

PROSJEKTRAPPORT FRA 8. SEMESTER EIT-PROSJEKT VÅR 2012

TET 4851: Jernbanen – Et transportsystem i utvikling

Prosjektgruppe: Arctic Railway Solutions

**Forbedring av metoder for fjerning av snø og is
i spor og sporvekslere**



PROSJEKTRAPPORT FRA 8. SEMESTER EIT-PROSJEKT VÅR 2012**Fag:** TET 4851: Jernbanen – Et transportsystem i utvikling**Tittel:** Forbedring av metoder for fjerning av snø og is i spor og sporvekslere**Prosjekt gruppe:** “Arctic Railway Solutions”**Prosjektgruppe deltakere:***Øystein Larssen Bakken – Fysikk og matematikk, Teknisk fysikk**Julie Rakstad-Larsen – Bygg- og miljøteknikk, Konstruksjon**Christian E. Nomme – Produktutvikling og produksjon, Produktutvikling og materiale**Eirik Lokna Nygård – Bygg- og miljøteknikk, Vei, transport og geomatikk**Johann Helgi Oskarsson – Bygg- og miljøteknikk, Konstruksjon**Marte V. Øverdal – Industriell økonomi og teknologiledelse, Anvendt økonomi og optimering***Landsbyleder:** *Hans Kristian Høidalen***Prosjektpartnere:** *Jernbaneverket***Kontakt:** *Johan Anton Wikander***Sammendrag:**

Denne rapporten omhandler vinterproblemer i jernbanen, med fokus på Jernbaneverkets fjerning av snø og is i spor og sporvekslere for å opprettholde driften. Det vil bli varmere og våtere i fremtiden, og når det i tillegg vil komme mer ekstremvær vil dette føre til andre forhold enn det man har i dag. Derfor vil det være viktig med en opprusting av jernbanens materiell slik at det takler disse forandringene. Det er sett på energibruk i jernbanesystemet, der det har blitt kartlagt at 75 % av den totale energimengden som brukes går med til oppvarming av sporvekslere. I rapporten vurderes forbruket og det blir lagt fram alternative metoder for forbedringer. Det viser seg at kostnader som resultat av forsinkelser vinterproblemer fører med seg er svært individuelt fra bane til bane, men samlet sett ikke en stor utgiftspost.

I tillegg har det blitt lagt vekt på de forskjellige metodene Jernbaneverket bruker for å redusere problemer som oppstår i forbindelse med snø og is i skinnegangen, både preventive og korrektive tiltak. Med et stort fokus på energibruk, pålitelighet og hvor godt de er rustet for været i fremtiden, har disse metodene, samt andre metoder som ikke er blitt tatt i bruk i dag, blitt vurdert for å finne potensialet for forbedringer. Av metodene man allerede bruker kommer blant annet oppvarming av sporvekslere, brøyting og børsting dårlig ut.

På bakgrunn av disse vurderingene er det blitt foreslått forbedringer av eksisterende utstyr, og man har også kommet opp med noen nye alternative metoder som det kan være interessant å gå videre med. Eksempler på dette er en robust ballong som skal forhindre at isklumper legger seg mellom skinne og tunge i en sporveksel, og glykolsprøyting i kombinasjon med avisingsanlegg. Metodene vil være beskrevet utfyllende i rapporten.

Forord

Dette tverrfaglige prosjektet ble gjennomført i 8.semester av seks studenter under arbeid med faget Ekspert i Team ved NTNU. Landsbyen ”*Jernbanen - et transportsystem i utvikling*” er en av to landsbyer som arbeider i samarbeid med Jernbaneverket og aktører innen jernbanefeltet med jernbanerelaterte problemstillinger.

Problemstillingen ”*Forbedring av metoder for fjerning av snø og is i spor og sporvekslere*” ble utviklet i felleskap av teamet på grunn av relevans til jernbanedrift og i forhold til Jernbaneverkets nåværende problemer med vinterdriften. Den gav også et grunnlag for tverrfaglig arbeid der alle disipliner kunne bidra med sin kompetanse. Dette reflekteres i bredden av oppgaven.

Vi vil gjerne takke Jernbaneverket og deres kontaktpersoner, derav Johan Anton Wikander og Alf Helge Løhren, som har hjulpet med informasjonsinnhenting og veiledning. I tillegg vil vi rette en takk til Tore Refseth som svarte på spørsmål og gav gruppen omvisning under en befaring på Marienborg.

Vi vil også takke alle personer som, etter å ha blitt kontaktet av Jernbaneverket, har vært så vennlige å svare på spørsmål på e-post og telefon.

Øystein Larssen Bakken

Julie Rakstad-Larsen

Christian E. Nomme

Eirik Lokna Nygård

Johann Helgi Oskarsson

Marte Viktoria Øverdal

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Innholdsfortegnelse.....	4
Figurliste	5
1 Innledning og omfang	6
2 Påvirkning og konsekvenser.....	7
2.1 Værforhold	8
2.1.1 Klimaendringer – hvordan vil været bli i fremtiden	8
2.1.2 Værets påvirkning og kartlegging av denne	9
2.2 Spor og sporvekslere	11
2.3 Forsinkelser	12
2.3.1 Punktlighet.....	12
2.4 Vinterdrift.....	14
2.4.1 Beredskap.....	14
2.4.2 Kostnader	15
2.4.3 Energibruk.....	15
2.5 Konkretisering av problemer.....	17
3 Metoder for fjerning og hindring av snø og is.....	18
3.1 Preventive metoder	18
3.1.1 Forebyggende og gunstig valg av trasé.....	18
3.1.2 Snøskjerm	18
3.1.3 Snøoverbygg.....	20
3.1.4 Terrengforming	20
3.1.5 Sikring mot snøskred	21
3.1.6 Kjemisk avising.....	22
3.1.7 Utforming av tog.....	24
3.2 Korrektive metoder.....	24
3.2.1 Snø- og isfjerning	24
3.2.2 Smelting, fjernstyring og overvåkning	29
3.3 Alternative metoder	31
3.4 Nye metoder.....	35
3.5 Vurdering av dagens metoder.....	36
4 Forbedringer.....	40
4.1 Dagens prosjekter og planer	40
4.2 Forbedring av dagens metoder	43
4.2.1 Preventive metoder	43
4.2.2 Korrektive metoder	46
4.3 Foreslåtte metoder	49
5 Konklusjon.....	52
Referanser.....	53

Figurliste

Figur 2-1 Problemstillingens struktur	7
Figur 2-2 Endring i gjennomsnittstemperatur fra 1855 til 1995[2]	8
Figur 2-3 Utviklingen av CO2 konsentrasjon i atmosfæren fra 1950 til 1995 [2].....	9
Figur 2-4 Estimat av endring i temperatur og nedbør i de forskjellige landsdelene. [3]	9
<i>Figur 2-5 Plassering av planlagte og værstasjoner i drift [7].....</i>	10
Figur 2-6 Overbygning [8].....	11
Figur 2-7- Overbygning [1a].....	11
Figur 3-1 Snøskjerm på Skåne på Södra Stamban [12 s.15].....	19
Figur 3-2 Snøoverbygg [20].....	20
Figur 3-3 Utforming av snøgjerde [20].....	21
Figur 3-4 Rassikring på Bergensbanen 2010 [22]	22
Figur 3-5 Avisingsanlegget på Alnabru sprøyter en godsvogn [27].....	23
Figur 3-6 Avising på lokaltog for Osloregionen [28]	24
Figur 3-7 Traktor med hjulsett for skinner og påmontert børste på Marienborg [Foto: Johann Helgi Oskarsson].....	25
Figur 3-8 Underhengt lavplog på to vanlige lokomotivtyper [Foto: Johann Helgi Oskarsson] ..	25
Figur 3-9 Splittfreser [31]	26
Figur 3-10 Fresemaskin og kostemaskin på Finse. Snøfjerning i flere operasjoner. [66]	27
Figur 3-11 Robel lastetraktor med snøkost foran og etterhengt sporrensere for rydding av linjen bak. [32]	28
Figur 3-12 Manuell fjerning [33].....	28
Figur 3-13 Smelting med sporvekselvarmer [35]	30
Figur 3-14 Komponenter i sporvekselvarme monteres på skinnen [8].....	31
Figur 3-15 Figurer fra rapport om snøfjerning for japans Shinkansen høghastighetstog [51] ...	32
Figur 3-16 T.V. Essco Jet snow blower, GE jet motor fra Detroit.[54] T.H Ny Metro north maskin [53]	33
Figur 3-17 Sporvekselvarmere drevet av gass[58]	34
Figur 3-18 Avising/deising av sporveksel med Midwest kjemikalie. [59]	34
Figur 3-19 Detalj av børste langs sporet [6]	35
Figur 3-20 Gummispoiler og dekker langs sporet og isolerende deksler [6].....	36
Figur 3-21 Vekting av kriterier	38
Figur 3-23 Oversikt vurdering av metoder	39
Figur 4-1 Tverrsnitt av skinnegang to tenkte måter glykol kan sprøytes og samles opp.....	49
Figur 4-2 Mekanisk løsning	50
Figur 4-3 Tverrsnitt: Ballong mellom skinne og tunge som deformeres under sammenslåing og passering av hjul	50
Figur 4-4 Tverrsnitt: Fjæret deksel mellom skinne og tunge som endrer form	51

Forsidebilde: Njål Svingeheim, Jernbaneverket

Oppsummeringsside: Gruppens logo laget i sammenheng med prosjektet.

1 Innledning og omfang

I denne rapporten har det blitt arbeidet med problemstillingen: ”*Forbedring av metoder for fjerning av snø og is i spor og sporvekslere*”. Problemstillingen ble valgt på grunn av viktigheten i forhold til det nordiske klimaet, og i forhold til problemene og forsinkelsene vinteren skaper i det norske spornettet. Den sees også på som aktuell i forhold til et værmønster i endring og utsikt til mer ekstremvær i fremtiden.

Målet med oppgaven er å kartlegge bakgrunnen for vinterproblemene og metodene i bruk for å finne eventuelle grunnlag for forbedringer.

Rapporten vil ta for seg hvor stor del av disse forsinkelsene som skyldes svikt i rydding av spor og sporvekslere. Det blir sett bort fra problemer med signalanlegg og elektriske anlegg på lokomotiver og vogner, så lenge det ikke finnes en direkte relasjon til spor og sporvekslere.

Rapporten har tre hoveddeler. Den første tar for seg problemets bakgrunn. Hensikten er å gi et generelt informasjonsgrunnlag ved å se på hvor stort problemet med snø og is i spor og sporvekslere faktisk er, og hvilke spesifikke problemområder som finnes. Delen tar for seg hvordan sporet og sporvekslere fungerer, og hvordan klimaendringer kan påvirke vinterproblematikken. Deretter sees det på forsinkelser, og i hvilken grad disse har sammenheng med sviktende rydding av spor og sporvekslere. For å få et inntrykk av beredskap, kostnader og energibruk i forbindelse med vinterdriften vil det også bli fokusert på dette, før den første delen avsluttes med å oppsummere avsnittet ved å konkretisere problemområdene som har kommet fram.

Den andre delen går gjennom metoder for fjerning og hindring av snø og is. Metodene deles opp i preventive og korrektive metoder, noe som i praksis betyr at man skiller mellom metodene som skal forhindre snø i å legge seg i sporet, og metodene som skal fjerne snøen etter at den har lagt seg. I tillegg til å beskrive dagens metoder, tar delen for seg alternative metoder som ikke brukes i Norge, men som benyttes i andre land. Videre sees det på nye metoder. Dette er metoder som nokså nylig er utviklet, og som kan være på teststadiet i Norge eller Sverige. Del to avsluttes med en vurdering av metodene, som baseres på kriterier som retter seg etter problemområdene funnet i rapportens første del.

I den siste delen vil rapporten komme med en oppsummering over hva som blir gjort i dag for å bedre problematikken rundt snø og is i spor og sporvekslere, og hvor de største og viktigste forbedringene av jernbanen bør komme på grunnlag av vurderinger gjort i del to. Det er i tillegg utarbeidet noen nye metoder som ved ytterligere studier kan være med å forbedre dagens metoder.

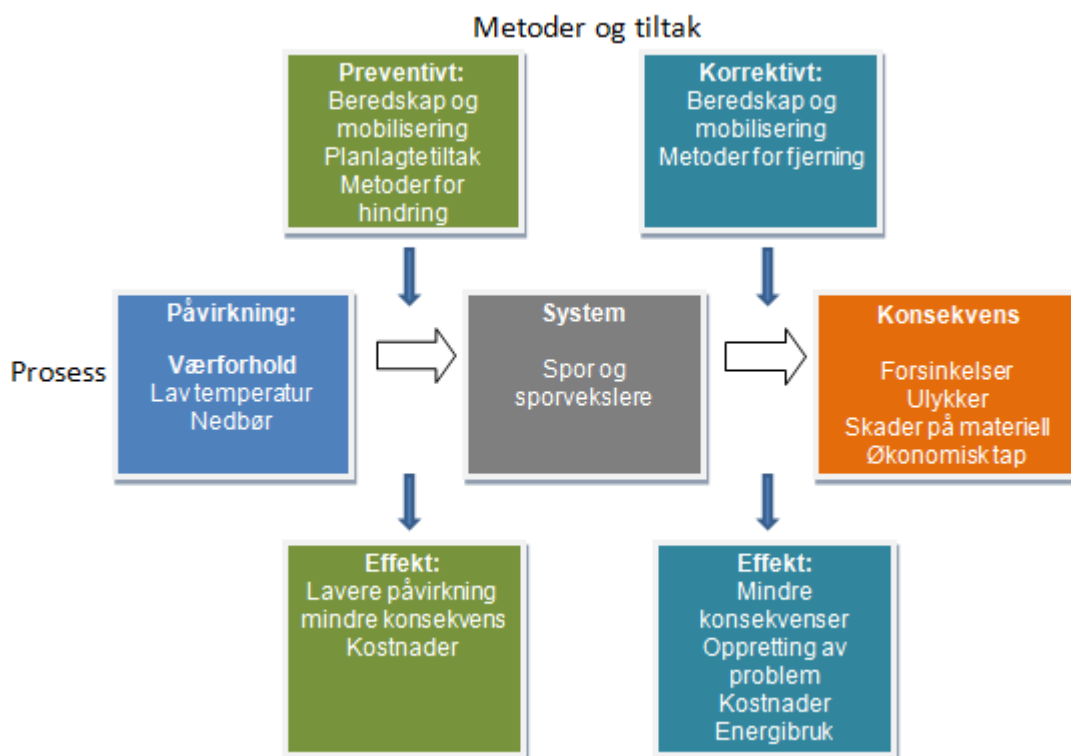
Rapporten er basert på innhenting av data og statistikk fra Jernbaneverket, eksterne rapporter fra SINTEF og konsulentfirmaer som har utredet for Jernbaneverket, Svenske Banverket og andre utenlandske rapporter. I tillegg har kontaktpersoner innen ulike fagfelter i Jernbaneverket vært nyttige kilder.

2 Påvirkning og konsekvenser

Det er en rekke faktorer som spiller inn når driften av jernbanen skal opprettholdes i de kaldeste og mest nedbørsrike delene av året. Det er derfor viktig å se på hvilke forhold som skaper problemer. Det fokuseres her på hvordan utviklingen i klimaet kan påvirke fremtidens vær, og hvordan Jernbaneverket forbereder seg. Det gir en kort oppsummering på hvordan det utsatte jernbanetekniske materiellet i spor og sporvekslere fungerer, og hvilke deler som er spesielt utsatt.

Konsekvenser av værets påvirkning på spor og sporveksel er med på å forsinke banetrafikken, og kan skape ulykker, skader på materiell og økonomisk tap. Fjerning og hindring av snø og is for å motvirke disse konsekvensene fører til jernbanens energibruk øker og ressurser går med for å opprettholde vinterdriften.

Helhetlig er problemet satt opp som i figur 2-1, og følgende kapittel tar for seg det som er angitt som en prosess, og i tillegg tar den for seg metoder og tiltak og deres effekter, derav beredskap og energibruk. Snø og isfjerningsmetodene i seg selv blir sett på i neste kapittel.



Figur 2-1 Problemstillingens struktur

2.1 Værforhold

Årsaken til at det oppstår problemer med snø og is i spor og sporvekslere er gitt av værforholdene og temperaturen i den norske vinteren. Forholdene er ulike fra år til år, og det gir en utfordring i forhold til hvordan Jernbaneverket skal kunne løse problemet med vedlikehold, drift og mobilisering av rullende materiell. Dersom man forbereder seg på de utfordringene som følger med endret klima og ekstremvær, ville man langt på vei kunne etablere en plan for hvordan dette arbeidet burde legges opp fremover. For å få en oversikt over dette vil det være nødvendig å se nærmere på hvordan forholdene er i dag og hvordan de vil se ut i fremtiden.

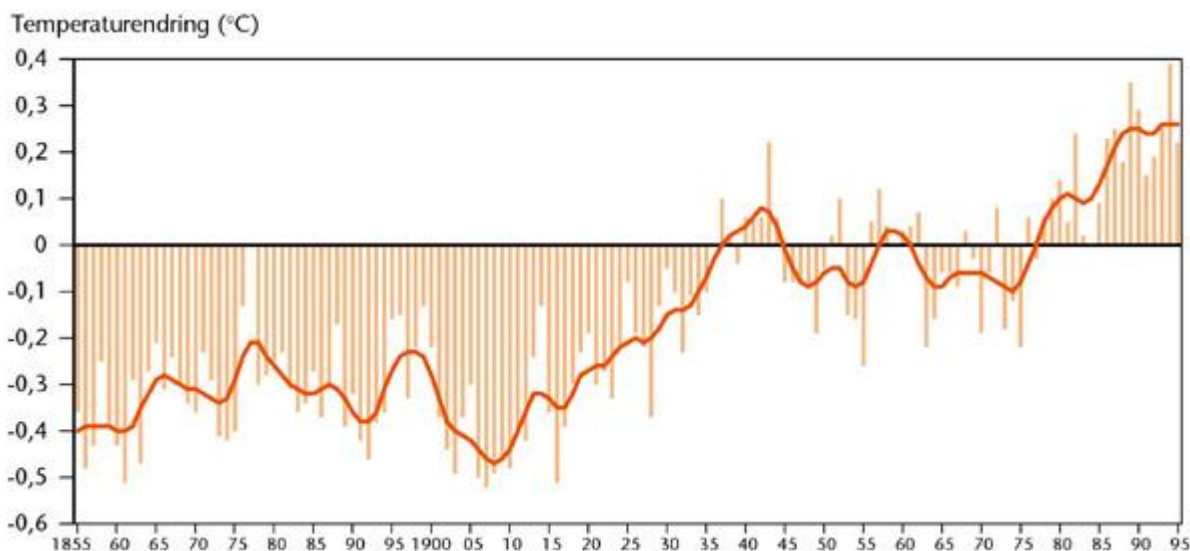
2.1.1 Klimaendringer – hvordan vil været bli i fremtiden

I jernbanemagasinet nr.1 2009 fulgte man personellet i Jernbaneverket til arbeid i Saltfjellet:

”Vi merker at klimaet har endret seg, Vinteren kommer senere enn for 20 år siden, og snøgrensen ligger høyere enn før. Temperatur, nedbør og vindstyrke skifter raskere, med høyere intensitet. Dette stiller høyere krav til beredskap og innsats.”

- Bjørn Pedersen, Anleggsleder og maskinfører på Mo

I de senere årene har det vært et stort fokus på utviklingen av klimaet med tanke på temperaturøkning og CO₂-utslipp i atmosfæren. Det er flere rapporter som tydelig viser at jorden blir varmere enn den har vært de siste hundre årene. Spørsmålet er om denne utviklingen vil fortsette, og hvilken effekt dette i så fall vil ha på jernbanens fremtid. Dersom vi ser på utviklingen i temperaturer i løpet av de siste hundre årene kan vi finne en økning som i diagrammet i figur 2-2.

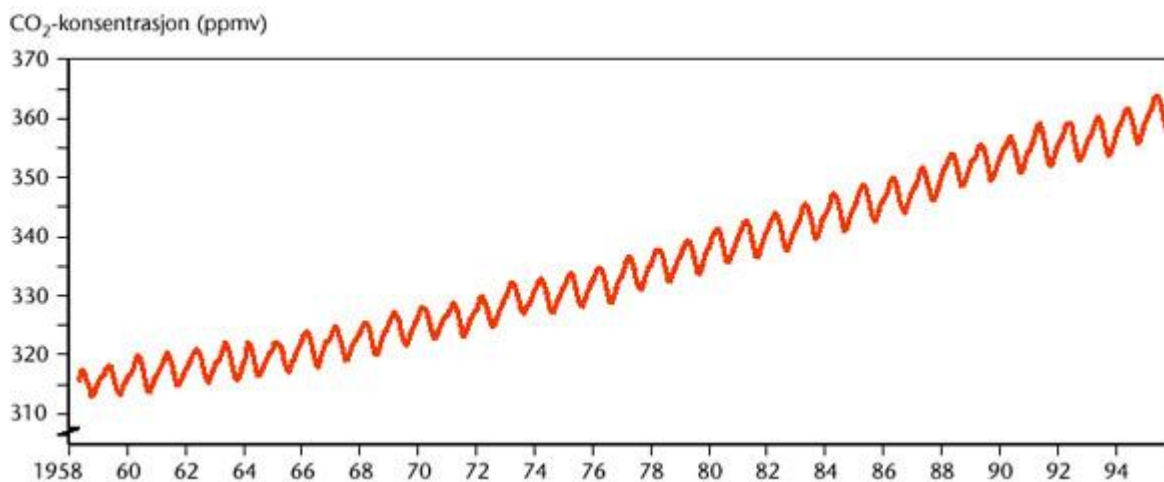


Figur 2-2 Endring i gjennomsnittstemperatur fra 1855 til 1995[2]

Det finnes mye liknende innsamlet statistikk på områdene. Klimaendringene regnes for å være et vitenskapelig faktum, som er basert på store mengder data hentet fra blant annet luft- og værmålinger, iskjerneprøver, satellittbilder av polene og smeltende isbreer. [1]

”Scientific evidence for warming of the climate system is unequivocal.”

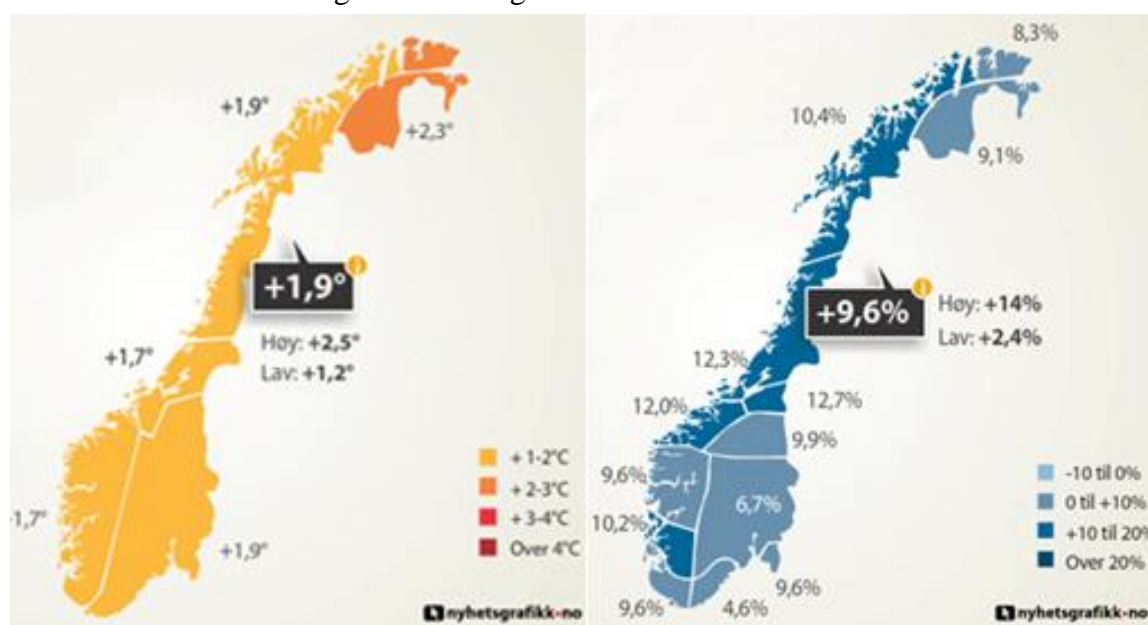
- Intergovernmental Panel on Climate Change [1]



Figur 2-3 Utviklingen av CO₂ konsentrasjon i atmosfæren fra 1950 til 1995 [2]

CO₂-utslippet er en viktig faktor for den menneskeskapt drivhuseffekten. I tillegg til høyere temperaturer, medfører denne også mer tørke, flom og større nedbørsmengder [2]. Utviklingen vises i figur 2-3. I tillegg vil ekstremværet bli villere og komme med kortere mellomrom som et resultat av dette, noe som setter høye krav til hvordan jernbanens materiell og funksjoner er nødt til å rustes opp for å kunne klare seg i disse nye forholdene. [3]

For Norge er det satt opp et estimat over hvor mye temperaturen vil øke de neste årene, samt hvor mye nedbør vi kan forvente sammenlignet med dagens situasjon. I løpet av de neste 50 årene vil vi ha en utvikling som vist i figur 2-4.



Figur 2-4 Estimat av endring i temperatur og nedbør i de forskjellige landsdelene. [3]

2.1.2 Værets påvirkning og kartlegging av denne

Av disse prognosene er det ikke tvil om at det vil bli mer nedbør, men spørsmålet er om denne nedbøren vil være i form av snø eller regn med tanke på den økte temperaturen.

Avhengig av hvor i landet man befinner seg vil klimaet forandre seg på forskjellige måter. Der hvor det allerede er milde vintere med tung og våt snø, vil sannsynligvis snøen erstattes med regn i fremtiden. Dette kan spesielt gjelde i lavereliggende strøk og kystområder. For områder som i dag preges av varierende temperaturer der snøen både kommer som lett, finkornig snø når det er kaldt, og tyngre, våt snø ved varmere temperaturer, vil man sannsynligvis ha en utvikling med lenger perioder med tung og våt snø i forhold til dagens situasjon. Dette gjelder hovedsakelig i deler av Nord-Norge, samt i innlandet på Østlandet. På fjelloverganger vil man stort sett ha samme situasjon som i dag. [4]

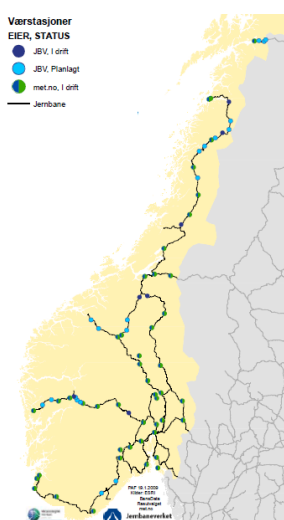
Med de økende temperaturene vil også ekstremværet komme. Flom, skred og ras er konsekvenser av økt nedbør, og dette kan være vanskelig å forutse og sikre seg mot. Derfor har nå Jernbaneverket sett seg nødt til å passe ekstra godt på steder man tidligere så på som uproblematiske. Av denne grunn vil man også være nødt til å oppgradere jernbanen slik at den kan tåle det fremtidige været. [5]

En kartlegging av hvilke tider på året og hvor på sporet de største problemene forekommer, vil være nyttig for planlegging og forberedelser for drift og vedlikehold i disse periodene. Konsulentfirmaet Transrail konkretiserer de to verste tilfellene av værforhold i rapporten *Highspeed rail operation in winter climate* [6] Det ene tilfellet er tørr snø i kaldt vær. Dette lager små partikler som samler seg i små åpninger og på viktige deler. Det andre er kryssing av nullpunktet som bidrar til sterk isdannelse. Dette kan forekomme når toget befinner seg i tunneler eller steder som har en høyere temperatur, der snø og is smelter og fryser igjen når toget kjører ut av tunnelen. Det kan også skje ved lokal oppvarming som ved varme fra bremseskiver. [6 - 2.1] Denne akkumulerte snøen kan da falle av toget å legge seg i sporvekselens bevegelige deler.

”Risting fra toget ved passering av sporveksel kan gjøre det enda mer sannsynlig at snø eller is faller av.”

- Tore Refseth, Overingeniør ved Trønderbanen, Jernbaneverket

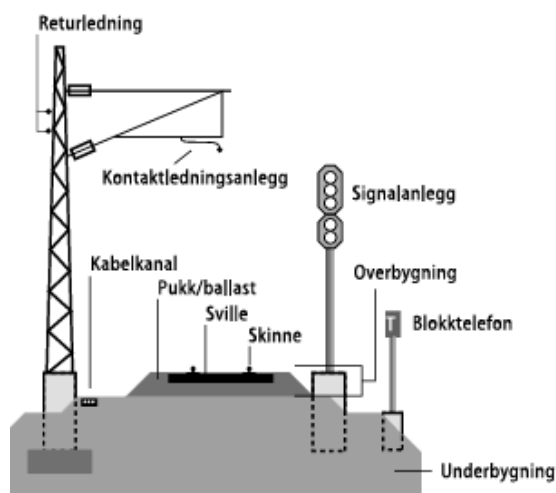
Jernbaneverket har innført et beredskapssystem for å håndtere større nedbørsmengder. En rekke værstasjoner er satt opp for å måle nedbørsmengder og deretter kartlegge rasfare i utsatte områder, se figur 2-5. Dataene brukes i rutine for visitasjon av de utsatte områdene. [7]



Figur 2-5 Plassering av planlagte og værstasjoner i drift [7]

2.2 Spor og sporvekslere

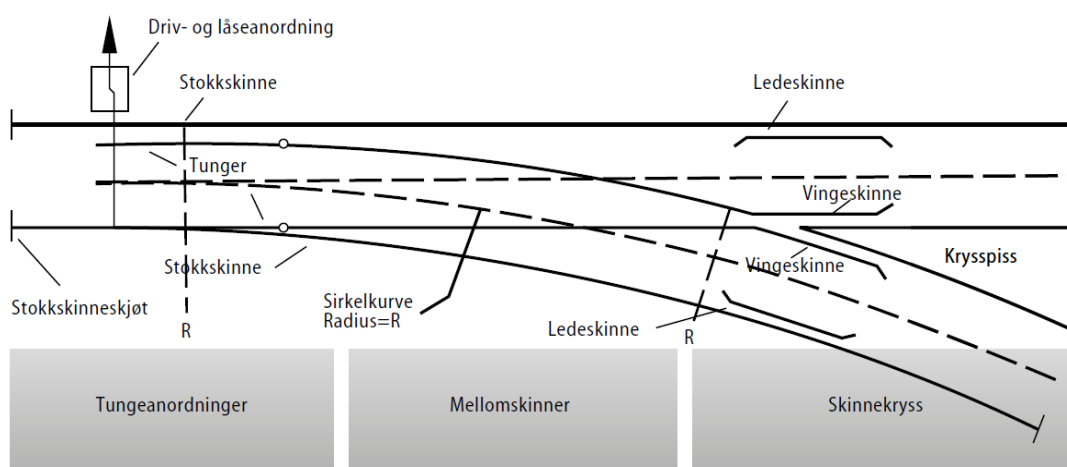
For å forstå hvorfor problemer i forbindelse med vintervær oppstår, er det gunstig å ha litt kjennskap til jernbanens komponenter.



Figur 2-6 Overbygning [8]

Spor og sporvekslere er viktige deler av overbygningen til jernbanen, se figur 2-6. Det er nettopp overbygningen som skal sikre at krav til aksellast, komfort, sikkerhet og hastighet ivaretas i togframføringen [8]. Dette betyr at skinner, sviller, ballast/pukk og sporvekslere må ha tilfredsstillende egenskaper som gjør at disse kravene blir oppfylt. Skinnene skal fungere som bærebjelke, kjørevei og være returleder for kjørestømmen. De skal gi en jevn, stabil og slitesterk kjørevei for det rullende materialet, samt overføre belastningene fra det rullende materialet til svillene. Svillene skal overføre de horisontale og vertikale belastningene videre til ballasten gjennom svillenes opplagerflater og sideflater. [9] Til slutt skal ballasten overføre de horisontale og vertikale kreftene fra svillene til underbygningen. [10]

Sporvekslere, vist i figur 2-7, har som funksjon å styre toget inn på riktig spor, siden det ikke har mulighet til å styre selv. Den viktigste delen i en sporveksel er kalt tunge og denne er bevegelig. Tungen kan flyttes fra en side til den andre, og dermed sørge for at toget enten kan fortsette rett fram ved sporvekselen eller bevege seg over til et nytt spor. Sporvekslere utgjør en stor og tung konstruksjon med lengde mellom 30 og 95 meter. Styringen av sporvekslere skjer enten manuelt eller med drivmaskiner som styres via et sikringsanlegg, og må skje før toget passerer. Det finnes et eget kontrollsystem for å sikre riktig låsing, som det stilles spesielt strenge krav til ved høyere hastigheter. [8]



Figur 2-7 Sporveksler [8]

En sporveksel beskrives med stigning til det avvikende sporet i forhold til det gjennomgående sporet. Sporvekselen starter i stokkskinneskjøten og ender i bakkant av sporveksleren. Punktet der stigningen til avvikssporet og det gjennomgående sporet skjærer hverandre kalles teoretisk kryss. Hastigheten i sporvekslene er begrenset til radiusen i sporvekselen. [8]

Snøfjerning er spesielt viktig i enkelte deler av banen, for eksempel sporvekslere, krysspor, sporsperrer og der lokalomstillere er montert. Dette er også viktig i områder rundt signaler og ved master med avspenningslodd for elektrifiserte banestrekninger [11]. I selve sporveksleren er det flere områder som spesielt bør være fri for hindringer, for eksempel i området rundt og mellom tungene, tungespissene og skinnene. I tillegg er det viktig at glideplater, kontaktledninger, stag, rådegrav og området mellom vingeskiner og krysspiss holdes snø- og isfri. [12 s.18]

Det benyttes forskjellige fremgangsmåter for å fjerne eller hindre snø og is, avhengig av baneområde. Det kan skilles mellom blant annet fri linje, stasjonsområder, strekninger med planoverganger, og tunneler. I stasjonsområder benyttes også det samme utstyret som på frie banestrekninger. Ved bruk av utstyr montert på traktor for benyttelse i stasjonsområder er det risiko for skader av overbygning, elektriske anlegg og deler i sporvekslere som stangsystem for sporvekslere og sporsperrer. På fri linje er det risiko for snøansamlinger ved lav skjæring i terrenget. Fønner og skrånkavler kan være farlige og i verste fall føre til avsporing på grunn av ujevnt sidetrykk mot ploget. Terrengforming og vegetasjon kan i flere tilfeller være med på å beskytte mot snøansamlinger. [11]

Ansamlinger av is er gjerne i skjæringer og tunneler. Denne isen fjernes ved hjelp av isfres/isharv eller manuelt med ishaker. I tunneler kan det dannes istapper og iskuler på kontaktledningen, og disse kan forårsake skader på deler av toget ved passering. Istapper fjernes med istøter som ikke leder strøm. [11]

2.3 Forsinkelser

Dette avsnittet skal fokusere på forholdet mellom dagens metoder for rydding av snø og is i spor og sporveksler, og forsinkelser. Målet er å gi en vurdering av dagens metoder for rydding, og om disse fungerer optimalt med tanke på å styrke togets punktlighet. Det innledes med en generell betraktning av forsinkelser, og hvorfor punktlighet er så viktig for togtrafikken. Videre vil det sees på om det er en direkte sammenheng mellom forsinkelser og snø og is i spor og sporveksler. Det har vært vanskelig å finne data for å bekrefte eller avkrefte denne sammenheng direkte, noe som har ført til at resultatet blir mer en vurdering enn en direkte konklusjon. Det vil først bli sett på rapporter utarbeidet av SINTEF, før det fokuseres på uttalelser fra fagpersoner innen togbransjen.

2.3.1 Punktlighet

Punktlighet er svært viktig i togtrafikken. Kunder av både gods- og persontransportselskaper forventer at toget skal gå som planlagt. Dersom punktligheten er dårlig, synker kundetilfredsheten, og noen kunder vil kanskje finne andre transportmuligheter som bedre tilfredsstillende deres behov. Dette gjelder selvfølgelig dem som selv har opplevd sviktende punktlighet, men det kan også være at noen velger bort tog på grunn av dårlig omdømme som følge av forsinkelser.

I tillegg har man også de direkte kostnadene som følge av forsinkelser. De ansatte på toget skal ha lønn uansett om toget går eller står. Dersom det er feil i systemet er man avhengig av at disse blir rettet opp, noe som kan gi en kostnad både i form av bruk av personell og materialer. [13]

Følgende er hentet fra SINTEFs rapport *Driftsstabilitet på Jernbaneverkets nett – årsaksanalyser 2005 – 2010. Punktlighets – og regularitetsutviklingen, gransking av årsaker:*

”Jernbanen i Norge har et systematisk vinterproblem. Forsinkelser oppstår i større omfang i de år det er strengere vintre, sammenlignet med år med mildere vintre.” [13]

Rapporten er skrevet med bakgrunn i den negative utviklingen som har vært i forhold til forsinkelser de siste årene, med et rekordantall forsinkelsestimer vinteren 2010. Rapporten viser klart at antall forsinkelser øker med lavere temperaturer og mer snø. Det er alltid positiv korrelasjon mellom dette og forsinkelser, noe som tyder på at vintervær systematisk skaper punktlighetsproblemer. Dette dreier seg ikke om ekstremvær, men om vanlig, norsk vintervær, og er et kritisk problem som man må få bukt med dersom punktligheten skal forbedres.

En annen faktor som i følge SINTEF sin rapport bidrar til forsinkelsesproblematikken er *”Økning i feilfrekvens på infrastruktur og rullende materiell”*. I denne oppgaven er spørsmålet hvor mye av forsinkelsene som kan tilegnes snø og is i spor eller sporveksler. Det er ikke et entydig svar på dette i SINTEF sin rapport, siden dette ikke er noe det er sett spesielt på. Likevel er det ingen tvil om at infrastruktur og vintervær er noe som klart bidrar til å senke punktligheten, og snø og is i spor og sporvekslere er et element som inngår.

Røros- og Solørbanen

Daglig leder ved linjen på Røros- og Solørbanen, Magnus Dahl, er en av de som har bidratt med informasjon vedrørende spor og sporvekslere. I sin e-post anno 8. mars 2012, anslår han et estimat for hyppigheten på forsinkelser ved Røros- og Solørbanen som skyldes snø og is i spor og sporvekslere: *” Dette er ikke veldig ofte, men vil anta det kan skje gjennomsnittlig 1 gang per måned i tiden november-april. Altså totalt 6 hendelser.”* På spørsmål om hvor lang tid det typisk tar fra en feil ved spor eller sporveksler som følge av snø eller is oppdages, til den rettes opp, har Dahl følgende svar: *” Det er selvfølgelig avhengig om det er i ordinær arbeidstid eller om beredskapsvakt må rykke ut. Blir sporveksleren sjelden brukt kan det gå veldig lang tid før feil oppdages. Kjører togene bare rett gjennom kan det gå flere døgn før dette oppdages. Gjennomsnittlig kan det dreie seg om 3 timer.”* Videre anslår han årlige kostnader ved forsinkelser på Røros- og Solørbanen på grunn av snø i sporvekslere til 20 000 NOK. Det bør bemerkes at dersom snø og is i spor og sporvekslere forårsaker forsinkelser, skulle man kunne forvente å se dette nettopp på en slik kuldeutsatt bane som Røros- og Solørbanen er. Tallene som Dahl oppgir er ikke høye, noe som indikerer at snø og is i spor og sporvekslere ikke er et utpreget problem i forhold til forsinkelser på denne strekningen.

Trønderbanen

Den 14. mars 2012 ble det utført en befaring på Marienborg stasjon. Tore Refseth, overingeniør ved Trønderbanen, kunne bekrefte at snø og is i spor og sporvekslere utgjør et mindre problem i forhold til forsinkelser. Han bekreftet også at det antakelig er et større problem på Røros- og Solørbanen, siden denne ligger i et mer værutsatt område. Han bemerket dessuten at Røros- og Solørbanen strekker seg 450 – 500 km i et relativt lite folksomt område. Dette fører til et stort

beredskapsområde for rydding av snø og is. Dersom det er et problem med en sporveksler langs linjen, vil tiden det tar før dette rettes opp være avhengig av hvor langt unna beredskapssentralen feilen oppstår. Refseth påpekte dessuten at stort sett fungerer dagens metoder for rydding godt. Dersom problemer oppstår er disse gjerne knyttet opp mot mer uforutsigbare hendelser, som at isklumper faller av toget og ned i sporveksler, eller at snøras går over sporet.

Godstransport, CargoNet

En annen som har bidratt med informasjon er direktør for strategi og informasjon i CargoNet, Bjarne Ivar Wist. I sin e-post anno 1. mars 2012 har han følgende svar til hvor store kostnader CargoNet har som følge av forsinkelser på grunn av snø og is i spor og sporveksler: *"Jeg har dessverre ikke noen gode tall på dette, men konsekvenser av avvik er ca. 90 millioner NOK per år. Det meste av dette er knyttet til infrastrukturen. Hvor mye som er knyttet til veksler har vi ikke tall på, men at det koster en 10 millioner NOK i året er nok et estimat."* Ut i fra størrelsen på estimatet virker det plausibelt å si at CargoNet vurderer problemer med sporvekslere generelt som et av de større problemene i forbindelse med forsinkelser, men hvor stor andel som er relatert til snø og is er usikkert. Det er ikke sikkert tallene er gode estimater, men det sier noe om hvilket helhetsinntrykk CargoNet har av forsinkelsesproblematikken.

En generell tendens i uttalelsene fra fagpersoner, er at det er sporveksler som framheves som mulig kilde til forsinkelser, ikke sporet. Videre virker det som dagens metoder for rydding stort sett fungerer godt nok til at det ikke blir forsinkelser. Det er oftere mer uforutsette hendelser som kan være problematiske, slik som isklumper i sporveksler og snøras over sporet. Dersom en slik hendelse først finner sted, er det lokaliseringen av hendelsen og graden av beredskap i området som avgjør om det blir en forsinkelse eller ikke.

2.4 Vinterdrift

Jernbaneverkets tiltak for fjerning av snø og is kan betraktes som en del av vinterdriften. Arbeidet bør planlegges, for det kreves gode forberedelser for å takle uforutsette vær-situasjoner. Drift av maskiner og økt bemanning og beredskap innen området skaper økte kostnader og økt ressursbruk for å holde linjene oppe. Det er ønskelig for Jernbaneverket å ha høyest mulig oppetid og kapasitet på sine banestrekninger med de planlagte ressursene som er satt i bruk.

2.4.1 Beredskap

Beredskap har som hensikt å begrense skadevirkninger ved uønskede hendelser raskt og effektivt. Det settes krav til beredskap om dets omfang og hvordan beredskapsplaner skal utvikles. Planene sier hvordan beredskapen skal utføres med hensyn til ansvar og håndtering. Jernbaneverket skiller mellom typer beredskap der Beredskap ved flom og ras og beredskap ordinær drift derav ved snørydding . [67]

"Etter større snøfall ville det ikke være mulig på en og samme dag å gå løs på en fullstendig snørydding på alle stasjoner hvor dette er nødvendig. Man må selvsagt snarest mulig rydde det som er absolutt nødvendig av hensyn til togavgangen. Det må lages en plan for dette arbeidet."
- Lærebok for Banemontører [11]

Bruken av utstyret må reguleres etter behov, og mobiliseringen av tilgjengelig arbeidskraft og utstyr avgjør hvor fort ryddingen kan foretas. Det har etter problemvinterene de siste årene blitt gitt mer penger til snøberedskapen og innkjøp av nytt utstyr, økt bemanning og bruk av

koordinator for styring av personellet. [32] I Jernbaneverkets årsrapport for 2011 nevnes det utbetalt kr 54 millioner mer enn budsjett for snørydding og beredskap for å øke kapasiteten.

”Det er ikke snakk om særlige svakheter i metodene eller utstyret, men heller kapasiteten. Hvis vi hadde hatt flere maskiner ville arbeidet gått fortere”

- Tore Refseth, Overingeniør ved Trønderbanen, Jernbaneverket

Selv om Jernbaneverket kjøper flere maskiner må det overveies hvordan drift- og vedlikeholdskostnadene på disse maskinene arter seg. Smelteutstyr og sporvekselvarmere krever også et mer komplekst system som videre krever vedlikehold. Konkrete tall for dette bør også kunne utarbeides.

Det ble tidligere nevnt at det bør vises forsiktighet ved snø rydding av enkelte områder fordi det kan forekomme skader. Det ble kommentert at det ble foretatt lite vedlikehold på sporet på grunn av skader ved snørydding.

”Vedlikehold på grunn av skade på sporet som følge av snøfjerning er neglisjerbart”

- Tore Refseth, Overingeniør ved Trønderbanen, Jernbaneverket

2.4.2 Kostnader

Jernbaneverket hadde ingen konkrete tall for hvor mye penger som ble brukt vinterdrift av spor og sporvekslere, fordi dette er delt i større grupper. Data skulle derimot være tilgjengelig og kunne utarbeides ved videre fordypning.

2.4.3 Energibruk

Det kalde klimaet medfører at deler av jernbanen krever oppvarming. Sporvekslere blir vanligvis varmet opp til 8-10 grader celsius for å fungere som de skal, noe som gjør at de trekker mye mer energi i kalde områder. Det å forhindre snøtildekning eller isdannelse i spor, og sporveksler spesielt, er noe Jernbaneverket bruker mye energi og penger på.

Årlig bruker Jernbaneverket opp mot rundt 100 GWh [14]. Mesteparten er relatert til vinterdriften, hvor oppvarming av sporveksler og fjerning av snø og is i disse er en stor del. De to siste vintrene hadde Jernbaneverket et forbruk som var en økning på opp mot 15 % i forhold til årene før. Årsaken var at disse vintrene var kaldere enn de foregående, og at det derfor trengtes mer fjerning og smelting av snø og is i sporvekslene.

I 2011 lå det totale energiforbruket til Jernbaneverket på 104,4 GWh, og så mye som 75 % av dette gikk med til oppvarming av sporvekslere.[15] Det vil si at 78,3 GWh ble brukt på oppvarming av sporvekslere i 2011. Dersom vi legger til at vi har 2885 sporvekslere i Norge med sporvekselvarme, får vi at en sporveksel vil bruke 27,1 MWh ($78,3/2885 = 27,1 \text{ MWh}$) i gjennomsnitt. Til sammenligning bruker en gjennomsnittlig norsk husstand 16,9 MWh i året[16]. Det vil si at en sporveksel bruker nesten dobbelt så mye energi som en vanlig norsk husstand, og at energien som jernbaneverket bruker på sporvekselvarme vil tilsvare en liten norsk by på 4626 husstander ($((27,1/16,9) * 2885) = 4626 \text{ husstander}$) eller 10177 innbyggere ($4626 * 2,2 = 10177 \text{ innbyggere}$).

Tallene for hver enkelt sporveksel vil variere da det er stort sprik både i effekt og i hvor mange timer per år sporvekselvarmen står på. Effekten på sporvekslerne varierer fra 3kW til 28kW [17] avhengig av type varmeelement og lengde på sporvekselen, mens antall timer varierer fra 400 til 2600 timer [18] avhengig av kulde- og snømengdeforskjeller grunnet geografisk beliggenhet. For å danne seg et bilde av effektiviteten til den enkelte sporveksel, kan det være aktuelt å se på hvor stor forskjellen er mellom sporvekslere som ligger i områder med like klimaforhold og som er like lange. Det vil si at vi ser på forskjellen på effekten til sporvekslere som gjør samme nytten, og om det er stort utbytte i å effektivisere disse ved oppgradering eller utbygging til nyere modeller.

I tillegg til direkte sporvekselvarme bruker Jernbaneverket energi på fjerning av snø og is gjennom metoder som børsting, brøyting og lignende. Energibruken kommer av driften av lokomotivene som brukes i metodene. Totalt energibruk for fjerning av snø og is i sporvekslere vil overskride de tidligere nevnte 78,3 GWh, men vi har ikke noen konkrete tall på hvor mye energi disse andre metodene krever. Den energien som ikke blir brukt i forhold til sporvekslere, går blant annet til oppvarming av plattformer og belysning. [19]

Jernbaneverket har som mål å redusere energiforbruket med 5-10 % av 2008-verdiene, som lå på 85 GWh. [14] Det vil si å redusere energiforbruket til under det som Jernbaneverket anser som normale omstendigheter.

2.5 Konkretisering av problemer

Ved kartlegging av bakgrunnen som ble gått gjennom i kapittel 2, kan noen problemer konkretiseres. Disse vil bli fokusert på ved drøfting av tiltak og forbedringer.

Værforhold

- Det er enkelte temperaturområder som skaper ekstra problematiske forhold med tanke på ras og rydding.
- Ekstreme mengder snø presser kapasiteten.
- Økende grad av ekstremvær vil føre til store påkjenninger på eksisterende materiell.

Spor og sporveksel

- Spor og sporveksel har områder hvor det er ekstra kritisk at snø og is ikke er i veien.
- Spor og sporveksel har områder hvor rydding må gjøres med forsiktighet, men de er generelt lite skadeutsatt.
- Det er usikkerhet i omfanget av påvirkningen snø og is i spor og sporvekslere gir på punktligheten.

Forsinkelser

- Snø og is i spor og sporvekslere utgjør en del av forsinkelsesproblematikken i forbindelse med vintervær, noe som tyder på at dagens løsninger for rydding ikke fungerer helt optimalt med tanke på å øke punktligheten. Det sies allikevel at metodene fungerer bra, og at problemet ligger i at kapasiteten presses.
- Forsinkelsene angår operatørene, og fører til økonomiske tap hos disse.
- Omfanget av problemet er usikkert når oppgaven er begrenset til spor og sporveksel.
- Uforutsette hendelser som blokkerte veksler og ras ansees som en viktig grunn.

Vinterdrift

- Kapasiteten ser ut til å være en begrensende faktor, det har vært en økning av denne de siste årene.

Kostnader

- Det er usikkert hvor mye penger som går til dette området, i og med at oppdeling av kostnadsgruppene ikke er delt opp slik at dette er et eget område.

Energibruk

- En stor del av Jernbaneverkets energibruk går med til fjerning av snø og is.
- Den største delen av energibruken går til oppvarming av sporveksel
- Drift av arbeidsmaskiner benytter en ukjent andel energi

3 Metoder for fjerning og hindring av snø og is

I dette avsnittet er det gått gjennom Jernbaneløstretts metoder for fjerning av snø og is, samt preventive metoder for hindring av snø- og isansamlinger i spor og sporvekslere. Metodene har meget forskjellig teknisk virkemåte og kompleksitet. De korrektive metodene beskriver aktive metoder der snø og is blir fjernet med mekanisk kraft, kjemikalier eller varme. De preventive eller passive metodene beskriver metoder i bruk der utstyr som snøskjerner og overbygg benyttes for å hindre snø og is i sporet. Vi har også sett på eventuelle andre metoder, samt tatt for oss metoder som ikke brukes i dag, men som muligens kunne vært med og forbedret dagens system.

3.1 Preventive metoder

Det finnes flere ulike metoder som benyttes for fysisk å fjerne snø fra spor og sporvekslere, samtidig som andre metoder skal forebygge at fokksnø, drivsnø og snøskred skaper problemer. De sistnevnte problemene kan oppstå på tross av omfattende snørydding [20].

Et spor utsatt for drivsnø kan på kort tid pakkes igjen av store snømengder slik at toget ikke kan passere. Problemet oppstår spesielt for nye togsett som er lavere og lettere enn de eldre. Toget vil også kunne ta ned snøen hvis det ligger drivsnø i sporet, og dette kan medføre at toget ”flyter” opp og av sporet. [21 s. 82]

Det er viktig å vurdere nytte/kostnadsforholdet for sikring mot denne typen problemer i forhold til akseptabel/uakseptabel forsinkelser på tog og stengning av spor. [21 s.84]

3.1.1 Forebyggende og gunstig valg av trasé

I utgangspunktet ved bygging av jernbane bør snøproblematikken i området vurderes og undersøkes nøye slik at valget av trasé blir best mulig. En god kilde kan være å høre med lokalbefolkningen. Statistiske observasjoner for snømengder og eventuelle skred bør også benyttes. [21 s.83] Ved nyanlegg bør man altså tilstrebe selvrensende linjestrekk ved hjelp av terrengforming og riktig trasévalg [20].

Det må gjøres spesielle tiltak når jernbanen legges i høyfjellsområder. Da kan fyllinger tas i bruk, som må være minst like høye som gjennomsnittlig snøhøyde for området. Samtidig bør det lages store grøfter for å hindre at drivsnø når sporet. Brøytekanter bør holdes så lave som mulig, slik at de ikke blir virkende som snøfangere og magasin for drivsnø. Jernbanen må også kunne krysse åpne vidder. I slike områder kan fonndannelser oppstå, da er det hensiktsmessig å legge sporet nært et fonnområde. Det er viktig å merke seg at det ikke legges så nært at skred vil kunne treffe sporet. Den eksisterende fonnen vil kunne være med på å gi ly for vinden og reduserer opphoping av snø inn mot sporet. [21 s. 83]

3.1.2 Snøskjerm

Det settes opp snøskjerner langs sporet for å hindre at snø avlagres der. Det benyttes to ulike typer, samleskjerm og ledeskjerm. Disse kan fungere noe likt som hverandre.

En snøskjerm kan utføres i tre, aluminium, stål eller plast, men det finnes også skjerner hvor disse er brukt i en kombinasjon. Hyppigst brukt er treskjerner. Da består stenderne av rundtømmer og den horisontale bordkledningen er av dimensjonen 5/4”x5”. [20]

Det har vist seg at plast som materiale ikke har vært en god løsning. [20]

Samleskjerm

Ved å sette opp en samleskjerm reduseres hastigheten til vinden og dermed avlagres drivsnøen før den når sporet. En samleskjerm vil også kunne ha ledene effekt når vinden blåser skrått mot den, akkurat som ledeskjermen som er beskrevet i neste avsnitt.

En samleskjerm plasseres vinkelrett i forhold til den dominerende vindretningen. Da vil det samles en fonn bak skjermen, som vil ha en lengde avhengig av tettheten til bordkledningen. Høy tetthet gir kortere og høyre skavl. Ved at det nederste partiet på skjermen (0,5 – 1,5 m) holdes åpent vil vinden få stor hastighet under skjermen og dermed vil ikke skjermen snø ned. Skjermen bør plasseres omtrent 10-15 ganger skjermhøyden fra sporet. [20]

På banestrekninger i Sverige benyttes én meter høye plastgjerder, se figur 3-1. Disse plasseres etter erfaring i utsatte områder, og gjerne på begge sider av en sporveksel. [12]



Figur 3-1 Snøskjerm på Skåne på Södra Stamban [12 s.15]

Ledeskjerm

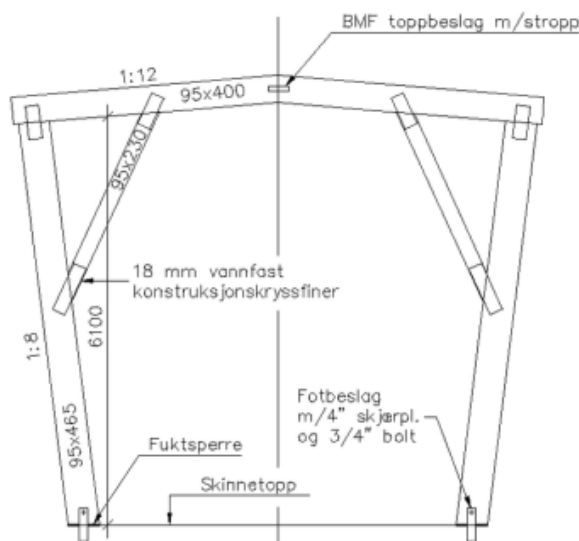
En ledeskjerm skal fungere slik at vinden bøyes av og skal hindre at snøskavlen når sporet. Den vil også til tider virke samlende på snøen.

Ledeskjermen settes opp med en spiss vinkel (25-30°) i forhold til stedets dominerende vindretning. Det er også ønskelig at skjermen plasseres på høydedrag i terrenget, for da å minke sannsynligheten for at den snør ned. Hvis skjermen snør ned vil den miste sin effekt. Ved å plassere den på høydedrag unngås også at den utsettes for snøens sigekrefter. Bordkledningen skal være forholdsvis tett. Ved å ha en tettere bordkledning minsker faren for nedsnøing, noe som kommer av den økte vindhastigheten under skjermen. [20]

Når skjermen skal dimensjoneres må det gjøres etter NS-EN 1991 "Laster på konstruksjoner". Hvis det er muligheter for at skjermen kan snø ned må den dimensjoneres for tilleggslaster som da vil oppstå. I utgangspunktet må skjermens høyde bestemmes ut i fra forventet snødybde på stedet. Vanligvis brukes det faste skjermmer.[20] Effektiviteten til ledeskjermmer er god så lenge de ikke snør ned og dermed mister funksjonen.

3.1.3 Snøoverbygg

Når snøoverbygg settes opp er det for å hindre snø i spor og sikre mot skred. Overbygg benyttes i områder med vanskelig topografi hvor det er høy hyppighet av skred.



Figur 3-2 Snøoverbygg [20]

Et snøoverbygg utføres vanligvis som en treleddsramme i limtre, hvor det er langsgående spikerslagtre og aluminiumsplater som kledning, se figur 3-2. Det er viktig at selve konstruksjonen utsettes for minst mulig belastning. Det oppnås ved å ha en liten takvinkel slik at snøen blåser av, samtidig som veggene skråner utover slik at snøen slipper fra veggen når den begynner å tine. Fundamentmuren utføres sammenhengende og av betong, hvor toppen er på nivå med skinnetopp. [20] Plasseringen av overbygget bør være slik at linjen får en god kurvatur og terrenget bør utnyttes slik at skredmasser ledes over bygget og ikke i sporet [21 s.87]. I veggene kan det enten settes inn luker som kan åpnes om sommeren eller brukes vindusfelt for å gi passasjerene utsikt. [20] Snøoverbygg dimensjoneres for skred med en returperiode på 20 år. [21 s.87]

Ved fare for at snøoverbygget vil kunne utsettes for store snølaste må det brukes spesielt dimensjonerte betongkonstruksjoner. Stålkonstruksjoner kan også brukes, men det er sjeldent.

Effektiviteten av snøoverbygg er god med tanke på sikkerhet, men det er dyre konstruksjoner som virker dominerende i landskapet. For de reisende vil et overbygg hindre utsyn og virke negativt på reiseopplevelsen. Hvis dimensjoneringskravet fører til at et tyngre betongoverbygg må velges, bør det gjøres en vurdering på om det er økonomisk gunstig i forhold til en linjeomlegging eller fjelltunnel. [21 s. 87]

3.1.4 Terrengforming

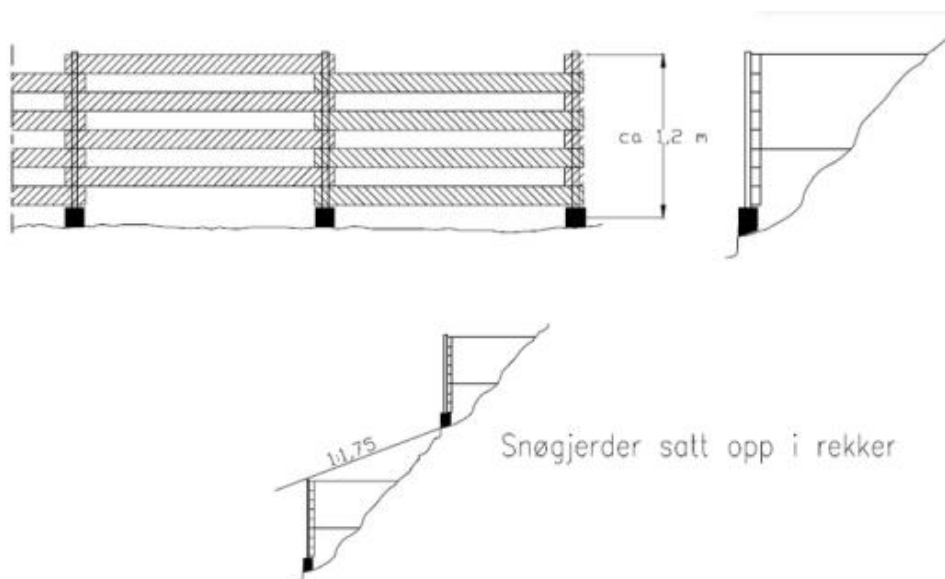
Hovedhensikten ved terrengforming er å hindre snøfonner i sporet. Det finnes flere løsninger for hvordan terrenget kan formes slik at det ikke oppstår snøfonner i sporet. Blant disse er utvidelse av skjæring, fjerne gjenstående jord-/fjellskalk, utslaking av skråning, løfting av spor og senkning av terreng.

3.1.5 Sikring mot snøskred

Det er ønskelig å beskytte linjen mot store skadevirkninger fra snøskred. Snøskred opptrer i to former, enten som løssnøskred eller flakskred. Sistnevnte tar ofte med seg større snømasser og oppstår i slakere skråninger enn løsskred. Det finnes ulike metoder for hvordan sporet kan beskyttes mot snøskred. I tillegg til de som er beskrevet under, kan sporet sikres med overbygg eller så kan man utføre kunstig skredutløsning. [20]

Hindre skredet i å løsne

For å hindre at skred løsner kan det i åpent terreng settes opp tversgående snøforbygninger som for eksempel en mur eller et snøgjerde, som vist i figur 3-3. Snøgjerdene settes opp i rekker over hele det kritiske området på langs av skråningen. Det er viktig at hellingen ikke overskrider 1:1,75. Dette unngås ved å justere avstanden mellom rekkene. I tillegg er det viktig at gjerdene fundamenteres på en tilstrekkelig måte. [20]



Figur 3-3 Utforming av snøgjerde [20]

Samleskjermer, som er beskrevet tidligere, kan også være en løsning hvor snøskred oppstår på grunn av fokksnø som blir snøfonner i bratte skråninger, eller som blir hengeskavler på toppen av skråninger. Disse settes oppe på plataet foran skråningen.

I Norge har det vært vanlig å benytte seg av snøforbygninger utført i stål og tre. Det har i senere tid vist seg at det finnes en mer effektiv løsning. Det kan brukes et grovmasket wirenett med et enklere innernett, og på denne måten få god nok tetthet. [21 s. 86]



Figur 3-4 Rassikring på Bergensbanen 2010 [22]

På Bergensbanen i 2010 ble det montert solide stålkonstruksjoner for å øke sikringen mot snøskred, se figur 3-4. Det ble i forbindelse med dette arbeidet totalt fraktet inn 500 tonn stål, 50 tonn gysemasse og 20 tonn annet utstyr til Kleven og Reinunga. Mesteparten måtte fraktes med helikopter, noe som viser at logistikken for slike arbeider kan være svært omfattende. [22]

Forandre skredretning

For at skredet skal gjøre minst mulig skade, kan retningen på skredet endres. Endret skredretning oppnås ved å sette opp en ledemur eller en ledevoll. Med disse blir skredet tvunget til en side, og det hindres i å bre seg ut over uønskede områder. Ledemuren eller ledevollen må dimensjoneres slik at de har tilstrekkelig høyde og har en spiss nok vinkel i forhold til den opprinnelige skredretningen. [20]

Stoppe eller bremse skredet

For å stoppe, bremse opp, eller redusere skredet, kan det bygges opp fangmurer/-voller på tvers av skredretningen. [20]

Skredvarsling

Denne metoden er aktuell for områder med stor skredfare. Det benyttes skredvarslingsgjerd, geofoner eller tilsvarende instrumentering. Metoden er under kontinuerlig utvikling. I dag fungerer det relativt godt, bortsett fra i områder med store snømengder. Her minker effektiviteten siden det utløses mange falske alarmer. Det kommer av at det er vanskelig å innstille instrumentene slik at det er kun bevegelsen som kan gi fare for skred som registreres. [21 s.83]

3.1.6 Kjemisk avising

Det benyttes kjemikalier til avising i jernbanen, som i andre transportbransjer der frost og is kan skape tekniske problemer. I Norge og Sverige er det nå flere anlegg som aviser tog direkte ved

spyling. Utenfor Norge benyttes det også på kontaktskinner, sporstrekninger og sporveksel. Det blir sett på som relevant for å hindre at snø og is faller fra toget ned i sporvekslere.

Avisingsanlegg for tog er sett på som meget viktig for driften, og spesielt før vedlikehold av togsett kan finne sted. Disse stoffene har som hensikt å senke vannets frysepunkt og dermed fjerne is, og begrense videre isdannelse på grunn av molekylenes form som virker naturlig snøavstøtende. Det kan skilles mellom to virkemåter; bidrag til fjerning av is og snø, og hindring av videre isdannelse og snøansamling. Dette blir henholdsvis kalt avising og deising. [23]

Av de vanligste benyttede midlene har man forskjellige typer glykoler blandet med vann. Disse kan oppdrives i miljønedbrytbare typer og kan i tilfeller resirkuleres fra 70 % opptil 90 %. [23] Effektiviteten av disse kan videre økes ved innblanding av andre stoffer eller blandingsforhold, men i Norge er det vanlig å bruke propylenglykol som er vannløselig og ikke like miljøskadelig.

Avising tar tid, men nyere anlegg og påføringsteknikker øker effektiviteten. Sammenliknet med avising med varmluft og vann regnes glykol som mye mer effektivt, noe som kommer av at varmeledningsevnen er bedre enn for luft og vann [24]. Slik kan en boggey avises på under ett minutt, avhengig av designet på utstyret og hvor store snøansamlingene er. I tillegg har glykol høyere viskositet enn vann, som gjør at det ikke vil trenge inn i små hulrom og sprekker i toget like lett.[25]

Avising fra bane til tog

I Norge er det flere avisingsanlegg, og det er planer om opprette flere. Disse blir innført også i godstrafikken. Vognene kjøres her inn i et sprøyteområde hvor dyser sprøyter oppvarmet avisingsvæske på bunn av toget. Den samles deretter opp i kummer og renses for resirkulering. Det nye avisingsanlegget på Alnabru er Nordens største, og det eneste for godstrafikken i Norge. Per 09.02.2011 var det 10 avisingsanlegg totalt i Norden. [23]

Virkemåten i anleggene er i prinsippet lik. Det er en teststasjon i Hagalund i Sverige som har tall på oppvarming av glykol til 90 °C, og sprøyting med 0.6 bar med roterbare dyser. Avisingen skal gå fort nok til at toget kan være i bevegelse ved påføring. Eksempelvis etter at Mantena i 2005 gikk over til glykol ved avising, har det vært 50 % mindre problemer med is og snø. Dette grunnet 50-70 % mindre snø på togsett etter avising og implisitt 60 % mindre behov for deising, og over dobbelt så rask avising. [26] Eksempler på avisingsanlegg vises i figur 3-5 og figur 3-6.



Figur 3-5 Avisingsanlegget på Alnabru sprøyter en godsvogn [27]



Figur 3-6 Avising på lokaltog for Osloregionen [28]

3.1.7 Utforming av tog

En annen faktor som kan hindre at snø og is faller fra toget er å begrense at den akkumuleres. Utformingen av togets underside og boggier avgjør til hvilken grad snø pakkes, dette kan bedres ved å dekke til, endre geometri og hulroms utforming, påføring av kjemikalier og lokal oppvarming. [6 s.14]

3.2 Korrektive metoder

Målet med snørydding er først og fremst å sikre god fremkomst av alle typer tog på skinnene. Forholdet i og ved sporet skal være i en slik stand at avsporingssfare på grunn av snø og is i størst mulig grad reduseres, sikrer god sikt til signalanlegget og minker faren for påkjørelse av dyr.

3.2.1 Snø- og isfjerning

Snø- og isfjerningsmetoder inkluderer brøyting, fresing, børsting og liknende mekaniske operasjoner. Mange av Jernbaneverkets maskiner er spesialbygde skinnegående maskiner som skal utføre en oppgave i sporet. Det er også tatt i bruk modifiserte traktorer med nedsenkbare hjulsett for bruk på skinner, i tillegg til bruk på vegger utenfor skinnegangen. Dette er fleksible maskiner som kan brukes over et stort område og med muligheter for utbytting av arbeidsverktøy og utstyr. Figur 3-7 viser en traktor med hjul til bruk på skinner med børste.



Figur 3-7 Traktor med hjulsett for skinner og påmontert børste på Marienborg [Foto: Johann Helgi Oskarsson]

Brøyting og kantfjerning

Det benyttes flere typer maskin- eller maskinmontert utstyr for fjerning av snø i Norge.

”Jernbaneverket har 3 hovedtyper av snøryddingsredskaper i bruk i Norge i dag. Det er ploger, freser og børster, og innenfor disse kategoriene finnes det flere typer(...) Lokomotiver i Norge kjører med underhengt lavplog og denne kan suppleres med større ploger ved behov. ”

- Lærebok for banemontører [11]



Figur 3-8 Underhengt lavplog på to vanlige lokomotivtyper [Foto: Johann Helgi Oskarsson]

I tillegg til plogene i figur 3-8, er også sporrensere og diagonalploger andre aktuelle plogtyper. [11, s.10] Selv om linjen er ryddet med sporrensere eller snøfreser kan linjen raskt fye igjen. Derfor er lokomotivenes frontplog meget viktig i Norge. Ved bruk av ploger blir snøen liggende i kanter mellom sporene. Denne snøen kan fjernes med traktor, hjullaster, snøfreser eller snøskuff, eller den kan blåses vekk. Snøen kan deretter flyttes til ledige områder eller kjøres vekk, alt ettersom hva som er mest gunstig i hvert tilfelle. [11]

Når man tar i bruk sporrensere er man nødt til å løfte disse over planoverganger, sporvekslere,

sporkryss og andre konstruksjoner fordi de ofte går dypere enn skinneplanet. I tunneler løftes de gjerne på grunn av isklumper som kan ligge i sporet. I tillegg har Jernbaneverket mange forskjellige typer sporskraper i bruk. De aller fleste og nyeste er i bruk i Oslo-området, hvor det er veldig viktig at trafikken glir godt på grunn av størst belastning.

Jernbaneverket opererer med et eget regelverk med hensyn til snøbrøyting, bruk av fresere, sporrensere og snødeponering. I Jernbaneverkets tekniske regelverk kan man lese følgende om arealbreddene: *”Disse breddene skal være av en slik størrelse at veianlegget ikke medfører en merkbar økning av jernbanens ressurser til snørydding eller en forminskning av driftssikkerheten under ekstremt ugunstige snøforhold.”* Arealbredder defineres etter faktorer som antall parallelle spor, stigningen i terrenget, gangbaner og veier ved siden av sporet eller andre lokale forhold med hensyn til snømengder og drivsnø.[29]

Fresing

Store skinnegående maskiner som splittfreseren, se figur 3-9, benyttes i områder der det er større snømengder. De benyttes også der snøen er tung og fast og den må kastes opp på høye brøytekanter. Disse maskinene kan bære forskjellige typer freseaggregater som viftefresere, trommelfresere og to-trinnsfresere. I høyfjellsområder benyttes ofte spesialbygd utstyr som kan takle forholdene som ofte oppstår på disse stedene. [11 , s.10]



Figur 3-9 Splittfreser [31]

Disse maskinene brøyter i første omgang hovedlinjene, for så å svinge freseren ut til siden og brøyte kantene langs sporet som raskt bygger seg opp når det kommer mye snø. På denne måten blir det plass til mer snø og det legger seg mindre drivsnø i sporet. I tillegg har de i Oslo-området egne snøryddingsvogner med alt nødvendig ryddeutstyr som kan skyves av alle typer skinnegående maskiner.

Andre steder har man lokomotiver med en stor frontplog og en egen sporrenser slik at banene kan brøytes i normal toghastighet. Jernbaneverket har to av disse lokomotivene i Norge, en plassert på Bergensbanen og den andre på Hamar. Disse kan sendes til banestrekninger med særlig tunge snøfall. På Bergensbanen er det i tillegg stasjonert to roterende ploger av typen Beilhack for å få større kapasitet.[31]



Figur 3-10 Fresemaskin og kostemaskin på Finse. Snøfjerning i flere operasjoner. [66]

Børsting og kosting

Rensing av sporvekslene er det mest vitale ved snøfall, og til det er skinnegående maskiner med snøkoster mye brukt, se figur 3-10 og 3-11. Sporvekslene i Oslo-området må alltid fungere og derfor prioriteres disse ofte først. [31] Børstingen skal hjelpe til med å gjøre sporvekselvarmeren mer effektive når det er mye snø og is på vekslene. Sporvekselvarmere er beskrevet senere i rapporten.

Under ryddingen ønskes det som regel ”*lokal skifting*”. Det betyr at ryddepersonellet selv kan betjene vekselen. Dette gjør at jobben går raskere og personellet kan selv kontrollere om ryddingen er bra nok. Ved bruk av børster benyttes høyt turtall og lavt trykk mot bakken, da dette sparer børstene og er mer skånsomt mot utstyr i underlaget, som for eksempel sporvekselvarmere. En erfaren operatør vil kunne høre om disse innstillingene er rette. [30]

Rådegraver som ikke er tildekket må ryddes manuelt for sammenpakket snø etter bruk av børster for å sikre bevegelse av drivstenger og funksjon av vekselmekanismen. Sveivehull i drivmaskinkasse skal være tilgjengelig og lokalomstillinger skal kunne nås. Kanter bør være fjernet før kostingen, slik at dette ikke påvirker effekten. Det skal vises hensyn ved bruk av maskiner, da dette kan skade deler av overbygningen eller dekke til signaler. [30]



Figur 3-11 Robel lastetraktor med snøkost foran og etterhengt sporrensere for rydding av linjen bak. [32]

Manuell fjerning

Ved dårlige forhold med mye snø, vil ikke utstyret strekke til, og manuell fjerning blir nødvendig, se figur 3-12. Fjerningen skal sikre bevegelighet i de mest utsatte områdene. Det benyttes spader, koster, spett og trykkluft til dette arbeidet. Dette regnes fortsatt å være den mest effektive metoden for rydding av sporveksel under dårlige forhold, der maskiner ikke er tilstrekkelig.[19]



Figur 3-12 Manuell fjerning [33]

Ved lave temperaturer øker faren for at isklumper faller ned fra passerende tog og blokkerer de bevegelige delene i sporvekselen. Sporvekselvarmen har ikke kapasitet til raskt å tine slike store isklumper og derfor ansettes det egne isklumpvakter, også kalt klumpvakter, som har ansvar for å fjerne de store isklumpene manuelt fra sporvekslene [34], [35].

Beredskapen avhenger av sannsynlighet for isproblemer og tid på døgnet.

"Det vil alltid være en raskere responstid i normal arbeidstid, når bemanningen er større."

- Tore Refseth, Overingeniør ved Trønderbanen, Jernbaneverket

Ved forhold rundt null grader celsius kan også manuell fjerning være nødvendig i tillegg til maskinene, da børsteutstyr ikke kommer til mellom tungen i sporveksel. Dette kan være svært tidkrevende arbeid dersom strekningene er lange med mange vekslere. [7]

3.2.2 Smelting, fjernstyring og overvåkning

Smelting er en annen vanlig metode for fjerning av is og snø. Smelting blir her benyttet som en betegnelse for metodene som innebærer forskjellige former for oppvarming og avising. Når ikke denne metoden er nok i seg selv, brukes det i tillegg andre tiltak som skal sikre trygg framkommelighet. Dette kan for eksempel være fjernstyring av sporvekselvarme eller kameraovervåkning av sporvekslere.

Oppvarming av sporvekslere

Det er spesielt i forbindelse med sporvekslerne at de fleste problemer i vinterdriften pleier å oppstå, da snø og is hindrer tungene eller de bevegelige krysspissene i å bevege seg. For å forhindre dette er det tatt i bruk metoder for oppvarming av sporveksleren, se figur 3-13. Ved å varme opp skinnene i sporvekslerne forhindrer man at de bevegelige delene blir blokkert og bidrar til at vekslene opprettholder sin funksjonalitet. I Norge benyttes elektriske varmeelementer av forskjellige sorter med høy effekt. Mange sporvekslere blir oppgradert for å senke det høye energiforbruket med bedre elementer og nye styringssystemer som tillater fjernstyring og bruk av sensorer. I følge rapporter fra SINTEF ventes det en oppgradering på denne fronten, samt flere sporvekslere med varme for å få ned forsinkelsestimene for området Stor-Oslo. Det står blant annet at det innen 2013 vil være forventet 12 nye sporvekslere med varme. [36]



Figur 3-13 Smelting med sporvekselvarmer [35]

Det er ikke bare med tanke på fremkommelighet at dette er viktig, men også med tanke på sikkerheten. Dersom en sporveksel ikke fungerer slik den skal, kan det få store konsekvenser som avsporinger, kollisjoner eller påkjøringer. For å hindre dette er sporvekslerne satt opp med alarmer som informerer dersom de ikke fungerer slik de skal. Tidligere hadde man bare et felles alarmsystem som varslet dersom det var noe galt med sporvekslerne på linja. I dag kan man vite nøyaktig hvor og ved hvilken sporveksel det er problemer med, i tillegg til hvilken komponent som eventuelt må repareres. [8] På denne måten slipper man å dra ut til sporveksleren for å lokalisere feilen, for deretter å dra tilbake for å få tak i riktig komponent og verktøy til oppgaven. [38]

Fjernstyring og overvåking med sensorer

Selv om sporvekselvarme både er nødvendig og en tilfredsstillende måte å drive vinterdrift i sporvekslerne på, er tiltaket svært energikrevende. Som nevnt tidligere er det en veldig stor del av det totale energiforbruket i jernbanesystemet som går med til oppvarming. Det er derfor satt i gang flere tiltak på de elektriske jernbaneinstallasjonene for å optimere energiforbruket, noe som er viktig for å kunne utvide antall sporvekslere med varme.

Ved å ha muligheten til å styre varmeelementene, enten ved å øke eller redusere varmen etter behov, vil man kunne spare masse energi. Dette kan gjøres manuelt på bemannede installasjoner, eller ved automatiske systemer som tar hensyn til informasjon fra nedbørs- og temperatursensorer. [8]



Figur 3-14 Komponenter i sporvekselvarme monteres på skinnen [8]

Det finnes private aktører som har utviklet nedbørsfølere for montering i sporvekslere. De består av fuktighetssensorer, skinnnettemperatursensorer og lufttemperatursensorer som monteres på forskjellige steder rundt skinnen, se eksempel i figur 3-14. Aktørene hevder å ha en dokumentasjon på besparelser på 50 % og over i forhold til termostatstyring med deres produkter. [39],[40]

Kameraovervåkning

Til tross for muligheten for å variere temperaturen i sporvekslerne vil ikke alltid dette være nok for å fjerne store isklumper som kan løsne fra toget ved passering. For å få bukt med slike problemer er man nødt til å utbedre på andre områder enn ved oppvarming av sporet.

Testing de siste årene med bruk av overvåkningskameraer ved sporvekslere har gitt positive erfaringer. Webkameraer, sammen med sensorinformasjon, gir et godt bilde av tilstanden til vekselen. Kameraene har mulighet for fjernstyring og zoom slik at man kan se hvorfor ikke vekselen er mulig å styre, for eksempel dersom is, pukk eller fremmedlegemer ligger mellom skinnen og tungen.

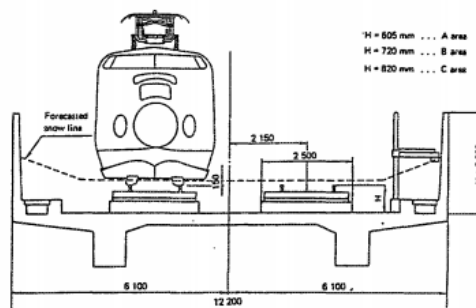
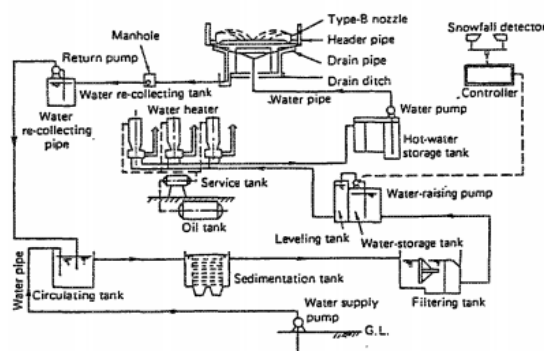
På bakgrunn av de gode erfaringene ønsker Jernbaneverket å ta i bruk denne metoden videre på majoriteten av sine sporvekslere, da det er blitt påvist at det øker driftsstabiliteten betydelig. Det vil si at inntil 3000 sporvekslere kan få et slikt system dersom tiltaket blir gjennomført. [50]

3.3 Alternative metoder

Det finnes alternativer til hvordan man kan organisere vinterdrift av spor og sporvekslere. I andre land har man benyttet seg av noen andre metoder for snø og isfjerning enn man har gjort i Norge. Det blir derfor i dette avsnittet gått gjennom metoder, produkter og maskiner som er brukt andre steder i verden.

Varmtvann:

I Japan er det benyttet oppvarmet vann for smelting av snø på noen utvalgte og utsatte strekninger, se figur 3-15. Tanken er at varmtvannet skal smelte snøen, bli resirkulert under skinnegangen, for så å bli brukt på nytt. For mindre utsatte strekninger blir det brukt snølagre under skinnegangen for oppsamling. Varmtvannssmeltingen blir blant annet benyttet på en del av strekningen på Jouetsu linjen, som ligger mellom Tokyo og Nigata.[51] Denne metoden med varmtvann blir ikke benyttet på spor i Norge.

Figure 10. Sectional View of Snow-Storing Type Viaduct²⁷Figure 11. Outline of Water Sprinkler Snow-Melting System²⁸

Figur 3-15 Figurer fra rapport om snøfjerning for japans Shinkansen høghastighetstog [51]

Varmluft blåsing

Bruk av varmluft fra jetmotorer for å blåse bort snø og smelte is har vært brukt i flere land. I USA finnes det flere skinnegående modeller for bruk i nordlige områder.[52]

MTA Metro North Railroad som er ansvarlig for vintervedlikehold, beskriver deres nylig innkjøpte jetblåsere med Rolls Royce Viper jetmotorer fra fly:

"If the jets do the job right, all you see is steam coming off the steel... They produce 2,500 pounds of thrust, which makes them very good at getting under heavy, wet slush, ice and crusty snow."

- Peter Hall, Foreman of the Maintenance of Way Equipment Shop in North White Plains. [53]

Disse jetmotorene kan produsere 2.500 pund trykk og de fungerer godt til å fjerne tung, våt slaps, is og sprø snø. De kan enten blåse rett frem eller svinges til sidene hvis det trengs. Maskinene med motorene veier 11,5 tonn og kan høyest kjøre i 50km/h, men mye saktere når motoren er på.

Ulemper ved bruk av jetmotorer til fjerning av snø er blant annet at det ikke er mulig å bruke i tett befolkede områder da de lager alt for mye støy. Varm eksosluft (300 °C) som kommer fra motorene kan være farlig for personell og kan skade skinner og sviller som er gamle og slitte. Metoden sies å være effektiv, men bruker mye og dyrt drivstoff (opp til 7.000 liters drivstofftank på lokomotivene). [53] Eksempel på maskiner benyttet kan sees i figur 3-16.



Figur 3-16 T.V. Essco Jet snow blower, GE jet motor fra Detroit.[54] T.H Ny Metro north maskin [53]

Kaldluftblåsing

Blåsing med kaldluft blir også benyttet i USA, både på flyplassområder og på skinner. Maskinene er lastet med en kraftig sentrifugalvifte som blåser ut luft med stor kraft gjennom et rør. I og med at kaldluft benyttes vil ikke snøen smelte slik at det kan fryse på igjen samme sted etter blåsing. Dette er ikke fordelaktig i sporvekslere eller ved sensitive banestrekke. Maskinene er tilpasset bruk både på skinner og på vei med nedfellbart hjulsett. [55]

“The AF1 unit initially was designed to address a particular customer's problem with hot-air blowers. The hot air melted the snow, but the moisture froze on switches when the blowers were shut off. In response, R.P.M. Tech developed the cold-air blower, which blasts the snow away without creating ice.”

- Guy Bourdeau, vice president, R.P.M. Tech Inc, [56]

Sporvekselvarme med gass

I USA blir det benyttet blant annet propangass for varming av sporveksler, vist i figur 3-17. Disse fungerer sammen med sensorer for deteksjon av fukt og snøfall, noe som gjør at gassen blir tent ved utslag i sensorene. Leverandører mener at metoden har en effektiv forbrenning og en god fordeling av varmen. Utstyret krever at gass er lett tilgjengelig, noe som er svært vanlig i USA, da det er vanligere å levere gass til byer for oppvarming og energi.[57]



Figur 3-17 Sporvekselvarmere drevet av gass[58]

Deising av sporveksler

I USA blir det benyttet deisingkjemikalier direkte på sporvekslere, vist i figur 3-18, for å hindre isdannelse og snøansamlinger. I sporveksel der kjemikalier benyttes, påføres disse gjerne med børste og sprøyter. Kjemikaliene fungerer best dersom sporvekselen er ren og isfri før det påføres. Midwest Industrial Supply tilbyr et deisingstoff basert på en blanding av bla. propylenglykol og diethylenglykol som skal ha en høyere effektivitet enn ren propylenglykol. [59] Diethylenglykol har dog en noe høyere grad av giftighet. [25][60]



Figur 3-18 Avising/deising av sporveksel med Midwest kjemikalie. [59]

Avising fra tog til bane

Det er laget egne sprøytevogner som sprøyter deler av sporet med avisingsvæske, og disse er vanlige for avisning i spor i Storbritannia. I Norge er ikke dette en vanlig metode og det er ikke funnet informasjon om testing av dette. Det kan ha noe med at metoden vurderes som lite effektiv ved vanskelige forhold, da sprøytetog ikke klarer å kjøre med stor nok frekvens til å rydde unna snø som legger seg i sporet. [61]

3.4 Nye metoder

Fra det internasjonale markedet utvikles det produkter fra en rekke private leverandører. Enkelte av disse får fotfeste i jernbanemarkedet. I Norge er noen av disse på teststadiet, og plassert på enkelte banestrekninger.

Skinnebørster

Tunge snøfall er ikke ene og alene grunnen for at det samles snø i sporvekslene. Det skjer også når tørr snø blåser langs bakken. Da kan bruk av påmonterte børster på utsiden av sporet hjelpe til å hindre at snøen legger seg i sporet og i sporvekslerne, se figur 3-19. Dette er såkalte doble børster, der de øvre børstene skal hindre at det dannes snøfonner i veksleren, samt å holde på varmen, både på og rundt sporet der det er varmeelement montert. De nedre børstene skal gi en fleksibel tetning rundt svillene under skinnene som hindrer snøen å blåse inn på sporet. Børstene er omtrent 30 cm høye til sammen og de er tette nok til å skape luftstrøm som blåser bort snøen når toget kjører forbi. I prinsippet fungerer børsten som en slags liten snøskjerm som vanligvis er plassert langs sporet på fjelloverganger. [6], [62], [63]



Figur 3-19 Detalj av børste langs sporet [6]

” Det er montert i sporveksler på Støren og Hovin samt stasjoner på Dovrebanen med gode erfaringer. De stopper snø som blåser langs bakken å legge seg i selve sporvekselen. De fungerer som en slags liten snøskjerm som vi ellers kan ha langsmed sporet på fjelloverganger.”

- Alf Helge Løhren, Jernbaneverket (e-post 18.mars 2012)

Gummispoiler

Gummispoilere er monter på lignende måte som børstene som ble beskrevet i forrige avsnitt, på utsiden av skinnene og hevet omtrent 10 cm over skinnene, se figur 3-20. De skal løfte snøfonnen slik at den ikke samler seg mellom sporskinnen og tungen, men dette systemet fungerer kun når det blåser fra sidene. I tillegg til vindskjermene er det også et dekke under skjermen som skal isolerer de oppvarmede skinnene fra sideveis blåsing og minske nedkjøling. [6]



Figur 3-20 Gummispoiler og dekker langs sporet og isolerende deksler [6]

Isolasjonsmatter og deksler

I Sverige er inndekning med isolasjonmatter og deksler vanlig. Disse ligger langs sporveksler der hastigheter opp til 160 km/t kan forekomme. Materialer som benyttes er plastpressenninger på glideplater og kryssfiner på skinnens ytterside. Dekslene fungerer isolerende ved bruk av sporvekselvarme. Det kreves et visst vedlikehold ved bruk av maskiner på slike matter.

[12 s.8]

3.5 Vurdering av dagens metoder

En del av hensikten med denne rapporten er å komme med en vurdering av metodene som er i bruk i dag, og foreslå eventuelle forbedringer av disse. Vurderingen av metodene har ikke som hensikt å sette metodene opp mot hverandre, siden ikke alle metoder kan anses som konkurrerende. Vurderingen skal gi en pekepinn på hvor metodene har svakheter og danne et grunnlag for å komme med forslag til forbedringer.

Følgende kriterier blir benyttet i denne vurderingen:

- Energibruk
- Pålitelighet og effektivitet
- Drift- og vedlikeholdskostnader
- Miljøvennlighet
- Bemanning
- Rustet for endring av klimatiske forhold
- Kompleksitet (teknisk, logistisk)

Grunnlag for kriteriene

Det har blitt utført en kriterievurdering på metodene som brukes i Norge i dag, samt noen metoder som brukes i utlandet. Vurderingen gjøres for å prøve å få en oversikt over hvilke metoder som fungerer bra slik de er i dag, og for eventuelt å kunne komme fram til områder med forbedringspotensial.

I vurderingen har det blitt foretatt en skalering av de forskjellige kriteriene etter hva det har blitt lagt mest vekt på i rapporten. De forskjellige kriteriene har fått en vektning fra 1 – 4. Kriteriene er

begrenset til å kun gjelde for metodene når de er i drift. Det sees altså helt vekk i fra eventuelle byggekostnader, produksjon av maskiner, og så videre.

Brøyting, fresing og børsting får i vurderingen de samme karakterene, siden de i stor grad har veldig like egenskaper og funksjonalitet.

Energibruk – Vekting: 4

Det har blitt lagt mest vekt på energibruk av de kriteriene som er valgt, siden det er kjent at enkelte av metodene benytter mye energi.

Drift/Vedlikeholdskostnader – Vekting: 1

Det har det ikke blitt lagt mye vekt på drift- og vedlikeholdskostnader gjennom rapporten, og kriteriet har derfor blitt rangert lavt.

Miljøvennlighet – Vekting: 1

Miljø er i utgangspunktet en viktig faktor, men siden rapporten ikke har fokusert på det blir rangeringen lav. Det forutsettes at energien som blir brukt av metodene i drift kommer fra norske vannkraft eller en annen bærekraftig energikilde. Det gis dermed dårlig karakter til de metodene som gjør store inngrep i naturen, og de som har høyt utslipp.

Effektivitet og pålitelighet – Vekting: 3

Fokuset har til tider vært rettet mot effektivitet og pålitelighet, og kriteriet har av den grunn blitt rangert over middels. I vurderingen tas det hensyn til hvor effektiv hver metode faktisk er i forhold til tenkt hensikt, og hvilken kapasitet de har hvis de presses til ytterste grense. Det sees også på i hvilken grad metoden fungerer når ekstreme forhold oppstår, og hvor stor andel av disse som blir effektivt løst.

Bemanning – Vekting: 2

Det er av en viss hensikt å fokusere på hvor mye bemanning som kreves for at en metode skal kunne fungere, og av den grunn ble den vektet til 2. Kriteriet dreier seg om hvor mye bemanning som kreves for å holde metoden effektiv.

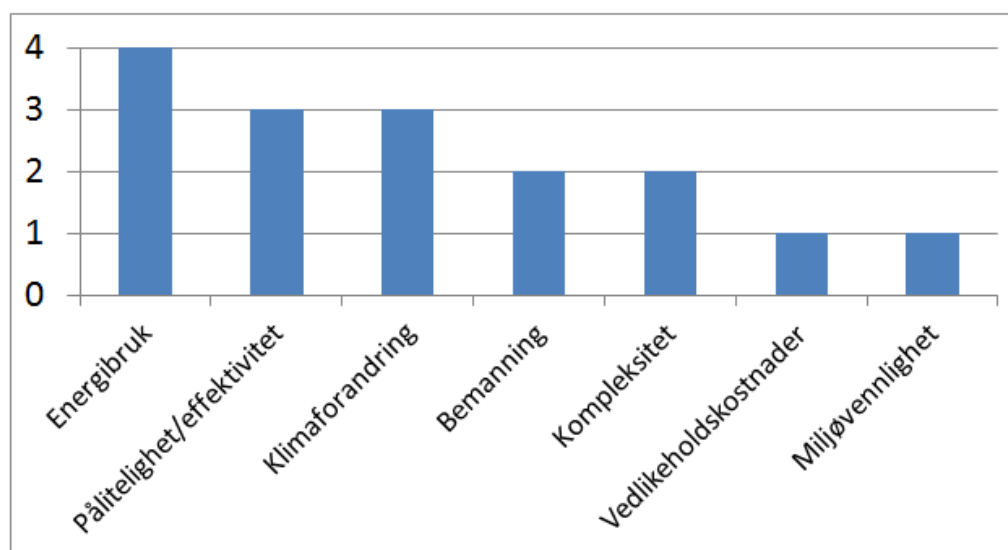
Klimaforandring – Vekting: 3

Forandringen i klimaet er også vektet over middels, som begrunnes med at temaet er sentralt i rapporten. Det er viktig at man klarer å opprettholde drift også i nye vær-situasjoner. Det legges vekt på i hvilken grad metoden klarer seg i ekstremt dårlig vær, og hvor rustet de er for framtidige klimaendringer.

Kompleksitet – Vekting: 2

Kompleksitet er noe vesentlig, og har derfor blitt vektet til grad 2. Kriteriet skal ta for seg hvor avansert eller problematisk det er å installere metoden, samt hvor mye vedlikehold som må gjennomføres og hvor mye organisering som trengs for å opprettholde drift.

Vektingen illustreres i figur 3-21



Figur 3-21 Vekting av kriterier

Resultat av vurdering

	Energibruk	Effektivitet	Vedlikehold	Miljø-vennlighet	Bemanning	Vær og klima	Kompleksitet	Poeng
Brøyting	3	3	2	2	3	2	2	51,3
Fresing	3	3	2	2	3	2	2	51,3
Børsting/kosting	3	3	2	2	3	2	2	51,3
Manuell fjerning	5	4	2	5	2	5	5	85
Oppvarming av sporvekslere	1	3	1	5	5	2	3	51,3
Kjemisk avising	4	4	3	4	5	5	1	77,5
Trasè/Terrengforming	5	4	5	4	5	2	5	83,8
Snøskjerm	5	5	4	4	5	4	5	93,8
Snøoverbygg	5	5	4	4	5	4	5	93,8
Varmtvann	2	5	2	5	4	5	1	68,8
Varmluftblåsing	1	5	1	1	3	4	1	51,3
Kaldluftblåsing	3	4	2	2	3	5	2	66,3
Sporvekselvarme med gass	1	5	1	2	4	5	3	63,8
Skinnebørster/Gummispoiler	5	4	5	5	5	3	5	88,8

Figur 3-22- Vurdering av metoder

Kriterievurderingen er satt opp i tabellen som vises over, se figur 3-22. Tabellen har som hensikt å vise hvilke metoder som fungerer bra og hvilke som ikke fungerer så bra ut i fra kriteriene det er fokusert på for å gi grunnlag for forslag til forbedringer.

De preventive metodene får alle en god vurdering, hvor nesten utelukkende alle var av de med høyest poengsum. Eksempelvis ser vi at snøoverbygg og snøskjermer fungerer godt til å hindre at snø når sporet. Dersom det fantes snøskjermer og snøoverbygg på flere utsatte strekninger, ville dette minke nødvendigheten av metodene brøyting, manuell fjerning osv. Vurderingen viser altså at hvis man investerer i metoder som forhindrer at snø og is i det hele tatt kommer i spor og sporvekslere, så vil det være mer gunstig enn å forsøke å sette inn metoder for å fjerne snø og is i

ettertid. Svakheten ved en slik konklusjon er at det i vurderingen ikke har blitt tatt høyde for økonomiske konsekvenser ved slike utbygginger, da det kun ble sett på metodene i drift. Vurderingen som er gjennomført kan sies å gi et noe snevert bilde, men det kan likevel være av interesse å investere og utvide bruken av de preventive metodene.

Et annet viktig moment med denne vurderingen er at vanlig oppvarming av sporveksler kommer forholdsvis dårlig ut. Det kommer blant annet av det høye energiforbruket. Sammenlignes metoden opp mot alternative metoder, for eksempel der varmen tilføres fra gass, ser man at den vanlige metoden får en lavere poengsum. Ut i fra vurderingen kommer det dermed fram at det sannsynligvis finnes et forbedringspotensial for metoden.

Vurderingen er ikke basert på høyt faglig grunnlag, og det kan derfor ikke trekkes fram spesifikke konklusjoner. Resultatet brukes derimot som et grunnlag for videre arbeid med forbedringer av metodene og eventuelt som et springbrett for nye, kreative løsninger.

Dette gir følgende oversikt:	Poeng
Snøskjerm	93,8
Snøoverbygg	93,8
Skinnebørster/Gummivindskinne	88,8
Manuell fjerning	85
Trasè/Terrengforming	83,8
Kjemisk avising	77,5
Varmtvann	68,8
Kaldluftblåsing	66,3
Sporvekselvarme med gass	63,8
Oppvarming av sporvekslere	51,3
Brøyting	51,3
Fresing	51,3
Børsting/kosting	51,3
Varmluftblåsing	51,3

Figur 3-22 Oversikt vurdering av metoder

Dersom resultatet av vurderingene settes opp i en oversikt ser man at det hovedsakelig er de preventive metodene som får god poengsum når det først og fremst fokuseres på energibruk, pålitelighet og klimaforandringer. Det vil si at det er de korrektive metodene som har størst potensial for forbedringer ved disse kriteriene og måten de ble vurdert på. Se figur 3-23

4 Forbedringer

Med forbedringer menes det en bedring av metodene sett opp mot en rekke kriterier som blir betraktet som logiske og avgjørende for å heve kvaliteten på jernbanens vinterdrift. I denne sammenhengen vil metodene måles opp mot kriteriene som ble presentert i avsnitt 3.5:

- Energibruk
- Pålitelighet og effektivitet
- Drift- og vedlikeholdskostnader
- Miljøvennlighet
- Bemanning
- Rustet for endring av klimatiske forhold
- Kompleksitet (teknisk, logistisk)

Grunnet stor bredde i metodene vil man også i denne delen skille mellom korrektive og preventive metoder. I tillegg har man valgt å dele opp mellom metoder som kan bidra til å forbedre systemet og prosjekter som allerede er satt i gang.

4.1 Dagens prosjekter og planer

Rapporten tar her for seg de prosjektene og tiltakene som har blitt satt i verk av Jernbaneverket for å bedre situasjonen, i tillegg til å fremlegge en oversikt over hvilke tiltak som bør gjøres i forskjellige områder i landet.

For generell forbedring av sporvekslenes oppetid er 3 hovedtiltak iverksatt: [64]

- *Oppgradering av sporvekselvarme, da først og fremst i form av nye varmelementer på en større del av sporvekseltungene, samt høyere effekt for å smelte snø og is fortere.*
- *Økt bemanning for fjerning av isklumper.*
- *Testing av børster montert på sporveksler.*

I desember 2010 publiserte SINTEF rapporten ”Kvalitetssikring og risikoanalyse av Jernbaneverkets tiltak for å redusere infrastrukturelaterte forsinkelsestimer”. I denne rapporten blir det presentert en forsinkelsesstatistikk og årsakene til at dette forekommer. Dette blir igjen vurdert opp mot Jernbaneverkets mål for forsinkelser frem mot 2013. [36]

Av den samme rapporten kan man lese:

”Vinteren i 2010 innebar spesielle utfordringer, og dette ga særlig utslag på forsinkelsestimerne for Stor-Oslo, som ble bortimot 1900 timer i 1.kvartal. Dette er hovedgrunnen til at antall forsinkelsestimer er særlig høy”

Man kan i etterkant av denne rapporten vise til betydelig bedre tall, og det forventes her innhenting av data for å bestemme om dette er en positiv trend. Det spekuleres i om dette er fordi påbegynte tiltak begynner å virke [36 s.18]. SINTEF anbefaler også en rekke tiltaksområder som et resultat av denne statistikken, der det innenfor temaet vinterdrift og beredskap nevnes:

- Øke antall personell og snøryddingsmateriell, spesielt på Østlandet

- Bedre sikring mot ytre forhold generelt og sikring av funksjonen til sporveksler spesielt, ved hjelp av fysiske tiltak og ved særskilte beredskapstiltak.
- Vektlegge utforming av koordinert vinterberedskapsplan for samtlige baneområder inkludert plan for bruk av ressurser på tvers av geografi og fagområder.

I tillegg nevnes andre tiltak som har med reduksjon av tekniske feil, planlegging, administrasjon, og bruk av innhentede data fra TIOS (Trafikkinformasjon og oppfølgingsystem). Dette systemet samler blant annet inn rutedata, togbevegelser og togsammensetning for å kunne analysere tiltakene for sikkerhet og tilgjengelighet. [36]

Ved forsinkelser på mer enn 4 minutter lager TIOS en årsakskode som er begrenset til 7 kategorier:

- Bane
- Sikringsanlegg
- El-kraft
- Tele
- Planlagte arbeider
- Materiell med feil som sperrer spor
- Ytre forhold
- Uhell

SINTEF lager en testmodell med videre nedbryting av årsaker basert på kommentarfelt registrert i TIOS. Her er vinterberedskap er et eget felt. Årsaken til sperret spor kan for eksempel legges i denne kategorien dersom det skyldes is eller snø. Dette utgjør et forslag på hvordan innsamlede data fra TIOS videre kan nedbrytes og en detaljert årsaksmodell kan dannes.

Beredskap

I SINTEF sin rapport fra 2010 er det gjort en vurdering av tiltakene i de forskjellige baneområdene og deres effekt på antall forsinkelsestimer. Det er stor spredning i antall timer og effekt av tiltakene ut fra banestrekningens geografiske plassering. For å få en viss oversikt blir utdrag for hver strekning presentert under: [36]

Stor-Oslo:

”Vinterberedskapen er styrket med anskaffelse av flere maskiner, og bemanningen er økt med 40-45 %. Tilgangen på maskinførere er i midlertidig en begrensende faktor.”

Drammen og Vestfoldbanen:

”Vinterberedskapen er økt gjennom økt bemanning i Drift (økes med 8 fra ca.40), oppgradering av sporvekselvarme og innføringen av klumpvakter. Oppgraderingen antas å kunne redusere forsinkelsene som skyldes vinter med omlag 100 timer.”

Rauma / Dovre / Gjøvik-banen:

”Sporvekselvarme, tildekking, drivsnø, ombygging av noen sporveksler, snøryddingsutstyr.”
”Økt innkjøp ekstern kapasitet, økt bemanning gult materiell; (virksomt fra neste vinter)”

Sørlandsbanen:

"Vinterberedskapen sliter med mangel på tyngre maskiner og tidvis dårlig bemanning, i fremtiden øke fokus på ressursplanlegging logistikk og beredskap lokalt."

Bergensbanen:

"Mht vinterberedskap har en nå fjernet saktekjøring ved Finse i vårmånedene, og ingen større endringer planlagt, rasvarsling/rasforebygging er sentralt"

Røros / Solørbanen:

"Ledelsesfokus: Være i forkant (proaktive) mht ekstremvær (nedbør); inspisere; møter med trafikksekskap."

Dovre / Trønderbanen:

"Utskiftning og oppgardering av sporvekslere i hele baneområdet"

Nordlandsbanen:

"Innen vinterdriften oppleves det at rutene for rydding er litt for trange. Dersom snørydderne blir "jaget" inn på stasjonen før oppdraget er utført kan det være fare for at etterfølgende tog kjører på is og snø i sporet. Det forsøkes å gjøre grep ved å splittevisitasjon og snørydding noe som gir mest effekt for visitasjonen, men også en liten gevinst for snøryddingen.

"Av økonomiske årsaker planlegges snøberedskapen redusert med to uker i hver ende av vinteren for sesongen 2011/12. Reduksjonen reduserer robustheten i forhold til å motstå forsinkelser, men det gjenstår å se om dette blir en varig endring."

Ofofbanen:

"Forebyggende vedlikehold: Spesielt intensivere overvåkingen av sporveksler; ta dem før de svikter"

Som man kan se er bemanning en viktig faktor for god vinterdrift, men dette er også en svært kostbar post, noe som gjør at det på flere strekninger vil være vanskelig å gjøre noe for å utbedre dette. Dette blir også kommentert videre da man anbefaler å prioritere forebyggende vedlikehold og kvalitet i anleggene framfor beredskap, på grunn den ofte uforholdsmessige kostnaden dette innebærer.

4.2 Forbedring av dagens metoder

På grunnlag av vurderingen gjort av de forskjellige metodene er det utarbeidet forslag til områder som kan forbedres for hver metode under de forskjellige kriteriene.

4.2.1 Preventive metoder

Snøskjerm og snøoverbygg

Energibruk:	Ved å kartlegge utsatte steder kan snøskjermer og snøoverbygg hindre snøproblemer og lette ryddingsarbeidet i driften uten å benytte energi. Snøskjermer og overbygg av tre krever lite energi å produsere.
Pålitelighet og effektivitet:	Det kan undersøkes hvor mye utformingen av snøskjermer kan påvirke deres effekt.
Drift og vedlikeholdskostnader:	Snøoverbygg og snøgjerder er en enkel metode for å hindre snø og is i sporet. Det kan undersøkes hva som må gjøres for å senke vedlikeholdsintervallet på disse.
Miljøvennlighet:	Statiske konstruksjoner er miljøvennlige. Produksjons, monterings- og fjerningsmetoder er det som avgjør grad av miljøskader.
Bemanning:	Snøoverbygg og snøgjerder krever ingen bemanning, bortsett fra ved montering og eventuelt vedlikehold. Det kan undersøkes om montering og utplassering av snøgjerder kan gjøres lettere i forhold til dette punktet. Det kan også undersøkes om vedlikeholdsrutinene på snøoverbygg er optimale.
Rustet for endring i klimatiske forhold:	Om værforholdene blir mer ekstreme vil det kreves mer av overbygg og snøgjerder. Det kan kartlegges om det behøves en utbygging av disse for å håndtere vanskeligere forhold.
Kompleksitet:	Snøskjermer og snøoverbygg har ofte en enkel konstruksjon, og med dette en lav kompleksitet.

Terrengforming

Energibruk:	Terrengforming som metode har en iboende virkning og bruker ikke energi i drift. Eventuell energibruk blir brukt ved anleggsarbeidet under bygging.
Pålitelighet og effektivitet:	Metoden regnes å være effektiv.
Drift og vedlikeholdskostnader:	Det kreves ideelt sett ikke vedlikehold etter at landskapet er formet. Dette forutsetter at det ved ekstreme værforhold ikke vil skje noen endring i landskapet.
Miljøvennlighet:	Det kan regnes for å være miljøvennlig så lenge utformingen ikke griper inn i naturen og danner stygge «sår».
Bemanning:	Krever kun bemanning under anleggsarbeidet.
Rustet for endring i klimatiske forhold:	Terrengforming som metode er i seg selv en måte å ruste linjen for endring i klimatiske forhold.
Kompleksitet:	Terrengforming har lav kompleksitet.

Sikring mot snøskred

Energibruk:	Sikring mot snøskred vil ha samme virkemåte som for snøskjermer. Energibruken vil begrense seg til under kartleggingen, og ved produksjon av materialer.
Pålitelighet og effektivitet:	Vil være svært effektiv for å hindre dannelsen av større skred. Blir sikringen plassert feil kan kreftene fra skredet ta med seg hele konstruksjonen.
Drift og vedlikeholdskostnader:	Hindring av snøskred ut på skinnene kan spare for potensielt mye vedlikeholdsarbeid, og utstyret har i seg selv lite vedlikeholdskostnader.
Miljøvennlighet:	Kan lage stygge merker i naturen dersom de blir plassert veldig synlig. Ingen utslipp under drift.
Bemanning:	I likhet med snøskjermer kreves ingen bemanning.
Rustet for endring i klimatiske forhold:	Dersom mengde snø øker og nedfallsfeltene forandrer seg, kan det ikke garanteres at sikringene er konstruert kraftige nok. Dimensjonering av disse bør det fokuseres på framover.
Kompleksitet:	En lite kompleks konstruksjon.

Kjemisk avising

Energibruk:	Kjemisk avising viser seg å være en god metode for å fjerne is og snø fra toget. Dette begrenser også til en viss grad oppbygningen av snøansamlinger på toget som potensielt kunne falt av i sporvekslene. Metoden resirkulerer mesteparten av glykolen i bruk og er meget effektiv. Anlegget krever dog pumper, transport av kjemikalier og oppvarming. Videre bruk av kjemisk avising bør undersøkes.
Pålitelighet og effektivitet:	Effektiviteten er meget bra da resirkuleringen er god og sprøytingen kan fjerne snøen fort.
Drift og vedlikeholdskostnader:	Anlegg som benyttes til sprøyting krever vedlikehold. Anleggene i bruk er ganske nye, og det kan undersøkes om de kan forbedres ytterligere for å minke kostnadene.
Miljøvennlighet:	Det kan undersøkes om det finnes andre mer effektive kjemikalieblandinger på markedet som ikke har høyere giftighet enn glykolen som er i bruk.
Bemanning:	Avisingsanleggene er til dels automatiserte og krever lav bemanning. Vedlikehold og drift av anlegget krever bemanning.
Rustet for endring i klimatiske forhold:	Metoden er rustet for ekstreme forhold, og effektiviteten tilsier at det kan rense tog raskt. Utbygging av anlegg behøves.
Kompleksitet:	Anlegget har mange deler og krever drift med påfylling av kjemikalier og vedlikehold.

4.2.2 Korrektive metoder

Snø og isfjerning

Energibruk:	Fjerning med maskiner som fresing, børsting og brøyting foregår med dieseldrevne arbeidslokomotiver. Det kan undersøkes hvordan utbytting av eldre til nyere maskiner kan spare drivstoff. Eventuelt kan det undersøkes om maskiner kan tilpasses helhetlig, eller delvis, bruk av biodrivstoff. Generelt vil energibruken bli lavere med naturlig utbytting av maskiner.
Pålitelighet og effektivitet:	Metodene fungerer bra, men får problemer under spesielle forhold, da de ikke klarer å ta unna nok snø. Ryddingen vil da bli mer tidkrevende, og manuell fjerning kan bli nødvendig. Det kan undersøkes om disse forholdene er en økende trend, og om utstyret må oppgraderes eller dimensjoneres opp for å klare å ta hånd om problemer som oppstår. Man kan også se til andre land hvordan det forsøkes å forbedre metodene på dette området. Utformingen av mekanismene i sporveksel kan endres så de er bedre beskyttet mot skade fra ryddeutstyr
Drift og vedlikeholdskostnader:	Maskiner består av mange deler som er utsatt for slitasje. Snøfjerningsoprasjonen i seg selv kan være tung for utstyret, og forårsake kostnader i forbindelse med reparasjoner.
Miljøvennlighet:	Forbrenningsmotorer gir utslipp av klimagasser. Ikke alle banestrekninger er elektrifiserte og det er behov for slike maskiner. Utbytting til mer effektive maskiner som benytter mindre drivstoff og rydder banestrekningen på kortere tid vil senke drivstofforbruket.
Bemanning:	Dersom maskinene håndterer vanskelige forhold bedre, vil det bli mindre behov for manuell ryddehjelp, og igjen føre til lavere bemanning. I dag gir økt bemanning bedre resultat i dette arbeidet.
Rustet for endring i klimatiske forhold:	Maskinenes øvre virkningsgrense bør vurderes. Vil mange steder kreve utskiftninger ved mer ekstreme forhold.
Kompleksitet:	Maskiner kan regnes å ha en høy kompleksitet ettersom det fører med seg drift og vedlikehold av maskinene, samt bruk av drivstoff som må fraktes til påfyllingsstasjoner. I tillegg må det være personell dedikert til disse oppgavene for å kunne være i drift.

Smelting, fjernstyring og overvåkning

Energibruk:	Sporvekselvarme krever veldig mye energi. Jernbaneverket jobber med å oppgradere varmesystemene slik at de skal bli mer moderne, med blant annet fjernstyring og sensorer. Det bør undersøkes videre om metoder som isolerende deksler og børster, som i dag er under testing, kan øke effektiviteten. Det kan også undersøkes om det kan benyttes andre metoder som er mindre energikrevende.
Pålitelighet og effektivitet:	Sporvekselvarme utfører sin funksjon ved å holde sporvekslene funksjonelle. De fungerer ikke ved spesielle forhold som for eksempel når isklumper faller ned mellom tungene. Effektiviteten er da ikke bra nok. Krever en metode for å forhindre at isklumper faller ned fra toget.
Drift og vedlikeholdskostnader:	I tillegg til de som styrer sporvekselvarmen, er det ansatt mange mennesker for å drifte vekslene, noe som fører til store kostnader. Energibruken krever også endel driftsutgifter. Utfordringen her blir å finne forbedringer til metoden for å gjøre denne utgiften mindre.
Miljøvennlighet:	Sporvekselvarme er energikrevende og ikke miljøvennlig. Dersom man antar at energien kommer fra norsk fornybar vannkraft kan det likevel regnes å være mer miljøvennlig enn man ville fått det fra andre energikilder. I tillegg krever det noe energi å frakte personell for manuell isfjerning til og fra vekslene.
Bemanning:	Det krever ekstra bemanning når veksellarmen ikke strekker til. Fjernstyring av varme, bruk av overvåkning og sensorer krever mindre bemanning.
Rustet for endring i klimatiske forhold:	Sporvekselvarme byttes til elementer med høyere effekt. Vi kan anta at problemer med snø og is i sporvekslene vil bli noe bedre med oppgradering av varmeelementene, men det bør undersøkes om nye metoder kan kombineres med varme for å øke effekten.
Kompleksitet:	Sporvekselvarmeanlegget med bevegelige deler, elektriske varmeelementer, overvåkningssystemer, ledninger og styring er komplekse systemer.

Oppsummering:

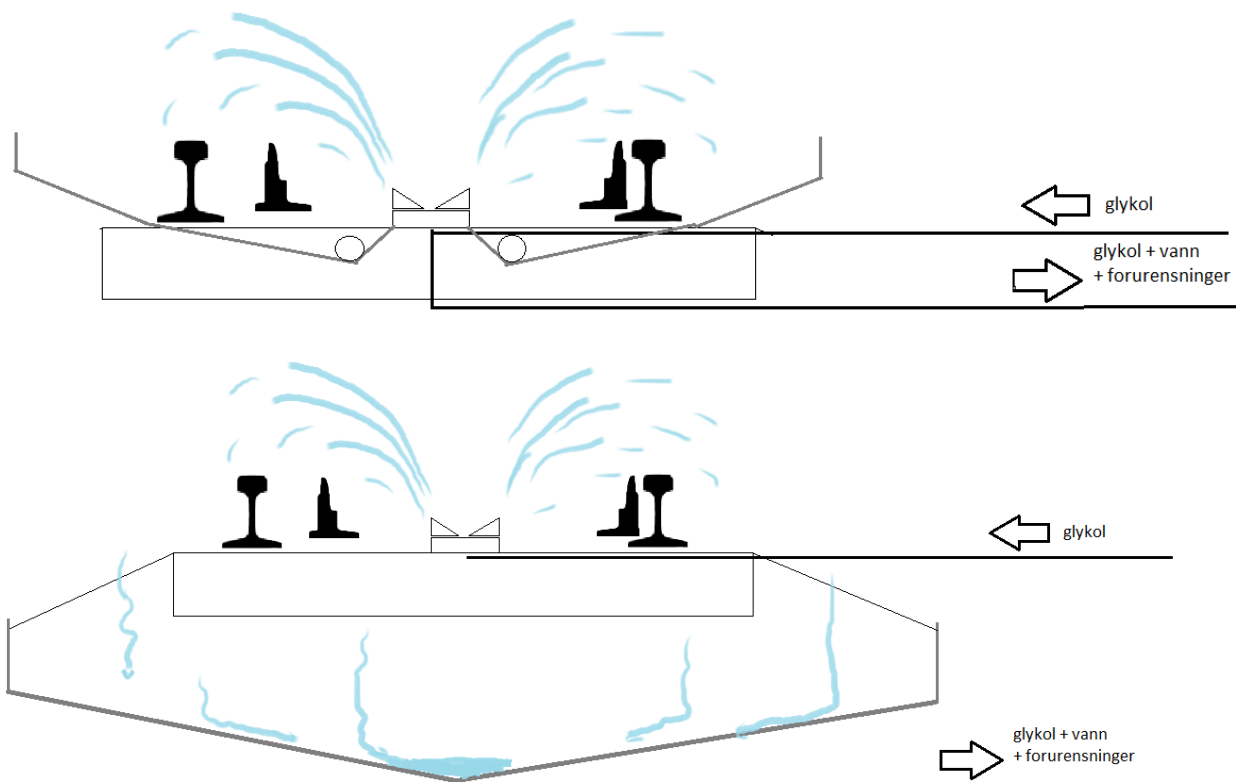
Energibruk:	Det er først og fremst de korrektive metodene som har mye å hente ved å forbedre mengden energi som går med under driften. Dersom det legges ressurser i å oppgradere eller bytte ut eldre utstyr til mer moderne og energieffektive komponenter og maskiner, vil det være mye å hente på dette punktet.
Pålitelighet og effektivitet:	Samtlige metoder er relativt pålitelige og effektive under drift i vanlig vintervær. Problemene oppstår under spesielle forhold når det for eksempel faller ned isklumper i sporvekselen. Ved å komme opp med løsninger som forhindrer at dette skjer, vil metodene i seg selv fungere som de skal. I avsnitt 5.3 i rapporten vil det legges fram foreslåtte løsninger på dette problemet.
Drift og vedlikeholdskostnader:	Det er generelt lite kostnader forbundet med driften av de preventive metodene. Utgiftene er stort sett knyttet til de korrektive tiltakene. Forbedringer her vil være å sammenligne vedlikeholdshyppigheten på eldre og nyere utstyr, slik at man kan se om det vil lønne seg å skaffe nytt utstyr i stedet for å vedlikeholde det gamle. Ved å gjennomføre en optimeringsanalyse på investeringskostnader kontra utgifter ved vedlikehold vil det kunne avgjøres om hva som lønner seg.
Miljøvennlighet:	I og med at det er mer fokus på miljøvennlighet i dag enn det var for noen år siden, vil også nytt utstyr i dag ha strengere krav til dette punktet. Dersom man investerer i nye maskiner vil det være mindre utslipp relatert til metodene under drift.
Bemannings:	Ved å automatisere flere metoder vil bemanningsbehovet gå ned. Sensormålinger i sporvekslere som automatisk styrer varmegraden til sporvekselvarmere er et eksempel på dette. Inntil det kommer nye metoder på markedet vil fortsatt økt bemanning bety økt pålitelighet.
Rustet for endring i klimatiske forhold:	For å kunne forberede seg på endrede forhold i klimaet er det nødt til å tenkes langsiktig. Ved å studere trender og utvikling i nedbørsmengder langt fram i tid vil det kunne investeres i kraftig nok utstyr som kan takle forholdene under hele sin levetid. På denne måten trengs det ikke å investeres i nytt utstyr like ofte.
Kompleksitet:	Dersom det ønskes å automatisere flere metoder i fremtiden vil kompleksiteten stadig øke. Dette krever at utstyret må være forberedt på de påkjenningene som oppstår under en vinter, og at utviklingen i klimaet også blir tatt hensyn til her.

4.3 Foreslåtte metoder

Jernbanefeltet har en lang historie med masse detaljert og veletablert ingeniørvitenskap liggende bak. Derfor kreves dybdekunnskap om det jernbanetekniske for å finne på noe helt nytt. Allikevel ønsker vi presentere noen ideer formet av en idedugnad av vår studie i jernbaneteorien, som kanskje kan bidra til start av en idedugnad i jernbaneverket for nye eller forbedrende løsninger.

Glykolsprøyting i kombinasjon med avisings anlegg

Ideen går ut på å benytte avisingsanleggene for tog som er plassert i stasjonsområder eller områder med sporveksler til avisning av sporveksler, med en liknende sprøyting som benyttes på tog. Mengde avisingsvæske som trengs vil være mye mindre, og den vil kunne resirkuleres ved montering av kummer rundt og i sporvekselen, eller under ballasten som leder tilbake til det sentraliserte anlegget. Væsker vil da dreneres til en tank. Ideen vil trenge pumping av væske fra og til reservoarer i røranlegg. Tverrsnitt av ideene illustreres i figur 4.1.



Figur 4-1 Tverrsnitt av skinnegang to tenkte måter glykol kan sprøytes og samles opp

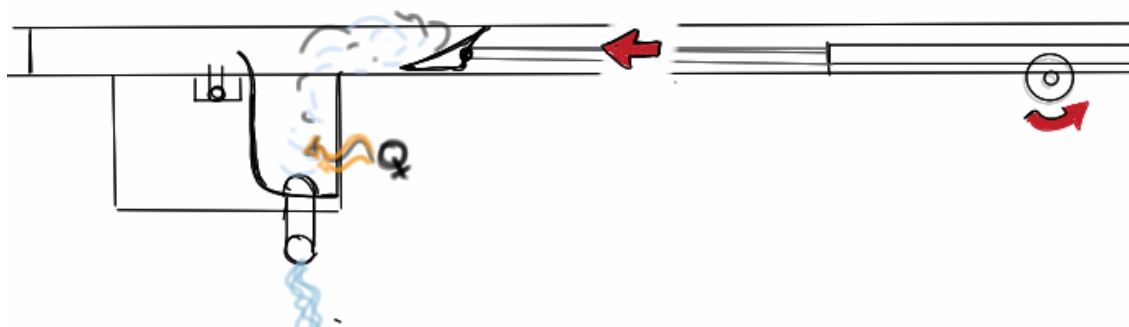
Sprøyting fra tog

Ideen går ut fra at det er montert tanker for sprøyting av avisende middel på toget. Dette aktiveres når ved faste punkter og sporveksler ved hjelp av sensorer eller GPS. Dyser sprøyter det utsatte området ved passering. Svakheten er at kjemikalier sprøytes uten oppsamling. Væsken kan være oppvarmet på toget ved bruk av overskuddsvarme fra lokomotiver for å øke effektiviteten.

Det ble også foreslått at avisingsmiddel kunne ekstraheres fra vogners kloakksystemer, i form av urea. Metoden kan være energikrevende og komplisert, og ha uønskede virkninger da urea også fungerer som gjødsel. Urea regnes som et moderat effektivt avisingsmiddel. [65]

Mekaniske løsninger

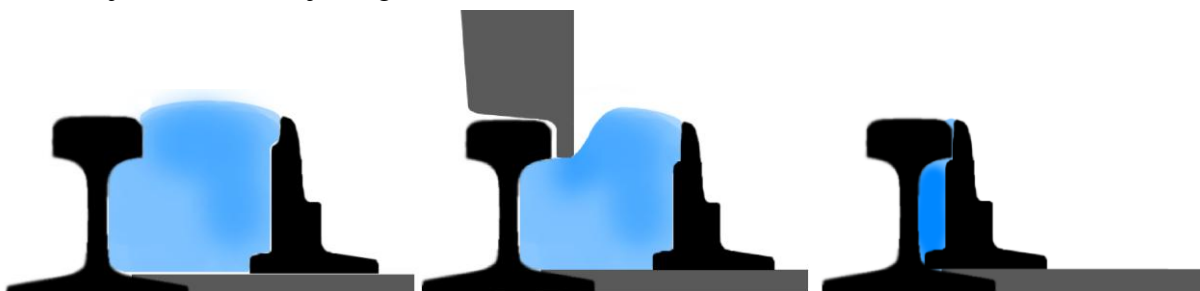
Det ble vurdert noen mekaniske løsninger for fjerning av snø og is i sporvekselen. Det ble foreslått å benytte en lineær aktuator med en plog tilpasset feltet mellom tunge og skinne, se figur 4-2. Denne skyver snø og is fremover i et oppsamlingsområde som mulig kan plasseres i rådegrav dersom dette ikke påvirker funksjonen, og snøen kan smeltes i kombinasjon med vanlig sporvekselvarme. Det ble også foreslått en løsning der retningen var motsatt, og snøen ble flyttet ut av de mest kritiske områdene. Tungen ligger på glideplater som er festet på hver sville, og det er derfor en åpning mellom glideplatene. En mekanisk løsning kan få problemer med å fjerne alt med denne utformingen, siden overflaten ikke er plan og snø og is kan ende med å pakkes mellom glideplatene. Generelt ble disse løsningene sett på som vanskelige å gjennomføre, da de er komplekse med mange deler. De burde ikke påvirke funksjonen til sporvekselen dersom de feiler, og heller ikke ha posisjoner som kan skade passerende tog.



Figur 4-2 Mekanisk løsning

Ballong

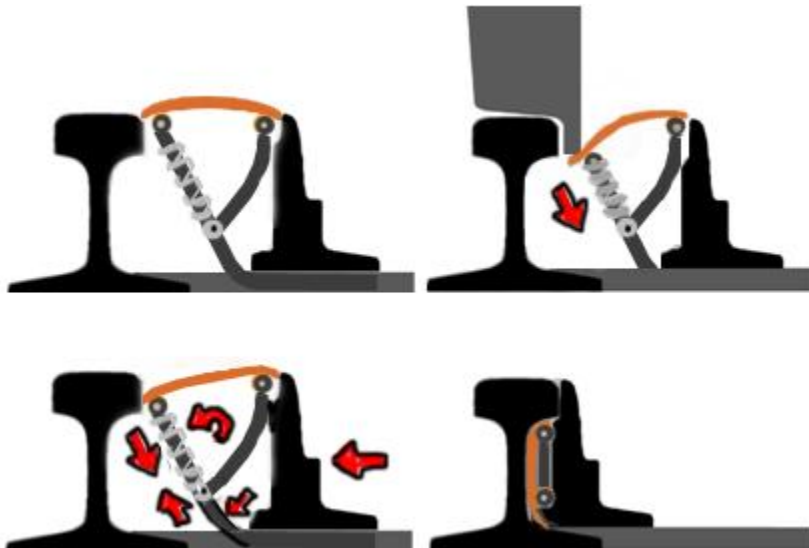
Ideen er tenkt for sporvekslere med lavere hastighet, området mellom tunge og skinne er fylt av en tykkhudet elastisk ballong som har nok stivhet til at snø og is faller av og ut til sidene eller blir liggende oppå så plogen skyver den av. Den bør allikevel være elastisk nok til å bøyes unna når hjulflensen passerer og kunne presses sammen, tømmes for luft eller omplassere volum når vekselen skifter stilling. Idéen vil kunne hindre snø og is og falle ned i det utsatte området mellom tunge og skinne. Det krever allikevel mye av materialet ved repetert slitasje og deformasjon i kalde temperaturer. Ballongen trenger ikke være under trykk, fylt med luft. Den kan være laget av et elastisk materiale som søker tilbake til sin opprinnelige form etter deformasjon. Se illustrasjon figur 4-3.



Figur 4-3 Tverrsnitt: Ballong mellom skinne og tunge som deformeres under sammenslåing og passering av hjul

Elastisk deksel

Prinsippet fungerer likt som ballongen men flaten som er tenkt å blokkere snø og is er holdt oppe av fjærede braketter som deformeres når hjul passerer. De er festet under eller bak tungen og blir da ikke i veien for glideplatene. Når veksling foregår dytter tungen sammen braketten så den foldes flatt mellom tunge og skinne. Løsningen kan gjøres sterk, men er komplisert og består av flere små deler og ledd. Se illustrasjon figur 4-4.



Figur 4-4 Tverrsnitt: Fjæret deksel mellom skinne og tunge som endrer form

5 Konklusjon

I denne rapporten er det gått i gjennom flere nyttige tiltak som Jernbaneverket kan bruke for å utvikle sin vinterdrift ytterligere. For at punktligheten skal opprettholdes er vinterdriften i sin helhet er viktig. Dette kan gi økonomiske besparelser for operatørene, og gjør jernbanen til et godt alternativ i kollektivtransport og punktlig godstransport.

Fra innhentede data og rapporter er problemet som angår snø og is i spor og sporvekslere undersøkt. Metodene jernbaneverket benytter i vinterdrift har blitt drøftet, og ut fra denne vurderingen har det blitt fastslått om det er problemer med systemet, og om hva som eventuelt kan gjøres for å forbedre dette.

Metodene som benyttes til snø- og isfjerning fungerer generelt bra. Det synes å være kapasitet og bemanning ved store og lange snøfall som begrenser Jernbaneverkets kontroll på driften og for å holde linjer åpne. Ved begrensning av effekt av snøryddingsutstyret kan jernbaneverket se på det fremtidige behovet for maskiner med høyere effekt.

Isklumper, samt snø- og isrelaterte problemer i tilknytning til sporvekslere er vanskelige å forberede seg på. Ekstra bemanning med ansvar for å holde sporvekslene operative syntes å være nødvendige, ettersom sporvekslenes virkemåte gjør det vanskelig å benytte mekaniske metoder for å hindre is og snø.

Bruk av varme er til dels effektiv for å smelte is og snø, men er meget energikrevende. Utbygging av nye og mer effektive varmeanlegg vil begrense energibruken. En større andel (>75 %) av jernbaneverkets energiforbruk går med til denne oppvarmingen i dag.

Ut fra trendlinjer ser det ut til at økt fokus på vinterproblemer, og innsetting av tiltak gjør at andel forsinkelsestimer går ned. Jernbaneverket kan ved økt behandling av innsamlet data og statistikk fra TIOS og værstasjoner øke beredskapen og forberede seg godt på vinterproblemene.

Problemstillingen kan i stor grad undersøkes videre. Jernbaneverket har store mengder data som kan behandles for å kartlegge problemet enda dypere. I tillegg bør det også være mulig å få mer utfyllende data fra operatørene om hvordan de blir påvirket. Generelt kan arbeidet videreføres ved å fordype kartleggingen og vurdere metodene på basis av større mengder data. Om ikke nødvendige data eksisterer om metodens og tiltaks effekt, kan disse eventuelt samles inn.

Ved å tilgjengeliggjøre informasjon og konkretisere problemene ytterligere kan det gis oppdrag og oppgaver for videre studier og forskning som kan resultere i nye tiltak og forbedringer.

Ved samarbeid med de ansvarlige i driften i andre land kan problemer, metoder og tiltak sammenlignes. Deling av erfaringer både nasjonalt og internasjonalt kan gi rom for nyskaping og forbedringer, og dette vil være viktig for å være rustet for fremtidens utfordringer.

Referanser

- [1] A. Jenkins. (2009 , sitert 24.04.2012) Climate change: How do we know? [Nettartikkel]
Tilgjengelig: <http://climate.nasa.gov/evidence/>
- [2] Miljølære. Klimaendringer [Nettartikkel] .
Tilgjengelig: <http://miljolare.no/tema/luftkvalitet/artikler/klimaendringer.php>
- [3] T. M. Paulsen. (2011; sitert 24.04.2012) Slik blir klimaet i Norge om 50 år [Nettartikkel]
Tilgjengelig: <http://ndla.no/nb/node/92946>
- [4] CICERO. (2011; sitert 05.03.2012). Kulturarv og klimaendringer [Nettartikkel]
Tilgjengelig: http://www.klimakommune.no/kulturarv/Klimaforandringer_og_snolaster.shtml
- [5] N. Svingheim. (12. sept 2011; sitert 07.03.2012). Klimaendringer [Nettartikkel]
Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/no/Sikkerhet/Tettere-oppfolging-ved-ekstremvar/>
- [6] Transrail . «Highspeed rail operation in winter climate – A study on winter related problems and solutions applied in Sweden, Norway and Finland», Grønåttåget, Swedish Transport Adm. Strategic Development, Borlänge, Sverige. Mars, 2006
- [7] N. Svingheim, “Jernbanemagasinet”, Januar 2009, pp 33-41
- [8] N. Svingheim (18. mars 2011).Slik fungerer jernbanen.pdf [Nettartikkel]
Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/no/Jernbanen/Jernbanedrift---eit-komplisert-samspel/>
- [9] Jernbaneverket. (21. mars 2012; sitert 02.04.2012). Jernbaneverkets tekniske regelverk [Nettartikkel] Tilgjengelig:
<https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Sporkonstruksjoner>
- [10] Jernbaneverket. (20. des 2011; sitert 02.04.2012). Jernbaneverkets tekniske regelverk [Nettartikkel]
Tilgjengelig: <https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Ballast>
- [11] Lærebok for Banemontører- Modul 7 Anlegg langs sporet mål 5 Snø og isrydding. 01.08.2011
- [12] T. Ramstedt «Trafikvärket Vinterhandbok Spårväxel BVH 152314(ver. 1)», Jan 2010
- [13] N. Olsson, A. Økland, M. Veiseth, Ø. Stokland «Driftsstabilitet på Jernbaneverkets nett – årsaksanalyser 2005 – 2010. Punktlighets – og regularitetsutviklingen», SINTEF teknologi og samfunn, Oslo, Norge, August 2011
- [14] Jernbaneverket. «Miljørapport 2010», Jernbaneverket, Oslo, Norge, Januar 2011
http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/14622/miljorapport_2010.pdf
- [15] J.A. Wikander (27. mars 2012) e-post
- [16] L. Thoring. (Jan 2011: sitert 05.04.2012). Nordmenn dobler svenskenes strømforbruk [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.framtiden.no/view-document/431-normenndobbelstromforbruksve2011.html>
- [17] J.A. Wikander (27. mars 2012) vedlegg .xls fil. e-post
- [18] H. Schlaupitz, Energi- og klimakonsekvenser av moderne transportsystemer – Effekter ved bygging av høyhastighetsbaner i Norge» Norges Naturvernforbund, Oslo. September, 2008
- [19] T. Refseth (14. Mars 2012) Marienborg, Muntlig samtale
- [20] Jernbaneverket (20. jan 2012; sitert 15.04.2012). Prosjektering og bygging: snø [Nettartikkel]. Tilgjengelig:
https://trv.jbv.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Sn%C3%B8
- [21] Jernbaneanlegg, Hans Peter Horne, 2000, Kap. 1.5 – Snø

- [22] I. Hjertaas. (28. sept 2010; sitert 01.03.2012). Rassikring på Bergensbanen [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2010/Rassikring-pa-Bergensbanen/>
- [23] N. Svingheim. (2. sept 2011; sitert 02.03.2012) Anlegg for avising av godstog åpnet [Nettartikkel] Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2011/Av-isingsanlegg-for-godstog-tatt-i-bruk-pa-Alnabru/>
- [24] T. Jemt. (Jan 2009; sitert 03.03.2012) De-icing solution [Nettartikkel]. Tilgjengelig: http://findarticles.com/p/articles/mi_m0BQQ/is_1_49/ai_n31198392/
- [25] DOW. (Mai 2009; sitert 08.04.2012) Product safety assessment(PSA): Propylene glycol [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.dow.com/productsafety/finder/prog.htm#HealthInfo>
- [26] Nordic ground support equipment (Mars 2011; sitert 12.03.2012) Nordic de-icing [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.nordicgse.com/anti-deicing>
- [27] Bilde av avisingsanlegg, Jernbaneverket
Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2011/Av-isingsanlegg-for-godstog-tatt-i-bruk-pa-Alnabru/>
- [28] Bilde av avisingsanlegg, artikkel, dn.no
Tilgjengelig: http://multimedia.dn.no/archive/00199/LB_NSB_vinterplaner_199768c.jpg
- [29] Jernbaneverket. (5. feb 2011; sitert 04.04.2012). Hensyn til snøbrøyting og snødeponering [Nettartikkel].
Tilgjengelig: https://trv.jbv.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Minste_avstand_jernbane%E2%80%9494vei#Hensyn_til_sn.C3.B8br.C3.B8yting_og_sn.C3.B8deponering
- [30] Lærebok for Banemontører- Modul 8 Anlegg langs sporet mål 5: Kunne foreta snø og isrydding ved hjelp av aktuelt utstyr. Hovedmoment 5a) Kunne vite hvordan en sporveksel rengjøres for snø.
- [31] N. Svingheim. (25. okt 2010; sitert 19.03.2012). Tyngre skyts i kampen mot snøen [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2010/Tyngre-skyts-i-kampen-mot-snoen/>
- [32] N. Svingheim. (10. nov 2009; sitert 19.03.2012). Jernbaneverket styrker beredskapen [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2009/Jernbaneverket-styrker-snoberedskapen/>
- [33] T. Tunmo. Teknisk ukeblad (14. feb 2011; sitert 26.03.2012) Nytt sporvekselvarmesystem skal gi færre forsinkelser. Tilgjengelig: <http://www.tu.no/bygg/2011/02/14/nytt-sporvekselvarmesystem-skal-gi-farre-togforsinkelser>, Foto: Øystein Grue, Jernbanemagasinet
- [34] S. O. Kvilesjø. (25. okt 2010; sitert 21.04.2012) Vi har aldri vært bedre forberedt [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.aftenposten.no/nyheter/iriks/article3873043.ece>
- [35] N. Svingheim. (8. jan 2010; sitert 19.03.2012) Jernbanen og kulden [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/en/Nyheter/Nyhetsarkiv/2010/Jernbanen-og-kulden/>
- [36] P. Hokstad, E. Okstad, K. A. Skoglund, J. Vatn, M. Veiseth, A. Økland, G. Knutstad "Kvalitetssikring og risikoanalyse av Jernbaneverkets tiltak for å redusere infrastrukturrelaterte forsinkelsestimer". SINTEF teknologi og samfunn, Norge, Des 2010. pp 34(E1)
- [37] Jernbaneverket, «Slik fungerer jernbanen – En presentasjon av trafikksystemets infrastruktur» publikasjon 2011
- [38] Nyteknikk (16. jan 2012; sitert 22.03.2012). Jernbaneverket: Kutter millioner i energikostnader [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.nyteknikk.no/index.php?artikkelid=5835&back=1>

- [39] Jan Grosch A/S (2009; sitert 08.03.2012) Sporveksler [Nettside] .
Tilgjengelig: <http://www.grosch.no/nb/produkter/sporveksler.html>
- [49] Proxl Sporvekselvarme (17.11.2008; sitert 25.04.2012) [Nettside] .
Tilgjengelig:
http://proxl.no/index.php?option=com_content&view=article&id=198&Itemid=189&lang=nb
- [50] Truls Tunmo, Teknisk ukeblad ”Nytt sporvekselvarmesystem skal gi færre togforsinkelser” [Nyhetsartikkel]., (14.02. 2011; sitert: 30.04.2012)
Tilgjengelig: <http://www.tu.no/bygg/article277917.ece>
- [51] M. Taniguchi. «High speed rail in Japan, A review and evaluation of the Shinkansen train(No 103)» , University of California Transport Center, April 1992
- [52] Alaskarail snørydding [Nettside]
Tilgjengelig: <http://www.alaskarails.org/pix/mow/TW-BR-21/index.html>
- [53] MTA Metro North. (N/A) ”Metro-North Bolsters Winter Arsenal” (sitert 25.04.2012) [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.mta.info/news/stories/?story=481>
- [54] Western railway equipment, Bilde
Tilgjengelig: <http://westernrailwayequipment.com/wp-content/uploads/2009/06/the-jet-and-the-rabbit-011rs.jpg>
- [55] RPM Tech. (2007; sitert 05.04.2012). Rail and metro maintenance equipment [Nettartikkel].
Tilgjengelig: http://www.grouperpmtech.com/rpm_rail_metro_equipment.html
- [56] Julie Sneider (may 2011; sitert 10.04.2012), Maintenance Of Way article, , progressive railroading [Nettartikkel]
Tilgjengelig:<http://www.progressiverailroading.com/mow/article/Maintenance-of-way-Snow-and-iceremoval-products-and-services--26588> [Nettartikkel]
- [57] Rails company. (2012; sitert 17.04.2012) Rail-Tel RTS Switch Heater [Nettside].
Tilgjengelig: http://www.railsco.com/~rail-tel_rts_switch_heater.htm
- [58] Pete Dybdahl (27.01.2011; sitert 19.03.2012) Propane, the Railroad Switch’s Wintertime helper [Nettside]. Tilgjengelig: <http://www.propane.pro/blog/propane-the-railroad-switches-wintertime-helper-0127/>
- [59] Midwestind. Product brochure Ice-free switch anti-icing .pdf
Tilgjengelig: <http://www.midwestind.com/assets/files/Brochures-3-25-11/IFS-364.pdf>
- [60] MSDS datasheet, diethylene-glycol [Nettside]
Tilgjengelig: <http://www.meglobal.biz/diethylene-glycol/msds>
- [61] RTR Technologies (27. jan 2011; sitert 24.04.2012) A Winter of discontent: Ice on the tracks [Nettartikkel]. Tilgjengelig: <http://www.railway-technology.com/features/feature107968/>
- [62] M. Bettez. «Winter Technologies for High Speed Rail» NTNU, Trondheim, Jun 2011.
- [63] International Railway Journal, ”Future points to brushes ” Artikkel, (Januar 2010; sitert 24.04.2012)
- [64] Alf Helge Løhren, Jernbaneverket (e-post 18.mars 2012)
- [65] MSDS datasheet, urea [Nettside]
Tilgjengelig: <http://www.meltsnow.com/material-safety-data-urea.htm>
- [66] Foto: Pål Skogan, Jernbaneverket
- [67] Jernbaneverket, Beredskap, security and safety. 15.11.06 , Sikkerhetshåndboken kap. 10 Beredskap.