterväghållning. Även det kan spegla resultatet.

Saltets påverkan på miljön har varit kända, men fortfarande används det i stor skala för halkbekämpning. Det får mig att fundera på om det verkligen inte finns andra mer miljövänliga och lika bra metoder för att halkbekämpa vägar med. För saltets användning måste uteslutas, eller i alla fall minska, för att inte få mer långverkande påverkningar på grundvatten, träd och växter.

8.6 Förslag på fortsatt vidare arbete

Utifrån den här studien finns ett flertal olika möjliga förslag på vidare arbete. Däribland

- En fallstudie om hur den verkliga skillnaden blir ur ett samhällsperspektiv när man går från konventionell vinterväghållning till markvärme. Detta kan göras

genom att studera fallolyckorna före och efter markvärme, eller att intervjua personer angående tillgängligheten för gc-vägen.

- En LCA på markvärme och konventionell vinterväghållning för att se de båda vinterväghållningsmetodernas totala miljöpåverkan.
- En CBA på markvärme för att jämföra den med konventionell vinterväghållning. CBA är en sammanställning och summering av de kostnader och intäkter som en verksamhet eller ett projekt ger upphov till. Det som skiljer en CBA från de kostnadsberäkningar som gjorts i den här studien är att bland annat viker, skatter och livslängd tas med i beräkningen i en CBA.

9 Slutsats

Studiens syfte var att studera konventionell vinterväghållning och markvärme ur ett samhällsperspektiv. Det gjordes ur tre vinklar, samhällspåverkan, kostnad, och miljöpåverkan.

Både konventionell vinterväghållning och markvärme har faktorer som kan leda till bristande vinterväghållning. För konventionell vinterväghållning är orsakerna bland annat hinder på vägen, låg kunskap och väderinformation. Bland orsakerna för bristande vinterväghållning för markvärme finns att de ej fungerar vid låga temperaturer, ojämn värmefördelning och styrningssvårigheter. Bristande vinterväghållning påverkar samhället genom ökat antal fallolyckor, minskad tillgänglighet i utemiljön och ett mindre hållbart transportsystem. Då både konventionell vinterväghållning och markvärme har orsaker till bristande vinterväghållning är det svårt att säga vilken av de som är bäst ur aspekten samhällspåverkan utifrån den här studien.

Anläggning- och installationskostnaderna för markvärme för fallet på Clemenstorget ligger på 975 kr/m² och driftskostnaderna på 29 kr/m². För konventionell vinterväghållning ligger driftskostnaderna på 33 kr/m². Medan kostnaderna för fallolyckor ligger på 902 kr/m².

Den beräknade kostnaden för att driva markvärme är ungefär lika stor som den beräknade att vinterväghålla konventionellt på gc-vägar. Att anlägga markvärme är dyrt, men är en engångskostnad. Fallolyckor som sker årligen kostar nästan lika mycket för samhället. Det finns även andra samhällskostnader som är svåra att beräkna som är årliga kostnader såsom gångtid, utsläpp av koldioxid, luftföroreningar, och buller som bör minska vid användning av markvärme. Totalt sett ger dessa samhällspåverkningar större kostnader per år än att anlägga markvärme en gång. Genom att studera var fallolyckor och andra samhällspåverkningar sker i en tätort, finns pengar att tjäna genom att vinterväghålla med hjälp av markvärme istället för konventionellt.

I den här studien har fyra miljömål studerats: begränsad klimatpåverkan, frisk luft, grundvatten av god kvalitet och god bebyggd miljö. Konventionell vinterväghållning påverkar alla dessa 4 miljömål negativt medans värmedriven markvärme påverkar två av dessa miljömål negativt (begränsad klimatpåverkan och frisk luft). Utifrån dessa fyra miljömål är värmedriven markvärme att föredra.

Referenser

- 2008/09:93 (2009). *Mål för framtidens resor och transporter*. Propostion. Regeringen.
- Aiwell (2018). *Vindmåler*. URL: <http://www.aiwell.no/vindmaringler-no.html> (hämtad 2018-04-12).
- Arvidsson, Anna K (2015). *Tema Vintermodell - Val av standardkravs på vinterväghållning med hänsyn till energieffektivitet*. rapport 858. VTI.
- Arvidsson, Anna K, Torbjörn Gustavsson och Jörgen Bogren (2013). *Nya regler för en effektivare vinterväghållning - En förstudie*. VTI notat 38-2013. VTI.
- Arvidsson, Anna K och Gudrun Öberg (2012). *Skadade fotgängare - Kostnad för fotgängarskador jämfört med vinterväghållningskostnader*. VTI rapport 735. VTI.
- Benders Mark (2013). *Blötgjutna plattor*. URL: <http://www.benders.se/globalassets/c4-assets/document/blotgjutet-lu.pdf> (hämtad 2018-07-03).
- Bergström, Anna (2002). "Winter maintenance and cycleways". Doktorsavhandling. Kungliga Tekniska Högskolan.
- Bergström, Anna och Rolf Magnusson (2003). "Potential of transferring car trips to bicycle during winter". I: *Transportation Research Part A: Policy och Practice* 37 (8).
- Berntman, Monica (2015). *Fotgängares olyckor och skador i trafikmiljö med fokus på fallolyckor*. Bulletin 295-2015. Institutionen för Teknik och samhälle, LTH.
- Berntman, Monica, Monica Frank och Birgit Modén (2011). *STRADA information 2011 - Fotgängarnas singelolyckor i Skåne*. Bulletin. Lunds Universitet, Transportstyrelsen och Region Skåne.
- Byggnadsstyrelsen (1976). *Markvärme*.
- Danfoss, Devi by (2017a). *Asfaltstillämpningar. Is- och snösmältning - Tillämpningshandbok*.
- (2017b). *Marktillämpning. Is- och snösmältning - Tillämpningsguide*.
- Devi (2018). *Montering och förläggninginstruktion DTIE-10*. Instruktion. Devi.
- Energimyndigheten (2018). *Nära toppnotering för elproduktion och nettoexport av el under 2017*. URL: <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2018/nara-topppnotering-for-elproduktionen-och-nettoexporten-av-el-under-2017/> (hämtad 2018-06-14).
- Eriksson, Jenny och Gunilla Sörensen (2015). *Vintervädrets betydelse för att fotgängare skadas i singelolyckor*. rapport 868. VTI.
- Eriksson, Louise och Sonja Forward (2010). *Resvanor och inställning till färdmedel i Falu kommun*. VTI rapport 678. VTI.
- Gasslander, Elinor (2010). "Vinterväghållning av cykelstråk i Malmö - En inventering". Examensarbete. Lunds Tekniska Högskola.
- Google (2018). *Lund, centrala staden*. URL: <https://www.google.com/maps/place/Centrala+staden,+Lund/@55.7071414,13.1881942,129m/data=!3m1!1e3!4m5!>

- 3m4 ! 1s0x465397c72e9639ef : 0x719409bb24a60490 ! 8m2 ! 3d55 . 7019262 ! 4d13 . 193024 (hämtad 2018-07-11).
- Gustafsson, Linus och André Hålstén (2006). "Uppvärmning av Storgatan, Piteå". Examensarbete. Luleå Tekniska Universitet.
- Holmström, Christian (2018). *Elproduktion*. URL: <https://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Elproduktion/> (hämtad 2018-03-01).
- Ismail, Dijar (2013). "Energianvändning för markkonstruktioner förlagda med ytvärme - En teknisk och ekonomisk utredning av fördelarna med att isolera under värmerören." Examensarbete. Högskolan i Gävle.
- Josefsson, Gustaf och Charlotta Johansson (2014). *Driftprinciper för snöröjning och halkbekämpning*. Rapport 2014:09. Sweco. (Hämtad 2018-02-20).
- Jönsson, Magnus (2018). *Intervju*.
- Khodayari, Raziye (2017). *Tillförd energi*. URL: <https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/tillford-energi/> (hämtad 2018-06-14).
- Kraftringen (2018). *Nyckeltal till din hållbarhetsredovisning*. URL: <https://www.kraftringen.se/hallbarhet/miljo-och-klimat/nyckeltal/> (hämtad 2018-03-01).
- Kröyer, Höskuldur, Jenny Eriksson och Åsa Forsman (2017). *Cykling under vintermånaderna - Förstudie om exponering*. Rapport 1053. Trafkon AB, VTI och LTH.
- Lindberg, Johan, Johan Strandroth, Lars Ekman, Sofia Persson och Therese Malmström (2016). *Översyn av etappmål för säkerhet på väg till 2020 och 2030, med en utblick mot 2050*. 2016:109. Trafikverket.
- Ljungberg, Magnus (2000). *Vinterväghållning och expertsystem - en kunskapsöversikt*. VTI meddelande 902-2000. VTI.
- LK System (2018a). *Monteringsanvisningar: Fördelare och rör för markvärme*.
- (2018b). *Projekteringsanvisningar LK Markvärme*.
- LK Systems (2018). *LK Systems Referensobjekt inom markvärme*. URL: <http://www.lksystems.se/globalassets/lk-systems/documents/referensobjekt.pdf> (hämtad 2018-06-27).
- Lunds kommun (2018). *Fjärrvärme och gas*. URL: <https://www.lund.se/bygga-bo--miljo/energi--och-klimatradgivning/fjarrvarme/> (hämtad 2018-03-01).
- (2017). *LundaEko II - Lunds kommuns program för ekologiskt hållbar utveckling 2014-2020*.
- (2014). *LUNDAMATS III - Strategi för ett hållbart transportsystem i Lunds kommun*.
- Mattsson, Angelina (2017). "Samhällsekonomiska effekter av vinterväghållning för gående - En kostnadsnyttoanalys av vinterväghållning och gångtrafikanter singelolyckor i Stockholms stad." Examensarbete. Linköpings Universitet.

- Miljöfordon.se (2018). *Miljöpåverkan*. URL: <https://www.miljofordon.se/bilar/miljoepaaverkan/> (hämtad 2018-06-14).
- Miljömålsrådet (2002). *Miljömålen - när vi fram? de Facto 2002*. Miljömålsrådets uppföljning av Sveriges 15 miljömål.
- Naturskyddsföreningen (2016). *Faktablad: Miljöpåverkan från el- och värmeproduktion*. URL: <https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-miljopaverkan-fran-el-och-varmeproduktionen> (hämtad 2018-06-14).
- Naturverket (2018). *Sveriges miljömål*. URL: <http://www.sverigemiljomal.se/miljomalen/> (hämtad 2018-06-08).
- Naturvårdsverket (2017). *Fossila bränslen*. URL: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Fossila-branslen/> (hämtad 2018-06-14).
- (2017-11-30). *Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter*. URL: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-0/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/> (hämtad 2018-07-03).
- Niska, Anna, Charlotta Johansson och Karin Caesar (2013). *Drift och underhåll av tillgänglighetsåtgärder i tätort. För ökas tillgänglighet och bibehållen säkerhet året om*. VTI rapport 776. VTI.
- Niska, Anna, Göran Blomqvist och Ida Järskog (2017). *Utvärdering av sopsaltning på cykelstråk i Stockholm vintern 2016/17*. VTI notat 30-2017. VTI.
- Nyberg, Simon och Stefan Blomqvist (2015). "Modellering och energieffektivisering av befintligt markvärmesystem - Med fokus på väderlekens påverkan på ett markvärmesystems energibehov och potentiella styrmetoder för markvärme". Examensarbete. Linköpings Universitet - Tekniska högskolan.
- Olsson, Catarina (2011). *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga på allmänna platser och inom områden för andra anläggningar än byggnader; BOVERKETS FÖRFATTNINGSSAMLING*. Boverket.
- Ottosson, Peter (2018). *Ledningsdimensionering markvärme hållplatser*. Opublicerat PM. Kraftringen.
- Persson, Lisa (2013). "Vintercykling i Umeå - Om faktorer som påverkar viljan att cykla till sitt arbete i Umeå under vinterhalvåret". Examensarbete. Umeå universitet.
- Reinosdotter, Karin (2007). "Sustainable Snow Handling". Doktorsavhandling. Luleå Tekniska Universitet.
- Rosander, Peter och Charlotta Johansson (2016). *Drift och underhåll i tätorten*. Rapport 2016:13. Samhällsbyggnad och naturresurser vid Luleå tekniska universitet.
- Sant, Andreas (2018). "LK Markvärme".

- Schyllander, Jan (2014a). *Fallolyckor*. Statistik och analys. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- (2014b). *Fotgängarolyckor*. Statistik och analys. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- SFS (1998). *Lag (1998:814) med särskilda bestämmelser om gatuhållning och skyltning*. Miljö- och energidepartementet.
- Sjöman, Henrik och Johan Slagstedt (2015). *Träd i urbana landskap*. Studentlitteratur.
- SKL (2010). *GCM-handbok - Utformning, drift och underhåll med gång-, cykel-, och mopedtrafik i fokus*.
- (2014). *Vitt på svart*.
- SMHI (2018). *Prognosstyrda markvärmesystem*. URL: <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/vag-och-spar/prognosstyrda-markvarmesystem-1.13108> (hämtad 2018-02-28).
- Svenska kommunförbundet (1995). *Miljöanpassad gatuskötsel - Möjligheter och dagsläge inom den kommunala väghållningen*.
- Svensson, Rutger och Patric Läppenén (2018). *Intervju*.
- Tekniska förvaltningen, Lunds kommun (2017a). *Fastighetsägarens ansvar*. URL: <https://www.lund.se/trafik--stadsplanering/sno-och-halka/fastighetsagarens-ansvar/> (hämtad 2018-03-14).
- (2017b). *Frågor och svar, snö och halka*. URL: <https://www.lund.se/trafik--stadsplanering/sno-och-halka/fragor-och-svar-sno-och-halka/> (hämtad 2018-03-13).
- (2018). *Snö och halka*. URL: <https://www.lund.se/trafik--stadsplanering/sno-och-halka/> (hämtad 2018-03-13).
- Thermotech (2018). *Styrenhet för markvärme ETR2*. URL: <http://www.thermotech.se/Markvaerme/Reglering-GEOSystem-markvaerme/Styrenhet-foer-markvaerme-ETR2> (hämtad 2018-02-28).
- Trafikverket (2018a). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, ASEK*. URL: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/analysmetod-och-samhallsekonomiska-kalkylvarden-for-transportsektorn-asek/> (hämtad 2018-09-26).
- (2018b). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1*.
- (2016). *Drift- och underhållsproblem vid trafiksäkerhets- och tillgänglighetsutformning*. Rapport 2011:053. Trafikverket.
- (2004). *SEKTION TÅTORT - GATURUM. 3 Dimensionerande trafikanter och trafiksituationer*. URL: <https://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/>

- Foretag / Bygga_och_underhalla / Vag / Vagutformning / Dokument_vag_och_gatuutformning / Vagar_och_gators_utformning / Sektion_tatort - gaturum / 03_dimensionerande_trafikanter_och_trafiksituationer . pdf (hämtad 2018-07-09).
- Transportstyrelsen (2018a). *Sjukhusens rapportering*. URL: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik/Olycksstatistik/sjukhusens-rapportering/> (hämtad 2018-04-03).
- (2018b). *Strada informationssystem*. URL: <https://www.transportstyrelsen.se/STRADA> (hämtad 2018-04-03).
- Uponor AB (2018). *2018 Uponor VVS Handboken*. 4. utg.
- Variant VVS (2018). *Snøsmelleanlegg*. URL: <http://variantvvs.no/index.php/snosmelteanlegg> (hämtad 2018-04-12).
- VTI (2018). *Forskning för halkfria gång- och cykelvägar på framfart*. URL: <https://www.vti.se/sv/nyheter/forskning-for-halkfria-gang--och-cykelvagar-pa-framfart/> (hämtad 2018-03-21).
- Öberg, Gudrun (2011). *Skadade fotgängare. Fokus på drift och underhåll vid analys av sjukvårdsregistrerade skadade i STRADA*. VTI rapport 705. VTI.
- Östman, Andreas (2014). "Fotgängares singelolyckor - En studie av halkolyckor i Luleå". Examensarbete. Luleå Tekniska Universitet.

Bilagor

- Bilaga A: Intervjufrågor till studiebesök i Kristianstad
- Bilaga B: Intervjufrågor till Tekniska förvaltning i Lund
- Bilaga C: Utdrag ur STRADA

Bilaga A: Intervjufrågor angående markvärme i Kristianstad

Ämne: Markvärme i Kristianstad

Datum: 20180426

Plats: C4 Energi i Kristianstad

Intervjuade personer: Rutger Svensson och Patric Läppen

Frågor

Vem eller vilka kom med idén att installera markvärme?

Varför ville man ha markvärme?

Vem stod för investeringen?

När byggdes anläggningen och togs i drift?

Vem äger anläggningen?

Vem står för driftskostnaderna?

Har det gjorts någon uppföljning av anläggningen?

Upplevs det som en förbättring att inte behöva halkbekämpa?

Vad är det för material i rörledningar, armaturer och annan utrustning?

vilken värmekälla har ni som uppvärmning?

Tryck och temperatur på markvärmesystemet?

Finns det värmemätning på systemet?

Vad är det för värmebärare?

Om systemet behöver tömmas vid en reparation, hur töms systemet?

Hur gör ni under sommaren, stängs det av eller cirkulerar ni systemet året runt?

Finns det andra ledningar under eller bredvid markvärmesystemet?

Var är värmecentralen för systemet placerat?

Hur styrs systemet?

Hur är tillträde till anläggningen utanför arbetstid löst?

Vem ansvarar för driften?

Utsättning av anläggning vid grävning, vem för det?

Hur är slingorna dokumenterade?

Har ni gjort några reparationer på systemet?

Hur stor är anläggningen?

Bilaga B: Intervjufrågor angående vinterväghållning i Lunds kommun

Ämne: Vinterväghållning i Lunds kommun

Datum: 20180612

Plats: Kristallen i Lund

Intervjuad person: Magnus Jönsson, Tekniska förvaltningen i Lunds kommun

Vad kostar vinterväghållningen i Lunds kommun för gång- och cykelvägar?

Hur vinterväghåller ni gång- och cykelvägar?

Någon skillnad i hur ni vinterväghåller vägar jämfört med gång- och cykelvägar?

Några gator/vägar för gång- och cykeltrafiken som är problematisk att vinterväghålla?

Försöker ni minska på mängden salt, och har det skett en minskning?

Vad kostar det för er att deponera snö? Är det vanligt att deponera i Lund?

Ni har olika prioritet i Lund: prioritet 1,2, och 3. Hur lång tid får det ta innan gatorna är vinterväghållna för de olika prioriteterna?

Vilken information har ni för väder?

Vinterväghåller ni vägarna själva eller köper ni in tjänsterna? Det vill säga, egen regi eller entreprenad (eller en blandning av de). Olika entreprenader?

Om entreprenad, hur kollar ni att de efterföljer era krav på vinterväghållna vägar?

Kostnader för entreprenad, fast eller rörlig?

Hur anser ni att fastighetsägare sköter sin vinterväghållning på sin egen trottoar (inne i tätorten)? Vanligt att de missköter sig så att ni behöver vinterväghålla istället?

Har det gjorts att ni tagit över och vinterväghållning för någon/några fastighetsägare?

Hur hanterar ni klagomål ni får in? Vilka typer av klagomål är vanligast?

Upplever ni några problem med er vinterväghållning? (Budget, kunskapsbrist etc)

Kollar ni efter fallolyckor i STRADA?

Får de som vinterväghåller någon utbildning?

Bilaga C: Utdrag ur STRADA

Utdrag ur STRADA mellan åren 2012 och 2016 gällande fallolyckor på Clemenstorget i Lund för fotgängare singel.

Strada statistikrapport Olyckor

Olycksid	Antal polisrapporter	Antal sjukvårdsrapporter	Ar	Månad	Kommun	Bebyggelsetyp	Vaghållare	Olycksväg/gata	Position i kartan	Platstyp	Attribut till platstyp	Olyckstyp	Max ISS	Sammanvägd svårhetsgrad	Vägonständigheter
1021886			1	2012	12 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Säker position	Gångbana/Trottoar		GO (fotgängare singel)		1 Lindrig olycka (ISS 1-3)	Hal pga snö/is
1024036			1	2012	12 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Säker position	Torg		GO (fotgängare singel)		4 Måttlig olycka (ISS 4-8)	Hal pga vatten
1026862			1	2013	1 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Osäker position	Gångbana/Trottoar		GO (fotgängare singel)		4 Måttlig olycka (ISS 4-8)	Hal pga snö/is
1026961			1	2012	11 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Säker position	Gångbana/Trottoar		GO (fotgängare singel)		1 Lindrig olycka (ISS 1-3)	Okänt
1082923			1	2014	1 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Säker position	Gatu-/Vagsträcka	Övergångsställe	GO (fotgängare singel)		4 Måttlig olycka (ISS 4-8)	Hal pga snö/is
1136633			1	2015	2 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Säker position	Torg		GO (fotgängare singel)		4 Måttlig olycka (ISS 4-8)	Ojämnt
1172088			1	2015	11 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Säker position	Gatu-/Vagsträcka	Övergångsställe	GO (fotgängare singel)		9 Allvarig olycka (ISS 9-)	Ojämnt
1173337			1	2015	11 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Säker position	Gångbana/Trottoar		GO (fotgängare singel)		1 Lindrig olycka (ISS 1-3)	Okänt
1175414			1	2015	12 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Säker position	Gång- och Cykelbana (-väg)		GO (fotgängare singel)		9 Allvarig olycka (ISS 9-)	Ojämnt. Hal pga vatten
1183333			1	2016	2 Lund	Tättbebyggt område	Kommunal	Clemenstorget	Osäker position	Gångbana/Trottoar		GO (fotgängare singel)		5 Måttlig olycka (ISS 4-8)	Ojämnt