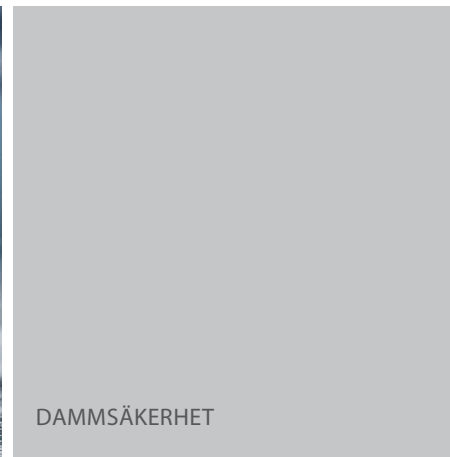
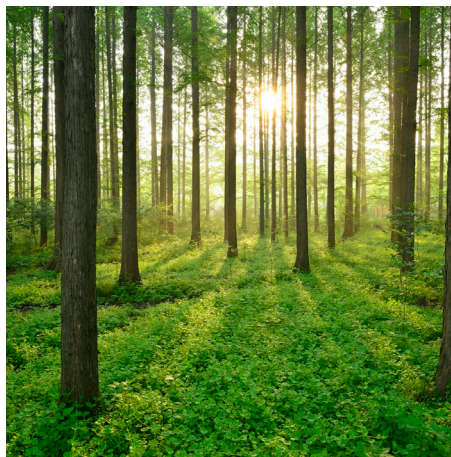


VINTERSPILL I KALLT KLIMAT

RAPPORT 2024:1044



DAMMSÄKERHET



Vinterspill i kallt klimat

Problem på grund av vinterspill samt tekniker för att
åtgärda ispåbyggnad nedströms om luckan

MARTIN GARD, ROGER SKOOG

ISBN 978-91-89919-44-0 | © Energiforsk september 2024

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

En dammanläggnings avbördande funktion leder vatten, is och drivgods från magasinet till nedströms dammanläggningen. Avbördning används ibland för att reglera vattennivåer men att kunna spilla vatten är viktig för dammsäkerheten vid höga flöden eller plötsliga flödesförändringar. Vid många dammanläggningar i Sverige förutsetts tillgänglig avbördningskapacitet dygnet runt, året runt. Det är viktigt att luckor och vattenvägar är tillförlitlig, tillgänglig och uthållig, oavsett yttre förhållanden.

Att säkerställa tillförlitlig, tillgänglig och uthållig avbördning under vintern försvåras av det kalla svenska klimatet. Låga temperaturer påverka avbördningsanordningars elektriska, mekaniska och hydrauliska system och kan även leda till att luckor fryser fast i is som bildas vid avbördning eller mot tilliggande betongkonstruktioner. Vid vinterspill kan ispåväxt nedströms utskovsluckan påverka konstruktioner och vattenvägar. Att på ett säkert och effektivt sätt förhindra eller bekämpa ispåbyggnad under spill är därför av stor vikt.

Det finns ett behov av att sammanställa erfarenheter och upprätta ett stöd för dammägare att hantera frågeställningar kring förebyggande och avhjälpande underhåll av avbördnings- och anläggningssäkerhet vid vinterspill och design av stödfunktioner i avbördningsanordningar, med fokus på påverkan i området nedströms om utskovsluckorna.

Ett särskilt stort tack till alla de personer som ställde upp på intervjuerna: Agne Lärke, Anders Holmqvist, Anders Sjödin, Bernt Axelsson, Daniel Sångberg, Greger Segerlund, Johanna Sipola Äijä, John Eliasson, Lars Petterson, Olle Runnéus, Patrik Persson, Per Elvnejd, Petter Westerberg, Rickard Svedberg, Robin Vestermark, Staffan Lundmark, Tomas Kristoffersson, Ulf Lindahl och Åke Lindkvist. Utan den erfarenhet som ni delat med er av så hade det inte blivit någon rapport.

Projektet "Vinterspill i kallt klimat - Problem på grund av vinterspill samt tekniker för att åtgärda ispåbyggnad nedströms om luckan" ingår i Energiforsks Dammsäkerhetstekniska forskningsprogram. Utförarna var Martin Gard och Roger Skoog på AFRY. Referensgruppen bestod av Romanas Wolfsborg (Vattenfall), Rikard Hellgren (Svenska kraftnät), Daniel Sjöstedt (Skellefteå Kraft), Per Bylander (Fortum), Anders Marklund (Vattenfall) och Mats Persson (Vattenfall).

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Behov av att tappa vatten genom utskoven vintertid, s.k. vinterpill, blir allt vanligare. Detta beror dels på förändrade körsätt genom aggregaten och beror också delvis på underhållsåtgärder och reinvesteringar på anläggningar. Spill vintertid innebär att is kan bildas på ytor nedströms såsom luckor, ledmurar och betongpelare. Denna typ av ispåbyggnad innebär många olika problem som måste hanteras med hjälp av lämpliga åtgärdsmetoder.

Denna rapport belyser problem med ett ökat spill vintertid och de frågeställningar som man behöver ta hänsyn till vid ett förändrat körsätt genom utskoven. Rapporten avgränsas till att endast omfatta konstruktions- och anläggningsdelarna som är belägna nedströms utskovsluckorna.

Intervjuer har genomförts med totalt 19 personer som har stor erfarenhet av vinterspill på anläggningarna. Rapporten bygger till stor del på dessa intervjuer, erfarenheter och fokus ligger på vilka problem som kan uppstå och hur dessa problem har åtgärdats.

Det finns inom branschen en ökad medvetenhet kring just problemet med isbildning och behov av avisning. Ispåbyggnad har visat sig vara ett stort problem då isen resulterar i en belastning på konstruktions- och anläggningsdelar som dessa inte var avsedda för. Ett tydligt exempel är då ispåbyggnad sker på nedströmssidan av luckor vilket resulterar i en större tyngd då luckan ska manövreras. Detta kan resultera i att spelmaskineriet och dess komponenter överbelastas och går sönder, vilket resulterar i en otillgänglig lucka.

Det finns några olika metoder för att avisa luckor, ledmurar och pelare. De vanligaste är att spruta ånga med hjälp av en ångpanna och lansar (rör med hål som låter ångan spruta ut på önskade ställen), spruta hetvatten eller att använda sig av värmekablar som kan ligga och skära loss isen. Det vanligaste och mest förekommande av dessa är att använda en ångpanna men lansar. Vintertid gäller det att utrustningen finns utplacerade på de platser där det förväntas långa vinterspill vid låga temperaturer.

Ett av de största problem med ångpanna och lansar är dock arbetsmiljön för den personal som utför arbetet. Det är normalt sett kallt, snöigt och isigt då detta arbete behöver utföras, vilket kombinerat med den ånga som sprutas ut gör att det blir en tuff miljö att arbeta i. Det är också relativt tung och svårhanterlig utrustning som behöver hanteras. Möjligheten och tillgängligheten att komma åt de områden och ställen som behöver avisas är inte heller alltid enkelt, ofarligt eller riskfritt.

Rapporten tar även upp olika proaktiva åtgärder med syfte att motverka ispåbyggnad. De vanligaste som används är non-stickbeläggningar, värmeplattor, värmefläktar och värmerör.

Det är viktigt att dammägare som behöver spilla under vintern tar fram en strategi eller plan för hur de problem som vinterspill orsakar, ska hanteras. Dessa måste

även anpassas till respektive anläggning då varje anläggning kan ha olika förutsättningar, exempelvis olika antal luckor som kan användas vintertid.

Nyckelord

Dammsäkerhet, vinterspill, utskov, isfrihållning, uppvärmningssystem, avisning, avbördningsfunktion, arbetsmiljö, strategi.

Summary

The need to discharge water from the reservoir through dam gates during wintertime is becoming more frequent. This need is partly due to changes in operation but also as due to planned maintenance work and reinvestments in the hydro power plants. Discharge during wintertime give ice formation on surfaces located downstream in the waterway such as gates, guide walls, and concrete pillars. This type of buildup of ice poses many different problems that must be handled with appropriate and available methods.

This report highlights problems with increased winter discharge and the issues that need to be considered when changing the operation of water through the spillway. The report is limited to study the structures and civil works located downstream of the spillway gates. Interviews have been conducted with a total of 19 people who have extensive experience with winter spillage. The report has focused on the problems can occur and how these problems have been addressed and solved.

Ice buildup has proven to be a major problem as the ice results in loads on structures that was not intended. A clear example is when ice buildup occurs on the downstream side of a spillway gate, resulting in a greater weight when the gate is to be maneuvered. This can result in spillway gate machinery and its components being overloaded and breaking, resulting in an inaccessible gate.

There are several different methods for de-icing gates, guide walls, and pillars. The most common are to spray steam using a steam boiler and lances (pipes with holes that let the steam spray out at desired locations), spray hot water, or use heating cables to cut off the ice. The most common of these is to use a steam boiler with lances. During winter, it is important that the equipment is placed where long winter spills are expected at low temperatures.

However, one of the biggest problems with steam boiler and lances is the working environment for the staff performing the work. It is usually cold, snowy, and icy when this work needs to be done, which, combined with the steam being sprayed out, makes it a tough environment to work in. The equipment is also relatively heavy and cumbersome to handle. The availability or access to the areas that need to be de-iced is also not always easy, safe, or risk-free.

There is now an increased awareness in the industry about the problem with ice formation and the need for de-icing. The report also addresses various proactive measures aimed at preventing ice buildup. The most common ones used are non-stick coatings, heating plates, heat fans, and heating pipes (embedded in the concrete).

The key point highlighted is for dam owners develop a strategy or plan to handle problems caused by winter discharge. These must also be adapted to each dam facility as local conditions such as number of gates for winter operation are of importance.

Innehåll

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Omfattning	10
1.3	Syfte	10
1.4	Metod	10
1.5	Avgränsningar	11
2	Litteraturgenomgång	12
2.1	ICOLD rapport Bulletin 58-SPILLWAYS FOR DAMS	12
2.2	ICOLD rapport Bulletin 105-DAMS AND RELATED STRUCTURES IN COLD CLIMATE Design guidelines and case studies	12
2.3	ICOLD rapport Bulletin 172-Technical advancements in spillway design-preprint	12
2.4	Engineering and research center – Ice Problems in Winter Operation (Burgi et.al. 1971)	13
2.5	U.S. army corps of engineers EM 1110-2-1612 Engineering and design – Ice engineering (rev. 4 2018-08-31)	13
2.6	Linnovation avisning planlucka Kvistforsen (Skellefteå 2023-02-15)	14
3	Erfarenheter från svenska dammägare	15
3.1	Personer som intervjuades	15
3.2	Frågor till intervjuerna	15
3.3	Sammanfattning	16
4	Risker och utmaningar med vinterspill	17
4.1	Sammanfattning av noterade och potentiella risker	17
4.1.1	Väderlek och förhållanden vid problem	17
4.2	Mekanismer för ispåbyggnad	19
4.2.1	Ispåbyggnad från vattendimma vid vinterspill	19
4.2.2	Ispåbyggnad från stänk vid vinterspill	20
4.3	Problem med luckor och spel	23
4.3.1	Sektorluckor	24
4.3.2	Planluckor	24
4.3.3	Segmentluckor	26
4.3.4	Spel	27
4.3.5	Läckage vid falsar och tröskel	28
4.4	Strategi för vinterspill	28
5	Designkriterier och erfarenheter från åtgärdsmetoder	30
5.1	Reaktiva metoder för isborttagning	30
5.1.1	Ångpanna med lansar	30
5.1.2	Hetvatten	33
5.1.3	Portabel värmekabel	34

5.2	Proaktiva metoder för isborttagning	37
5.2.1	Non-stick skivor	38
5.2.2	Non-stick ytbeläggning	39
5.2.3	Värmeplattor	41
5.2.4	Värmebläktar	42
5.2.5	Värmerör	43
6	Rekommendationer och strategi för vinterspill	45
6.1	Utred om och när vinterspill kan förekomma	45
6.2	Identifiera möjliga risker med vinterspill för den aktuella anläggningen	47
6.3	Designa en strategi utifrån de åtgärdsalternativ som finns tillgängliga	47
6.4	Implementera strategin och se till att de funkar över tid	48
7	Rekommendationer och förslag till fortsatta studier	49
8	Referenslista	50
9	Bilaga 1	51
9.1	Intervju 1 – Anläggningar i Ångermanland	51
9.2	Intervju 2 – Anläggning i Dalarnas län	52
9.3	Intervju 3 – Anläggning i Norrbottens län	55
9.4	Intervju 4 – Anläggning i Västerbottens län	56
9.5	Intervju 5 – Anläggning i Västerbottens län	63
9.6	Intervju 6 – Anläggning i Västerbottens län	64
9.7	Intervju 7 – Anläggningar i Småland	65
9.8	Intervju 8 – Anläggning i Västernorrlands län	67
9.9	Intervju 9 – Anläggningar i Ångermanland	71
9.10	Intervju 10 – Anläggningar i Norrland	72
9.11	Intervju 11 – Anläggningar i Norrbottens län	73
9.12	Intervju 12 - Anläggning i Västerbottens län	76
9.13	Intervju 13 – Anläggningar i Skellefteälven	80
9.14	Intervju 14 - Anläggningar i Norrbottens län	86
9.15	Intervju 15 – Renovering av planlucka	94
9.16	Intervju 16 – Haveri utskovslucka	96

1 Inledning

Vintertid finns en förhöjd risk att förlora tillgängligheten till sina luckor. Denna risk kommer från de problem som vinterspill innebär. Det har också blivit mycket vanligare med vinterspill, vilket innebär att det är extra viktigt att kunna hantera vinterspill på bästa sätt. Föregångaren, Energiforsk rapport 790, utförde en kartläggning av avbördnings- och anläggningssäkerhet i samband med avbördning i kallt klimat. Denna rapport bygger vidare genom att fokusera på de problem som kan uppkomma nedströms utskovsluckor och anläggningen i samband med vinterspill.

1.1 BAKGRUND

Förändrade körsätt på grund av utbyggnad av vindkraft och andra energislag, klimatförändringar, korttidsreglering, försäljning av systemtjänster samt snabba avsänkningar m. m. kan ge ökat behov av att spilla vatten genom utskoven även vintertid [9].

En dammanläggnings avbördande funktion leder vatten, is och drivgods från magasinet till nedströms dammanläggningen. Avbördning används ibland för att reglera vattennivåer men att kunna spilla vatten är viktig för dammsäkerheten vid höga flöden eller plötsliga flödesförändringar. Vid många dammanläggningar i Sverige förutsetts tillgänglig avbördningskapacitet dygnet runt, året runt. Det är viktigt att luckor och vattenvägar är tillförlitliga, tillgängliga och uthålliga, oavsett yttre förhållanden.

Att säkerställa tillförlitlig, tillgänglig och uthållig avbördning under vintern försvåras av det kalla svenska klimatet. Låga temperaturer påverkar avbördningsanordningars elektriska, mekaniska och hydrauliska system och kan även leda till att luckor fryser fast i is som bildas vid avbördning eller mot intilliggande betongkonstruktioner. Vid vinterspill kan ispåväxt nedströms utskovsluckan påverka konstruktioner och vattenvägar. Att på ett säkert och effektivt sätt förhindra eller bekämpa ispåbyggnad under spill är därför av stor vikt.

Det finns ett behov av att sammanställa erfarenheter och upprätta ett stöd för dammägare att hantera frågeställningar kring förebyggande och avhjälpande underhåll av avbördnings- och anläggningssäkerhet vid vinterspill och design av stödfunktioner i avbördningsanordningar, med fokus på påverkan i området nedströms om utskovsluckorna.

Energiforskrapporten, Avbördningsanordningar i kallt klimat (Energiforskrapport 2021–790), beskriver dammsäkerhetsaspekter förknippade med avbördning i kallt klimat. Rapporten fokuserar på val, funktioner och drifterfarenheter för system som säkerställer avbördningsanordningars tillgänglighet i kallt klimat. I rapporten belyses flera problem med vinterspill och som en uppföljning togs föreliggande

rapport fram, med fördjupning på specifika problem med vinterspill samt hur dessa hanteras på bästa sätt.

1.2 OMFATTNING

Detta projekt har fokuserat på problem som uppstår som en följd av vinterspill och som påverkar konstruktionsdelar på anläggningar nedströms om luckan. Under vinterspill finns en mycket större risk att luckor inte finns tillgängliga, varför frågan om uthållighet och säkerhet relaterade till vinterspill är särskilt intressant.

Följande områden tas upp och behandlas:

- Problem med luckor och andra utskovsdelar som kan uppstå på grund av pågående vinterspill.
- Tekniker för bekämpning och förhindrande av ispåbyggnad nedströms om luckan.
- Kriterier för isfrihållnings- eller isborttagningssystem nedströms om luckan.

Rapporten fokuserar på att ge kunskapsåterföring, från personer med stor drifterfarenhet, av de problem som kan uppstå nedströms luckorna på grund av vinterspill. Tillsammans med problemen redovisas underhållsaspekter och de tekniker som idag används för bekämpning och förhindrande av skadlig ispåbyggnad på avbördningsanordningar och nedströms liggande anläggningsdelar. Rapporten inkluderar även dimensioneringskriterier kopplat till energibehov för olika värmesystem (t.ex. aerotemperar/värmefläktar, värmekablar och ångpannor) kopplade till avisning av avbördningsanordningarnas nedströmssida. Det redovisas även problem som innebär att delar (t. ex. luckarmar) får en ökad last på grund av ispåbyggnad tillsammans med de lösningar som genomförts på anläggningarna och visat sig vara effektiva.

1.3 SYFTE

Syftet med projektet är att upprätta ett stöd för dammägare att hantera frågeställningar kring förebyggande och avhjälpande underhåll av avbördningsanordningar och utskov för upprätthållande av god anläggnings säkerhet vid vinterspill. Projektet ska även som ett stöd för design av stödfunktioner i avbördningsanordningar som används i kallt klimat.

1.4 METOD

Projektet har genomförts i följande steg:

- 1) Genomgång av tillgänglig litteratur (ICOLD, vetenskapliga publikationer, US army corps of engineers)
- 2) Intervjuer har genomförts med personer som har stor drift- och underhållserfarenhet av de aspekter som är kritiska vid vinterspill. Samtliga personer arbetar i Sverige med en spridning över hela landet då klimatet skiljer sig från norr till söder. Syftet med intervjuerna är:

- a) Ge en god bild av de utmaningar och risker som medförs av vinterspill i kallt klimat.
 - b) Ge en beskrivning av kriterier för design av energibehov för avbördningsanordningarnas delsystem som används för att hantera problemen som medförs av vinterspill kallt klimat.
 - c) Ge kriterier för design av nedströms utskovsdelar (luckor och ledmurar) som kan påverkas av en förhöjd last på grund av ispåbyggnad vid vinterspill.
- 3) Beskriva goda erfarenheter för drift och underhållsåtgärder för att hantera problem kopplade till vinterspill.
 - 4) Utifrån punkt 1 och 2 sammanställs de problem, vanliga åtgärder och designaspekter som från erfarenhet visat sig vara effektiva.

1.5 AVGRÄNSNINGAR

Isproblematik på uppströmssidan samt isfrihållningssystem för uppströmssidan hanteras inte i denna rapport, se i stället tidigare Energiforskrapport 2021–790.

Isberg som byggs upp och sedan flyter i väg nedströms anses påverka uppströmssidan av nästa kraftstation och hanteras därmed inte i denna rapport. Rapporten omfattar inte heller problematik som uppstår på grund av isberg som byggs upp och påverkar flödet till nedströms anläggning.

2 Litteraturgenomgång

Detta avsnitt presenterar litteraturen som ingick i litteraturgenomgången. Generellt är det aktuella ämnet inte studerat i större utsträckning.

2.1 ICOLD RAPPORT BULLETIN 58-SPILLWAYS FOR DAMS

I referens [1] (Kilpolainen J. E., Lounamaa M. E, 1976) nämns problem och skydd mot is väldigt kort. Den rekommenderar att det finns installationer för att värma känsliga delar såsom tätningar, spår och styrskenor.

Det tas upp ett antal olika problem med vinterspill. Läckage som orsakas av vinterspill kan orsaka problem med flöden för skibord som har flip-buckets. Flip-buckets är när skibord designas för att vattnet ska få upp hastigheten och sedan flyga och landa på en önskad plats nedströms av utskoven där energin omvandlas.

Vattendimman från spillet kan frysa på luftburna ledningar som finns i närheten av nedströmssidan, eller som korsar vattenvägen strax nedströms utskoven. Denna vattendimma kan även bidra till ispåbyggnad på intilliggande hustak. För att undvika detta är det därför fördelaktigt att ha underjordiskt utsläpp.

För att undvika ispåbyggnad rekommenderas isolerade värmeplattor på lämpliga platser. Det nämns även att betongpirer kan värmas med elektrisk värme genom armeringen.

2.2 ICOLD RAPPORT BULLETIN 105-DAMS AND RELATED STRUCTURES IN COLD CLIMATE DESIGN GUIDELINES AND CASE STUDIES

Referens [2] (Bianov, 1975) skriver en rekommendation om att ha skydd över utloppen för vattenkraft som byggs på mark med permafrost. Dessa kan bidra med en jämnare temperatur över året. I övrigt berörs inte problematik med vinterspill eller rekommendationer kring detta.

2.3 ICOLD RAPPORT BULLETIN 172-TECHNICAL ADVANCEMENTS IN SPILLWAY DESIGN-PREPRINT

Denna referens [3] (kapitel 8) rekommenderar att undvika design av utskov som bidrar till att vattendimma kan bildas. Det ges dock inte rekommendationer eller bra exempel på hur design bör göras för att det ska bli så lite vattendimma som möjligt vid vinterspill. Vid Sayano-Shushenskoye bidrog vattendimma till omfattande ispåbyggnad vilket gav en stor oönskad extra last på rören vilket delvis bidrog till haveriet [3].

2.4 ENGINEERING AND RESEARCH CENTER – ICE PROBLEMS IN WINTER OPERATION (BURGI ET.AL. 1971)

I [4] skrivs att ispåbyggnad vid utlopp normalt orsakas av läckage eller stänk vilket i sig kan orsaka lokal skada på konstruktionen. Det nämns även att detta kan förhindra tillgänglighet av luckor för att spilla vid nödläge.

2.5 U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS EM 1110-2-1612 ENGINEERING AND DESIGN – ICE ENGINEERING (REV. 4 2018-08-31)

Publikationen av U.S. army corps är väldigt omfattande när det kommer till isproblematik. I avsnitt 13–7 ges rekommendationer om att använda installationer med elvärme för att förhindra ispåbyggnad på pelare och tätningar (falsvärme). Det nämns även att ytbeläggningar såsom epoxi eller copolymerer visat sig fungera bra genom att minska isens vidhäftning till betong eller stål. Skivor med polyeten som har hög densitet har också visat sig bidra till att det är lättare att få bort isen.

Det nämns i avsnitt 13–9 att en plan bör utfärdas för hantering av problem som uppstår på grund av is i floder med dammar. Detta innebär en heltäckande plan med studie av hur isbildningen sker längs hela floden och anpassning utifrån de olika dammarna på vägen. Denna rapport omfattar dock endast problem som skapats vid vinterspill i kallt klimat. Det är dock en mycket god idé att ha en förbestämd plan för hantering av vinterspill för att undvika problem med isbildning.

I avsnitt 14–5 nämns att vinterspill kan orsaka ispåbyggnad på pelare, luckarmar och längs med sidotätningar på segmentluckor vilket påverkar luckans tillgänglighet.

Avsnitt 18–21 och avsnitt 20–4 redovisar ytbehandlingar för att minska vidhäftningen hos is. 18–21 nämner sampolymerer (copolymer på engelska), epoxibeläggning och skivor som monteras på betongytor med betonginfästningar. Avsnitt 20–4 är reviderad 2018 (därmed nyare) och innehåller bland annat en stor studie som testat 8 material och 29 ytbeläggningar har testats för att avgöra hur mycket isens vidhäftning minskar.

Det nämns även att när vid användning av ytbeläggningar för att minska vidhäftningen bör beaktas att denna är känslig mot fysisk åverkan. Om man behövt använda lansar med högt tryck för att få bort is trots ytbeläggningen är det dock troligt att ytbeläggningen tappat sin funktion av någon anledning, t. ex. åldring.

För skivorna nämns att det blir svårt att få bort isen vid infästningarna, varför denna skulle behöva förbättras. Längre fram i rapporten ges förslag på hur infästningen skulle kunna justeras för att möjligtvis lösa infästningsproblematiken.

Avsnitt 20–2 i [5] presenterar även metoder för att dimensionera värmerör till fasta installationer. Det görs något förenklat genom att anta endimensionell värmeledning där man räknar ut totala värmeförlusten (från värmeröret) till närliggande delar. Det redovisas för flera exempel då randvillkoren varieras. Om

man har betong på ena sidan och luft på andra blir den dimensionerande värmeeffekten lika med summan av värmeförlust mot betong och värmeförlust mot luft. Det redovisas även för andra randvillkor, t. ex. om man har vatten på ena sidan och luft på andra (motsvarande stängd lucka), eller om man har vatten på båda sidorna av värmeledningen (motsvarande lucka under vatten).

2.6 LINNOVATION AVISNING PLANLUCKA KVISTFORSEN (SKELLEFTEÅ 2023-02-15)

Denna projektrapport [10] beskriver hur Linnovation tillsammans med Statkraft genomförde ett projekt i syfte att utvärdera möjligheten att använda Linnovations patenterade system med värmepaneler för att lösgöra fastfrusna luckor vid behov att manövrera dessa vintertid. Systemet används annars för avisning av vindturbinvingar på vindkraftverk. Projektet pågick under perioden 2022–2023.

Det gjordes också ett skarpt test med en planlucka i Kvistforsen (Statkraft) som försågs med dessa värmepaneler. Avisningstestet redovisas i rapporten "Test avisning planlucka Kvistforsen 2023-02-14" [11]. Resultaten visade att värmeplattorna blev tillgängliga efter att ha varit i gång 45 min.

3 Erfarenheter från svenska dammägare

Detta kapitel presenterar hur informationsinsamling från olika dammägare har gått till och vilka intervjufrågor vi har önskat att de ska besvara utifrån deras erfarenheter och kunskaper från problem med vinterspill i kallt klimat. Fokus ligger på (1) vilka delar som påverkats och vilka problem som uppkommit på grund av vinterspillet. (2) Vilka metoder som användes för att åtgärda problemen för respektive del. Även vilka åtgärder som genomförts för att undvika problemen i framtiden, alternativt för att snabbare och enklare kunna åtgärda problem i framtiden.

3.1 PERSONER SOM INTERVJUADES

Företagen som de 19 personer jobbar på och som bidragit med de totalt 16 svaren och intervjuerna presenteras i Tabell 3-1. Ordningen på personerna och svaren är inte i samma ordning. Tre intervjuer gjordes med två personer tillsammans. Fem jobbar som dammtekniskt sakkunnig (DS), sex jobbar som tekniker, två som anläggningsingenjörer, två som teamledare, en som samordningsansvariga och två som anläggningsansvariga. Intervjupersonerna har i huvudsak valts ut av oss och i samråd med referensgruppen.

Tabell 3-1. Representerade företag där de intervjuade personerna jobbar och verkar. Personerna har intervjuats och bidragit med erfarenheter av problem som orsakats av vinterspill vid kallt klimat.

Företag	Arbetstitel/ roll
Fortum	Dammtekniskt sakkunnig, sakkunnig i hydrologi/flödesdimensionering
Sydskraft Hydropower AB	Drift och underhållstekniker, dammtekniskt sakkunnig och anläggningsansvarig
Statkraft	Dammtekniskt sakkunnig, RIDAS ansvarig och drifttekniker
Vattenfall	Produktionstekniker, teamledarersättare, drifttekniker, dammtekniskt sakkunnig, teamledare produktion och anläggningsingenjör
Energiservice	Projektledare och samordningsansvarig, senior drifttekniker och drifts- och anläggningsansvarig
Skellefteälvens Vattenregleringsföretag	Driftingenjör

3.2 FRÅGOR TILL INTERVJUERNA

Samtliga deltagare fick svara på frågorna som presenteras i Tabell 3-2 nedan. Deras svar, reflektioner, tankar och idéer utifrån deras erfarenheter och eventuella händelser ute på anläggningarna som de har varit med om har sammanställts och redovisas i sin helhet i bilaga 1 (avsnitt 9.1 till 9.16) i denna rapport. Mycket av den

information i form av text och bilder som de delat med sig av ligger till grund för denna rapport.

Tabell 3-2. Frågor angående tillfället då vinterspill orsakade problem nedströms om luckor

1. Finns en plan/strategi för hur vinterspill ska ske på den specifika anläggningen? Fanns den då problemet uppstod?
2. På vilken anläggning inträffade det problem på grund av spill vintertid? Om anläggningen är anonym, vänligen ange i vilket landskap som anläggningen finns.
3. Varför behövdes det spill vid detta tillfälle? Skedde spillet lokalt eller från DC (driftcentral)?
4. Ungefär hur kallt var det och vad var väderleken när ni behövde spilla?
5. Beskriv spillet. Genom vilket/vilka utskov skedde spillet? Fördelades spillet på flera luckor? Vilken typ av luckor användes? Ungefär hur mycket var respektive lucka öppen? Ungefär hur länge pågick spillet? Ungefär hur stor mängd spilldes?
6. Beskriv problemet som uppstod på grund av vinterspillet. Var hade ispåbyggnaden skett? Vilka delar påverkades? Ungefär hur mycket is hade bildats? Helst med hjälp av foton som kan presenteras i rapporten tillsammans med ert exempel om möjligt.
7. Beskriv hur ni åtgärdade problemet när det väl hade hänt. Vilket metod/teknik använde ni? Ungefär hur lång tid tog det? Hur många personer hjälptes åt för att åtgärda?
8. Vilka andra tekniker övervägde ni att använda/alt. har ni försökt att använda? Om ni använt flera metoder/tekniker, vilka fungerar bättre resp. sämre? Svara gärna både med hänsyn till effektivitet och arbetsmiljö.
9. Har ni utfört några åtgärder för att förebygga isbildning nedströms vid vinterspill och hur isf.?
10. Övriga tankar och idéer kring detta?

3.3 SAMMANFATTNING

Sammanfattningsvis så kan vi konstatera att problematiken med vinterspill varierar och det finns olika sätt att hantera vinterspill. Detta fenomen är unikt och ser olika ut för varje anläggning. Olika problem kan uppstå och behöver hanteras därefter.

En del anläggningsägare har god erfarenhet, kunskap och en beredskap för att hantera detta. Det är ofta de som också regelbundet utsätts för detta fenomen. Vissa anläggningar är inte lika utsatta och har därför inte den beredskap som kan behövas vid vinterspill. Man behöver vara mer uppmärksam och "beredd" på den problematik som kan uppstå då man eventuellt behöver spilla vintertid.

4 Risker och utmaningar med vinterspill

Detta avsnitt sammanfattar de risker och utmaningar som identifierats med vinterspill. Sammanställningen bygger på kunskapsåterföringen genom intervjuerna, varför det inte är en komplett sammanställning av alla risker som vinterspill innebär. Syftet är dock att ta upp relevanta exempel av problem som uppkommit och hanterats av erfarna personer som arbetar med anläggningar i Sverige. En förhoppning är att bilderna och exemplen väcker tankar kring de risker och problem som skulle kunna uppstå vid en dammanläggning.

4.1 SAMMANFATTNING AV NOTERADE OCH POTENTIELLA RISKER

I Tabell 4-1 ges en sammanställning av sådana problem som noterats eller som potentiellt skulle kunna uppkomma vid vinterspill. Lokala förhållanden kan ge upphov till ytterligare svårigheter, så listan ska inte betraktas som komplett. Den grundläggande problematiken redovisas i avsnitt 4.2.

4.1.1 Väderlek och förhållanden vid problem

Isproblemen från vinterspill har visat sig uppstå relativt snabbt när temperaturen hamnar runt -15°C till -20°C . Även snabba förlopp då temperaturen sjunker snabbt under nollgrader har visat sig vara av stor betydelse.

När man behöver spilla kontinuerligt då temperaturen är -30°C eller lägre så är det troligt att det även krävs kontinuerliga åtgärder för ispåbyggnaden.

Vid låg lufttemperatur kan alla nedströms ytor som är exponerade mot luften kylas ner vilket resulterar i att vattendimma snabbt kan kondensera och frysa. Alternativt kan vatten skvätta upp och frysa innan det hunnit rinna av ytan.

Iskravning

Vid grunt uppströmsvatten i kombination med höga vattenflöden som bidrar till att isläggning inte inträffar är risken hög för iskravning. Kravis är i iskristaller som är blandade med vattnet vilket resulterar i en is och vattensörja som är mycket tjockare jämfört med vatten. Detta kan ske redan vid -5°C till -10°C . Detta sänker temperaturen i vattnet ned mot botten, vilket motsvarar det vatten som man släpper ut genom segmentluckor och planluckor. Eftersom vattnet som sprutar ut redan är nedkyllt mot 0°C kommer det krävas mindre nedkylning för att frysa detta vatten. Om det kommer ut genom luckan, träffar en ispåbyggnad och stänker upp på pelaren så kommer det att kunna frysa nästan direkt vilket innebär att ispåbyggnaden sker snabbare.

För att undvika iskravning finns en metod som innebär att man lägger ett isnät på ytan för att lättare skapa ett istäcke som isolerar. Isnätet bidrar då med att sakta ner ytvattnet vilket gör att det lättare blir isbildning vid ytan fastän det kanske är grunt och turbulent.

Tabell 4-1. Sammanställning av problem som noterats eller skulle kunna uppkomma på grund av vinterspill.

Initiering (Händelse/ iakttagelse)	Konsekvens (noterat eller potentiellt)
Vinterspill	Vattendimma på nedströmssidan som resulterar i ispåbyggnad genom kondensation på kalla ytor på nedströmssidan av utskoven och luckor.
Tätningar som läcker och bildar is på sidan av pelaren nedströms luckan	Ojämnhet längs med pelaren som gör att vattnet stänker mer och ispåbyggnaden påskyndas på omkringliggande ytor. Kan t. ex. bidra till att vattnet skvätter upp på luckarmar och belastar luckan med en extra vikt.
Ispåbyggnad på sidor nedströms luckan	Risk föreligger också att is kan bildas genom att vatten skvätter/ stänker in i luckan genom otätheter och håligheter.
Styr- och bärhjul samt räls nedströms luckan	
Eftermonterade värmeplåtar	Luckans manövrerbarhet och tillgänglighet kan gå förlorad och avbördning förhindras. Då luckan körs överbelastad riskerar komponenter som hör till luckans funktion att gå sönder.
Ispåbyggnad mellan pelare och luckarmar hos segmentluckor	
Ispåbyggnad på vegetation till följd av vattendimma	Kan styra flödet åt fel håll och leda vattnet bakom tex. en ledmur. Ispåväxta träd kan gå av tyngden och även välta ned i kanalen.
Ispåbyggnad på broar till följd av vattendimma	Minskad avbördning/indämning och broar kan skadas genom stor ispåväxt.
Ispåbyggnad på kraftledning som korsar vattenvägen nedströms utskov genom vattendimma	Riskerar att ge ispåväxt på kraftledningarna som hänger ned av den större tyngden. Här kan också is falla ned från hög höjd och ge skada på anläggning eller på person(er) som befinner sig under ledningarna.
Sektorluckor är ofta avställda vintertid och påverkas därför inte av isbildning på samma sätt som tex. planluckor och segmentluckor. De tillåts tom. frysa fast	I det fall de skulle användas vintertid så överströmmas de av vatten och blir inte utsatta på samma sätt som plan- och segmentluckor för tex. ispåväxt pga. vattendimma.
Ispåbyggnad på planluckor i falsar, tätningar och utstickande delar	Planluckor som riskerar att frysa fast och därför inte går att manövrera gör att avbördningsförmågan försämras. Överdimensionerade spel riskerar också att förstöra och deformera luckan om inte manövern avbryts vid överlast.
Segmentluckor som i huvudsak används i större omfattning vid spill vintertid pga. av sin goda avbördningskapacitet	Is kan bildas snabbt på luckan stora och kalla ytor vilket i huvudsak gör dem tyngre och därmed svårare att manövrera.
Ispåbyggnad på tröskel/underkant av luckor	Riskerar skada komponenter då man försöker stänga luckan. Kan resultera i oönskad utströmning samt också en otillräcklig avbördning.
Ispåbyggnad på ledmurar till följd av vattendimma	Knäckning av mur pga. stor last. Stjälpning/sättning av mur. Vatten styrs i fel riktning, ger överströmning/erosion.

4.2 MEKANISMER FÖR ISPÅBYGGNAD

4.2.1 Ispåbyggnad från vattendimma vid vinterspill

Den grundläggande problematiken för ispåbyggnad från vinterspill är främst vattendimman som kondenserar på de kalla ytorna samt stänk. Figur 4-1 presenterar tydligt exempel med omfattande ispåbyggnad på en bro till följd av vattendimma. På grund av att en bros ytor kyls ner från flera sidor resulterar det i att vattendimman från vinterspillet kan kondensera och frysa.



Figur 4-1. Bro strax nedströms av utskoven som presenterar inverkan av ispåbyggnad från vattendimma som bildas under vinterspill.

Figur 4-2 presenterar exempel där ispåbyggnad sker på kraftledningarna som korsar vattenvägen nedströms om utskoven.



Figur 4-2. Ispåbyggnad på kraftledning som korsar vattenvägen nedströms om utskovsluckorna.

4.2.2 Ispåbyggnad från stänk vid vinterspill

Vid vinterspill med strömmande vatten innebär alla typer av ojämnheter längs med pelarna att vattnet stänker och hamnar på omkringliggande ytor där ispåbyggnaden fortsätter.

Det finns flera scenarier för hur detta kan inträffa. Enligt intervjuerna nämndes exempel på att en tätning läcker och resulterat i ispåbyggnad på pelaren nedströms luckan. Det kan även vara räls till stödhjul enligt Figur 4-6. Det kan vara så att en värmeplåt eftermonterats och sticker ut från pelarsidan enligt Figur 9-44.

Denna ispåbyggnad kommer resultera i att vatten kan stänka upp på baksidan av luckan och frysa där. Det kan även innebära att vatten tar sig in i luckan genom otätheter och börjar fylla luckan med vatten enligt Figur 9-9.

Normalfallet vid ispåbyggnad på pelarsidor och luckarmar enligt Figur 4-3 är det troligtvis en kombination av stänk och vattendimma. Men när det väl byggt upp lite is vid sidorna är det troligtvis stänk som bidrar mest till den fortsatta ispåbyggnaden. Det är även troligt att processen och ispåbyggnadshastigheten ökar något då mer is innebär att det är mer vatten som skvätter. En viktig grundfaktor är dock temperaturen som nämnts tidigare. Ju längre nedströms desto mer övergår det till att vara vattendimman som bidrar till ispåbyggnaden.



Figur 4-3. Ispåbyggnad på pelare och ledmur.

Figur 4-4 visar ett exempel på där det troligtvis varit en kombination av vattendimma och stänk som resulterat i en mycket stor ispåbyggnad på ett översköljningsskydd på en ledmur.



Figur 4-4. Bild av översköljningsskydd på ledmur. Till vänster är det plusgrader, till höger är det minusgrader.

Ispåbyggnad på ledmur

Ispåbyggnad på ledmurar har kommenterats i många intervjuer och verkar vara vanligt förekommande.

Av samtliga intervjuer från erfarenhetsåterföringen var det inte någon som hade ett exempel där ledmuren fått en sättning eller välvt in mot vattenvägen. Detta trots att det noterats väldigt stor ispåbyggnad (tjocka 5 meter långa isflak från ledmuren). Det kan ändå vara viktigt att tänka på vilka kriterier som avgör när det är större eller mindre risk för att stödmuren stjälpas (välter eller sätter sig) in mot vattenvägen.

Ledmurar som skulle kunna ha problem med stabiliteten är de med s. k. L- eller T-tvärsnitt av betong. Om en ledmur skulle vara byggd som en klumpkonstruktion är det med största sannolikhet inte några problem med stabiliteten.

I Tabell 4-2 nedan ges förslag på kriterier som ger en indikation om man bör vara orolig för att en ledmur riskerar att stjälpas in mot vattenvägen, eller om det troligtvis inte är någon fara. Här antas en normal ledmur med ett L-tvårsnitt och bakfyllning på torra sidan. Om flera frågor tyder på att det finns risk för stjälpning bör man gå vidare med att upprätta en stabilitetsberäkning för den aktuella ledmuren. Beräkningar bör finnas upprättade för ledmurar. Detta innebär att det blir en relativt liten insatts som krävs för att komplettera med en ytterligare dimensioneringssituation som visar hur stor ispåbyggnaden behöver vara för att stjälpas ledmuren.

Beräkning görs då för den aktuella ledmuren tillsammans med ispåbyggnaden som observerats för att se om det finns säkerhetsmarginal eller om man bör göra någon åtgärd. För att öka stabiliteten hos en ledmur med L- eller T-tvårsnitt kan det läggas på mer bakfyllning eller montera en non-stick-yta som gör att isen lossnar av sin egenvikt innan det finns risk för stjälpning. Utöver stabilitetsberäkningar bör även tvärsnittsanalyser genomföras för kritiska snitt.

Tabell 4-2 Förslag på kontrollfrågor för en ledmur för att bedöma om det finns hög eller låg risk för stjälpning.

Kriterier som påverkar säkerheten mot stjälpning	Låg risk	Hög risk
Hur är förhållandet mellan höjden och längden på plattan? Då plattan är lång ökar stjälpstabiliteten.	Höjd \approx längd	Höjd > längd
Isens volym jämfört med betongens volym? Om ledmuren är liten (kort grundplatta och frontvägg) innebär det en mindre egentyngd och kan därmed vara känsligare för ispåbyggnad.	Isvolym < Btg.volym	Isvolym \geq Btg.volym
Finns det bakfyllning på L-stödets grundplatta? Om grundplattan är lång med mycket stödfyllning på torra sidan blir sannolikheten för stjälpning mindre.	Ja	Nej
Finns det mothållande vatten i vattenvägen? Normalt sett växer isen ut som en kaka vid vattenlinjen. Om vattnet sedan sänks av så förlorar ledmuren sitt mothåll och risken för stjälpning ökar.	Ja	Nej
Hur är ispåbyggnadens utseende? Då isen växer längre från väggen blir hävarmen längre vilket ökar risk för stjälpning (om man jämför 2 ispåbyggnader med samma volym is).	Tätt inpå front- plattan	Långt uthäng från front- plattan
Finns det slak bergförankring (enligt ritningar) i bakkant av plattan? Eftersom stjälpning p.g.a. ispåbyggnad innebär stjälpning in mot vattenvägen hamnar rotationsaxeln under frontplattan. Därmed blir den mest effektiva bergförankringen den som sitter längst bak i plattan (långt från rotationsaxeln=lång hävarm).	Ja	Nej

Vid exempelvis Figur 4-4 är det troligtvis en kombination av vattendimma och stänk som bidrar till ispåbyggnaden på ledmuren eftersom det är relativt nära utskovet. Det är dock även frekvent förekommande men omfattande ispåbyggnad på ledmurar endast från vattendimma. Detta visas exempelvis i Figur 9-5 och Figur 9-6, alternativt nedströms om översköljningsskyddet i Figur 4-4.

Ett problem med ispåbyggnad på ledmur som fick stora konsekvenser presenteras i avsnitt 9.7. Problem som detta är dock mycket svåra att tänka sig innan de inträffat. Det visualiseras tydligt i Figur 4-5. Is har släppt från ledmuren och orsakar en mindre, men skadlig, översvämning på nedströms stationsbyggnad. För att undvika detta skulle man vilja förhindra att ispåbyggnaden blir omfattande på ledmuren. Därmed skulle ett passivt alternativ vara att undersöka möjlighet att montera skivor som förhindrar omfattande ispåbyggnad likt exempel från avsnitt 9.13.



Figur 4-5. Isblock som ställt sig vid sidan av vattenvägen och agerar plog till vattnet som strömmar ut från utskovet. Vattnet lyfts upp över ledmuren så att det sedan kan rinna ner till stationshuset på nedströmssidan.

4.3 PROBLEM MED LUCKOR OCH SPEL

Det finns i huvudsak tre lucktyper på våra anläggningar som kan användas vid avbördning vintertid. Det är sektorluckor, planluckor och segmentluckor.

För att vinterspill i kallt klimat ska vara möjligt krävs utskovluckor som är anpassade för detta. Anpassningen till vinterklimat är normalt sett uppvärmda luckor samt fals- och tröskelvärme genom ledningar eller plåtar som är ingjutna på insidan i betongen. Men enligt avsnitt 5.2 finns även flera saker som kan göras proaktivt för att undvika problem med ispåbyggnad nedströms luckorna.

Normalt sett är det planluckor och segmentluckor som anpassas för att användas. Dessa kan normalt sett köras från DC men också lokalt. Risk med manövrering från DC är att de inte ser hur det verkligen ser ut på anläggningen och vid utskoven och luckorna vid öppning och stängning.

Läckage i sido-, stänk- och bottenätningarna är relativt vanligt förekommande och detta bör minimeras i den mån det går. Påbyggnad av is sker snabbt och riskerar att göra läckaget än mer omfattande.

Med hänsyn till risk för oönskad ispåväxt på luckor bör dessa modifieras och konstrueras med detta i åtanke. Det går kanske att belägga en yta med någon typ av "non-stick" material eller applicera en likande ytbehandling eller beläggning. Vidare kan man installera och montera perforerade rör eller liknande på utsatta ställen för att underlätta inkoppling av tex. ånga eller hetvatten.

Vilken lucktyp, sektor-, plan- eller segmentlucka, som är bäst lämpad för vinterspill är svårt att avgöra. Det kräver en specifik utredning där för- och nackdelar studeras ingående för de olika lucktyperna. Det finns många faktorer och förutsättningar att ta hänsyn till såsom; storlek, avbördningskapacitet, konstruktiv utformning, manövrering, uppvärmningsmöjlighet, kostnad m. m.

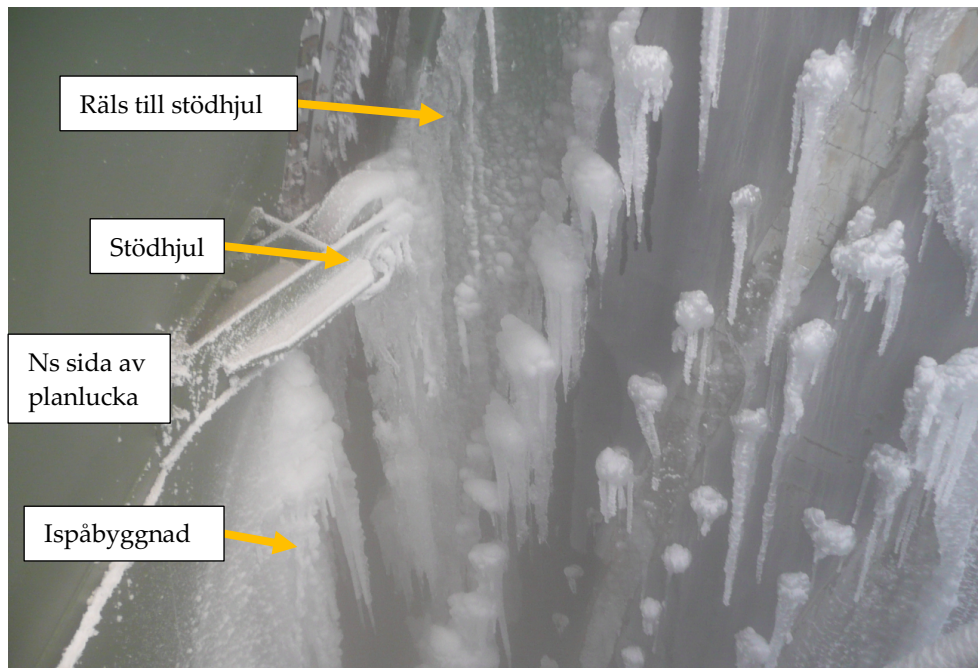
4.3.1 Sektorluckor

För sektorluckor riskerar vaggan bli fylld med vatten som fryser under vintern vilket innebär att sektorluckor inte är tillgängliga av den anledningen. De går helt enkelt inte att sänka ned på grund av isen i vaggan. Därmed är sektorluckor normalt sett avställda under vintern, varför dessa inte berörs av vinterspill i samma omfattning även fast de tillhör anläggningens avbördningskapacitet. Sektorluckor går att ha och ibland att ta i drift under vintern men det krävs ofta en stor och tidskrävande arbetsinsats att hålla dem isfria. Det är vid planerade upprustnings- och underhållsarbeten på andra anläggningsdelar som detta är vanligast.

4.3.2 Planluckor

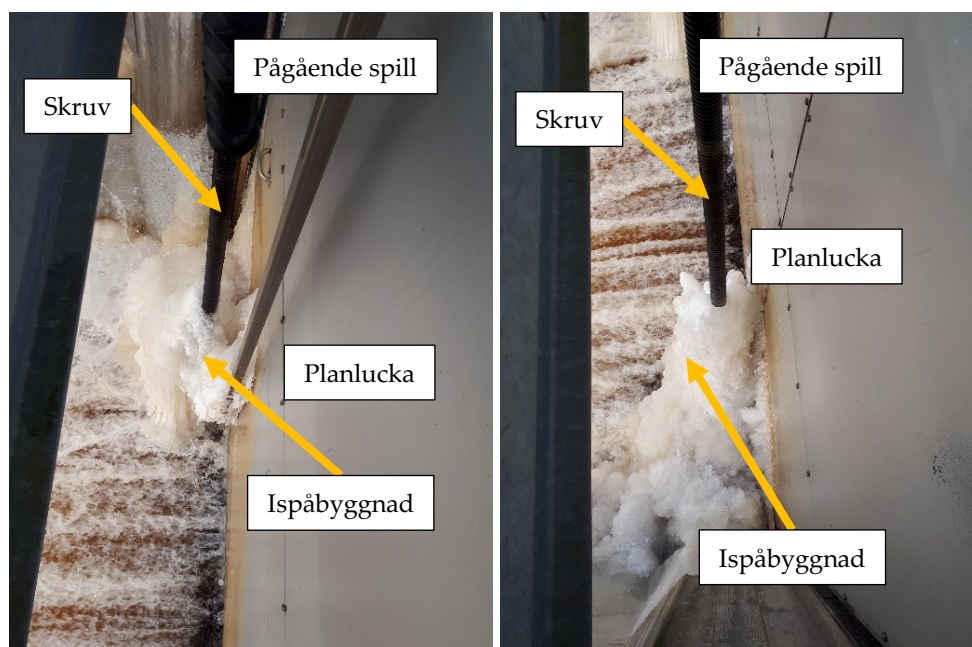
Planluckor kan vara sårbara under vinterförhållanden på grund av sina falsar, förekomst av styr- och bärhjul samt hur de manövreras med tex. skruvdomkraft eller hydraulcylinder. Infästningen av domkraft eller cylinder i luckan är ofta på nedströmssidan och placerad långt ned på luckan för att hålla nere uppstickande delar på anläggningen. Det föreligger en stor risk för att vatten eller vattendimma träffar delar som sticker ut och bidrar med att vatten lättare stänker på omkringliggande ytor där det sedan fryser. Ett exempel på detta presenteras i avsnitt 9.14 som även visas i Figur 4-6.

Det förekommer också (och inte allt för sällan) att planluckor inte är isolerade eller uppvärmda invändigt vilket gör att de fryser fast eller att is bildas på bordläggningsskivan uppströms som gör de tyngre.



Figur 4-6 Is kring stödhjul, anläggning 1 2010.

Ett annat exempel för planluckor redovisas i avsnitt Intervju 14 - Anläggningar i Norrbottens län^{9.14} enligt Figur 4-7 där ispåbyggnad skett på skruvarna (domkraft) till en planlucka och påverkat tillgängligheten av luckan. Detta har åtgärdats framgångsrikt genom att justera så att skruvarna sitter på toppen av luckan. Denna åtgärd har dock gjort så att själva lyftkonstruktionen blivit högre.



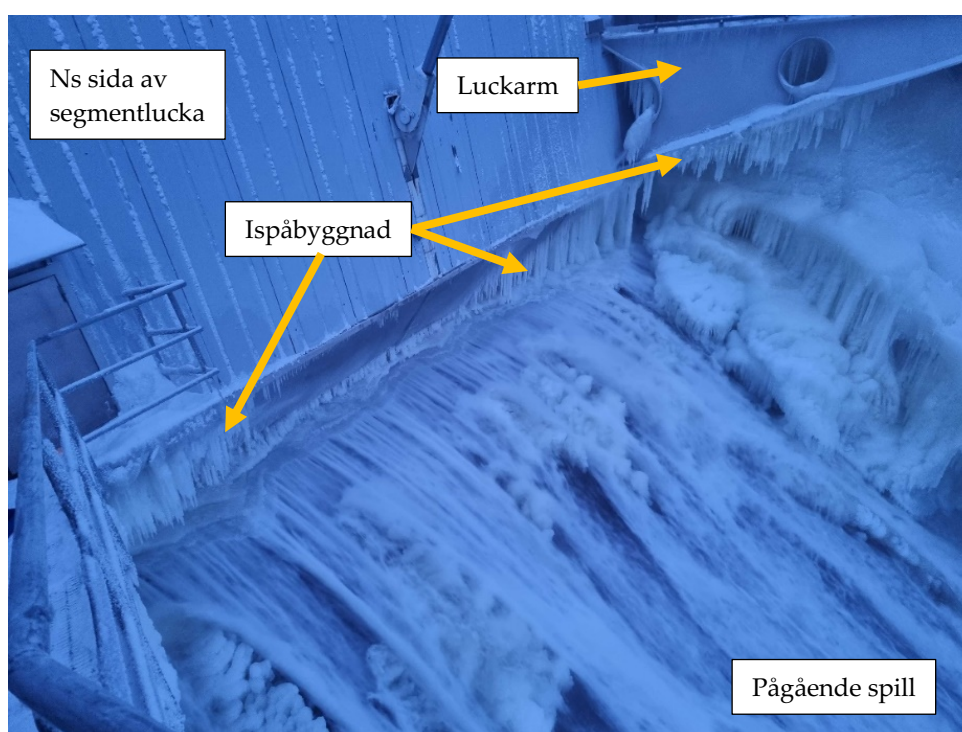
Figur 4-7. Skruvar vid sida av planlucka som möjliggör öppning och stängning av luckan.

4.3.3 Segmentluckor

För segmentluckor är det vanligt med ispåbyggnad på luckarmar och nedre delarna på luckans nedströmssida. Dessa ytor är ofta stora och blir nedkylda med anledning av just detta. Vattendimman kan då snabbt bilda is på dessa stora och nedkylda ytor.

Ispåväxt som också sätter sig på luckben gör även att luckan blir tyngre att manövrera. Risk finns också att ispåväxten blir så pass stor att den hindrar luckans rörelse. Dvs. den fryser fast samtidigt som isen påverkar luckan ogynnsamt i flera riktningar. Tex. en horisontell belastning mellan betongpelare och luckben. Samma fenomen kan uppstå på lucklager som "översköljs" med stor isbildning som följd.

Detta redovisas också tydligt enligt Figur 4-8 från avsnitt 9.11.



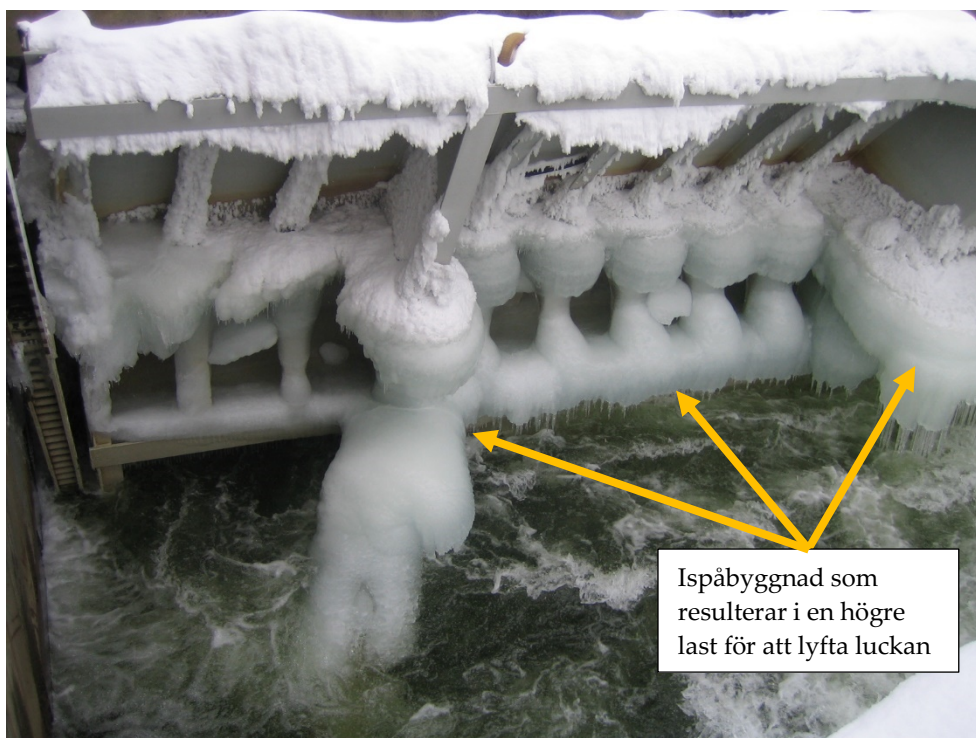
Figur 4-8. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan under pågående vinterspill.

När is bildats nedströms luckan kan vatten stänka och komma in genom otätheter, eller dränagehål i luckan. Detta vatten bidrar dels till en extra last, och om luckan inte är uppvärmd, eller om värmesystemet i luckan inte skulle fungera, så kan vattnet frysa och skada komponenter och delar i luckan. Med anledning av detta så bör luckor konstrueras och utformas på så sätt att vatten inte kan tränga in i luckorna. Känsliga områden på luckorna är vid entrédörrarna, vid luckbensinfästningen, skarvar i nedströmsvägg och genom dräneringshål i nedkant av luckan. Infästningen av pinnkuggstänger i nedkant av luckor brukar också vara ett sårbart område där vatten kan ta sig in och ansamlas. Om det kommer in vatten så ska det kunna dräneras ut.

Figur 4-9 presenterar ett annat fall med segmentlucka då nedströmsvattenytan är hög. Detta är från avsnitt 9.13.

Om is bildas på luckans nedre kant, vid botten tätningen så kan isbildningen göra att luckan inte kan stängas riktigt och detta är också svårt att åtgärda under pågående vinterspill. Då får man låta värmen i tröskeln smälta isen och det kan ta lång tid.

Segmentluckor är större och har god avbördningskapacitet. De används därför i större omfattning och under en längre tid då det behöver spillas vintertid. De är också bättre anpassade för detta med; luckvärme, avfuktning, fals- och tröskelvärmesamt ett isfrihållningssystem på uppströmssidan för att de ska vara tillgängliga för spill då det behövs.



Figur 4-9. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan med nedströms vattennivå som når upp till ungefär halva luckans höjd.

4.3.4 Spel

Det finns olika luckspel som används för manövrering av luckor. Vanligt förekommande mekaniska spel är kuggstångsspel, linspel och skruvspel. I nya luckor är det vanligt förekommande med hydrauliska spel med en cylinder.

Ett manövreringssystem för luckor som används för avbördning ska ha 25% spelkraftsreserv enligt RIDAS. Denna kraftreserv kan ur dammsäkerhetssynpunkt delvis bidra till att bryta loss en lucka som frusit fast men är inte endast avsedd att användas för just det ändamålet. Spelkraftsreserven förbrukas också successivt då is bygger på luckan och gör den tyngre ju mer is som bildas på den. Ändamålet med spelkraftsreserven är generell och specificeras för att ge viss redundans och överkapacitet till manövreringssystemet och dess ingående komponenter.

Att manövrera en fastfrusen lucka medför att utrustning, detaljer och komponenter kan gå sönder med risk för kostsamma reparationer och underhållsåtgärder som följd för att göra luckan duglig och manövreringsbar igen. Se avsnitt 9.16.

Med anledning av detta så måste det finnas system framtagna som larmar och varnar samt bryter manövern när spelmaskineriet är på väg att överbelastas.

4.3.5 Läckage vid falsar och tröskel

Ett vanligt problem är att sido- och stänktätningar fryser fast vid läckage och sedan slits sönder när luckan behöver manövreras. Skadorna blir mer omfattande om detta blir mer frekvent reglering under vintern. Vid s.k. sprutläckage genom tröskel kan det bildas stor ispåväxt (isberg) nedströms utskovet och luckan. Det kan i sin tur ge upphov till isdimma och mer isuppbyggnad riskerar att bildas.

Falsvärme tillsammans med stybbning löser normalt sett isproblem från läckage, då tätningar skadats. Stybb som vanligtvis används är bark eller bark blandat med sand, det finns även exempel där naturlig vulkanaska från Island använts. Tidigare har kolstybb använts, men på grund av nya miljökrav har man fått sluta med denna. Men den naturliga vulkanaskan är godkänd att använda, varför det går att fortsätta använda denna typ av material som stybb mot den tillkommande kostnaden för importen.

För att få ner stybben till läckaget på uppströmssidan används ett rör som förs ner till djupet eller strax ovanför där läckaget förekommer. Sedan hålls stybben ner i röret och vattenströmmen som går genom läckaget för med sig stybben som fastnar och tätar. Det är vanligt förekommande att stybba inför vintern, men om man har frekventa vinterspill bör man även räkna med behovet av att stybba om efter varje spill.

Läckage i tätningarna är inte helt enkelt att åtgärda utan torrläggning av lucka för att på så sätt kunna komma åt att justera eller byta tätningarna.

4.4 STRATEGI FÖR VINTERSPILL

Enligt intervjuerna är det i dag allmänt sällsynt med genomtänkta strategier och beredskapsplaner specifikt för vinterspill även om det finns vissa energibolag och anläggningsägare som tagit fram en strategi för detta. Om det finns en uttalad strategi så ska den kommuniceras ut till de delar i organisationen som berörs av detta. Allt för ofta förutsätts det att det finns kunniga och erfarna tekniker som kan lösa ispåbyggnaden på plats efterhand som problem skapas. Det förutsätter också att tex. ångpannor och utrustning finns nära till hands. En del avisningsutrustning förvaras vid anläggningarna där det planeras för vinterspill.

Det blir stor skillnad mellan planerat och oplanerat vinterspill vilket ställer olika krav. Generellt sett bör det finnas en strategi för hur vinterspill ska hanteras och viss redundans i åtgärdsplanen. Det bör finnas en plan för när det kommer en köldknäpp enligt väderleksrapporten.

En rekommendation är att även involvera DS när det kommer till spillbud. Då får DS en tidig insyn i vilka flöden som kan förväntas och var det sannolikt kommer ske vinterspill samt under hur långa tidsperioder.

5 Designkriterier och erfarenheter från åtgärdsmetoder

I detta avsnitt görs en sammanställning av de åtgärder som använts för att hantera de problem som redovisats i avsnitt 4. För de åtgärdsmetoder som kräver energianvändning (t. ex. ångpanna, värmeplattor och värmekablar) presenteras energibehovet. För de metoder som inte kräver energianvändning (t. ex. non-stick-ytor och strategi för vinterspill) ges förslag på olika kriterier och aspekter att ta hänsyn till. Enligt intervjuerna är det viktigt att ta hänsyn till att hanteringen av vinterspill bör anpassas utifrån anläggnings-specifika förhållanden. En ytterligare faktor som är viktigt att belysa är att resultatet för hanteringen av vinterspill även måste ge en bra arbetsmiljö för de som utför arbetet.

5.1 REAKTIVA METODER FÖR ISBORTTAGNING

Följande avsnitt presenterar de reaktiva metoder som används för att åtgärda ispåbyggnad. Den största skillnaden är att dessa kräver mycket arbetskraft, och är i vissa fall långsammare, jämfört med de proaktiva som redovisas senare. Dessa är avisning med ångpanna och lansar, spruta hetvatten och portabel värmekabel. I Tabell 5-2 visas en sammanställning och kort beskrivning av dessa metoder.

5.1.1 Ångpanna med lansar

Beskrivning

Ångpannor som används för avisning är normalt sett släpvagnsenheter. Det är en mobil enhet för ångproduktion som normalt drivs av sin egen elektriska generator, har inbyggda vatten- och bränsletankar. Den är utrustad med slangvinda och andra nödvändiga ångtillbehör. Släpvagnen kan kopplas till och dras av fordon med standarddragkrok. Den kan även utrustas med dränkbara slangar och pumpar som gör att vatten kan pumpas in i vattentanken, förångas och sedan användas. Detta gör att storleken på vattentanken kan vara relativt liten och vilket därmed möjliggör att enheten kan transporteras på släp med personbil.

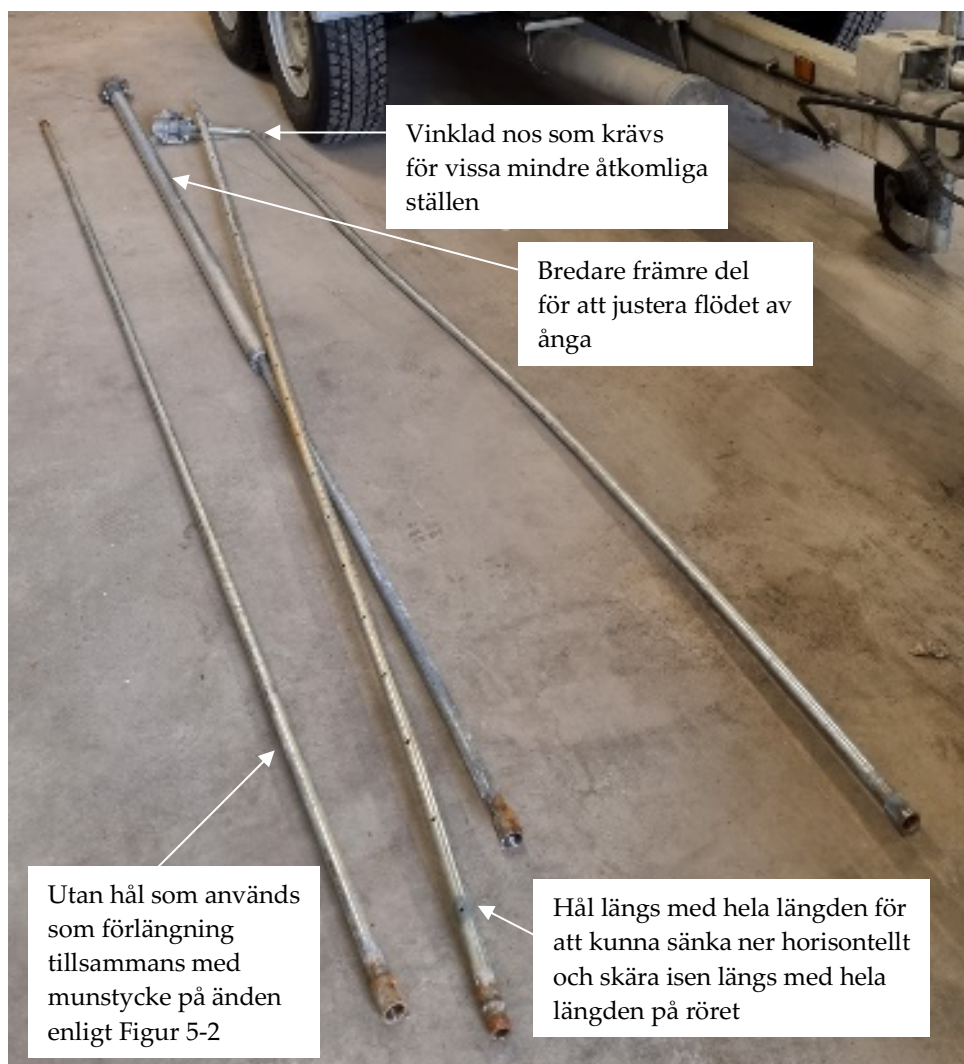
Till ångpannans slangar, där ångan kommer ut, kopplas lansar (rör med hål där ångan kommer ut).

Designkriterier

Enligt intervjuerna anpassas åtgärdsmetoderna till vilka möjligheter som finns på den specifika anläggningen. Men generellt så används främst ångpanna med lansar som vanligtvis är egentillverkade efter behov.

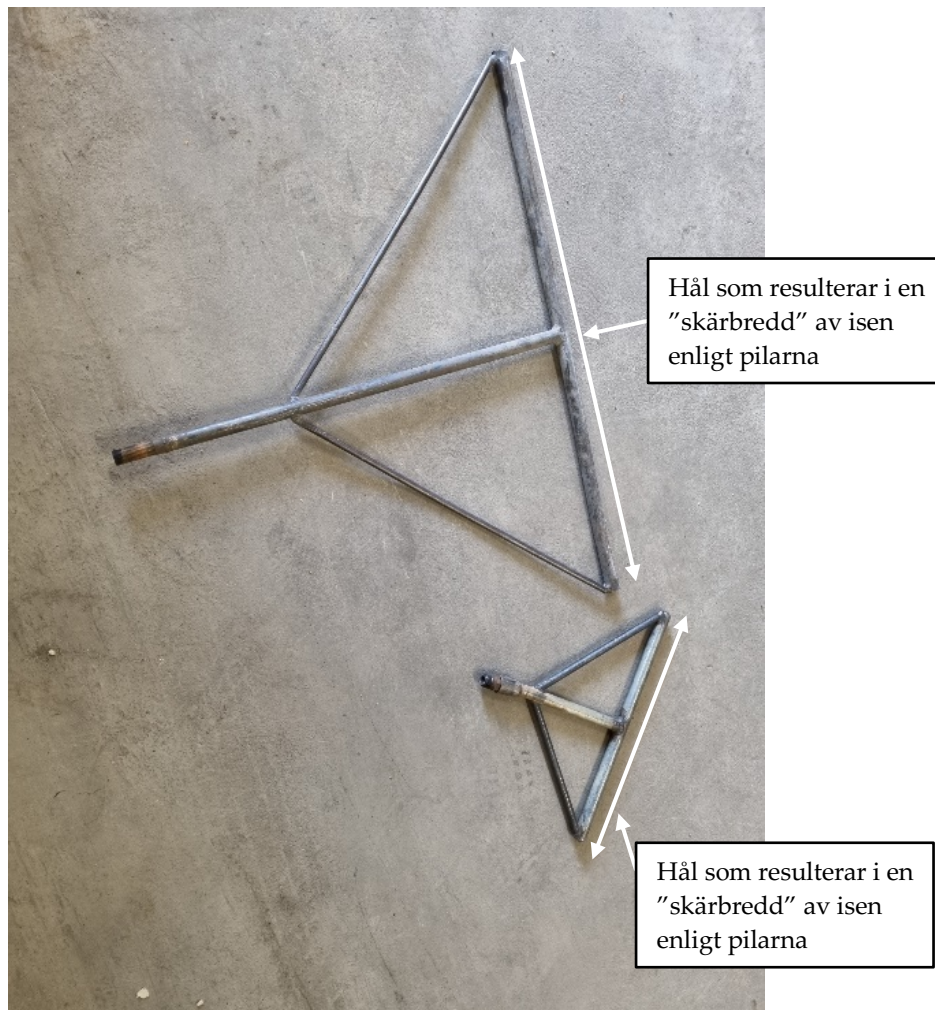
Figur 5-1 och Figur 5-2 ger exempel på hur man kan sätta ihop rör och anpassa sina lansar till den specifika geometrin vid lucka, pelare och fals som man har vid anläggningen. Denna är enklare och innebär mindre risker för den som utför

avisningen jämfört med att använda mekaniska verktyg såsom bilmaskin, såg eller hacka.



Figur 5-1. Egentillverkade lansar med lite olika funktioner för att användas tillsammans med ångpanna.

Några exempel på ångpannor som används är Steamrator MHT 700 av en finsk tillverkare. Den har en värmeeffekt på ca 200 kW och en vattentank på 760 l (0,76 m³) med dränkbara pumpar som kan stoppas ner på uppströmssidan. Denna genererar 250 till 580 kg ånga per timme, därmed krävs normalt sett dränkbara pumpar för att kunna köra en hel arbetsdag utan att behöva fylla på vattentanken. Om man har en bubbelridå som gör att det är isfrihållning framför luckan underlättar det mycket. Ett annat exempel på en äldre modell är Bini av en italiensk tillverkare. Den har också en värmeeffekt på ca 200 kW och en tank på 3m³ vatten. Om det inte finns isfrihållning på uppströmssidan kan man slippa göra hål i isen och ändå ha relativt mycket vatten att ånga med när man har en större tank på ångpannan. Storleken är dock en nackdel med hänsyn till att det inte blir lika lätt att transportera ångpannan fylld med vatten. 3 m³ vatten blir 3 ton vilket innebär att det krävs motsvarande lastbil för att transportera denna, därmed är det generellt sett bättre med en mindre ångpanna som liknar Steamrator med dränkbar pump som kan köras på släp med personbil.



Figur 5-2. Egentillverkade munstycke som används tillsammans med lansar beroende på om man vill skära lite bredare eller smalare, vilket beror på hur mycket utrymme som finns tillgängligt.

Erfarenheter

En fördel med ånga är att ånga är snällare mot ytan jämfört med vatten med högt tryck. Detta är särskilt viktigt för betong eftersom en vattenstråle med högt tryck kan påverka betongytan och eventuell ytbehandling som används på betongytan.

Vid användning av ångpanna bör man ta hänsyn till risk för isbildning i slangen. Ångpannan behöver vara uppvärmd innan man drar ut slangen och börjar spola för att undvika att vatten fryser i slangen. Denna risk ökar med lägre temperaturer vilket innebär att risken ökar då det är störst problem med ispåbyggnad från tex. vattendimma vid vinterspill.

Om man inte spolar kontinuerligt så kan vattnet i den slangen frysa om den är långt utdragen. Därmed kan det bli ett tidskrävande extra arbete att tina det frysta vattnet i slangen innan man kan fortsätta använda ångpannan. Därmed finns det en risk att ångpannan med lans inte är tillgänglig vid mycket låga temperaturer när den kanske behövs som mest.

Användning av kran då man tar bort isen med ångpanna och lansar har rapporterats fungera i vissa fall. Detta är dock beroende på förutsättningarna på den aktuella anläggningen. För att kran ska vara möjligt krävs att vinden inte kan bli alltför stark lokalt vid anläggningen. Kran har enligt intervjuerna även rapporterats vara näst intill omöjligt att använda då det blir alltför mycket rörelse i korgen genom gungning och att korgen börjar rotera.

Arbetsmiljö

Det föreligger flera arbetsmiljörisker i samband med avisning av luckor och betong nedströms i utskoven. Avisning innebär för personalen ett tungt och utsatt arbete som också utförs vid ett ogynnsamt klimat och ogynnsam miljö. Utrustningen är tung och ofta svår att hantera samtidigt som det kan vara jättekallt, halt och snöigt. Det finns ofta också stora svårigheter att nå och få access till de områden som behöver avisas. Detta är något man verkligen behöver ta hänsyn till och vara förberedd på om man avser att använda luckor och utskov vid vintertappning. Därför är det viktigt med genomtänkta lösningar för access till luckor och utskov via tillfartsvägar, gångbanor och plattformar mm. Säkerhets- och skyddsutrustning ska också finnas till hands samtidigt som det finns lättillgängligt. Inför varje tillfälle för avisning ska det göras en riskanalys och bedömning av situationen.

5.1.2 Hetvatten

Beskrivning

I vissa fall förekommer avisning med hjälp av spolning med hetvatten. Det kan vara en spolbil som kommer till platsen för avisning eller så finns det portabla hetvattenaggregat som värmer upp vatten i en tank. Dessa system används mest lite längre söderut där man inte har samma problem med extrem kyla men där det ändå föreligger risk för ispåbyggnad.

Normalt sett är det företag som arbetar med spolning av avloppsrör eller liknande som även erbjuder tjänsten att komma ut med en lastbil med varmvatten för att spola.

Designkriterier

Normalt sett är det inga problem med en hetvattenlastbil att leverera hetvatten som kan spolat. Det som begränsar är tillgänglighet till en sådan bil och om det är för lång transporttid till den aktuella dammen. Trycket kan i regel justeras mellan 0–500 bar.

Erfarenheter

För att inte skada betongen bör vattentrycket inte vara alltför högt i vattenstrålen. Ånga är snabbare mot betongytan jämfört med vattenspolning.

Arbetsmiljö

När man spolat med hetvatten blir det mindre vattendimma jämfört med när man använder en ångpanna. Utöver detta gäller motsvarande arbetsmiljö som för ångpanna.

5.1.3 Portabel värmekabel

Beskrivning

Portabla värmekablar kan användas för att smälta/skära ispåbyggnad på sidorna av ledmurar eller pelare. De kopplas till el med hjälp av nätkabel, batteri eller el verk. En värmekabel kan göras till önskad längd så länge kapaciteten uppnås av exempelvis elverket, då en längre kabel kräver högre effekt. Det skulle exempelvis vara möjligt att anpassa kabelns längd till den längd på nedströms ledmurar där det normalt sett blir ispåbyggnad, alternativt till längden på pelarnas sidor.

Designkriterier

Vid försök som enligt intervju utfördes vid en av anläggningarna som presenteras i avsnitt 9.12 testades värmekabel med effekterna 10 W/m, 40 W/m och 60 W/m. Det blev tydligt enligt dessa tester att det krävs 60 W/m, eller mer, för att effektivt kunna skära bort is från t. ex. ledmurar med värmekabel som läggs ut. Med en kabel på 10 meter skulle detta motsvara lite drygt 600 W och vid 50 meter 3 kW (jmf. m. 200 kW för ångpanna).

Kabeln lades ut och sedan fick den ligga tills den tillsammans med gravitationen skurit bort isen. Det är dock viktigt att även förtöja den på så sätt att den bara kan sjunka ner till vattenlinjen, så den inte sjunker ner i vattnet och fastnar i något och dras med vattenströmmen.

När man bestämmer sig för en längd på värmekabeln man vill använda behöver man även ta hänsyn till utomhustemperaturen och storleken på den tillgängliga strömbrytaren som ska användas. [7] presenterar maximala längder för deras värmekablar med hänsyn till strömbrytarens storlek enligt Tabell 5-1.

Här följer två exempel för att förtydliga tolkningen av tabellen:

- 1) Om man vill skaffa en kabel med 75 W/m som är 25 meter lång och denna behöver vara tillgänglig att använda när utomhustemperaturen är -40°C . Då behöver strömbrytarens storlek vara 32A.
- 2) Om man vill skaffa en 50 meter lång kabel som ska vara tillgänglig att använda då utomhustemperaturen är -40°C så behöver denna vara 60 W/m och det krävs en strömbrytare på 50A. (Om den tillgängliga strömbrytarens storlek endast är 32A får kabeln vara max 38 meter för att vara tillgänglig vid -40°C .)

Tabell 5-1. Max kabellängd (m) jämfört med strömbrytarens storlek.

Effekt W/m	"Start-up" Temp. °C	230V				
		10A	16A	20A	32A	50A
60	+10	30	50	62	86	86
	0	28	44	56	86	86
	-20	20	32	40	62	86
	-40	12	18	24	38	60
75	+10	24	40	50	76	76
	0	18	30	38	60	76
	-20	14	22	26	42	66
	-40	8	12	16	26	40

Erfarenheter

Denna metod tycks inte vara frekvent använd, varför den troligtvis kommer utvecklas med tiden om metoden används mer. Nedan följer dock några goda råd från tidigare erfarenheter.

Ett antal försök utfördes med att fästa tyngder i ändarna för att, i teorin, bidra med en dragkraft neråt och påskynda smältningen. Dessa tyngder utgjordes av muttrar och dylikt som fästes med buntband. De bidrog till att kabeln gick att kasta på ett bra sätt, men då kabeln skulle dras in fastnade dessa lätt vilket bidrog till att kabeln inte kunde dras in. De fastnade även under ismältningen vilket bidrog till motsatt effekt, dvs de höll kvar kabeln och hindra den från att sjunka och fortsätta smälta isen. Om tyngder fästs på ett annorlunda sätt så hade kanske kabeln bättre kunnat värma även tyngderna. Om tyngderna även värmts upp av kabeln skulle dessa inte fastna i isen, utan också kunna smälta isen.

Om det finns grenar inne i isen finns det risk att kabeln fastnar. Men då det inte förekommer infrusna grenar eller liknande så kan en kabel med 60 W/m smälta ca 2 meter is per dygn. Detta gjordes med en 50 meter lång kabel. En kabel med högre effekt per meter kommer den vara snabbare på att smälta isen.

Bästa sättet att montera kabeln på isen visade sig vara att hålla den vid önskat läge några minuter tills kabeln själv bildat ett spår där den sedan fortsätter smälta isen neråt. Det visade sig även vara mer effektivt att lägga kabeln en liten bit från betongytan så att den endast smälter is och inte värmer betongen.

När man lägger ut värmekabeln fäster man den förslagsvis så att den hänger i rep som håller kvar kabeln och gör det lätt att dra upp den. Repen ska då fästas så att de inte hindrar kabeln från att gå neråt. Därmed limmas förslagsvis änden till kabeln och repets diameter får då inte vara större än kabelns bredd (alt. bredare än det spår som kabeln bildar i isen). För att möjliggöra utläggning på långt avstånd används förslagsvis en stång med tång, gripklo eller krok på änden. Syftet är då att gör det enkelt att hålla kabeln vid önskat läge till ett spår i isen bildats och sedan släppa kabeln så att den kan börja tina isen av sig själv.

Arbetsmiljö

En fördel med värmekablar är att det inte kräver att de som utför arbetet hela tiden är ute och övervakar. Efter kabeln lagts ut och skär isen på ett önskvärt sätt så går det att lämna kabeln för att arbeta själv. Det kan dock uppstå blockeringar från grenar eller liknande varför det kan vara lämpligt att kontrollera med jämna mellanrum. En kabel som har 60 W/m kan, enligt tidigare smälta 2 m is per dygn vilket innebär lite drygt 8 cm per timme. Därmed kan en kontrollmätning utföras en gång per timme eller liknande. Med en kabel som har högre effekt går det snabbare och enkla mätningar kan göras för att få fram smältningshastighet för den specifika kabeln. Med given smältningshastighet kan man bestämma en lämplig frekvens för kontroller för att försäkra sig om att kabeln inte fastnat.

Tabell 5-2 Denna tabell visar en sammanställning och beskrivning av de reaktiva metoderna samt deras för- respektive nackdelar.

Sammanställning av åtgärdsmetoder för avisning	Beskrivning	Fördelar (+)	Nackdelar (-)
Reaktiva metoder	Innebär faktiska, konkreta och beprövade metoder för att avisa ytor när problem med ispåväxt har uppstått.	+ Personal på plats som följer och bevakar utvecklingen + Effektivt och direkt resultat	- Kräver beredskap, planering och utrustning - Förutsätter kontinuerligt underhåll av maskiner och utrustning - Arbetet utförs ofta i en krävande arbetsmiljö - Kan vara tidskrävande
Ångpanna med lansar	En ångpanna eller aggregat som genererar ånga. Pannan kan vara el. eller drivmedelsdriven. Ångan tillförs genom ofta egentillverkade dysor, lansar och spett som används för att tina loss ispåväxt och uppbyggnad. De kan vara mobila eller stationära.	+ Effektiv och uthållig metod eftersom vatten till generering av ånga kan hämtas från uppströmssidan + Kan utföras på relativt säkert och långt avstånd beroende på lansens längd och utformning	- Utrustningen måste finnas på plats och inte på någon annan anläggning. - Tung och svårhanterlig utrustning som kräver 2–3 personer - Vattnet till aggregatet kan frysa
Hetvatten	Vatten i en behållare värms upp via en panna som kan vara el. eller drivmedelsdriven. Det kan vara en tank-/ spolbil eller en hetvattentvätt. Det heta vattnet sprutas på isen som behöver avlägsnas.	+ Avisning kan utföras på långt avstånd + Spolning med hetvatten kan utföras av 1–2 personer + En spolbil med lång slang kan parkeras	- Lägre effekt pga. en större avkylande effekt på vattnet i en lång slang - Vid sträng kyla riskerar vattnet att bilda vattendimma

		långt ifrån arbetsstället	<ul style="list-style-type: none"> – Kapaciteten hos vattentanken är begränsad – Tillgång till spolbil
Portabel värmekabel	En värmekabel som anläggs det område där is behöver tinas. En spänning läggs på och kabeln "skär" genom isen.	<ul style="list-style-type: none"> + Avisning kan utföras på längre avstånd + Ej utrymmeskrävande förvaring + Enklare och lättare hantering av utrustning 	<ul style="list-style-type: none"> – Vid sträng kyla hinner den smälta isen återfrysas när kabeln passerat – Kan vara svårt att applicera kabeln där den gör bäst verkan – Reglering av erforderlig effekt behöver styras
Sågning/ bilning	Skär handgripligen med hjälp av erforderliga verktyg och maskiner.	<ul style="list-style-type: none"> + Kan utföras av 1–2 personer + Effektivt och direkt resultat vid själva avisningsområdet + Enkel access till själva arbetsplatsen 	<ul style="list-style-type: none"> – Man måste komma nära isen som ska avlägsnas – Tung och svårhanterliga maskiner och utrustning – Risk att skada bakomliggande underlag tex. betong, eller stål

5.2 PROAKTIVA METODER FÖR ISBORTTAGNING

Följande avsnitt presenterar de proaktiva metoder som kan användas som skydd för ispåbyggnad på nedströmssidan av luckor vid vinterspill. Åtgärderna är non-stick skivor, non-stick ytbeläggning, värmeplattor, värmefläktar och värmerör. Dessa åtgärder, förutom möjligtvis värmerör, går att vidtas på en befintlig konstruktion. Värmerör bör gjutas in vid nybyggnation. I Tabell 5-4 visas en sammanställning och kort beskrivning av dessa metoder.

Arbetsmiljö

En stor fördel med proaktiva metoder jämfört med de reaktiva är arbetsmiljön. De proaktiva metoderna kräver endast en kontinuerlig övervakning så att de inte förlorat sin funktion inför vintern, alternativt förlorar sin funktion någon gång under vintern.

Arbetet med att installera dessa går att planera väl och kan göras med god arbetsmiljö. Även underhåll eller reparation kan planeras och utföras vid goda omständigheter under årets isfria period.

Om det är någon del som förlorat sin funktion under vintern bör det dock finnas en reaktiv metod som redundans för att kunna åtgärda ispåbyggnad.

5.2.1 Non-stick skivor

Beskrivning

Denna metod innebär att non-stick skivor, av t. ex. plast, monteras permanent vid skvalpzonen. Skivorna bör vara på samma höjd som vattennivån brukar vara på under vintern \pm några decimetrar. Detta har visat sig vara en effektiv metod för att minska vidhäftningen av is på ledmurar enligt avsnitt 9.13 där man använt plastskivor av Robalon. Vid användning av skivor bör hänsyn tas till hur vattennivån varierar när det finns risk för att det sker en ispåbyggnad.

Det har visat sig finnas en risk för oönskad ispåbyggnad vid infästningarna och vid skarvarna mellan skivorna, då dymlingar eller liknande används. För att undvika detta ges ett förbättringsförslag nedan som teoretiskt verkar ha potential, men bör undersökas vidare med praktiska försök.

Designkriterier och erfarenheter

Skivorna ska framför allt bidra till en minskad vidhäftning för isen. Om denna är tillräckligt låg kan isen lossna av endast sin egenvikt.

Enligt tidigare presenteras resultat från en stor studie i [5] där vidhäftningen mellan 8 olika material och is har testats. Resultaten visar att Teflon får en vidhäftning på ca 200 kPa och UHMW (Ultra-high-molecular-weight) polyeten som hade drygt 200 kPa när materialet var nytt och under 200 kPa efter exponering (weathering).

Enligt [5] och exempel som nämns i avsnitt 9.13 kan det bli ispåbyggnad vid infästningsanordningar och vid kanter mellan skivorna som bildas från temperaturrelser då skivorna krymper och sväller med den varierande årstemperaturen. Därmed föreslås här en annan metod i bilaga 1 som baseras på samma teknik som används för att göra järnvägsrälsar skarvfria.

För att undvika skarvar mellan skivorna kan tekniken för järnvägsrälsar användas. Denna teknik går ut på att rälsar läggs och svetsas samman så att de aldrig kommer utsättas för tryckspänningar vilket bidrar till att de bucklar. Utläggning sker vid de högsta temperaturer som materialet kommer utsättas för (t. ex. $+40^{\circ}\text{C}$). Detta görs praktiskt genom att göra utläggningen under varma dagar på sommaren samt genom att värma rälsarna så de är i jämvikt med $+40^{\circ}\text{C}$ när de svetsas samman. Eftersom rälsarna är i jämvikt med $+40^{\circ}\text{C}$ när de svetsas samman så kommer de endast att svälla och utsättas för tryckspänningar om temperaturen blir högre än $+40^{\circ}\text{C}$. Så länge rälsen inte utsätts för tryckspänningar finns det inte heller någon risk för att rälsen bucklar (vilket kan resultera i att tåg åker av rälsen). Om temperaturen minskar under $+40^{\circ}\text{C}$ kommer rälsen vilja krympa. Eftersom den är ihop svetsad så kan rälsen inte krympa utan den kommer i stället att utsättas för dragspänningar. Dessa dragspänningar är dock ingen fara eftersom stål har en väldigt hög draghållfasthet.

Utöver detta behövs en dilatation mot betongen för att förhindra skjuvspänningar mellan skiva och betong som uppkommer på grund av temperaturvariationer över året.

Denna uppnås förslagsvis med bitumenmassan som normalt sett används vid dilatationsfogar för betongmonoliter enligt RIDAS TV9 Syftet blir då både att fungera som vidhäftning, och att fungera som en dilatation mellan skivorna och betongen. Polyeten skivor har normalt sett en längdutvidgningskoefficient som är mycket större (ca 50 till 200 $10^{-6} \cdot K^{-1}$) jämfört med längdutvidgningskoefficienten för betong (ca 8 till 14 $10^{-6} \cdot K^{-1}$). Genom att skapa en dilatation med bitumenmassa skulle skjivspänningarna motverkas.

För att kontrollera om en plastskiva har potential att fungera på detta sätt behöver följande kontroller göras. Beräkning av högsta dragspänning som skivorna kommer utsättas för med hänsyn till temperaturvariation i utomhusluften samt jämförelse med materialets maximala draghållfasthet. Utöver detta behöver även töjningen som kan uppstå underskrida materialets töjning vid brott.

Den dragspänning som materialet kommer utsättas för beräknas enligt följande:

Ekvation 5-1. Hookes lag.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

σ = Spänning.

E = Elasticitetsmodul för aktuellt material.

ε = Töjning.

Ekvation 5-2. Beräkning av töjning.

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T$$

α = Temperaturutvidgningskoefficient (töjning / K).

ΔT = Temperaturdifferens (jämviktstemperatur minus ny temperatur).

Ekvation 5-1 och Ekvation 5-2 ger Ekvation 5-3. Spänningen som beräknas enligt Ekvation 5-3 måste vara mindre än det aktuella materialets brotthållfasthet i drag.

Ekvation 5-3. Beräkning av spänning som uppkommer på grund av en ändring i temperatur.

$$\sigma_{temp} = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Då brottspänningen är större än den spänning som uppkommer vid en viss temperaturdifferens så kommer skivan klara sig bra. Samtidigt ska den totala töjningen som uppstår inte vara större än den elastiska töjningen för materialet. Om skivorna installeras vid +40°C och sedan förväntas bli utsatta för -50°C vore det lämpligt att dimensionera för en spänning som uppkommer vid en temperaturdifferens på 90°C.

5.2.2 Non-stick ytbeläggning

Beskrivning

Denna passiva metod innebär att man täcker betongytan eller lämpliga delar på luckan med en ytbehandling som i praktiken gör att isens vidhäftning mot betong eller stål reduceras.

Anläggningsdelar som kan vara aktuella är ledmurar, pelarsidor och nedströmssidan av luckor samt utsatta delar på själva luckkroppen. Vid ledmurar är det förslagsvis en beläggning som täcker den nivån där vattnet brukar variera under vintern plus ca. en meter över för att täcka in den yta där ispåbyggnaden normalt sett sker. För pelarsidor så täcks förslagsvis den yta där det brukar bli ispåbyggnad. Grovt skulle detta innebära att skivorna installeras på pelarnas sidor längs med skibordet och ca 2 m upp. För segmentluckor skulle det även kunna kompletteras med skivor som går snett på pelarnas sidor i nivå med luckarmarna. Då dessa installeras på pelarsidor det högre krav på att det inte blir skarvar mellan skivor där vatten kan komma in. Det ställer även högre krav på att skivorna ska klara av erosion från vattenflödet och eventuellt bråte som följer med vattnet.

Designkriterier och erfarenheter

I [5] presenteras resultat från en studie där 29 ytbeläggningar har testats. Det man har mätt är hur isens vidhäftning påverkats och hur respektive ytbeläggning påverkats över tid. I de fall då isens vidhäftning ökar över tiden är det troligt att man måste applicera ytbeläggningen oftare medan medel som har bibehållen eller förbättrad effekt har en längre livslängd. Det fanns 9 ytbeläggningar som hade under 500 kPa i vidhäftning, 4 av dessa hade under 45 kPa och "Antice" hade ca 5 kPa i vidhäftning. Den beläggning som hade lägst vidhäftning efter viss exponeringstid ("weathering") var "Hybridshield on PSX-700" som var lägre än 10 kPa. Dessa värden på vidhäftning kan jämföras med Teflon som fick ca 200 kPa enligt testet. Detta skrevs 2018, vilket innebär att det kan ha kommit nya och mer effektiva hydrofoberande ytbeläggningar efter denna studie. Det är lämpligt att titta på den tänkta ytbehandlings förväntade egenskaper och beständighet samt applicerbarhet inför en åtgärd.

Ytterligare en aspekt att väga in är att ytbehandlingar på betong ger andra egenskaper hos ytan och därför potentiellt kan påverka betongens beständighet. I energiforskrappport 2019–615 undersöktes fuktillståndet bakom lagningar med Chesterton ARC 790 V (och H vertikala eller horisontella ytor). Denna rapport tittade på exempel där appliceringen av bruket varit lyckad. Resultaten visade att det inte finns någon förhöjd risk för frostnedbrytning till följd av fuktackumulering. Metoden bedömdes därmed lämplig för skador längs vattenlinjen. Därmed är det rimligt att anta att liknande tätande ytbeläggningar, som kan resultera i lägre vidhäftning för isen, skulle innebära liknande resultat, dvs inga höjda risker för frostnedbrytning.

En nackdel med att täcka betongytan kan vara att sprickor i betongen kan gömmas eller bli svåra att inspektera och hålla under uppsikt. Därför används denna typ av ytor med fördel endast lokalt på ytor där ispåbyggnaden börjar. Genom att endast använda tekniken lokalt på mindre ytor bör det fortfarande finnas goda förutsättningar att upptäcka större sprickor som bildats på grund av överlast eller temperaturspanningar. Detta gäller även för stålytor på tex. en lucka (och dess delar) som kan bli svåra att inspektera och undersöka om det finns sprickbildning eller begynnande rostangrepp bakom ytbeläggningen.

Om det finns non-stick-ytor som minskar vidhäftning mellan is på stål- och betong bör det finnas sätt att kontrollera funktionen hos dessa. Om det är ytbeläggning (som man penslar på eller liknande) kommer denna med största sannolikhet ha mindre motstånd mot nötning jämfört med om man använder skivor. Detta innebär att non-stick-funktionen kan försvinna snabbare och kräver mer frekvent underhåll. En möjlighet är att övervaka funktionen med kameror för de aktuella positionerna och observera om isen växer större och större från år till år för att avgöra om non-stick-funktionen försvunnit.

Sänkt vidhäftning i kombination med att skapa vibrationer kan vara en fungerande kombination för stålkonstruktioner.

5.2.3 Värmeplattor

Beskrivning

Värmeplattor eller motståndsvärmare är plattor av metall som bidrar till ett motstånd då likström leds genom plattan. Motståndet i metallen resulterar i en värmeutveckling som följer Ohms lag enligt $P=I^2 \cdot R$, där P är effekten, I är strömmen och R är resistansen. Den resulterande värmeutvecklingen är därmed effekten, P .

Dessa monteras normalt sett på pelarnas sidor nedströms om luckan. Två alternativ redovisas i Figur 9-48 där det sitter vid luckarmens infästning i pelaren och Figur 9-51 där det sitter vertikalt precis nedströms luckan.

Designkriterier och erfarenheter

För dimensionering av värmeplattor görs därefter en värmeberäkning t. ex. endimensionell analys enligt de metoder som presenteras i [5]. Med givna randvillkor för respektive sida av värmeplattan (t. ex. utomhustemperatur och betongens temperatur) görs en dimensionering av vilken effekt som krävs.

Som exempel på energiåtgång kan nämnas att de panelerna som produceras av Linnovation är designade för en effekt på 1500 W/m². För att tina snö och is krävs mellan 240–400 W/m². Enligt mätningar vid avisningstest (2022-12-20) på en planlucka ökade panelerna 30 grader på 4 minuter vid en utetemperatur på -6°C. Ytan som värmdes var totalt 10,8 m², matningsspänningen var 400 V (3-fas) och den totala effekten var 16,8 kW.

Efter cirka 2 timmar kunde luckan öppnas utan problem vilket resulterade i totalt 32 kWh. Två timmars körning resulterade i 15,2 ampere för 10,8 m², vilket resulterar i en kostnad motsvarande ca 28 kr. Enligt ytterligare tester så kunde det visas att luckan blir tillgänglig igen, efter att ha varit fastfusen, efter att värmen varit i gång under 45 minuter.

Vid lägre temperaturer krävs det längre tid och högre effekt. Därmed bör detta utvärderas vid den specifika anläggningen som systemet körs vid. För att skapa en tydlig bild av hur mycket längre tid som krävs vid en lägre temperatur för att luckan ska bli tillgänglig görs förslagsvis anteckningar med hjälp av en tabell lik Tabell 5-3. Detta ger möjlighet att göra en tydlig sammanställning över hur tiden ökar med minskande temperatur.

Tabell 5-3. Förslag på tabell för att kartlägga tid som krävs för att få luckan tillgänglig med hjälp av värmeplattor vid en viss anläggning och en viss temperatur.

Anläggning	Datum	Temperatur [°C]	Tid från start tills luckan blev tillgänglig [h:min]

Om värmeplåtar används så bör dessa installeras med system som larmar om värmefunktionen går förlorad och behöver repareras. Dessa funktionstestas förslagsvis med jämna mellanrum före och under vintern för att undvika oönskade överraskningar. Utöver detta bör en undersökning göras enligt Tabell 5-3 för respektive värmeplåt och anläggning för att ha god kunskap om tiden som krävs för att luckan ska bli tillgänglig vid en given temperatur.

Ingjutna plåtar har dock nackdelen att dessa kan bli väldigt omständliga att åtgärda vid fel. I värsta fall kan de behöva bilas ut från betongen vilket blir en kostsam åtgärd. Det är möjligt att det är enklare att montera på sidor av pelare och sedan konstruera en lämplig kil eller liknande på uppströmssidan av plåten. Syftet med denna skulle vara att minska inte plåten ska sticka ut och resultera i att vatten träffar kanten och stänker tillbaka på baksidan av luckan.

Linnovation har en produkt med uppvärmningsbara nät av metall som isoleras runt omkring och kan aktiveras efter behov. Eftersom det är ett nät så kan det formas efter alla möjliga ytor. Eftersom bakomliggande betong täcks bör denna användas lokalt där ispåbyggnaden börjar, alternativt där den har störst effekt när den avisar.

5.2.4 Värmebläktar

Beskrivning

Värmebläktar drivs normalt sett av elektricitet och ger en specifik effekt som kan tillföras ett utrymme i t. ex. en lucka.

Designkriterier och erfarenheter

När det finns risk för vatten att komma in i luckor används normalt värmebläktar (aeroterprar) för att undvika risk för isbildning. Effektbehovet varierar beroende på anläggningsspecifika behov, t. ex. luckarm och hur kallt det kan bli. Det kan fungera med bläktar från 2 till 5 kW, men i vissa fall har det krävts 9 kW. Med överkapacitet kan man även erhålla en positiv avisningseffekt på utsidan och därmed undvika ispåbyggnad på luckor. Detta är dock givetvis ner till en viss temperatur då värmen från värmebläkten inte räcker för att värma ytan på utsidan av luckarmen över 0°C. Eftersom luckor varierar och temperaturer varierar över landet kommer effektbehovet för värmebläktar i luckor även variera och behöver testas för respektive anläggning och lucka.

5.2.5 Värmerör

Beskrivning

Värmerör är normalt det som utgör fals och tröskelvärmesystem. Detta är ingjutna rör där en vätska värms upp, och pumpas därefter genom rören för att värma omkringliggande delar (t. ex. fals och tröskel). När vätskan pumpats runt så har den avgett värme och värms sedan upp på nytt. Detta är samma princip som exempelvis golvvärme i bostäder.

Designkriterier och erfarenheter

Permanent installation av värmare är vanliga i svenska dammar, men det främst i syfte för att värma luckan så den inte fryser fast när vintern kommer. Det är dock sällsynt att installera permanenta lösningar för att åtgärda ispåbyggnad på nedströmsidan från vinterspill.

Enligt [5] är det även en tydlig nackdel med permanenta installationer att de ofta går sönder och kräver reparation. Med ingjutna rör och andra delar kan det både bli dyrt och komplicerat att göra reparationer. Det är troligtvis bättre att installera värmeplattor på utsidan av betongen som man lättare kan komma åt vid behov av reparation eller liknande.

Tabell 5-4 Denna tabell visar en sammanställning och beskrivning av de proaktiva metoderna samt deras för- respektive nackdelar.

Sammanställning av åtgärdsmetoder för avisning	Beskrivning	Fördelar (+)	Nackdelar (-)
Proaktiva metoder	Med proaktiva metoder menas förebyggande och förinstallerade åtgärder som förhindrar eller direkt kan avisa en yta som fått ispåbyggnad.	<ul style="list-style-type: none"> + Personal behöver ej nödvändigtvis vara på plats för att säkerställa att det inte finns någon ispåväxt + Kan anpassas, installeras och placeras efter ett förutbestämt behov + Avisning kan "slås på" vid kallt klimat + Anses vara en relativt snabb metod 	<ul style="list-style-type: none"> - Kräver en säker funktion och tillit till systemet - Innebär också att någon typ av utredning och projektering behöver göras
Non-stick skivor	Skivor bestående av non-stick material monteras på de ställen där inte vill att isen ska få fäste.	<ul style="list-style-type: none"> + Skivor monteras och installeras där de verkligen behövs + De kan installeras och täcka en stor förbestämd yta + Behöver ingen yttre kraftkälla 	<ul style="list-style-type: none"> - Skivorna måste kunna sitta fast och tåla stötar och andra yttre belastningar - Infästningen av skivorna behöver utredas och projekteras

			– Svårt att inspektera bakom skivorna
Non-stick ytbeläggning	Ytbeläggning av non-stick beskaftenhet som appliceras (bestrykes) genom pensling/målning.	+ En relativt enkel metod att bestryka/måla och applicera beläggningen + Kan med fördel göras på stora ytor och i små och trånga utrymmen	– Osäkerhet i hur effektivt och motståndskraftig denna metod är – Det är svårt att inspektera bakom ytbeläggningen
Värmeplattor	Värmeplattor kan bestå av inbyggda rör där en värmekabel dragits. De kan också ha försetts med ett uppvärmt cirkulerande vatten- och glykolsystem. Plåtar kan värmas genom induktion. Det finns också formbara mattor som består av ingjutna stickade kopparnät.	+ Avisningssystemet kan slås på vid behov + Effekten kan regleras + Värmeplattor kan installeras på utsatta områden där de verkligen behövs + Anpassningsbara i form och till yta	– Kräver en yttre kraft- och värmekälla – Behöver utredas, projekteras och tillverkas – Svårt att inspektera ytan bakom de installerade plattorna/ mattorna
Värmebläktar	Elektriskt drivna värmeelement med fläkt som ger en specifik effekt och som riktas mot det område som behöver avisas.	+ Enkel installation och appliceras vid behov + Effekten kan regleras eller utökas	– Kräver en yttre kraftkälla – Värme- och energiförluster – Endast lokal uppvärmning
Värmerör	Ingjutna eller installerade rör som distribuerar värme genom en värmekabel dragits i röret. De kan också ha försetts med ett uppvärmt cirkulerande vatten- och glykolsystem.	+ Avisningssystemet kan slås på vid behov + Kan övervakas + Anpassningsbara i form och till yta + Kan ingjutas eller byggas in i konstruktion + Effekten kan regleras	– Kräver en yttre kraft- och värmekälla – Behöver utredas, projekteras och tillverkas – Kan vara svåra att reparera och underhålla om de är ingjutna

6 Rekommendationer och strategi för vinterspill

För att kunna hantera de problem som kan uppkomma vid vinterspill är det viktigt att ha en systematisk metod. Utgångspunkten bör vara att utgå från vilka problem som kan uppstå vid vinterspill och vilken möjlighet man har att hantera dessa på den aktuella anläggningen vartefter en strategi tas fram för hantering av möjliga svåra isförhållanden.

En strategi för vinterspill föreslås tas fram enligt följande:

1. Utred om och när vinterspill kan förekomma
2. Identifiera möjliga risker med vinterspill för den aktuella anläggningen
3. Designa en strategi utifrån de åtgärdsalternativ som finns tillgängliga
4. Implementera strategin och se till att de funkar över tid.

Nedan görs genomgång av dessa fyra steg utifrån resultat tidigare i rapporten.

6.1 UTRED OM OCH NÄR VINTERSPILL KAN FÖREKOMMA

Tabell 6-1 presenterar frågor och frågeställningar som kan vara till hjälp för att analysera och utreda de fyra stegen och som ger en indikation huruvida en anläggning har förmågan hantera vinterspill. Om flera frågor indikerar att anläggningen kan vara dåligt förberedd på att hantera vinterspill är det lämpligt att gå vidare med steg 3 och 4. Frågorna ger också en viss vägledning i vilka åtgärder som skulle kunna minska riskerna med vinterspill.

Genomför ett grundligt arbete för att bedöma hur väl en station är förberedd på att hantera de problem som kan uppstå vid vinterspill.

Tabell 6-1 Förslag på kontrollfrågor för att avgöra behovet av åtgärder för att motverka ispåbyggnad.

Frågor och frågeställningar kring vinterspill på anläggningen	Goda	Dåliga
Är det troligt att det blir en längre tid med mycket kallt väder?	Nej	Ja
Finns det ett behov för längre kontinuerligt spill?	Nej	Ja
Hur många utskov är utrustade för att kunna hantera vinterspill?	>=2	1
Finns erfarenheter av isproblem vid vinterspill på anläggningen eller anläggningar med likartad uppbyggnad i dess närhet?	Nej	Ja
Har körstrategier ändrats vid anläggningen som innebär mer frekvent vinterspill?	Nej	Ja
Planeras längre driftstopp för aggregat som kommer innebära långvarigt vinterspill?	Nej	Ja
Finns proaktiva metoder finns för isborttagning? (Non-stick-skivor, non-stick-beläggning, värmeplattor osv)	Ja	Nej
Vilken redundans finns för de aktuella reaktiva metoderna? (t. ex. 1 eller flera ångpannor? Konsekvens om en skulle gå sönder.)	Flera alternativ	Ett alternativ
Vilka möjligheter finns till reaktiva metoder för isborttagning?		
Finns det en rutin för att kontrollera ispåbyggnad på luckor för anläggningen/anläggningarna? (Finns det risk för att flera luckor fryser fast på flera anläggningar och blir otillgängliga samtidigt?)	Ja	Nej
Finns det en prioritering för samtliga luckor så att det inte är några oklarheter för teknikerna om vilka luckor de ska åtgärda först?	Ja	Nej
Finns det tillräckligt med personal och utrustning för att kunna rotera och hålla samtliga anläggningar isfria vid mycket kalla förhållanden, även under en längre period (uthållighet)?	Ja	Nej

Två eller fler tillgängliga utskov underlättar mycket då drifttekniker slipper stå och utföra arbete på ett utskov som spiller. Ett utskov som spiller bidrar både med ett högt oljud och en vattendimma som innebär dålig sikt och som även kyler, vilket resulterar i en mycket dålig arbetsmiljö.

Med två utskov går det ofta att spilla på det ena under tiden arbete utförs på den andra, vilket bidrar med en bättre och säkrare arbetsmiljö oavsett åtgärdsmetod.

Om det endast finns ett utskov finns ingen redundans vilket ställer mycket större krav på åtgärdsmetoden. För att inte göra situationen ohanterlig bör åtgärd troligtvis sättas in mycket tidigare (vid mindre ispåbyggnad) jämfört med om det finns två tillgängliga utskov för vinterspill.

Om det finns tidigare erfarenheter av vinterspill är detta en indikation på att problem kan förväntas och därmed att en strategi är lämplig att ta fram. Förändrade körsätt kan på vissa ställen orsaka problem, t. ex. att marknadsmässiga orsaker leder till spill trots stark kyla, vilket kan ge upphov till isproblematik.

I många av intervjuerna framkommer att vinterspill pågått under en längre tid på grund av aggregatavställningar. Det kan därför vara lämpligt att inför sådana arbeten ha tillfälliga proaktiva metoder på plats, men som inte nödvändigtvis måste utgöra fasta och långsiktiga installationer.

För att få reaktiva metoder att fungera är det nödvändigt med god åtkomst, men också att erfarenhet av användande av den tänkta metoden finns. Vidare är många reaktiva metoder arbetskrävande och många personer behöver vara inblandade. Tidig upptäckt är också viktigt för att undvika onödigt stor ispåbyggnad.

6.2 IDENTIFIERA MÖJLIGA RISKER MED VINTERSPILL FÖR DEN AKTUELLA ANLÄGGNINGEN

Om vinterspill bedöms kunna vara ett problem på anläggningen är det rimligt att genomföra en riskanalys där möjliga problem och deras konsekvenser övervägs. Problem med hög sannolikhet och låg konsekvens innebär ofta att det är problem som är kända och ofta uppkommer med vinterspill. Problem med låg sannolikhet kan dock vara svåra att inse innan de uppkommit vilket kan bli kostsamt och i vissa fall ge upphov till andra typer av konsekvenser.

Tabell 4-1 kan användas som utgångspunkt för att genomföra en riskanalys.

Exempel på låg sannolikhet med hög konsekvens som kan vara svårt att upptäcka på förhand skulle kunna vara enligt avsnitt 9.7. Is från en ledmur lossnar och ställer sig i vattenvägen så att vatten forsar upp och översvämmar en stationsbyggnad på nedströmssidan. Att identifiera dessa är svårt, men en start är att utgå från de exempel som redovisats i denna rapport och sedan fundera på vilka liknande scenario som skulle kunna ske på den aktuella anläggningen.

6.3 DESIGNA EN STRATEGI UTIFRÅN DE ÅTGÄRDSMÖJLIGHETER SOM FINNS TILLGÄNGLIGA

Då potentiella risker med vinterspill har identifierats bör åtgärdsalternativ analyseras och en strategi för att hantera dessa tas fram. De åtgärder som beskrivs i avsnitt 4 och 5 kan användas som utgångspunkt. En generell rekommendation är att proaktiva metoder bör eftersträvas (non-stick-beläggning och värmeplattor) och att reaktiva metoder bör användas som redundans.

Vid frekvent förekommande problem vid vinterspill är detta särskilt viktigt. Vidare ifall då problem med vinterspill kan leda till dammsäkerhetspåverkan, t. ex. genom att luckor eller ledmurar skadas.

Vid val av reaktiva metoder är det oerhört viktigt att de planeras väl, både för att undvika stora risker och för att säkerställa en god arbetsmiljö.

En specifik beredskapsplan bör upprättas för att driftpersonal ska veta precis vad som bör göras för att hantera risker och problem som vinterspill kan innebära. Detta följer RIDAS tv7 avsnitt 2.8.

Vid projekt som innebär längre tids vinterspill kan det vara nödvändigt att vidta särskilda åtgärder för att hantera de problem som kan uppstå.

6.4 IMPLEMENTERA STRATEGIN OCH SE TILL ATT DE FUNKAR ÖVER TID

Då en lämplig strategi och åtgärder för att hantera vinterspillet tagits fram behöver dessa också implementeras och underhållas över tid.

För reaktiva metoder kan det innebära att personal behöver utbildning med jämna mellanrum, för proaktiva metoder innefattar det kontroll av åtgärdens effekt och/eller verifikationstest.

Används en eller flera ångpannor/ångaggregat, med tillhörande lansar, så bör förslagsvis en tabell enligt Tabell 6-2 upprättas baserat på sina tidigare erfarenheter. Observera att Tabell 6-2 endast är ett fiktivt exempel, eftersom olika anläggningar kan kräva olika många tekniker och olika lång tid att åtgärda så bör en tabell upprättas för respektive anläggning. För vissa anläggningar så gäller säkert samma eller liknande tabeller, men dessa bör upprättas och underhållas över tiden för att man ska ha en god uppfattning om sin förmåga att åtgärda luckor. Observera även att vid extremt låga temperaturer kan det krävas kontinuerligt arbete enligt intervjun som presenteras i 9.3. Om man har flera anläggningar är det troligt att det kommer bli en brist på personal, alternativt att personalen får arbeta i skift och sliter ut sig relativt snabbt.

Tabell 6-2. Tabellen visar en fiktiv sammanställning som kan göras av dammägare baserad på tidigare erfarenhet för att lättare planera och bedöma behovet av tekniker som behöver arbeta med avisning beroende på temperatur.

Utomhus-temperatur [°C]	Uppskattad tid till luckan fryser fast	Arbetskraft	Tid för avisning
$0 > T \geq -10$	3 till 6 veckor	3 pers. + 1 ångpanna	1–3 dagar
$-10 > T \geq -20$	1 till 3 veckor	alt.	
$-20 > T \geq -30$	2 dagar till 1 vecka	3 pers. + 1 spolbil	Kontinuerligt arbete krävs
$-30 > T$	Mindre än ett dygn/ Kontinuerligt behov	alt. 3 pers. + 4 värmekablar	

För proaktiva, passiva metoder bör funktionen hos dessa testas regelbundet inför varje vinter. Det bör även finnas en rutin för övervakning av dessa för att säkerställa att de fungerar under vintern.

7 Rekommendationer och förslag till fortsatta studier

Nedan följer en sammanställning av rekommendationer och förslag till fortsatta arbeten och studier i ämnet.

Som det har framkommit i rapporten så är det av stor vikt att förhindra att is bygger på anläggningsdelar såsom; ledmurar, betongpelare, skibord, luckor mm. Detta med anledning av att luckorna ska kunna vara tillgängliga vid behov för avbördning även vintertid. Det gäller också att inte luckornas spelmaskineri överbelastas eller riskerar att bidra till oönskade haverier vid manövrering. Med anledning av det så är det bra att identifiera och hitta reaktiva och proaktiva metoder för avisning som verkligen fungerar, både tekniskt och ur ett arbetsmiljöperspektiv.

Det rekommenderas starkt att utfärda en väl genomtänkt strategi för sin anläggning om det behöver spillas genom utskoven vintertid och under kalla förhållanden. Denna strategi behöver också kommuniceras och implementeras till delar inom den egna organisationen men även externt och till de som berörs när det behöver spillas under årets kalla månader.

Ett konkret förslag till fortsatt utredning och studier i ämnet är att ytterligare identifiera, hitta och verkligen prova proaktiva metoder för avisning som kan användas och appliceras på de redan befintliga anläggningsdelarna. Det kan t. ex. vara non-stick ytbeläggningar/ skivor, el-uppvärmda värmeplattor/ mattor, förmonterade värmerör mm.

8 Referenslista

- [1] ICOLD (1987). *Spillways for dams*, Bulletin 58
- [2] ICOLD (1996). *Dams and related structures in cold climate design guidelines and case studies*, Bulletin 105
- [3] ICOLD (2016). *Technical advancements in spillway design-preprint*. Bulletin 172.
- [4] Burgi et.al. (1971). *Ice problems in winter operation*, Engineering and research center.
- [5] U.S. army corps of engineers (2018). *EM 1110-2-1612, Engineering and design – Ice engineering* (rev. 4 2018-08-31)
- [6] Rosenqvist M. och Holmqvist A. (2019). *Fukttillstånd i betong bakom Chesterton-lagning*, Energiforsk, Betongtekniskt program vattenkraft, Rapport 2019:615.
- [7] Heat Trace (2024). *FailSafe Super FSS.pdf*.
<https://www.heat-trace.com/download/18.7419a73a17e448ca8843c0/1697719462444/FailSafe%20Super%20FSS.pdf> [2024-01-18]
- [8] Nordic Plastics Group (2024). *Plastnyckel 2016 Web.xls*.
<https://www.npgroup.se/wp-content/uploads/2016/01/Plastnyckel-2016.pdf> [2024-01-18]
- [9] Holst J och Wiberg T. (2019). *Dammsäkerhet i ett förändrat energisystem*, Energiforsk, Rapport 2019:620.
- [10] Lundmark S, Statkraft och Tarberg L, Linnovation. (2022–2023). *Avisning planlucka Kvistforsen*. Projektrapport, Skellefteå 2023-02-15.
- [11] Linnovation (2023). *Test avisning planlucka, Kvistforsen*. Teknisk rapport 2023-02-14.
- [12] RIDAS Tv9 (2020). *RIDAS – Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet – Tillämpningsvägledning Kapitel 9 – Betongdammar*, Energiföretagen.

9 Bilaga 1

9.1 INTERVJU 1 – ANLÄGGNINGAR I ÅNGERMANLAND

De aktuella anläggningarna har ingen specifik plan eller strategi som tar hänsyn till de problem som vinterspill medför.

Lucköppning sker vid behov från DC och då finns en generell prioritering för lucköppning. Luckor öppnas som vanligt, 200 m³/s per lucka som mest. Vid behov delas flödet på flera luckor. Det spills normalt runt 150 m³/s åt gången vilket innebär att det räcker med en lucka.

I det aktuella fallet finns redundans med flera luckor, vilket innebär att då ispåbyggnad sker på lucka 1 ställs den av och spill sker på lucka 2 medan lucka 1 åtgärdas.

Temperaturen för när isproblem uppstår varierar, men ju lägre temperatur är under fryspunkten desto snabbare sker ispåbyggnaden. Ispåbyggnad brukar ske över ett par veckor innan det blir problem vid de aktuella anläggningarna. Detta innebär att det går att upptäcka och planera in åtgärd av problemet i förväg.

Problemet som uppstår under vinterspill är att vattendimman som bildas från vattenflödet hamnar på ytorna nedströms om luckan där det sedan fryser. Det sker främst på sidorna av betongpelare, ledmurar och luckarmar. Efter en viss mängd ispåbyggnad på sidorna av pelarna så träffar vattnet isen vilket resulterar i att vatten stänker upp på luckarmar där ispåbyggnaden fortsätter. Vid tillräckligt mycket ispåbyggnad går det inte att köra luckan. Då ställs luckan av och arbetsorder upprättas för att kunna åtgärda problemet. Om luckan körs vid för stor ispåbyggnad så riskeras även en eller flera delar att gå sönder.

Den teknik som används i första hand har varit ångpanna med lansar som sprutar ånga som tinar isen så att isen släpper. På den aktuella anläggningen krävs en kranbil för att åka ner i en korg och åtgärda isproblematiken. Normalt jobbar 2–3 personer tillsammans. Att åtgärda på detta sätt tar 2–3 dagar per lucka. I det aktuella fallet finns 4 respektive 3 luckor vid anläggningarna. Detta innebär att det gör inget om 1 lucka fryser fast, det finns fortfarande luckor som går att använda. Den igenfrysta luckan går att åtgärda innan nästa lucka också fryser fast.

Falsvärmen löser normalt sett de isproblem som orsakas av läckage genom sidotätningar. Detta innebär att det normalt sett inte kräver någon särskild insats för att åtgärda det.

Andra tekniker som övervägts är värmeplattor. Det finns värmeplattor som monterats på uppströmssidan på en av anläggningarna. De kan sättas i gång för att tina isen så att isen inte ska ha anläggning mot lucka och betong. Det har diskuterats att montera lokalt där ispåbyggnaden börjar för att kunna förhindra den initiala ispåbyggnaden. Det är dock oklart huruvida plattorna skulle klara att sitta kvar med lasten från pågående spill om de monteras på sidorna av betongpelarna. Det har inte utförts några åtgärder för att förebygga ispåbyggnad på nedströmssidan.

9.2 INTERVJU 2 – ANLÄGGNING I DALARNAS LÄN

Det finns ingen plan specifikt för vinterspill, spill sker från DC efter behov. Dock genomförs inspektion av samtliga vinterfunktioner inför vintern, såsom värme i luckblad. Luckor stybbas alltid inför vintern för att förhindra att mindre läckage direkt resulterar i ispåbyggnad så snart temperaturen går under 0°C.

Det har även förekommit projektspecifika beredningsplaner i vissa fall där även plan för vintern inkluderas.

Anläggningen har två segmentluckor (se Figur 9-1 och Figur 9-2) samt en klafflucka (se Figur 9-3) vid stationen som kan ta större delen av spillbehovet. En segmentlucka drivs med hydraulik och en med vajer. Klaffluckan drivs med hydraulik.

Anläggningen har ett litet dämningssområde samt grunt uppströms. Detta bidrar till att det blir väldigt kallt i vattnet (nära 0°C) vilket också ökar risken för isbildning och krav från uppströmssidan. Krav är små millimeterstora iskristaller som flyter fritt i vatten. Krav bildas i öppet, underkylt vatten som hålls i rörelse. Det kan liknas vid att det snöar i vattnet och vattnet blir en sörja av vatten och is (eng. "slurry"). Eftersom det är underkylt resulterar det i en snabbare ispåbyggnad. Krav, och is, som kommer från uppströmssidan sätter vanligtvis igen utskov vilket bidrar till sänkt spillkapacitet samt att isen sänker temperaturen i vattnet. Detta är därmed ett grundproblem vid den aktuella anläggningen som måste hanteras kontinuerligt.

Vid det aktuella fallet (Figur 9-1, Figur 9-2 och Figur 9-3) var temperaturen -25°C till -30°C på natten vilket resulterade i omfattande ispåbyggnad över natten och på endast ett dygn.

Spillet skedde med vattennivåregleringen som öppnade båda utskovsluckorna för att spilla ca 20–25 m³/s per lucka. Då vattennivån inte ändrades som förväntat åkte man ut till platsen och upptäckte ispåbyggnaden. Det gick att spilla genom klaffluckan som är inbyggd i stationsbyggnaden så därmed bestämde man att inte försöka stänga de två öppna utskovsluckorna på grund av den omfattande ispåbyggnaden.

I detta fall har vattendimman bidragit till snabb ispåbyggnad på pelarsidor samt nedre delarna av luckarmar och lucka. Vattnet som kommer träffar ispåbyggnaden och stänker mer vilket resulterar i mer ispåbyggnad.

Då klaffluckan kördes blev det även snabbt isbildning där också från vattendimman. Det var dock tillräcklig spillkapacitet vilket räddade situationen.



Figur 9-1. Lucka 5, vinterluckan ombyggd för ca 5 år sedan. Så här såg luckan ut då den var öppen 52cm vilket motsvarar $21 \text{ m}^3/\text{s}$, men den avbördade bara lite vatten på halva luckan.



Figur 9-2. Lucka 6 har ett spill enligt hur mycket den är öppen på $26 \text{ m}^3/\text{s}$ men den avbördar endast några få m^3/s via en stril i mitten.



Figur 9-3. Klaffluckan tar 40 m³/s och går fullt på bilden, men det fattas nog ett antal m³/s här också p.g.a. isen. Isen byggde på betydligt mer innan allt var över.

Åtgärderna tog cirka 1 vecka. Här användes en lastbil med varmvatten tillsammans med korg och lansar för att komma åt och avisa.

För att undvika liknande problem i framtiden monterades ångrör på nedströmssidorna av luckorna som går att justera och vinkla. Dessa rör kopplas sedan till ett ångaggregat när man behöver åtgärda ispåbyggnad.

Omrörare och infravärmare, samt kontroll av funktion hos dessa, på uppströmssidan används förebyggande för att motverka iskravning.

Tre åtgärder har diskuterats för den aktuella anläggningen. 1) Ta bort plattform (till höger i Figur 9-1) och trädäck där ispåbyggnaden blir mer omfattande då plattform och trädäck fungerar som armering för isen. Det är dock viktigt att överväga vad resultaten skulle bli om det kan resultera i mer stänk eller vattendimma. 2) Undersöka möjlighet att montera gummiduk på undersidan av luckorna, tanken är då att den skulle fungera som en non-stick ytbehandling. 3) Plasttak över utlopp till klafflucka för att minska utstrålning av värme eftersom värmeförluster innebär avkylning och större risk för isbildning.

Tre övriga tankar baserade på den erfarenhet med vinterspill som erhållits av personen som intervjuades. 1) Det viktigt att ta hänsyn till och vara uppdaterad på väderleksrapporter. Om man är väl uppdaterad brukar det vara mycket förutsägbart när ispåbyggnad kan förväntas och därmed ges god tid för förberedelser. 2) Vid anläggningar där det är vanligt med iskravning är det en god idé att försöka lägga ett istäcke för att sedan låta istäcket isolera vattnet. Det isolerande istäcket motverkar därmed underkylning i det grunda vattnet och minskar därmed också risk för att krav bildas. 3) Det tycks bilda mindre vattendimma då man spillar mer från en lucka jämfört med att spilla lite mindre från två luckor.

9.3 INTERVJU 3 – ANLÄGGNING I NORRBOTTENS LÄN

Vid den befintliga anläggningen finns en plan för att hantera vinterspill. Anläggningen har tre utskovsluckor bredvid varandra och vid vinterspill väljer man i första hand att spilla med den mittersta (lucka B) enligt Figur 9-4. Detta har visat sig minimera ispåbyggnaden på nedströms stödmurar till höger och vänster om spillfåran som ligger precis bredvid den högra och vänstra luckan.

I det aktuella fallet då problem uppstod med vinterspill fanns planen på plats. Vinterspillet krävdes på grund av ett haveri på ett aggregat. Temperaturen var normalt mellan -10°C och -30°C , men vid det aktuella fallet var det flera dagar då temperaturen gick under -30°C .

Luckorna var öppna, en åt gången, ca 3 till 4 meter vilket motsvarar ett spill på ca $400\text{ m}^3/\text{s}$. Man började att spilla på lucka B till ispåbyggnaden var för omfattande, därefter fortsatte spillet på nästa lucka medan ångtining pågick på lucka B. Denna rotation pågick under hela vintern.

Problemet som uppstod var att stödhjulrälsen gjorde så att vattnet skvätte överallt och det bildades is på betongen, mellan luckbenen och betongen samt på luckbenet. Även kuggstången blev påverkad av is.

Ångtining utfördes med en ångpanna och tillhörande slangar med munstycken. Detta har visat sig vara den bästa reaktiva åtgärdsmetoden, men den är dock tidskrävande. När det var som kallast (under -30°C) var det som att allt nästan frös ihop direkt efter man precis åtgärdat, vilket gav känslan av ojämnt arbete. Att åtgärda på detta sätt kontinuerligt under längre tid är både fysiskt och psykiskt tungt för arbetarna. Fysiskt eftersom ångtiningsutrustning är tung. Psykiskt tungt eftersom det är svårt att se resultat med en kontinuerlig ispåbyggnad, tillsammans

med det dånande vattnet som är jobbigt att lyssna på under längre tid. Arbetet pågick varje dag i ca 5 veckor när det var som kallast.

Det gjordes även försök med att lägga ut värmekabel för att skära lös isstycken och avlasta arbetarna. Det visade sig dock vara svårt och det blev inte bra eftersom det var för kallt för den värmekabel som användes.

Efter händelsen har nedre delen av stödrälsen kapats av. Stödrälsen ser till att luckan går i lod, men det visade sig att den nedre delen inte var nödvändig. Genom att kapa den nedre delen kunde en stor del av vattenstänk minskas. Ytterligare en åtgärd som genomfördes var att värmeplåtar monterats mellan betongen och lucknavet. Dessa aktiveras när man spiller med luckan, vilket minimerar ispåväxten där.



Figur 9-4. Överblicksbild av utskov från nedströmssidan.

9.4 INTERVJU 4 – ANLÄGGNING I VÄSTERBOTTENS LÄN

På den aktuella anläggningen finns normalt sett två luckor som går att använda under vintern. Strategin vid behov av vinterspill är därmed att använda en tills den inte går att köra längre och sen köra den andra medan den första åtgärdas och återställs. Erfarenhetsmässigt har det även visat sig att det blir mer ispåbyggnad om man kör mindre spill på fler luckor i stället för att köra mer spill på en lucka.

De vanligaste anledningarna till vinterspill är driftstörningar och planerade projekt under vintern som resulterar i vinterspill. Då spiller DC efter behov eftersom anläggningen normalt är obemannad.

Isproblemen brukar börja komma relativt snabbt när temperaturen når -15°C eller lägre. I det aktuella fallet var luckan öppen under månader för att spilla orsaken var ett projekt som blev försenat som krävde att ett aggregat stod stilla under en längre tid.

Stänk och dimma resulterade i ispåbyggnad på träden vilket gjorde att träden böjdes och knäcktes och hamnade delvis i spillfåran enligt Figur 9-5. Figur 9-6 presenterar en bild tagen vid samma plats som Figur 9-5 men mycket tidigare i ispåbyggnadsprocessen. Vatten stänkte också upp på och över ledmuren och det frös på den torra sidan av ledmuren. Ledmurarna klarade sig utan problem i det aktuella fallet och problemet åtgärdades genom att träden avverkades närmast ledmuren.



Figur 9-5 Ispåbyggnad pga. vattendimma som bildar is på vegetationen nedströms.



Figur 9-6 Bilden visar samma område som figur 9-5 nedströms i ett tidigt skede av ispåväxten.

Det diskuterades om is på den torra sidan skulle kunna få ett mothåll och därmed resultera i en islast som skulle stjälpas ledmuren in mot vattenvägen genom temperaturbetingad rörelse. Denna (teoretiska) problemställning skulle kräva att mothållet in mot land skulle behöva vara mycket större jämfört med mothållet från ledmuren. Men det skulle i så fall därmed också kunna åtgärdas genom att se till att materialet bakom stödmuren inte kan resultera i ett så stort/styvt mothåll.

Utöver ovanstående problematik blev det även ispåbyggnad mellan betong och luckarmar, nedanför falsvärmen (enligt Figur 9-7 och Figur 9-8) vilket leder till att luckan fryser fast. Den vanliga problemutvecklingen är att det blir ispåbyggnad på pelare som byggs upp. Ispåbyggnaden på pelaren blir så stor att spillet träffar ispåbyggnaden och resulterar i att det skvätter till omkringliggande ytor såsom luckarmar och baksida lucka. Ispåbyggnad på luckarmar och baksida lucka resulterar i att luckans tillgänglighet förloras och det inte går att stänga luckan.

Figur 9-9 visar också exempel på vad som kan inträffa. Det är när spill träffar ispåbyggnad och det kommer in vatten i luckan. På grund av det kontinuerliga spillet fylldes nästan två meter av luckan med vatten innan man märkte det. Kanalvärmen hade blivit dränkt. När detta sker är det relativt kort tid innan luckan blir otillgänglig för att användas på grund av vattnets egentyngd snabbt överskrider den överkapacitet som finns för att lyfta luckan. För att åtgärda detta har luckorna tätats från utsidan och man har även övervägt att göra dräneringshål till luckorna som förslagsvis skulle sitta någonstans i mitten på nedströmssidan av luckan för att inte kunna agera som ett inlopp för vattenspill som träffar ispåbyggnad och kommer in. Dräneringsrören skulle dock kunna agera som ett inlopp för vattendimma, men då är frågan om lufttrycket inne i luckan kan hålla ute vattendimman.



Figur 9-7. Ispåbyggnad på sidan av betongpelaren till höger om luckan.



Figur 9-8. Ispåbyggnad på sidan av betongpelaren till vänster om luckan.



Figur 9-9. Vatten som träffat ispåbyggnad utvändigt och skvätt in genom dräneringshål och delvis fyllt luckan. Åtgärdsmetoden som vanligtvis används på den aktuella anläggningar är ångaggregat med lansar. Figur 9-10 visar typen av aggregat som ofta används, vilken kan transporteras på släp med personbil. I figuren kan man även se lansarna och tillverkade munstycken som har hål vid främre delen som möjliggör att spruta varm ånga längs med främre delen av munstycket. Den aktuella dammägaren har införskaffat 3 aggregat för att kunna sprida geografiskt och därmed möjliggöra att kunna åka ut och påbörja åtgärder relativt snabbt, oberoende av anläggning.



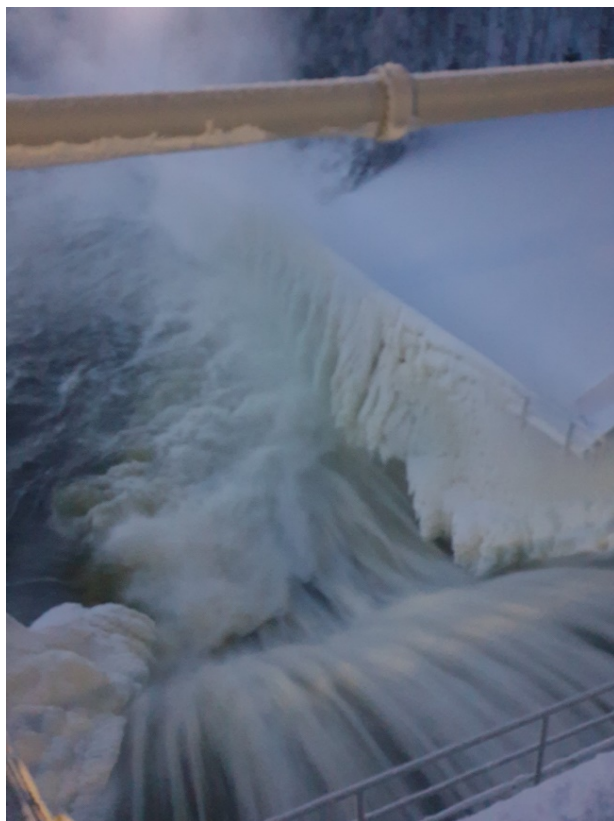
Figur 9-10. Till vänster visas exempel på ångaggregat som kan köras med personbil och på golvet ligger lansar. Till höger visas exempel på munstycken som konstruerats för att kunna skruvas på lansarna. Dessa har hål med jämna mellanrum som släpper ut ångan som flödar genom rören.

Vi isborttagning på den aktuella anläggningen för man ner slangen från aggregatet till en person som står på ett av luckbenen och sprutar därifrån med en lagom lång lans. För att underlätta arbetet med att åtgärda med ångpanna och lansar har plattformar byggts. Detta har fungerat bra, och man har velat undvika att använda kran då korgen har snurrat och rört sig när man testat. Åtgärderna kräver minst 3 personer, helst 4 personer för att kunna växla, och brukar ta ca. en dag. Om man åtgärdar mer frekvent (så det inte hinner blir så mycket is) går det såklart lite snabbare.

Utöver ångpannan har man även testat att använda värmekablar. Dessa har dock haft för liten effekt för att användas vid låga temperaturer.

För att minska ispåbyggnad på betongen nedströms av luckan testades stänkskydd vid sidorna av luckan. De var gjorda av stål, men i det aktuella fallet knäcktes dessa på grund av isen. Eventuellt skulle det hjälpa om den även hade ytbehandlats för att minska vidhäftningen mellan isen och stålet.

Ytterligare ett problem som uppstått var att en iskrage på nedströms ledmur tillsammans med vatten som slår upp mot iskragen resulterade i vibrationer till närliggande hus. Dessa vibrationer som gick genom ler-jorden resulterade i ett högt oljud (dunkar) vilket de boende klagade på. Figur 9-11, Figur 9-12 och Figur 9-13 presenterar några exempel på hur det kan se ut vid ett skibord som ligger över nedströms vattenyta. Ispåbyggnaden växer längs med ledmuren och blir mycket omfattande på grund av vattendimman och stänk som syns tydligt i Figur 9-11.



Figur 9-11. Ispåbyggnad på en ledmur nedströms ett utskov. Vattenströmmen på skibordet syns i bildens nederkant. När vattnet landar från skibordet skvätter det och bildas en vattendimma.

I Figur 9-12 visas hur ett räcke på ledmuren också får en ispåväxt och därmed en armerande effekt. Detta räcke knäcktes senare av och gick sönder då isen började att tina vid töväder.



Figur 9-12. Ispåbyggnad på en nedströms ledmur sett från sidan. Räcket som knäcktes vid töväder är inringat på bilden.



Figur 9-13. Ispåbyggnad nedströms ett utskov på pelare och ledmur sett ovanifrån.

En förebyggande åtgärd som testats är att Robalon-skivor har monterats längs med skvalpzonen på en ledmur. Det har inte blivit några iskragar, men isen har kommit bakom då skivorna stack ut lite vilket resulterade i ispåbyggnad runt varje skiva.

9.5 INTERVJU 5 – ANLÄGGNING I VÄSTERBOTTENS LÄN

På den aktuella anläggningen finns utpekade vinterluckor med särskilda värmesystem, i luckan, falsar och tröskel. Dessa vinterluckor kan köras på fjärr av DC. Övriga luckor som inte är vinteranpassade ställs normalt sett av under vintern.

I vanliga fall kör DC segmentluckorna som är ca 7 m höga och 20 m breda, men om det är en avstängd turbin p.g.a. ett projekt så körs luckorna manuellt. Under ombyggnadsprojekt av turbiner på en anläggning är det inte ovanligt att luckor behöver spilla i månader p.g.a. produktionsspill. Detta för att uppfylla minimitappning för älven så att anläggningar nedströms ska kunna fortsätta producera. Normalt går 450 m³/s genom turbiner, som därmed tar allt vatten. Även om luckorna har värmesystem så märks det att den ursprungliga designen inte tagit hänsyn till att luckorna kan behöva spilla kontinuerligt under flera månader på vintern.

Ofta finns ett samband mellan kallt väder och högt elpris vilket kan kräva vinterspill. Normalt sett blir det problem med ispåbyggnad snabbt vid ca -20°C.

Under vinterspill får man alltid räkna med att is hänger på pelare och upp på ledmurarna. Det är dock oklart huruvida betongen påverkas av detta. Den större risken är att is bildas på luckarmar och på luckan vilket resulterar i att luckan till slut inte kan köras på grund av ispåbyggnaden. För att åtgärda ispåbyggnaden används ångpanna med lans. I första hand används gångbryggor men om det behövs så körs skylift/korg. Minst tre personer krävs för att åtgärda ispåbyggnad, två personer som hanterar ångpanna och lansar och en som kör traktor. Tiden för att åtgärda är från några timmar till några dagar beroende hur omfattande ispåbyggnaden är. Ett alternativ till ångpanna är att använda sig av en hetvattenbil. Denna är dock känslig för långa körsträckor, varför dammar som ligger långt ut från bebyggelse behöver en ångpanna istället för avisning.

Vid kontinuerligt spill med luckan öppen några decimeter så får man räkna med att det sliter på tätningarna längs med sidorna av luckan.

Under perioder med vinterspill som kan vara flera månader sker tappningsändringar per timme och många gånger per dygn. Detta medför att is ofta byggs på (ca 1 dm) på undersidan av luckan och ner mot tröskeln. När DC ska stänga luckan så ser det ut som att luckan inte är stängd. Detta har åtgärdats med ny installerad kameraövervakning på luckorna där personal på DC kan se luckans stängning och inte enbart förlita sig på indikeringar i SCADA. För att åtgärda is längs med tröskel får man öppna och stänga tills all is lossnat, det är dock tidskrävande.

Ytterligare problem finns med stänktätningar (som främst sitter på segmentluckor). De fryser fast luckan och slits sedan sönder när man kör luckan.

Ett annat problem som lätt kan missas är bristande kunskapsöverföring till nyanställda för att kunna köra luckor på ett säkert sätt under vintern. Det finns många saker som det kan bli problem med, och vissa problem uppstår bara en gång vart 10–15 år.

En teknik som nyligen testats är kopparnät på stålyta som byggs in med en plast (polyurea) från Linnovation. Detta är en teknik från malminindustrin där samma nät är monterade på lastbilarna för att tina malmen innan den dumpas. Finns även på vingarna till vindkraftverk för att tina is. Det blir ett fast montage vilket görs lokalt där man har problem med ispåbyggnad. I det aktuella fallet var det på planluckor där panelerna monterades på uppströms och nedströmssidan vid vattenlinjen där is normalt sätt bildas. De kan slås på och tina loss planluckan på en timme.

9.6 INTERVJU 6 – ANLÄGGNING I VÄSTERBOTTENS LÄN

Den generella strategin för vinterspill är att undvika det så långt det går. Om aggregatet löser så måste en lucka upp, vilket innebär att spillet behöver vara konstant 150 m³/s. På den aktuella anläggningen finns två segmentluckor och en sektorlucka. Sektorluckan ställs av vintertid vilket innebär att förutsättningarna är relativt goda med två segmentluckor med fals- och tröskelvärmesamt isolering på nedströmssidan (och strålvärme på uppströmssidan). Luckorna kan köras från DC.

Ett vanligt problem under vinterspill är att det fryser en liten bit nedströms om luckan och på underkanten av luckan vilket resulterar i att man inte kan stänga luckan. När detta händer ställs luckan på isen och sen får falsvärmesamt tina isen tills det går att stänga luckan igen.

Det blir även mycket ispåbyggnad på ledmurar. Men det har dock inte inträffat något fall då ledmurarna fått sättningar och vält in mot vattenvägen.

Stänktätningar klarar sig bra vid den aktuella anläggningen. En anledning till detta skulle kunna vara att man stybbar om för läckage efter varje vinterspill. Stybben som vanligtvis används är 0/18 sand blandat med bark.

2010 och 2012 behövdes det spill flera månader under vintern vid åtgärder för ett aggregat. Under de vinterspillen slets tätningarna sönder och de behövde bytas. Anledningen tycks vara att tätningen fryser fast och slits sönder när man kör luckan. Efter att detta inträffat tillräckligt många gånger så förlorar de sin tätande funktion.

Ett sätt att åtgärda ispåbyggnad är att köra ångpanna. Normalt utförs det av två personer, en som reglerar flödet och en som hanterar lanssen. Det brukar ta en halv till en hel dag per utskov.

En vinter blev det is på, över och under en bro som ligger nedströms utskoven, vilket resulterade i stora skador på bron. För att inte broräcket skulle knäckas användes släggor och yxor medan en grävmaskin jobba för att få bort is från bron.

9.7 INTERVJU 7 – ANLÄGGNINGAR I SMÅLAND

Driftgruppen har en strategi för vilken ordning som luckorna ska öppnas. För vintern ändras det lite då vissa luckor ställs av då de inte är anpassade för vinterspill. Det är vanligtvis planluckor, med skruvdomkraft som drivs med motor eller hydraulik, som finns tillgängliga under vintern med hjälp av fals- och tröskelvärme. Utöver dessa finns det vanligtvis träsättar, spetluckor eller kedjeluckor vilka fryser fast relativt snabbt eftersom de inte är vinteranpassade med t. ex. fals- eller tröskelvärme. Om dessa behöver vara tillgängliga så krävs omrörare på uppströmssidan. Detta skiljer sig mellan de olika stationerna.

Normalt sett görs allt spill av DC, men om någon lucka inte skulle gå att köra så får man åka ut och åtgärda på plats. Spill förekommer vid arbete med aggregat, men det har inte varit ovanligt med höga flöden även i vintertid i södra Sverige.

Vid flera anläggningar bildas kravis i intagskanalerna redan vid -8 till -10 °C och sätter sig i grindarna. Så vid vinterspill har vattnet i botten av intagskanalerna redan en mycket låg temperatur. Det brukar bli mer omfattande problem när temperaturen kryper ner mot -20°C.

I vissa planluckor sitter skruvarna infästa i nerkant och på baksidan av luckan. Två exempel visas i Figur 9-14 där vinterspill skvätter upp på skruvarna och resulterat i ispåbyggnad så att skruvarna till slut fryser fast. Detta har åtgärdats framgångsrikt genom att justera och ändra konstruktionen så att skruvarna sitter på toppen av luckan.



Figur 9-14. Skruvar vid sida av planlucka som möjliggör öppning och stängning av luckan.

Figur 9-15 presenterar ett annat problem som inträffade på nedströmssidan vid ett vinterspill. Ett isblock lossnade från ledmuren och ställde sig vid sidan av spillfåran. Detta resulterade i att isblocket fungerade som en stor plog till vattnet som i stora mängder leddes upp över ledmuren vid sidan av spillfåran. Detta gjorde att vatten rann in i stationen på nedströmssidan.



Figur 9-15. Isblock som ställt sig vid sidan av vattenvägen och agerar plog till vattnet som strömmar ut från utskovet. Vattnet lyfts upp över ledmuren så att det sedan kan rinna ner till stationshuset på nedströmssidan. För att åtgärda ispåbyggnad finns det tillgång till en spolbil från ett närliggande pappersbruk. Denna har en högtrycksslang som kan spruta varmvatten upp till 60 m.

Ytterligare problem som inträffat har varit att kedjektivare till luckor har fryst fast. Detta har åtgärdats genom att byta till vajertivare.

Figur 9-16 presenterar ett exempel på omfattningen av ispåbyggnad från vattendimma som bildas vid vinterspill. Det är en vägbro strax nedströms utskoven. Eftersom bron är nedkyld från alla sidor innebär det mycket gynnsamma förhållanden för ispåbyggnad.



Figur 9-16. Bro strax nedströms av utskoven som presenterar inverkan av ispåbyggnad från vattendimma som bildats under vinterspill.

9.8 INTERVJU 8 – ANLÄGGNING I VÄSTERNORRLANDS LÄN

Det finns ingen särskild instruktion för vinterspill på anläggningen. DC kör i princip alltid eftersom det finns 2 tillgängliga segmentluckor.

Vid det aktuella fallet var det aggregatåtgärder som försenades. Aggregatet skulle tas i drift i oktober 2021 men togs i drift i augusti 2022. Därmed krävdes kontinuerligt spill mellan 100 m³/s och 500 m³/s. Mesta tiden var spillet drivvattenföringen vilket är 325 m³/s som motsvarar ca 1/3 av fullt slag.

Temperaturen var tidvis under -20°C, kortare perioder under -30°C men i övrigt normaltinterväder för området och årstiden.

Största problemet var is som byggdes upp mellan luckben och betongvägg och som gjorde att luckan fastnade och fundamentbrytare löste ut. Därefter manövrerades luckan endast på plats lokalt med stora insatser med avisning som följd. Inför luckmanöver när det var som kallats fick det göras stora insatser med

ett ångaggregat för att kunna manövrera luckan. Det krävs 2 till 3 man och 5 till 8 timmar per gång beroende på hur mycket nedisning som hade skett sedan förra manövreringen. Det går att stå på pelarna och använda långa lansar för att åtgärda. För att undvika större arbetsinsatser i framtiden har man planerat att installera plåtar med likspänning för avisning mellan luckben och betong som ligger i en egen krets. Idag är falsvärme och tröskelvärme i samma krets.

Figur 9-17 till Figur 9-22 presenterar ett annat problem som uppstod vid nedströms ledmur med översköljningsskydd/"vinge"/"keps". Vinterspillet som bidrog med vattendimma och stänk resulterade i kraftig ispåbyggnad på översköljningsskyddet. Eftersom betongen är nedkyld från sidorna är yttemperaturen troligtvis långt under 0°C vilket ger goda förutsättningar för snabb och omfattande ispåbyggnad. En uppskattning som gjorts av dammägaren enligt Figur 9-22 blev ispåbyggnaden som mest 41,3 m³ is /meter ledmur. Detta resulterade i att översköljningsskyddet/vingen på ledmuren bröts av. Det var dock aldrig någon risk för ledmurens funktion så länge inte bottenutskovet behövde användas.



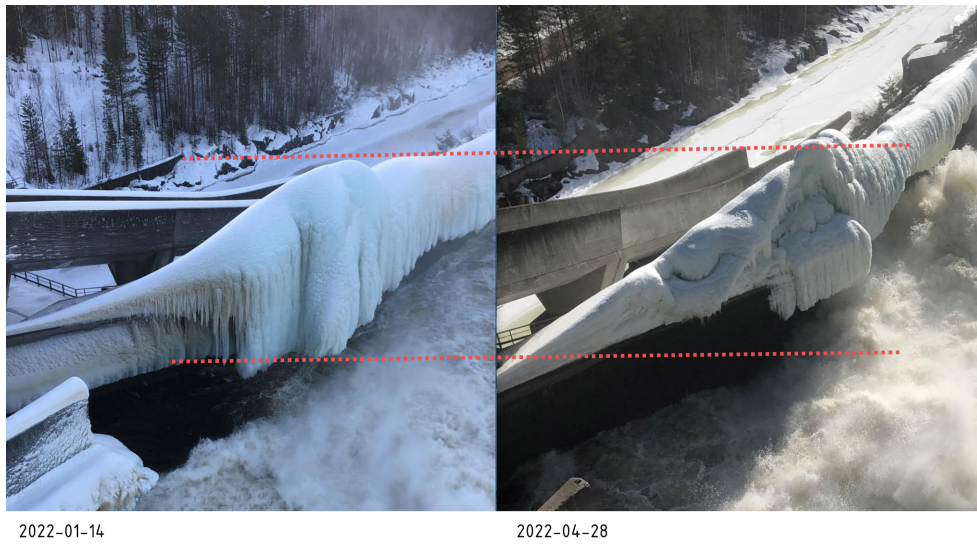
Figur 9-17. Bild av ledmuren med tillhörande översköljningsskydd vid spill då det är plusgrader ute.



Figur 9-18. Omfattande ispåbyggnad på översköljningskyddet.



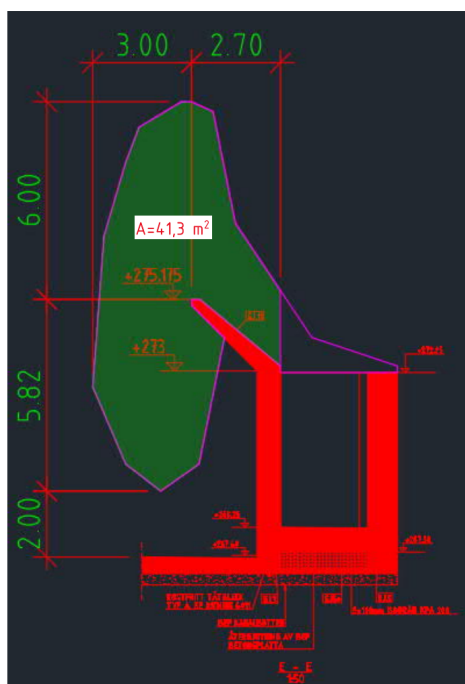
Figur 9-19. Omfattande ispåbyggnad på nedströmssidan av ledmuren.



Figur 9-20. Ispåbyggnad vid två observationer, januari, och april 2022.



Figur 9-21. Mätningar för att uppskatta volym av ispåbyggnad.



Figur 9-22. Uppskattad volymen av ispåbyggnad då den var som störst och översköljningsskyddet gick till brott.

9.9 INTERVJU 9 – ANLÄGGNINGAR I ÅNGERMANLAND

Det finns ingen uttalad strategi för vinterspill. Om det finns en så har den inte förmedlats vidare till samtliga led i organisationen. När det planeras för ett längre spill i stationerna kontrolleras förutsättningarna i förväg.

Vid de aktuella anläggningarna finns segmentluckor och planluckor som är vinteranpassade. Spill är normalt sett mellan 1 m³/s till 800 m³/s. Man använder normalt sett så få luckor som möjligt vid spill, dvs man undviker att fördela spillet på fler luckor vilket är positivt vid vinterspill. Vinterspill sker normalt sett vid driftstörningar eller projekt som sker över vintern. Större projekt bör planeras så att större delen av projektet hamnar utanför vintertid för att minimera vinterspill.

Det burkar gå bra vid kortare spill, problem uppstår främst när det blir långa kontinuerliga vinterspill. Temperaturen vid den aktuella anläggningen kan variera mellan 0°C till -40°C vintertid. Det blir generellt sett fler och mer omfattande problem då spill sker vid lägre temperaturer.

De vanligaste problemen som uppstår är att det isar igen så att det blir problem med att stänga luckorna. Tätningar fryser och slits sönder vid frekvent vinterspill.

Oftast fryser det is på betongpelarna medströms om luckan och därefter byggs det upp till luckarmar och till baksidan av luckan. Det har även förekommit att det blivit ispåbyggnad på spelen till luckan. Normalt sett åtgärdas detta med ångpanna eller lastbil med varmvatten med 2 till 4 personer på plats. Beroende på omfattningen av ispåbyggnad kan det ta mellan några timmar och ett par dagar att åtgärda. I vissa fall när ångpanna eller varmvatten med lastbil inte varit tillgängligt

har man försökt åtgärda mindre luckor med motorsåg och gasol. Detta bör dock endast ses som en nödlösning då ångpanna inte finns tillgänglig.

9.10 INTERVJU 10 – ANLÄGGNINGAR I NORRLAND

Det finns ingen strategi eller plan för vinterspill. Det har även förekommit stora projekt som inte haft någon plan eller strategi även om det varit en stor risk för förseningar över vintern som därmed skulle resultera i stora vinterspill. Om man gör jobb på en segmentlucka så har man troligtvis bara en annan lucka som kan köras. Om man har bara en lucka som kan köras för vinterspill och det utförs jobb på denna så måste det finnas en plan för att hinna återställa luckan innan stora flöden förväntas komma. Det har förekommit tillfälle då arbetet avbrutits för att man ska kunna återställa en lucka inför stora flöden.

De vanligaste problemen som uppstår är att falsar läcker då stänktätningar fryser och skadas och deformeras när luckan körs. Det förekommer även att isolerväggar på nedströmssidan skadas vid ispåbyggnad. Det är ångpanna med lansar som är vanligaste metoden att använda för att åtgärda ispåbyggnad.

Allt spill sker från DC. Generellt sett så har det varit en ökning i frekvensen av vinterspill de senaste 10 till 20 åren. Detta har varit på grund av nya driftsätt, men även på grund av jobb som försenas. En förbättringsåtgärd som diskuterats och planerats har varit att installera kameraövervakning för att DC ska kunna köra på ett bättre och säkrare sätt. Kameraövervakning möjliggör t. ex. att DC ser innan de försöker köra luckan om den är fastfusen. Om den uppenbarligen är fastfusen så kan de skicka ut personal för att åtgärda innan man försöker köra lucka och sliter på tätningar m. m. Det kan dock vara så att kameraövervakning ändå resulterar i en subjektiv bedömning och landar oftast i att man testar och ser om det går att köra luckorna. Men i bästa fall skulle vissa av dessa gånger undvikas, och därmed skulle visst slitage kunna undvikas.

En sak som måste belysas är att DS (dammtekniskt sakkunnig) inte får påverka vinterspillens omfattning. Normalt körs vinterspill från DC baserat på deras prioriteringar och hänsyn till eventuella systemtjänster. Men eftersom vinterspill kan resultera i kostsamma åtgärder så spelar det mindre roll om man kortsiktigt tjänar pengar på en systemtjänst när det därefter blir mer kostsamt att åtgärda problemen som vinterspillen inneburit. Därmed bör DS även kopplas in när det kommer till spillbud för att få insyn i vilka flöden som förväntas och var det finns risk för vinterspill som kan innebära problem och om möjligt försöka minimera åtgärdskostnader.

En aktuell fråga är hur man ska hantera fördelning av ett minimispill över hela året för att kontinuerligt ha en tappning för fisk och vattenliv. Detta minimispill är ett resultat från NAP (nationella planen). Det talar för att man vill eftersträva passiva lösningar som innebär att vinterspill inte kräver kontinuerligt underhåll.

9.11 INTERVJU 11 – ANLÄGGNINGAR I NORRBOTTENS LÄN

Det finns ingen plan för vinterspillet, men det finns en åtgärdsplan och en plan för isläggning. Åtgärdsplanen omfattar ett utarbetat arbetssätt med utbildning av ångpanneoperatörer, utrustning och fordon för att hantera det. Ibland har det funnits behov av handlingsplan eller riskanalys för en specifik anläggning om yttre faktorer som tex väder och flöde innebär större risker. För att undvika iskravning är det önskvärt att vid temperaturmässigt goda förutsättningar, hålla ett kontrollerat flöde som gör att det blir isläggning.

Vinterspill som orsakar problem är normalt en följd på grund av att ett aggregat är borta, på grund av t. ex. haveri, eller att ett projekt blir försenat över vintern. Generellt är det vid -15°C till -20°C som det blir problem. Vid -20°C i dagsmedeltemperatur kan man behöva åtgärda 2 gånger per vecka. Kortvariga spill går normalt sett bra och innebär endast problem om det är väldigt kallt, runt -20°C eller kallare.

Det vanligaste problemet är att ispåbyggnad på pelare blir så stor att spillet träffar ispåbyggnaden och resulterar i att det skvätter till luckarmar och baksida lucka. Ispåbyggnaden på luckarmar och baksida lucka resulterar till slut i att det påverkar tillgängligheten för luckan. Ispåbyggnad som hindrar luckor från att stängas helt ska dock fals och tröskelvärmes kunna lösa utan någon insats med ångpanna. Figur 9-23 till och med Figur 9-27 visar flera exempel på ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan.

För att minska läckage och frysning av läckagevatten som leder till slitage på sidotätningar så stybbar man med bark efter varje spill om det är kortare spill. För att leda barken ner till läckaget används rör på uppströmssidan. Samtidigt som man håller bark så kontrolleras läckaget (om det minskar eller slutar) på nedströmssidan av luckan.

För att åtgärda ispåbyggnad används vanligtvis ångpanna med lansar, men även varmvatten med lastbil som kan spolat bort isen. För de aktuella anläggningarna finns tre ångpannor som kan dras på släp med bilar. Dessa är producerade av en den finska tillverkaren Steamrator. Modellen heter MHT 700 har effekten 200 kW med vattentankvolym på 760 l vatten med dränkbara pumpar som kan stoppas ner vid bubbelridå. För att åtgärda med ångpanna och lansar så krävs normalt sett två personer vid mindre stationer och tre vid större.

Ett annat problem som noterats är att vid en nedströms vägbro kan dimma frysa på bilruta om man kör förbi under ett spill. Vattendimman från spill har även noterats frysa på träd som sedan rasat på grund av isen egenvikt. Detta åtgärdades genom att ruska träd med en grävmaskin där det blivit påbyggnad för att avlasta träden.

Det kan bli bättre betalt för att spilla vilket gör att det blir vanligare. Vinterspill kommer troligtvis också bli vanligare i framtiden som resultat från NAP (nationella planen). Detta förändrade körsätt som troligtvis fortsätter in i framtiden kommer troligtvis resulterar i ett större behov av underhåll. Mer reglering bidrar generellt sett till mer slitage.



Figur 9-23. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan under pågående vinterspill.



Figur 9-24. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan under pågående vinterspill.



Figur 9-25. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan under pågående vinterspill. Under luckbenet till vänster i bilden syns ett tydligt vattensprut som uppkommit pga. påfrysning.



Figur 9-26. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan under pågående vinterspill.



Figur 9-27. Ispåbyggnad på nedströmssidan av lucka.

9.12 INTERVJU 12 - ANLÄGGNING I VÄSTERBOTTENS LÄN

Det finns ingen särskild strategi för vintern.

Vinterspill blir till stor del på grund av försenade projekt och när det sker så är det normalt sett DC spill baserat på behov. På en av anläggningarna finns en likströmslucka med falsvärme för vintern.

Vid ett tillfälle var det två aggregat avställda samtidigt vilket resulterade i kontinuerligt spill. Detta kunde lyckligtvis göras växelvis med en lucka i taget, för att åtgärda med ångpanna med lansar för att isa av luckan som inte kördes.

Spill har ändrats senaste 20 åren, bland annat genom att reglertjänster säljs vilket innebär att man kör halv effekt och slussar andra halvan för att sälja spillet. Vattenregleringsföreningen bestämmer hur stort flödet ska vara i älven. Då kan det egna behovet vara mindre än det som beslutats gemensamt vilket resulterar i att man behöver spilla resterande vilket innebär kontinuerligt vinterspill.

De vanligaste problemen är ispåbyggnad på sidorna av pelare som sedan fortsätter bygga på luckarmar när det börjar stänka mer. Runt -20 °C växer det relativt fort, kan behöva åtgärdas nästan en gång per vecka. Detta åtgärdas normalt med ångaggregat och lansar av 2–3 personer. Figur 9-28 visar exempel på när en tekniker åtgärdar ispåbyggnad med en ånglans från en luckarm under pågående spill. Figur 9-29 visar hur flödet kan påverkas från ispåbyggnad på sidan av pelaren. Figur 9-30 visar exempel på hur vattendimma bildas strax nedströms om utskovet vilket resulterar i kontinuerlig ispåbyggnad.



Figur 9-28. Åtgärdsinsats där ånga sprutas med lans från en av luckarmarna. Till höger syns hur det byggs is på sida av pelaren och underkant av luckan.

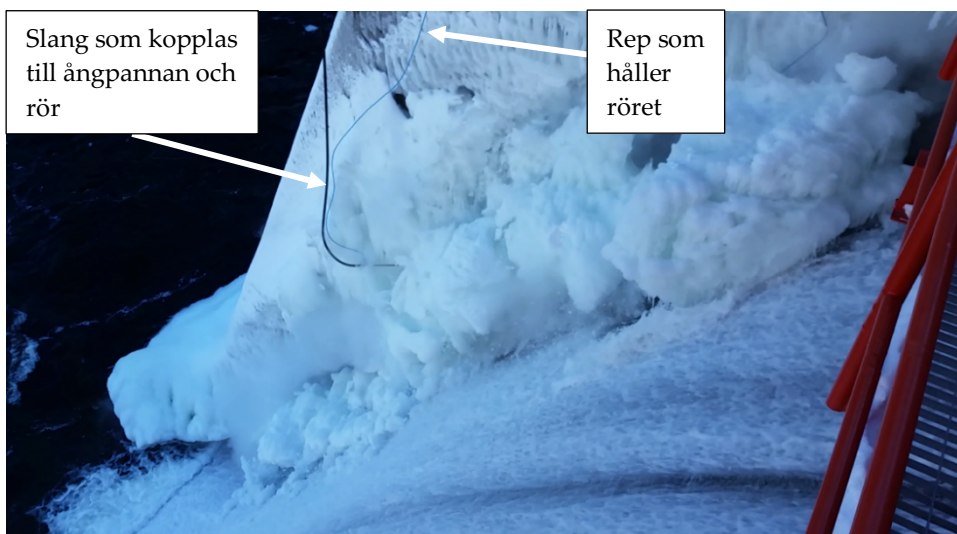


Figur 9-29. Till vänster är luckan stängd. Till höger syns hur ispåbyggnaden påverkar flödet intill pelaren.

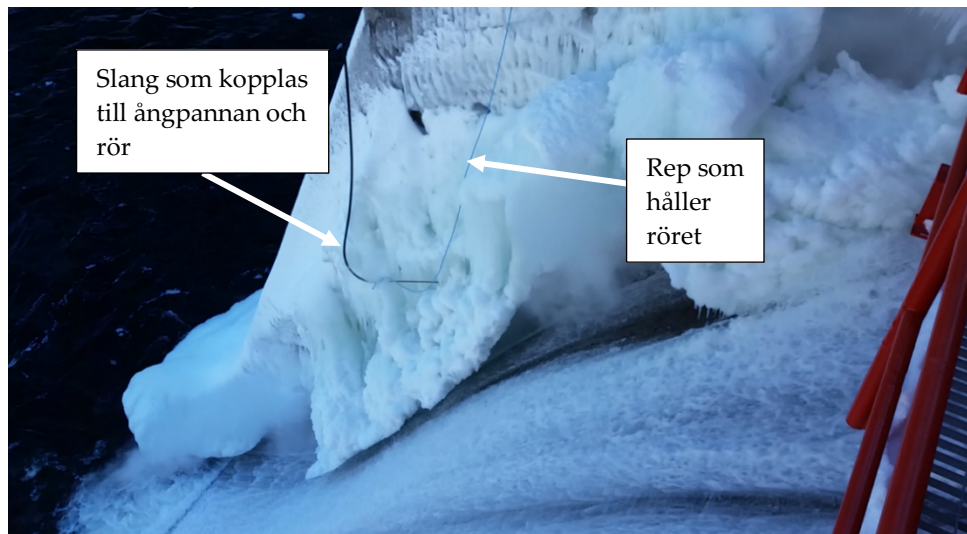


Figur 9-30. Ispåbyggnad på nedströms pelare som kontinuerligt växer på grund av skvätt och vattendimma.

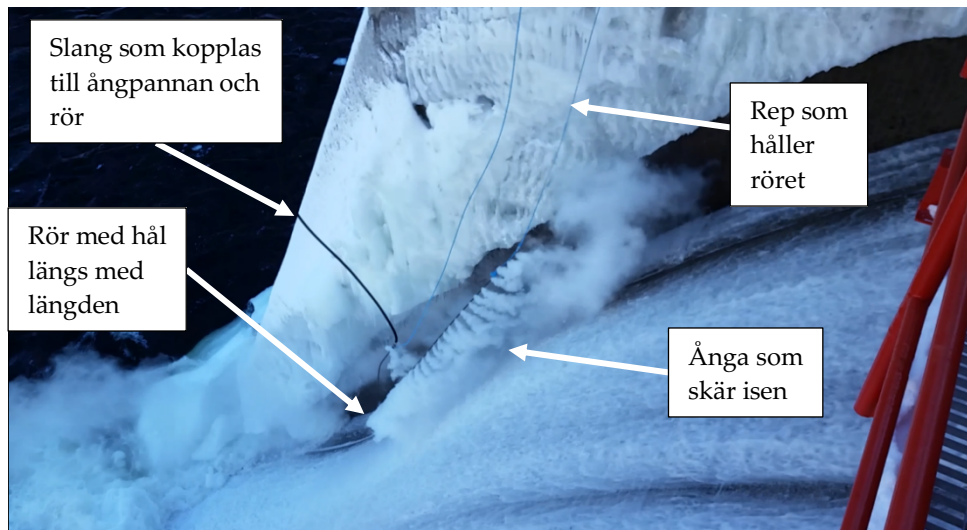
För att effektivisera har ångrör gjorts med hål längs med hela röret som sedan sänks ner längs med pelare eller ledmur. Detta presenteras i Figur 9-31, Figur 9-32 och Figur 9-33. Röret styrs med hjälp av rep som binds fast. Detta möjliggör att större isblock kan rakas av från pelare eller ledmurar. Innan användning började med detta rör gjordes även motsvarande tester med värmekabel. Men när det var mycket kallt så hann det frysa igen över kabeln, vilket gjorde att kabeln bara lyckades göra ett lokalt hål för sig själv som flyttade sig neråt. (Det är dock oklart vilken effekt som kabeln hade, och det skulle troligtvis fungera med en högre effekt på värmekabeln, dvs ≥ 60 W/m.)



Figur 9-31. Användning av ett långt rör med hål längs med sida för att skära bort mer is.



Figur 9-32. Användning av ett långt rör med hål längs med sida för att skära bort mer is.



Figur 9-33. Användning av ett långt rör med hål längs med sida för att skära bort mer is.

Ett speciellt problem som sker när man kör utskov över bottenutskov är att det blir en ejektorverkan. Denna innebär i att stationens värme sugts ut och det blir problem med att stationen kyls ner till minusgrader.

Vid ombyggnation eller nybyggnation bör man tänka på hur man kan minimera stänk och ispåbyggnad för att bättre kunna hantera vinterspill. Detta för att minimera åtgärdsbehov och slitage som kan bli kostsamt.

Ett problem som uppstod är att falsvärmen (26kW) larmade hela tiden under pågående spill. Detta löstes genom att blockera larmet medan man spillde.

9.13 INTERVJU 13 – ANLÄGGNINGAR I SKELLEFTEÄLVEN

Det finns ingen specifik plan för vinterspill på anläggningarna.

Anläggning 1 går året runt med minst 2 segmentluckor, med kuggstångspel, i drift. Det finns falsvärme och kuggstångvärme för att möjliggöra vinterspill. Syftet är att återreglera korttidsregleringen i Skellefteälven, vilket bland annat innebär att hålla en "jämn" vattenspegel genom Skellefteå stad.

Anläggning 2 avbördar den reglerade tappning det finns behov av men aldrig mindre än mintappningen. Tappningen sker framför allt genom segmentluckan men det tappas även i spettluckor i de 3 olika utskovdelarna. Spettluckorna är även öppna vintertid för att hålla isfritt uppströms utskovspartierna.

Båda anläggningarna har öppen nedströmsvattenyta (inget skibord) vilket resulterar i mindre vattendimma och stänk.

Problemen som uppstår varje vinter är ispåbyggnad på luckan som sker på nedströmssidan av luckan. Det blir även ispåbyggnad på pelare, ledmurar, vid bordläggning och det bildas normalt sett även stora isblock som ligger och skaver mot nedströmsidan av luckan.

Figur 9-34 till och med Figur 9-37 presenterar bilder på ispåbyggnaden som sker på luckans nedströmssida. Det blir i princip samma effekt som vid ljusstöpfung då det sker en frekvent höjning och sänkning av luckan.



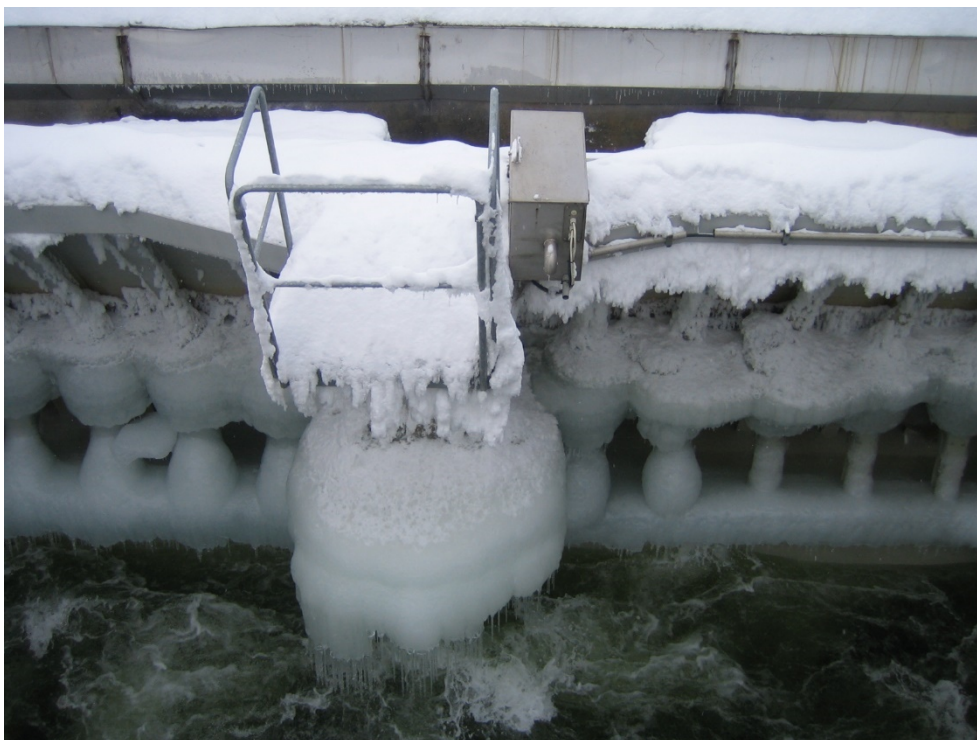
Figur 9-34. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan med nedströms vattennivå som når upp till ungefär halva luckans höjd. Luckan är öppen så det är rörelse i vattnet där det även syns några isblock.



Figur 9-35. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan med nedströms vattennivå som når upp till ungefär halva luckans höjd. Luckan är öppen, varför det syns mycket rörelse i vattnet.



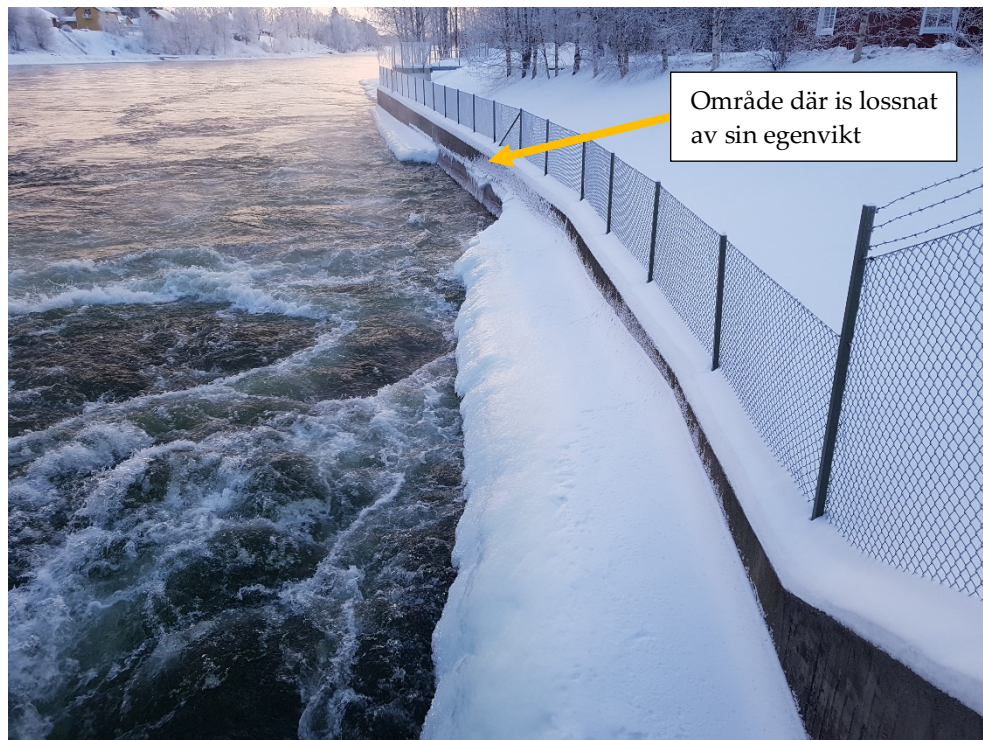
Figur 9-36. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan med nedströms vattennivå som når upp till ungefär halva luckans höjd. Luckan är öppen, varför det syns mycket rörelse i vattnet.



Figur 9-37. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan med nedströms vattennivå som når upp till ungefär halva luckans höjd. Luckan är öppen, varför det syns mycket rörelse i vattnet.

En uppskattning av volymen is som kan lägga sig på luckans uppströms bordläggning är (längd x tjocklek x bredd = $15 \times 0,5 \times 2$) 15 m^3 vilket innebär en extra last på ca 140 kN (14 ton) på luckan (tungnet hos is antagits till $9,17 \text{ kN/m}^3$). Om 14 ton skulle motsvara den totala reservkraften på 25% skulle denna uppnås vid en lucka som väger 56 ton. Utöver detta är det (grovt uppskattat) ungefär lika mycket som kan växa på nedströmssidan av luckan enligt Figur 9-37, vilket innebär en extra last på 280 kN (ca 28 ton). Om 28 ton skulle motsvara den totala reservkraften på 25% skulle denna uppnås vid en lucka som väger 112 ton.

Figur 9-38 och Figur 9-39 presenterar exempel på normal ispåbyggnad längs nedströms ledmurar. För att förenkla borttagningen av ispåbyggnaden monterades plastskivor av Robalon längs med skvalpzonen där vattenlinjen brukar vara. Det visade sig då att skivorna kunde sänka vidhäftningen mellan is och betong tillräckligt mycket så att isen lossnade av sin egenvikt enligt Figur 9-38. Skivorna monterades med 4 expanderbultar, en i varje hörn. Infästningspunkterna tillsammans med skarvarna visade sig vara mer benägna för ispåbyggnad.



Figur 9-38. Ledmur med plastskivor som resulterat i att isen lossnat av sin egenvikt.



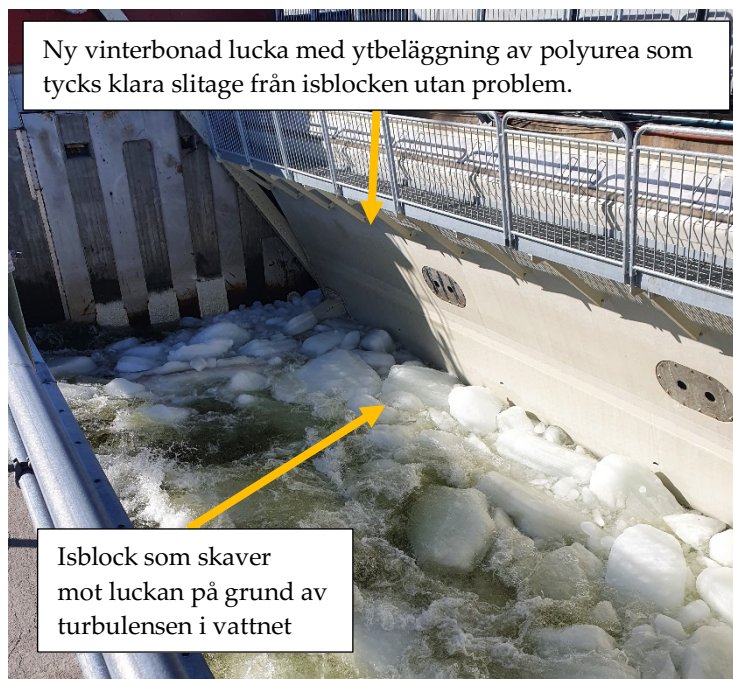
Figur 9-39. Ispåbyggnad på nedströms pelare och stödmur.

Figur 9-40 och Figur 9-41 visar normalfallet för hur isblock lägger sig och skaver mot nedströmssidan av luckorna. För Lucka C hade spanten deformerats vilket innebär att luckan behövde bytas. På den nya luckan applicerades polyurea vilket

visat sig fungera väl mot ispåbyggnad och erosion från is som ligger och skaver på nedströmssidan i det turbulenta vattnet.



Figur 9-40. Lucka som inte är isolerad eller skyddad på nedströmssidan vilket leder till en högre last på luckan.



Figur 9-41. Ispåbyggnad på nedströmssidan av luckan med nedströms vattennivå som når upp till ungefär halva luckans höjd.

Figur 9-42 och Figur 9-43 visar problem med bordläggning av is på luckan som hamnar under bron. Isen tar då emot brobanan vilket gör att luckans lyftkapacitet snabbt överskrids och komponenter riskerar att skadas på grund av överbelastning. Detta åtgärdas normalt sett med ångtiningsaggregat.



Figur 9-42. Ispåbyggnad vid bordläggning som resulterar i att det inte går att öppna då isen tar emot undersidan av bron.



Figur 9-43. Ispåbyggnad vid bordläggning som resulterar i att det inte går att öppna då isen tar emot undersidan av bron.

9.14 INTERVJU 14 - ANLÄGGNINGAR I NORRBOTTENS LÄN

Strategin för vinterspill är att det görs en prioritering av utskovsluckor för vinterspill med intentionen att spara minst en lucka för att den ska hållas fri från is. Val av utskovslucka som används för vinterspill anpassas om möjligt till den lucka där is-tining med ånglans smidigast kan användas för underhållsåtgärder efter spill. Men det finns även andra aspekter så spelar in vid val av utskovslucka för spill, generellt används t. ex. växelströmsluckor för planerat spill. Men val av utskovsluckor kan även väljas utifrån påverkan vid vinterspill på omgivande objekt (stationsbyggnad, ledmur eller dyl.)

Vid initiering av vinterspill så påbörjar man generellt spill från DC. Manuella kontroller på plats om spillet pågår under längre tid – okulär kontroll av luckor invändigt och utvändigt för bedömning avseende underhållsåtgärder och säker manövrering.

Avhjälpande underhåll med tining av is planeras omgående in när problemen blir för stora.

Nedan följer exempel från tre olika anläggningar.

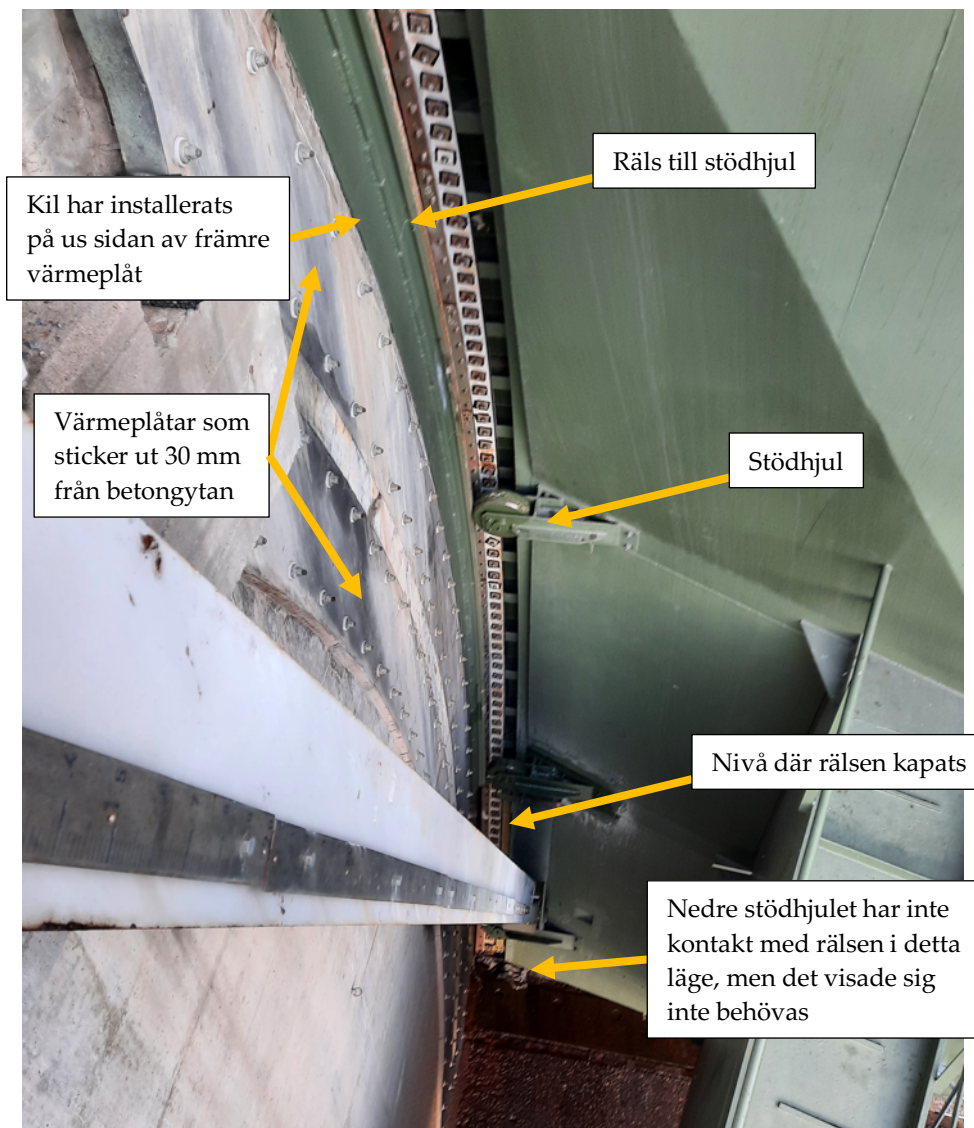
Anläggning 1

Vinterspill sker på grund av begränsning i utbyggnadsvattenföring för stationen som är belägen längst ner i älven. Utbyggnadsvattenföring är maximalt flöde genom turbinerna i en kraftstation. Eftersom anläggningarna uppströms har en högre utbyggnadsvattenföring krävs utbyggnadsvattenföringen tillsammans med vinterspill genom tillgängliga utskov för att det ska bli ett jämt flöde i älven.

Vinterspill tillämpas ofta under vinterhalvåret till följd av hög produktion i älven som helhet. Det utförs därmed i varierande väderlek i allt från 0°C till -30°C och ibland kontinuerligt under flera veckor eller månader.

Generellt används en lucka åt gången. Om ispåväxten blir för stor växlar man till en annan lucka för att inte belasta konstruktionen till dess att tining av is utförts. Spillet är normalt sett ca 30–160 m³/s (dygnsmedel) med lucköppning som är ca 0,5 m till 1,0 m.

Anläggningen har ett kuggstängsspel och stödhjul med räls har monterat i syfte att säkerställa att luckan går rakt. Man har även efter uppförande av anläggningen i början av 1970-talet installerat värmeplåtar på monoliten. Problemet som uppstår är att is bildas till följd av stänk från rälsen (för stödhjulen) samt pga. stänk mot värmeplåtar på monoliten som bygger ut ca 30 mm enligt Figur 9-44. Is byggs på luckben, monoliter och kring luckan enligt Figur 9-45 och Figur 9-46.



Figur 9-44 Vid anläggning 1 blir problem med stänkbildning påtagligt då värmeplåtarna på monoliten sticker ut ca 30 mm och lyftsystemet utgörs av ett kuggstängspel med räls för stödhjul – där rälsen bidrar till stänkbildning. Pilotprojekt för att minska stänkbildning vilket avser kapning av en bit av rälsen för stödhjul och åtgärd kring utstickande värmeplåt är under utvärdering.

Ett pilotprojekt har utförts under sommaren 2023 där delar av stödhjulsrälsen kapats i syfte att minska stänkbildning vid vinterspill. Prover visar att denna åtgärd minskar stänkbildning från rälsen. Problemet kvarstår dock med de ingjutna värmeplåtarna som sticker ut 30 mm nedströms om rälsen som kommer att leda till isbildning vintertid. På grund av detta har en justering men montage av avskärande kil utförts för att styra vattenstrålen i en mer fördelaktig vinkel. Utfallet kommer att utvärderas vintern 2023/2024.



Figur 9-45 Is kring stödhjul, anläggning 1 2010.



Figur 9-46 Isbildning vid vinterspill, anläggning 1.

Ispåbyggnad åtgärdas normalt med ångpanna och lansar från krankorg, luckben eller brobana. Eftersom värmeplåtar vid lucknavet fungerat bra på anläggning 2 (se Anläggning 2 nedan samt Figur 9-48) installeras liknande plåtar även här.

Det förekommer även att vatten kommer in i luckbenen via befintliga dränagehål eller annan otäthet. På grund av detta behöver dörr mellan luckkropp och luckben vara stängd. Det medför även ett behov av värmekälla varför aerotemperar (värmefläcktar) installerats i luckbenen. vilket hjälper till att avisa luckbenen. Det har utförts försök med värmemattor för isfrihållning av luckben men detta var inte lyckat.

Eftersom vinterspill ofta förekommer på denna anläggning har ett rörsystem för anslutning till ångpanna installerats permanent på nedströmssidan av utskoven.

Anläggning 2

Begränsning i utbyggnadsvattenföring för station belägen längst ner i älven, d.v.s. motsvarande situation som för anläggning 1 ovan. Temperaturen under vinterspillet är därmed också lika anläggning 1, d.v.s. 0°C till -30°C.

Vid spill över 30 m³/s kastar strålyftarna för energiomvandling upp mycket vatten enligt Figur 9-47. Detta resulterar i ispåbyggnad mellan luckbenen och betongpelaren vintertid.



Figur 9-47 Strålyftare (energiomvandling) orsakar problem med stänk som ger isbildning vintertid.

Tre utskov, med avbördningskapacitet på ca 300 m³/s per utskov, är speciellt anpassade för vinterspill med värmeplåtar kring lucknav enligt. Mellan 1 december 2021 till 8 februari skedde vinterspill upp till som mest 360 m³/s (dygnsmedelvärde). Vintern 2023 uppgick högsta avbördnings till 211 m³/s (totalt spill, dygnsmedel). Vid dessa flöden används oftast två luckor används vid vinterspill, ibland tre.

Is byggs upp på nedströmsändarna av pelarna till utskoven. Ispåbyggnaden åtgärdas normalt med ångpanna och lansar från krankorg, luckben eller brobana. Vid denna anläggning är luckorna lite lägre vilket förenklar arbetet något.

Det förekommer även vid anläggning 2 att vatten kommer in i luckbenen via befintliga dränagehål eller annan otäthet likt anläggning 1. På grund av detta har aerotemperar installerats även här och resulterat i isfrihållning på luckarmar.

Värmeplåtar som installerats vid lucknavet enligt Figur 9-48 har hindrat ispåbyggnad mellan pelare och luckarm på ett effektivt sätt.



Figur 9-48 Exempel på värmeplåtar vid navet till luckan.

Anläggning 3

Anledningen till behov av spill när problemet uppstod var avställning av ett aggregat för underhåll.

Under avställningen, ca 1 månad under december 2021 och januari 2022, var medeltemperaturen 2 grader lägre jämfört med historisk medeltemperatur. Medeltemperatur var ca -12 grader i december.

En ca 15 meter bred segmentlucka med växelströmsdrift lucka användes för avbördning. Spillet var ca 60–190 m³/s från 6 december 2021 till 14 januari 2022, och lucköppningen var ca 0,5–1,5 m.

Is byggdes på ledmuren nedströms utskovet med uthäng på ca 5 meter som mest, enligt okulär uppskattning. Viss påbyggnad av is uppstod även på betongpelare och under luckben enligt Figur 9-49 och Figur 9-50.

Vid ledmurar har det även visat sig att sly kan ställa till det vid vinterspill, då slyn funkisar som armering för isen vilket resulterar i en större ispåbyggnad.



Figur 9-49 Isbildning på ledmur ns. -anläggning 3, januari 2022.

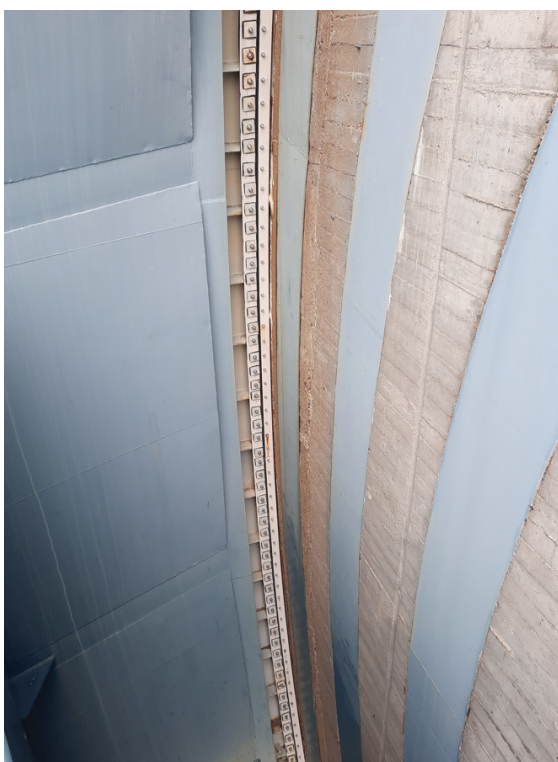


Figur 9-50 Anläggning 3. Isbildning på betongmonolit och under luckben vid vinterspill december 2021 – januari 2022.

Isen på ledmurarna) tinades med en portabel värmekabel vilket fungerade effektivt så länge kabeln var strömsatt med korrekt styrka (korrekt storlek på strömbrytaren). Isen som byggts på luckbenen tinades med ångpanna. Men när det blir mycket kallt blev det problem med att vatten fryser i slangen till ång-lansen. Detta innebär ett tidskrävande extra arbete med att tina slangen innan arbetet med ånglansen kan fortsätta.

Då värmeplåtarna vid lucknaven visat sig effektiva vid anläggning 2 finns ett uppstartat investeringsprojekt för att installera liknande även vid anläggning 3.

Vid anläggning 3 finns ingjutna värmeplåtar enligt Figur 9-51. På grund av detta undviks problematiken som finns vid anläggning 1 enligt Figur 9-44 och Figur 9-45.



Figur 9-51 Vid anläggning 3 blir stänk-problematiken inte lika påtaglig då värmeplåtarna är ingjutna i pelaren och lyftsystemet utgörs av linspel.

Övriga noteringar

Generellt har det visat sig att påfrestningar i stålkonstruktionen hos oisolerade luckben är större då luckan kontinuerligt körs vintertid jämfört med om den skulle stå stängd/avställd.

Ett annat problem som uppstått vid en fjärde anläggning där man tidigare generellt inte behövt tillämpa vinterspill i någon större utsträckning. Luftburna högspänningsledningarna från ställverk som korsar älven i nära anslutning ns. utskoven har fått ispåbyggnad från vattendimman som bildas i samband med vinterspill, enligt Figur 9-52 och Figur 9-53. Ispåbyggnaden har tyngt ner ledningarna ca 5 meter, så då isen släpper och ledningarna fjädrar tillbaka med hög hastighet till sina ursprungslägen riskerar ledningarna påverkas. För att

åtgärda detta kan vara komplicerat och riskfyllt (helikopter eller manuell rensning). För att minska problem med is till följd av vattendimma har försök gjorts med att justera spillet genom utskoven. Genom att växelvis spilla ca 150 m³/s under en kortare tid för att sedan gå ner till ett statiskt spill om ca 80 m³/s har man kunnat minska vattendimman och ispåbyggnaden något. Man har även haft driftmeddelande om att använda ett utskov mer än andra pga. läge/avstånd i förhållande till högspänningsledning. Problem kan förekomma redan i oktober och framåt kopplat till kall väderlek (-10 och -15 grader).



Figur 9-52 Ispåbyggnad på nedströms kraftledning från vattendimma.



Figur 9-53. Ispåbyggnad på nedströms kraftledning från vattendimma där en uppskattad nedböjning på ledningarna blivit 5 meter.

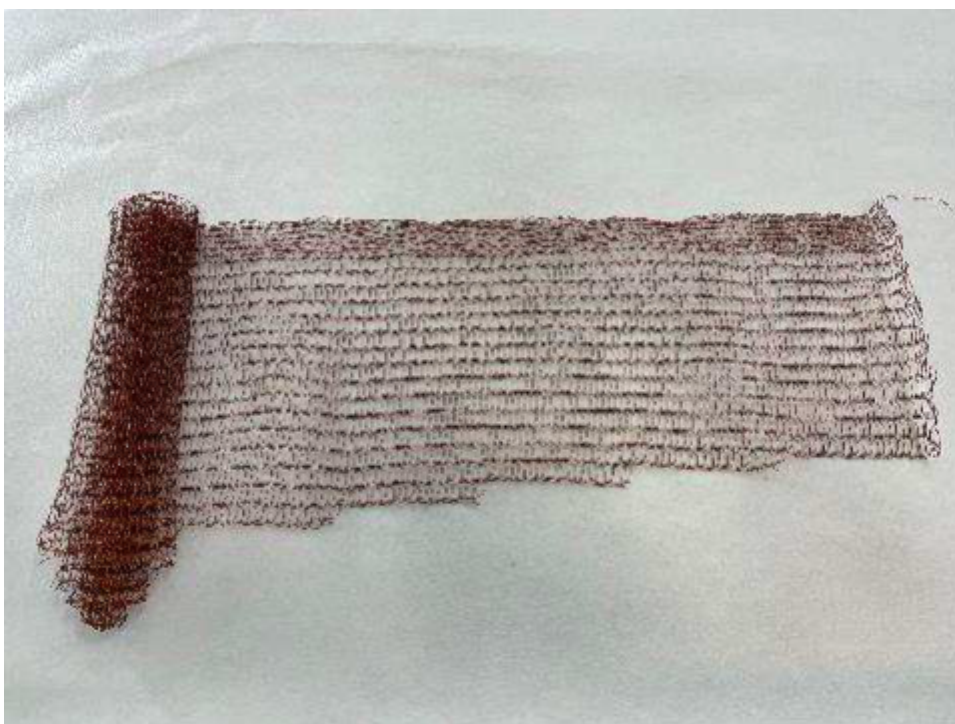
9.15 INTERVJU 15 – RENOVERING AV PLANLUCKA

Linnovation har tillsammans med Statkraft genomfört en renovering av en planlucka som tidigare alltid fryst fast. Den har inte haft någon vinteranpassning med falsvärme eller isolering. Luckan frös tidigare fast i falsarna och is bildades på uppströmssidan under vattenlinjen på bordläggningsplåten eftersom ställuckan kylts ned från nedströmssidan enligt Figur 9-54.



Figur 9-54 Fastfrusen planlucka som användes i projektet och testet.

Linnovations produkt och system används tidigare främst på vindturbinvingar där de böjs och formas efter dessa. Produkten består av ett stickat kopparnät (se Figur 9-55) som inkapslas i olika lager av epoxy. Den blir som en gummipresenning som sedan härdas vid uppvärmning. Det hade aldrig testat i vatten tidigare men de gjorde tester där de frös in plattor i isblock för att se om det skulle fungera även för detta ändamål.



Figur 9-55 Linnovations stickade kopparnät.

Det skarpa avisningstestet redovisas i rapporten "Test avisning planlucka Kvistforsen 2023-02-14" [11] och visade på ett lyckat resultat. Det var ett fullskaletest för att öppna en fastfrusen planlucka i Kvistforsen. Avisningstestet i sig var en del av det projekt som genomfördes i syfte att utvärdera om och hur det är möjligt att använda detta system för att lösgöra fastfrusna planluckor.

Värmemattorna monteras på en plåt för enklare montage/ installation och anpassning på planluckan. Panelerna är designade för en effekt på 1500W/m² och för att tina snö och is krävs mellan 240–400 W/m². Mätningar vid avisningstest (2022-12-20) har visat att vid en utetemperatur på -6 grader C så ökade panelerna 30 grader på 4 minuter. Total uppvärmd yta 10,8 m², matningsspänning 400 V (3-fas). Total effekt 16,8 kW.

Det tog cirka 2 timmar att skapa en 10 mm spalt mellan luckan och isen. Luckan kunde då öppnas utan problem. Den medeleffekt som användes var 16 kW vilket innebär att totalt 32 kWh behövdes för att tina loss luckan. Då systemet hade körts i två timmar resulterar detta i 15,2 ampere för 10,8 m², vilket resulterar i en kostnad motsvarande ca 28 kr. Enligt tester så är luckan tillgänglig igen efter att värmen varit i gång under 45 minuter.

9.16 INTERVJU 16 – HAVERI UTSKOVSLUCKA

På en anläggning med 3 aggregat i Västerbotten inträffade en händelse i januari 2024 då en av utskovsluckorna vid anläggningen frös fast vilket slutligen resulterade i ett haveri vid försök till manövrering. Luckan är en uppåtgående segmentlucka som manövreras med sedvanligt spelmaskineri, kraftöverföringsaxel och två kuggstänger infästa i nedkant på var sida nedströms av luckan. Spelmotorn är växelströmsdriven och luckan kan avbörda 710 m³/s vid DG.

Vid anläggningen var G1 avställd för renovering vid tillfället vilket gör att maximal drivvattenföring på 245 m³/s går genom G2 och G3. Enligt önskemål om hög vattenföring i älven på 300 m³/s så behövde det spillas genom utskoven.

Händelseförloppet kan kort beskrivas på så sätt att det hade varit väldigt kallt första veckan i januari. Ner till -37 °C som lägst. Spill hade initialt prioriterats vid en av segmentluckorna som är likströmsdriven. På grund av osäkerhet vid manövrering av denna lucka så valde man att lägga spillet på den lucka som är växelströmsdriven. Efter ca. en veckas spill så fastnade denna lucka på grund av kraftig ispåväxt. Driftcentralen (DC) valde då att reglera med den andra likströmsdrivna luckan.

I slutet av veckan slog vädret om till plusgrader och på måndagen efter helgen påbörjades ett avisningsarbete med bl. a. ångpanna, lansar och hetvattentvätt på den lucka som tidigare frusit fast.

På onsdagen två dagar efter påbörjat arbete med avisning så skulle DC åter manövrera den tidigare fastfrusna luckan och VHT fanns på plats.

VHT noterade att vatten endast kom på vänster sida vid en liten öppningsmanöver. VHT misstänkte is mot tröskeln på höger sida och meddelade därmed DC att köra upp luckan mera. Vid ökad lucköppning snedställdes luckan och det konstaterades att den högra sidan inte lyftes. Luckan stängdes därefter och kraftiga missljud noterades.

Analys och förmodat scenario

När man försökte att öppna luckan så har is bildats på höger pelare och på så sätt pressat kuggstången åt vänster. Infästningsplåten har då tryckts åt vänster och bockats och gått av. Konstruktionen är inte designad och utformad för att kunna ta last i sidled på detta sätt.

På grund av detta togs ingen last upp av högerkuggstång. All lastupptagning, vad gäller; hela luckans vikt, tyngd och friktion från ispåväxten samt friktion från betong (snedställning) fördes över till vänster kuggstång och vänster luckspel. Kraften deformerade kuggstångens gavel vid tapparnas infästning. Kraften har också tryckt ihop delar av spelstativet (balkkonstruktion). Detta ledde sedan vidare till att planväxeln gick isär och att kugghjulen klev om varandra. Utväxlingen i spelet är så stor att spelmotor ej överbelastades (motorskydd löste inte ut). Se Figur 9-56 till Figur 9-60 nedan.



Figur 9-56 Visar på hur isen har byggts upp på höger betongpelare och mellan kuggstången.



Figur 9-57 Här syns att infästningsplåten i luckan har tryckts ca. 40 mm åt sidan vid manövrering av luckan.



Figur 9-58 Kuggstångens infästningsplåt i luckan har gått av och deformerats.



Figur 9-59 Spelstativet har tryckts ihop ca. 20 mm pga. den stora belastningen.



Figur 9-60 Spelets kugghjul har ändrat läge och är inte i korrekt ingrepp samt att axlarna är olinjerade.

VINTERSPILL I KALLT KLIMAT

Det har visat sig bli alltmer vanligt med vinterspill, vilket innebär att det är kritiskt att kunna hantera de problem som kan uppkomma. Denna rapport redovisar erfarenheter från problem med vinterspill samt hur dessa problem åtgärdats. För att hantera problemen finns det både proaktiva och reaktiva metoder. Det vanligaste förekommande åtgärdsmetoden är att avisa genom att spruta ånga med hjälp av en mobil ångpanna. För att kunna hantera extrema situationer med långa vinterspill och kalla perioder rekommenderas dammägare att så långt som möjligt arbeta proaktivt. De reaktiva metoder som kräver mycket tid och arbetskraft bör dock även finnas som redundans. Det viktigaste för att kunna hantera vinterspill är att göra en strategi eller plan som är anpassad till den aktuella anläggningens förutsättningar, såsom antalet luckor som är anpassade för att överhuvudtaget möjliggöra vinterspill.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

