



Förstudie Kristinelunds Sportfält ny bandybana

8 april 2021 rev15APR21

Sammanställd av:

**Jörgen Rogstam, Juris Pomerancevs, Simon Bolteau,
Yingrui Hao och Cajus Grönqvist**

EKA - Energi & Kylanalys AB

SAMMANFATTNING

EKA – Energi & Kylanalys, har fått uppdraget att utreda förutsättningarna för ett nytt bandykylsystem på Kristinelunds – även känt som Krillans – idrottsområde. EKA ska ta fram förslag till ersättande kylsystem som bedöms vara relevanta för att förbättra funktionen och sänka anläggningens energianvändning. För respektive systemlösning ska även säkerhetsaspekter samt ekonomiska analyser ingå.

När man tittar på nytt kylsystem är det av intresse att se över förutsättningarna för värmeåtervinning för att kunna täcka de lokala värmebehoven, med förbättrad ekonomi och miljö som målsättning. Fjärrvärmeanvändningen på området är normalt ca 200 MWh per bandysäsong då man tittar på omklädningsrummen för bandy, fotboll samt ishallens fjärrvärmebehov. Utöver de lokala värmebehoven så finns även t ex en ny bad- och sportanläggning i närheten som eventuellt kunde vara föremål för värmeexport. I denna rapport kommer dock endast värmeexport till fjärrvärmenätet att mer ingående analyseras.

Olika former av systemlösningar har undersökts i denna rapport, men i slutändan bottenar det i två alternativ:

- Nytt fullständigt indirekt ammoniaksystem i nytt kylmaskinrum som kyler ny ispist baserat på ammoniakvatten via ny kulvert.
 - Investering ca 19,5 Mkr
- Nytt delvis indirekt CO₂-system i nytt kylmaskinrum som kyler ny ispist baserat på ammoniakvatten via ny kulvert. Systemet förses även med värmeåtervinningsfunktion för att kunna byta mellan driftlägen för att optimera kylprocessen, maximera värmeåtervinningen, eller något däremellan. En kostnad för kulvertar i ett områdesinternt återvinningssystem är också inkluderat i denna lösning.
 - Investering ca 20,5 Mkr

Resultat från energiberäkningar och LCC-analyser tyder på att bägge alternativen strikt ekonomiskt är likvärdiga givet dagens behov och förutsättningar. Marginalen i investeringen är liten och detta beror främst på att CO₂ systemet förses med en värmeåtervinningsfunktion som ansluts till de lokala värmebehoven. Vidare så är ammoniak en riskfaktor för personhälsa; även om man minimerar köldmediemängden i fullständigt indirekt system så kan speciellt personal i kylmaskinrummet drabbas vid en incident.

Trots att CO₂-systemet medför en något större investering, kommer det i optimerad kyl drift att resultera i lägre årskostnader främst pga. besparingar i servicekostnader. Vidare är CO₂-systemet förberett för värmeåtervinningsdrift, som på sikt kan bli mycket fördelaktigt för anläggningen ifall man framtiden skulle få ändringar i de lokala värmebehoven. Idag är områdets värmebehov inte betydande men under 20 års tid, vilket är den antagna ekonomiska livslängden för systemlösningen, kan mycket hända.

Vidare så är det värt att utforska möjligheter att exportera värme till närliggande anläggningar som finns under bandysäsong, tex den nya bad- och sportanläggningen eller Ullvihallen i närheten. I regel är detta mer ekonomiskt fördelaktigt än export till fjärrvärmenätet pga. prisskillnaderna per kWh samt skillnaderna i temperaturkrav på exporterad värme. Ifall genomförbart, så vore detta förmodligen det mest ekonomiskt lönsamma alternativet av alla som analyserats i denna rapport och är därför värt att utreda vidare.

Kort sagt är ammoniakalternativet en lösning som täcker dagens behov, medan CO₂-systemet är en framtidssäker lösning för anläggningens potentiella utveckling under kommande 20 åren, och som i sammanhanget endast kräver en något högre investering med minst lika god ekonomi som följd på sikt.

Ovanstående investeringskostnader inkluderar ett nytt kylmaskinrum samt teknikutrymme för ismaskin och övrig driftutrustning. En möjlig återanvändning av befintligt kylmaskinrum har utretts och slutsatsen är att det är möjligt. Detta kan innebära kostnadsbesparingar i första läget men det ska tilläggas att byggnaden är uppförd 1969 och uppfyller inte moderna krav vad gäller gastäthet, el-/brandsäkerhet, mm varför det är oklart om det verkligen kommer att leda till en besparing. Vidare så kan det begränsade utrymmet bara inrymma ett ammoniaksystem, som är något kompaktare än motsvarande CO₂-system.

Denna rapport redovisar de beräkningar som gjorts, samt att de viktigaste resultaten sammanfattas i rapportens slut.

INNEHÅLL

1	Introduktion.....	4
1.1	Uppdrag	4
1.2	Utförare	4
1.3	Beställare	4
2	Anläggningens status idag	5
2.1	Befintligt bandykylsystem	5
2.2	Energianvändning – Kristinelunds Sportfält	6
3	Nytt bandykylsystem förslag	10
3.1	Kyl- och kapacitetsbehov	10
3.2	Köldmedieval för ett nytt kylsystem.....	11
3.2.1	Fullständigt indirekt ammoniaksystem	11
3.2.2	Delvis indirekt CO2 system	13
3.2.3	Referensanläggningar – CO2-bandy	15
3.2.4	Summering.....	15
3.3	Bandypistens konstruktion	15
3.4	Placering av ny kylsystemlösning och riskbedömning.....	16
3.4.1	CO2	16
3.4.2	Ammoniak.....	18
4	Energiberäkningar på föreslagna systemlösningar	21
4.1	Kyla utan värmeåtervinning	21
4.2	Kyla med värmeåtervinning.....	22
4.2.1	Värmeåtervinning Ammoniak.....	24
4.2.2	Värmeåtervinning CO2	25
5	LCC - jämförelse av alternativ	30
5.1.1	Investering	30
5.1.2	Service	30
5.1.3	Priser och energiscenarion som analyseras	31
5.1.4	LCC resultat och analys	31
6	Diskussion	34
7	Sammanfattning av resultat	36

1 Introduktion

1.1 Uppdrag

EKA – Energi & Kylanalys, har fått uppdraget att utreda förutsättningarna för ett nytt bandykylsystem på Kristinelunds – även känt som Krillans – idrottsområde. EKA ska redogöra för förslag till ersättande kylsystem som bedöms vara relevanta för att förbättra funktionen och sänka anläggningens energianvändning.

Uppdragets resultat redogörs i denna rapport, som kommer att behandla följande punkter:

- Inventering av befintlig utomhusisbana med tekniska system på plats i köping samt beräkning och framtagande av kylkapacitet och eleffektbehov för ny motsvarande anläggning.
- Jämförelse och utvärdering av kylanläggning med ammoniak respektive CO₂. I utvärdering ska ingå energiberäkning, drift- och underhållskostnad, LCC samt investeringskalkyl för respektive system.
- Möjligheten att nyttja och återvinna överskottsvärme från kylmaskiner ska utredas för respektive system.
- Miljö- och hälsoaspekter med ammoniak och CO₂ ska utredas, framför allt i paritet med ev. värmeåtervinning samt lägesplacering av maskinrum.
- Pistutformning samt val av köldbärare.
- Utvärdering av maskinrummets placering och kulvertlängder (bef. eller nytt maskinrum).
- Utifrån förespråkad placering av maskinrum samt användning av kylmaskiner med ammoniak ska riskbedömning upprättas.

1.2 Utförare

EKA – Energi & Kylanalys AB
Prästgårdsgränd 4
125 44 Älvsjö
Tel. 08-550 102 10
www.ekanalys.se

EKA erbjuder kvalificerade ingenjörstjänster inom området energi- och kylteknik genom kvalificerade medarbetare som är nischade mot just ishallssegmentet. Tjänsterna som erbjuds är vetenskapligt förankrade och oberoende genom ett nära samarbete med t.ex. Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm och andra specialister inom energiområdet.

Inventering, analys och rapportering utfördes av:

- Jörgen Rogstam EKA – Energi & Kylanalys
- Simon Bolteau EKA – Energi & Kylanalys
- Cajus Grönqvist EKA – Energi & Kylanalys
- Juris Pomerancevs EKA – Energi & Kylanalys
- Yingrui Hao EKA – Energi & Kylanalys

1.3 Beställare

Utredningens beställare är Köpings kommun via ProjektEngagemang.

2 Anläggningens status idag

Detta kapitel redovisar det aktuella läget på anläggningen – primärt för kylsystemet samt energianvändning vad gäller el och värme.

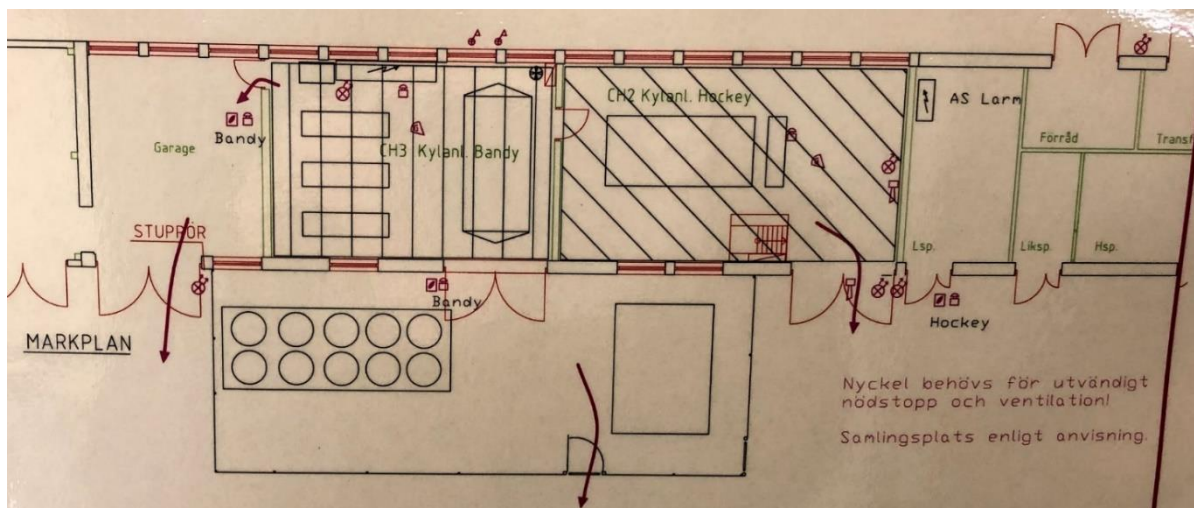
2.1 Befintligt bandykylsystem

Det befintliga bandykylsystemet är ett direkt system baserat på ammoniak med distribution av densamma till ispistens distributionsrör. Fyllnadsmängden är 7500 kg. Med en ålder på snart 50 år, kan man säga att den ekonomiska livslängden för denna lösning är långt förbigången, samt även ur tekniskt perspektiv är systemet i behov av förnyelse. Vidare bör det understrykas att det ur ett säkerhetsperspektiv är värt ersätta det befintliga systemet med en ny där mängden ammoniak minimeras/elimineras.

Ett nytt kylsystem behöver installeras för att betjäna bandyplanen. Beroende på systemlösning kan det eventuellt bli möjligt att återanvända det befintliga kylmaskinrummet, vilket kommer utredas i denna rapport. Vidare är det aktuellt att undersöka hur värmeåtervinningen från en modern systemlösning kunde nyttjas för förbättrad ekonomi och miljöpåverkan.



Figur 1. Det befintliga bandykylsystemet anno 1974.



Figur 2. Bandykylsystemets nuvarande placering i teknikbyggnaden.

2.2 Energianvändning – Kristinelunds Sportfält

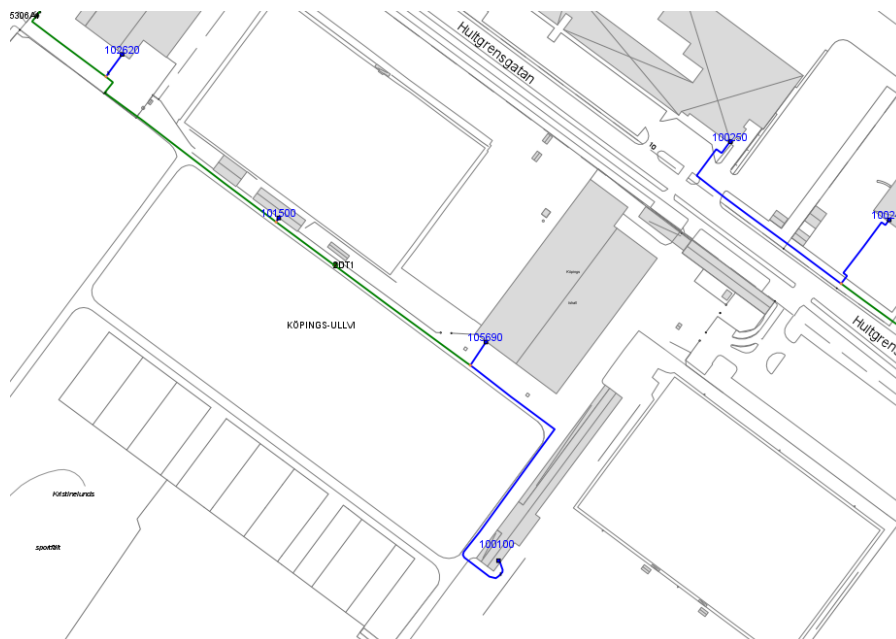
Som nämndes ovan, blir det aktuellt att utreda hur värmeåtervinningen från ett nytt kylsystem kunde nyttjas på anläggningen. Primärt är det nästan alltid värt att prioritera lokala värmebehov så långt det är möjligt, då det oftast leder till ökad ekonomisk nytta.

EKA har fått tillgång till data avseende historisk fjärrvärmeanvändning från följande undercentraler på området:

101100 – Fotboll omklädningsrum

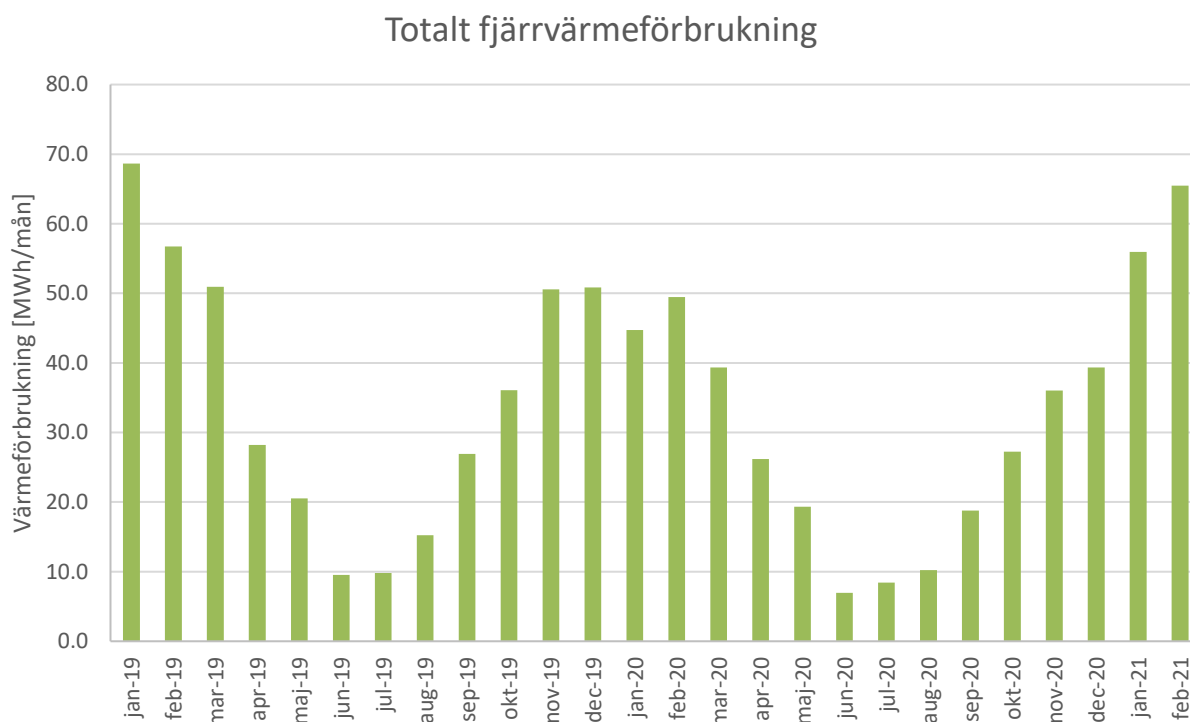
101500 – Bandy omklädningsrum

105690 – Ishall



Figur 3. Fjärrvärmens lokala nätverk nära bandyplan med anslutning mot bandy, ishall och fotboll.

Figur 4 och Tabell 1 visar fjärrvärmeanvändningen per månad sedan början av 2019 samt redovisar den årliga användningen som normalt ligger på ca 400 MWh. Ur värmeåtervinningsperspektiv är det dock intressantare att endast titta på de värmebehov som finns under bandysäsongen, Figur 5 och Figur 6 har filtrerat data så att endast okt-mar är inkluderade. Totala värmebehovet ligger då på ca 200 MWh per bandysäsong, och det är denna information som är intressant då man analyserar värmeåtervinningspotentialen i en ny systemlösning.



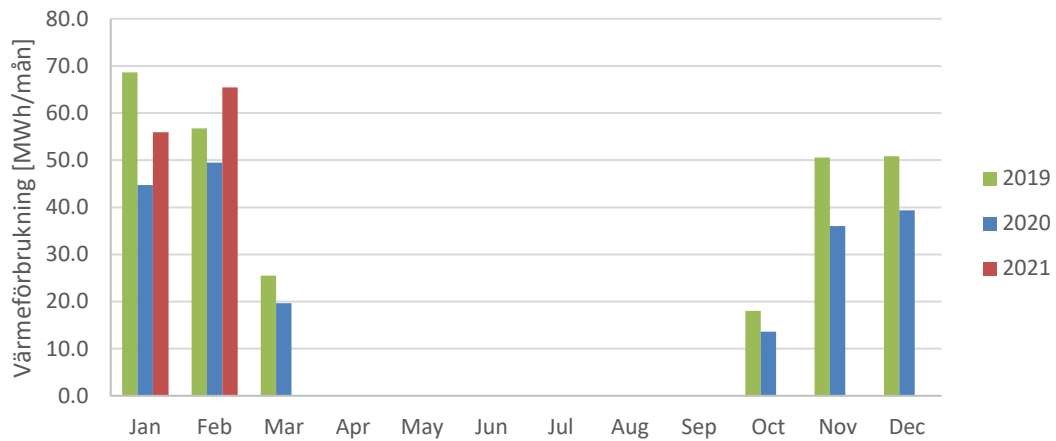
Figur 4. Totalt fjärrvärmeförbrukning, tillgängliga månadsdata.

Tabell 1. Årlig fjärrvärmeförbrukningsdata, år 2019 och 2020.

	2019	2020
Temperatur ute [°C]	7.6	9.1
Fjv-förbrukare		
Fotbollsomkl. [MWh]	168	125
Bandyomkl. [MWh]	68	59
Ishall [MWh]	188	142
Total [MWh]	424	326

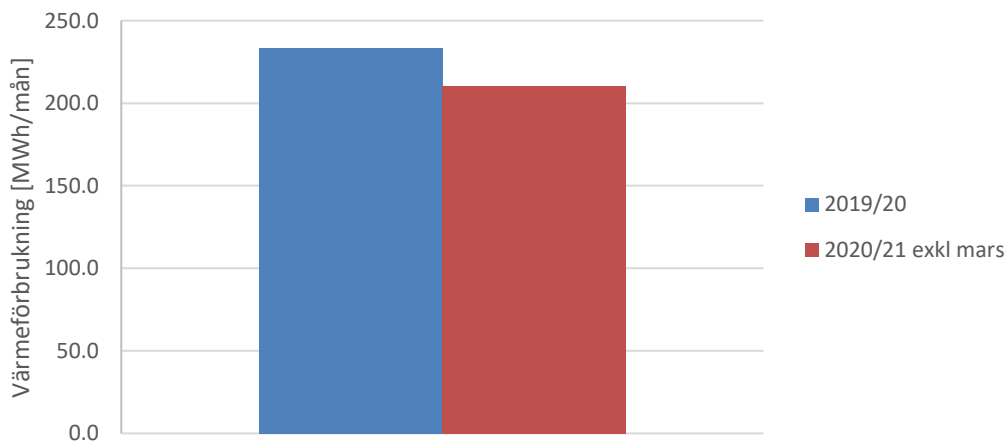
Figur 7 och Figur 8 visar energisignaturen för fjärrvärmebehoven, dvs använd värmemängd i förhållande till utomhustemperaturen. Icke oväntat så stiger värmebehovet vid kallare utetemperatur, och även trenden ligger på en förväntad nivå.

Fjv förbrukning under bandysäsongen

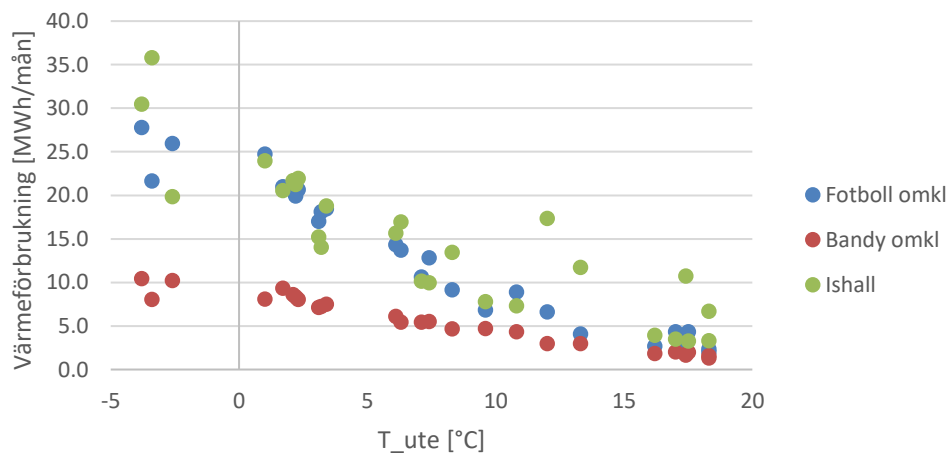


Figur 5. Fjärrvärmeförbrukning månadsdata under bandysäsongen.

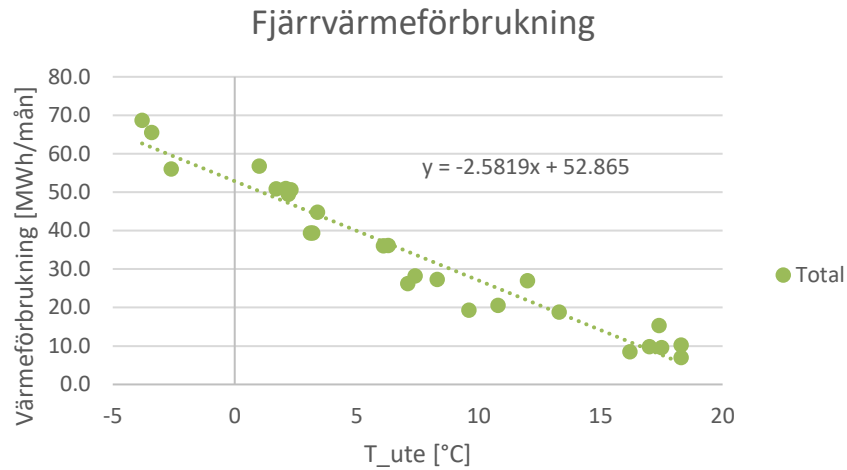
Fjv förbrukning under bandysäsongen



Figur 6. Årlig fjärrvärmeförbrukning under bandysäsongen.



Figur 7. Värmeenergisignatur för de olika avnämarna.



Figur 8. Värmeenergisignatur, totalt.

Det totala värmebehovet för området under bandysäsongen, dvs då kylsystemet är i drift och kan leverera värme, är ca 200 MWh. Detta är framför allt denna information som är intressant då man analyserar värmeåtervinningspotentialen i en ny systemlösning, men i nästa steg bör man även titta på vilka andra möjliga avnämare som finns. Mycket av ekonomin i ett återvinningsystem ligger i att det utnyttjas fullt ut.

3 Nytt bandykylsystem förslag

Detta kapitel går igenom nya kylsystemalternativ samt de aspekter som behöver beaktas vid val av ny systemlösning.

3.1 Kyl- och kapacitetsbehov

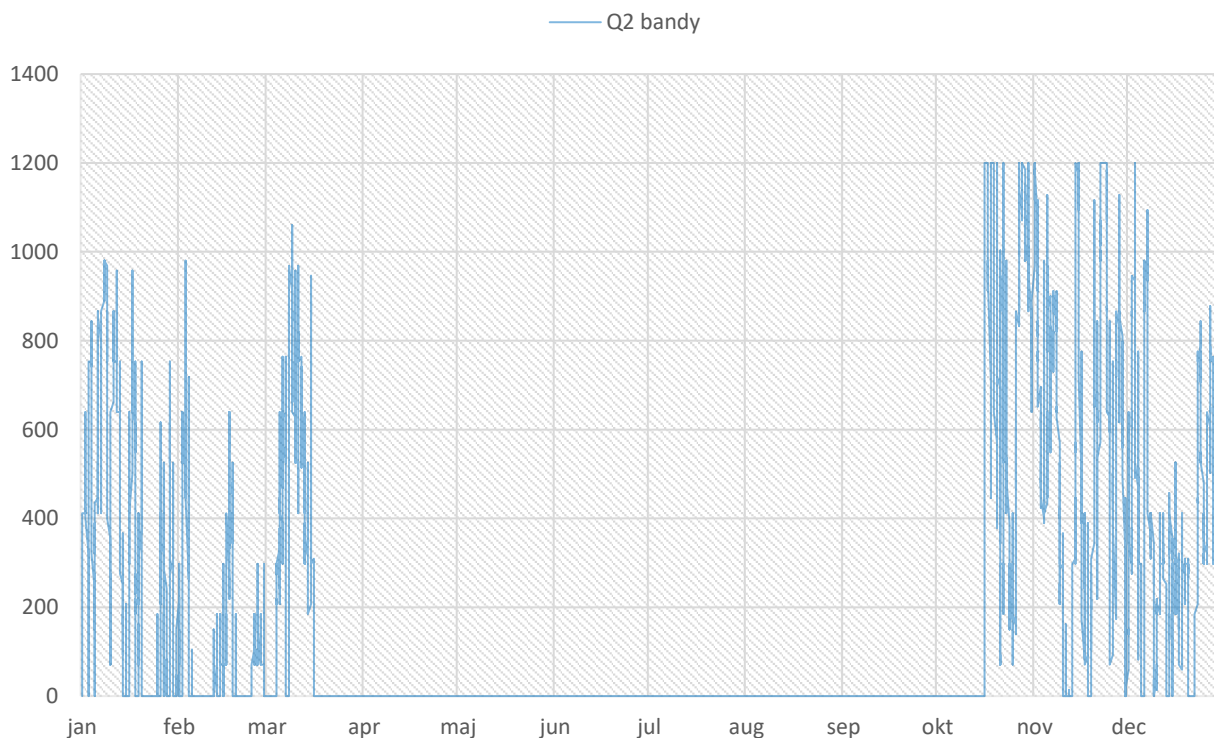
För att kunna ta fram ett nytt bandykylsystem så behöver man först ha en uppfattning om kylbehovet. EKA har med sin kunskapsbank samlat på sig verktyg för att beräkna kapacitetsbehovet på ett kylsystem för utomhusbana baserat på dimensionerade utomhustemperaturer.

I detta fall kan man räkna med att utetemperaturen vid dimensionerade förhållanden kan väntas vara uppåt 12 °C - dagtid under issäsong, samt att avspolningar därtill skapar den dimensionerande lasten. Den nya isytan antas vara av samma storlek som idag.

Med lokala väderdata så genereras värmebelastningsprofiler på isytan vilka sedan överförs som input till kylsystemet. Resultatet är en beräknad kyleffekt för kylsystemet på timbasis, vilket redovisas i Figur 9. Arbetstemperaturen i rören för kylsystemet är beroende av vädret (värmebelastningen), ju högre belastning desto lägre måste temperaturen vara för att uppnå nödvändig värmeöverföring. Kylsystemets interna arbetstemperatur varierar i detta fall mellan ca -15.5°C och ca -11.5°C.

Som resultat får man att kapacitetsbehovet på ny systemlösning behöver vara på nivån 1200 kW. Detta gäller oberoende val av köldmedium som kommer att utvärderas härnäst.

UPPSKATTAD KYLEFFEKT ÅRET RUNT [kW]



Figur 9. Uppskattat kylbehov på en timbasis.

3.2 Köldmedieval för ett nytt kylsystem

Generellt kan sägas att ett nytt kyl-/värmesystem bör innehålla följande funktioner:

- Naturligt köldmedium (ammoniak, koldioxid eller kolväten)
- Kapacitetsreglerade motorer (kompressorer, pumpar, fläktar, ...)
- Möjlighet till värmeåtervinningsfunktion som anpassar avgiven värme efter befintliga/framtida behov
 - Återvinning av högvärdig värme (tappvarmvatten, läggvatten, etc.)
 - Installera eventuellt ytterligare ackumulering av återvunnen värme för att överbrygga toppeffektbehov – framförallt för varmvatten

Normalt kan man räkna med följande fördelar då ett nytt kyl-/värmesystem installeras:

- Smartare energianvändning och lägre underhållskostnader
 - P.g.a. F-gasförordningen förväntas servicekostnaderna för HFC-baserade system öka behovet till systembyte
- Naturligt köldmedium
 - miljövänlig och en långsiktig lösning
- Högre driftsäkerhet
- Ökad automatisering – mindre handpåläggning för driftspersonal
- Mer spillvärme tillgänglig vid högre temperatur för att täcka eventuella värmebehov

För en bandypist är den vanligast lösningen idag ett s.k. indirekt kylsystem, där en sk köldbärare kyler ned ispisten via plaströr. Detta är en betydligt säkrare lösning jämfört med dagens direkta system med ammoniak i banrören. I det primära kylsystemet som kyler köldbäraren finns det vi kallar köldmediet och det har hittills på Krillan varit ammoniak.

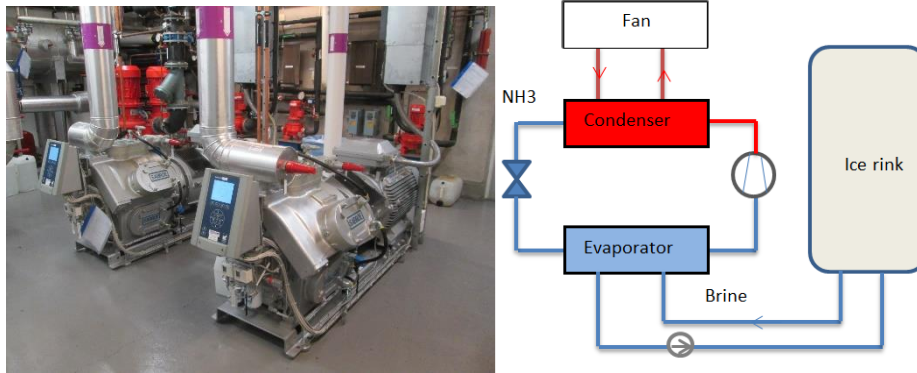
Som köldmedium finns idag flera tillgängliga alternativ som kan indelas i naturliga och syntetiska. System med syntetiska medier (sk HFC-system) kan inte anses vara långsiktiga lösningar pga dess höga klimatpåverkan samt att de kommer fasas ut ur användning inom EU som ett resultat av den sk F-gasförordningen.

Återstående alternativen blir då de naturliga köldmedierna kolväten (propan), ammoniak, och CO₂. Propan kan av (brand-)säkerhetsskäl i detta skede sannolikt uteslutas som och jämförelsen inskränks istället till ammoniak och CO₂.

3.2.1 Fullständigt indirekt ammoniaksystem

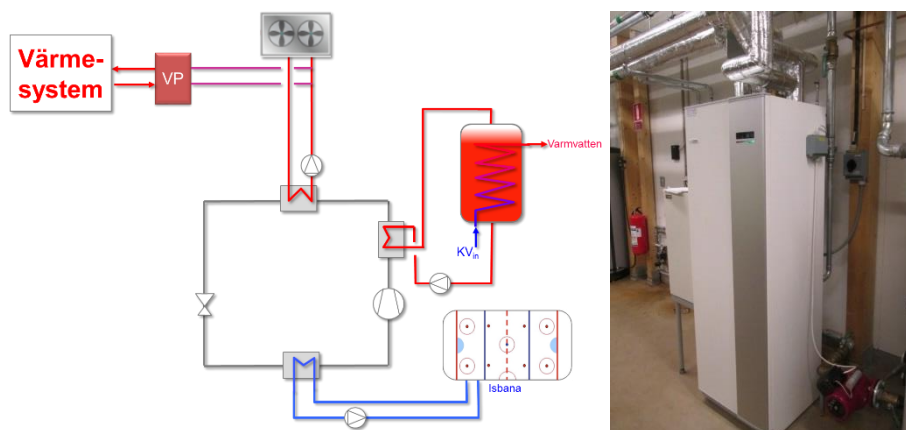
Ett traditionellt fullständigt indirekt ammoniaksystem är en beprövad lösning. I modernare tappning så erbjuder dessa system idag relativt små fyllnadsmängder (<500 kg för bandyapplikationer), hög effektivitet i kyl drift, bra kapacitetsreglering och lång livslängd.

De nackdelar som kan nämnas är att framförallt jämfört med direkta systemlösningar (möjligt med CO₂, diskuteras nedan) så blir energianvändningen för kringutrustningen högre såsom kylmedelpumpar och -fläktar. Vidare så gör värmeväxlingar på kalla och varma sidan att man bygger in förluster i systemet.



Figur 10 Ett traditionellt fullständigt indirekt ammoniakkylsystem.

Värmeåtervinning för att täcka eventuella värmebehov i anläggningen har en nyckelroll vid kostnadsminimering av driften och där är de inneboende egenskaperna något sämre hos ammoniak än CO₂, vilket gör det svårt att producera värme på den temperaturnivå man behöver för att täcka värmebehoven. I allmänhet får ammoniakbaserade system då kompletteras med t ex en värmepump eller fjärrvärme för att täcka behoven helt.



Figur 11 Ett traditionellt kylsystem kan utrustas med värmepump för ökad värmeåtervinning.

Traditionella kylsystemslösningar med t ex ammoniak som köldmedium vilka inte har så stor andel värme tillgänglig vid högre temperatur kan kompletteras med en värmepump (VP). Denna VP lyfter tillgänglig värme från kylsystemets varma sida till en högre temperatur så att t ex varmvatten kan beredas.

En annan faktor som allt oftare blivit avgörande orsak till systembyte är att ammoniak är ett för människan farligare köldmedium. Trots att man med moderna lösningar lyckats få ner köldmediemängden rejält, så finns fortfarande risken för personskador.

Ammoniak, NH₃, är en färglös gas med en stark och irriterande doft. Dess huvudsakliga fara för människan är dess giftighet, som redogörs i Tabell 2. Två minuters exponering av 1000 ppm ammoniak i luften kan leda till behov av sjukvård medan två minuter i en koncentration 10 000 ppm medför att sannolikheten för dödsfall är över 5%. Fördelen med ammoniak är dock att de flesta människor känner lukten redan vid 5–10 ppm. Vidare är det få som kan uthärda 100 ppm, vilket innebär en förvarning i god tid av eventuellt läckage eller utsläpp. Överlägset största riskzonen är kylmaskinrummet där ett mycket litet läckage redan, mindre än 1 kg, kan skapa en livsfarlig koncentration.

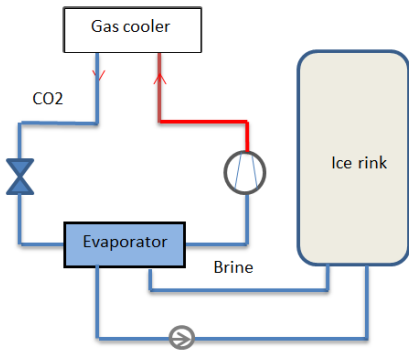
Tabell 2: Effekter av ammoniak på människor.

Koncentration (ppm)	Effekt	Varaktighet av exponering
5	Luktgräns för många människor	-
25	Tydlig lukt, inga skadliga effekter för normalperson.	Maximalt tillåten koncentration för en arbetsdag (nivågränsvärde).
50	Inga skadliga effekter för normalperson, lukten känns tydlig av de flesta personer (luktgräns kan variera, 1-50 ppm)	Maximal tillåten koncentration för vistelse i 15 minuter (takgränsvärde), förlängd upprepad exponering framkallar inte några skador.
100	Besvärande att vistas i utan andningsskydd, lindriga ögonirritationer	-
300 (IDLH)	Maximal tolerabel utan allvarliga störningar	1 timme.
400 – 700	Irritation av näsa och hals, ögonirritation, tårbildning. Personer kan omkomma om de är särskilt känsliga (t.ex. barn, astmatiker)	Sällsynt exponering upp till 1 timme orsakar vanligen ingen allvarlig påverkan.
2000 - 3000	Krampaktig hostning, svår ögonirritation.	Ej tillåten koncentration, personer kan omkomma efter längre exponering.
5000 - 7000	Krampaktig andning, snabb kvävning.	Ej tillåten koncentration, personer kan omkomma efter kortvarig exponering.

I grund och botten är ammoniak ett mycket effektivt köldmedium som i ett teoretiskt perspektiv överträffar CO₂ vad gäller kylprestanda. I praktiken pga. de faktorer som nämnts tidigare blir idag CO₂-tekniken, rätt utförd, säkrare, billigare, effektivare och leder normalt till lägre livscykelkostnader.

3.2.2 Delvis indirekt CO₂ system

Denna typ av systemlösning har installerats i många anläggningar i Sverige och globalt. Systemen är väl utvärderade och resultaten är bra. Denna lösning är idag den vanligast förekommande systemlösningen för att producera både värme och kyla, speciellt i befintliga anläggningar, där man kan använda ammoniakvatten som köldbärare i plaströren. På varma sidan gör man besparingar i driften då man kan undvika värmexlaren och pumpdrift för separat kylmedelkrets.

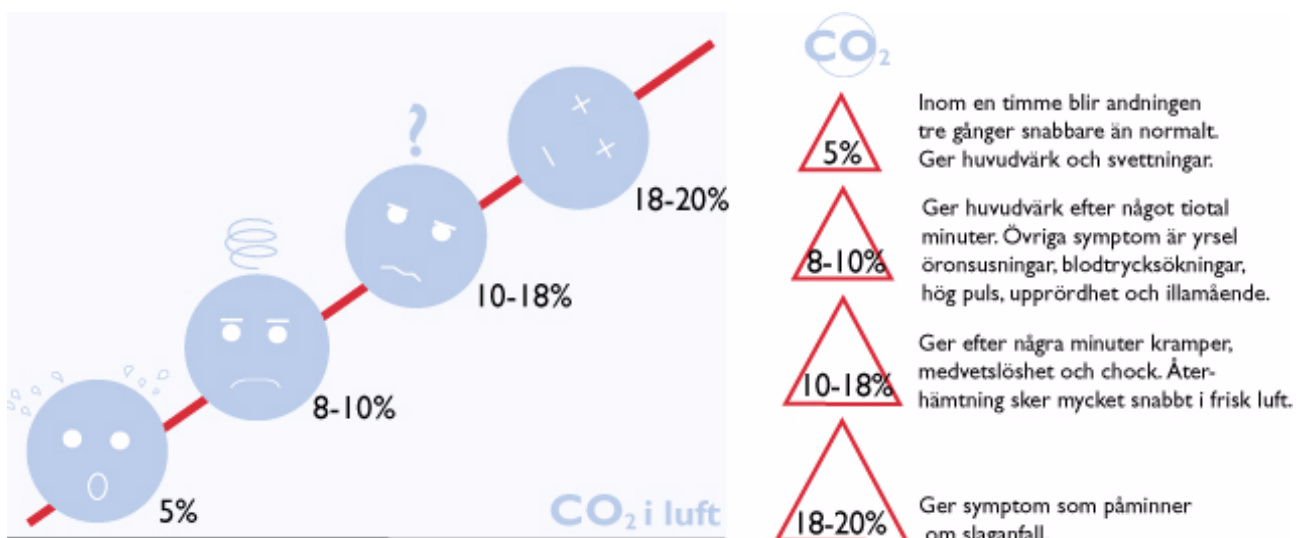


Figur 12 Indirekt CO₂-system med ammoniakvatten som köldbärare.

Som nämnts tidigare är de avgörande skillnaderna mellan CO₂ och ammoniak att CO₂ har mycket goda värmeåtervinningsegenskaper samt att det är ett säkrare köldmedium. Även i anläggningar där värmebehoven varit låga har man valt CO₂ av säkerhetsskäl.

Vidare kan en investering i ett CO₂ system ses som en förberedelse att kunna täcka eventuella framtida värmebehov ifall man t.ex. vill utveckla anläggningen. Det senare gäller specifikt om man väljer att bygga in anläggningen till en bandyhall.

Ur säkerhetssynvinkel är CO₂ mycket fördelaktigare än ammoniak då det krävs betydligt högre koncentrationer för att skapa farlig miljö. Enda nackdelen är att CO₂ ej kan detekteras av människan, vilket betyder att det blir viktigt att utrusta berörda utrymmen, dvs kylmaskinrummet, med fungerande detektorsystem som varnar i god tid ifall läckage skulle uppstå. Detta är dock en standardåtgärd oavsett systemlösning.



Figur 13. CO₂'s personpåverkan vid olika koncentrationer.

3.2.3 Referensanläggningar – CO2-bandy

- Hällåsen (hockey + bandy inne), Söderhamn
- Zinkensdamms IP (bandy ute), Stockholm
- Studenternas IP, Uppsala
- ...och snart Västanfors IP (Fagersta)

3.2.4 Summering

Marknaden för isbanor och ishallar går i ökad utsträckning mot att använda CO2 som köldmedium. Fördelar med CO2-system kan listas som följer:

- Säkrare – inte toxiskt
- Ej brandfarligt
- Bättre värmeåtervinningsegenskaper
- Fler tillgängliga serviceföretag
- Lägre servicekostnader över tiden
- Mediet används i princip alla nya livsmedelsbutiker som byggs (borgar för god tillgång på serviceföretag och -tekniker)

Nackdelarna är:

- Mindre känt för beställare
- Driftserfarenheten inte lika lång som för ammoniak

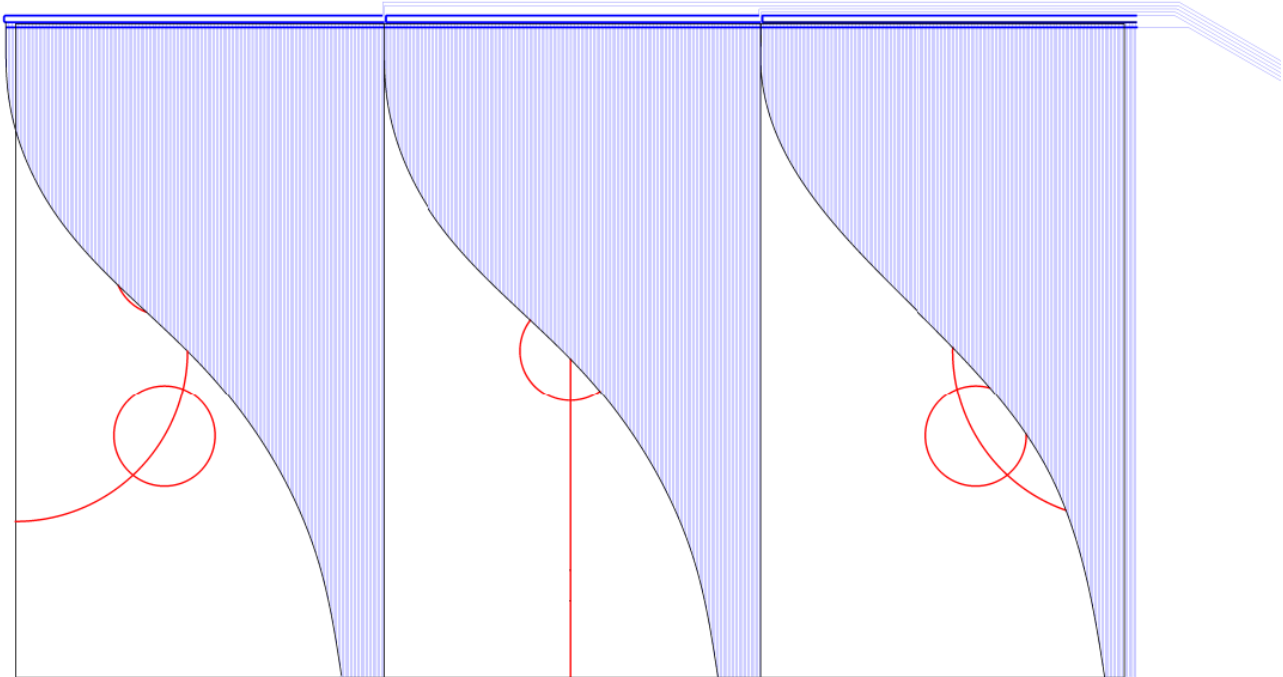
EKA har lång erfarenhet av att jobba med CO2 och har projekterat många CO2-system genom åren, därför kan EKA upplevas som partiska. Vi rekommenderar därför beställaren att besöka andra anläggningar som idag använder CO2 som köldmedium för att ta del av erfarenheterna. Vi har därför i detta dokument listat några av de referenser som finns tillgängliga inom rimligt avstånd.

3.3 Bandy pistens konstruktion

För bandyispister används ofta s.k. indirekt kylsystem idag, dvs där en sk köldbärare pumpas runt i ispistens rör. Det finns flera alternativ och tidigare har sk saltlösningar varit populära. I vissa enstaka fall används också etylenglykol.

Idag använder de allra flesta anläggningar sk ammoniakvatten vilket är ca 18% ammoniak som löses i vatten. Det är alltså inte att jämföra med ren ammoniak som kan användas i kylsystemet. Detta kan användas i plaströr vilket gör det enkelt och kostnadseffektivt. Den största fördelen är dock dess låga effektbehov till köldbärarpumparna. Grovt kan man säga att det går åt hälften så mycket energi för att pumpa ammoniakvatten jämfört med saltlösning.

Vi ser inga skäl till att inte välja ammoniakvatten som köldbärare också för Krillans bandypist. Figur 14 visar distributionsprincipen för ispisten, där man delat den in i tre zoner som kan styras separat. Detta är numera standardlösningen för indirekt distribution till bandypister.



Figur 14. Distributionsprincip nytt köldbärarsystem.

En ispist kylv marken under ispisten även om isolering finns. För ispister inomhus så är det "obligatoriskt" att installera ett sk tjälskydd vilket är ett värmesystem under ispisten för att undvika att marken fryses. Om marken under ispisten frysen kan tjälskjutning uppstå vilket riskerar att skada pisten. För isbanor utomhus så ses inte normalt ett tjälskydd som en nödvändighet då säsongen är kortare och värmen under sommaren tinar upp eventuell tjäle.

Om man en dag bygger in en isbana så uppstår behovet av tjälskydd. Att eftermontera denna funktion är inte möjligt och då får man leva med risken och eventuella konsekvenser av att inte ha denna "försäkring". Med det sagt så rekommenderar vi starkt att installera tjälskydd även om det inte finns planer på inbyggnad idag. Tjälskador kan uppstå även på utomhusplaner vilket leder till sprickbildning i pist och is, så även i det perspektivet kan det vara en fördel att ta denna investering vid nyanläggning av ispisten på Krillan.

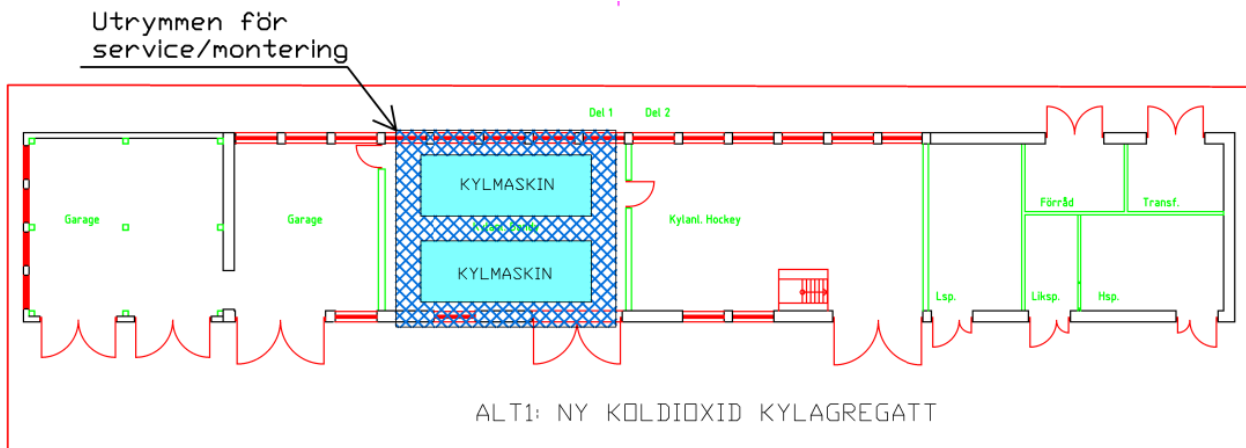
Tjälskydd är liten del av den totala investeringen i sammanhanget. Uppskattningsvis står tjälskyddsfunktionen för 300 - 400 tkr vilket kommer vara nästan en försvinnande liten del av totalbudgeten. Vi rekommenderar starkt att lägga till denna funktion.

3.4 Placering av ny kylsystemlösning och riskbedömning

3.4.1 CO2

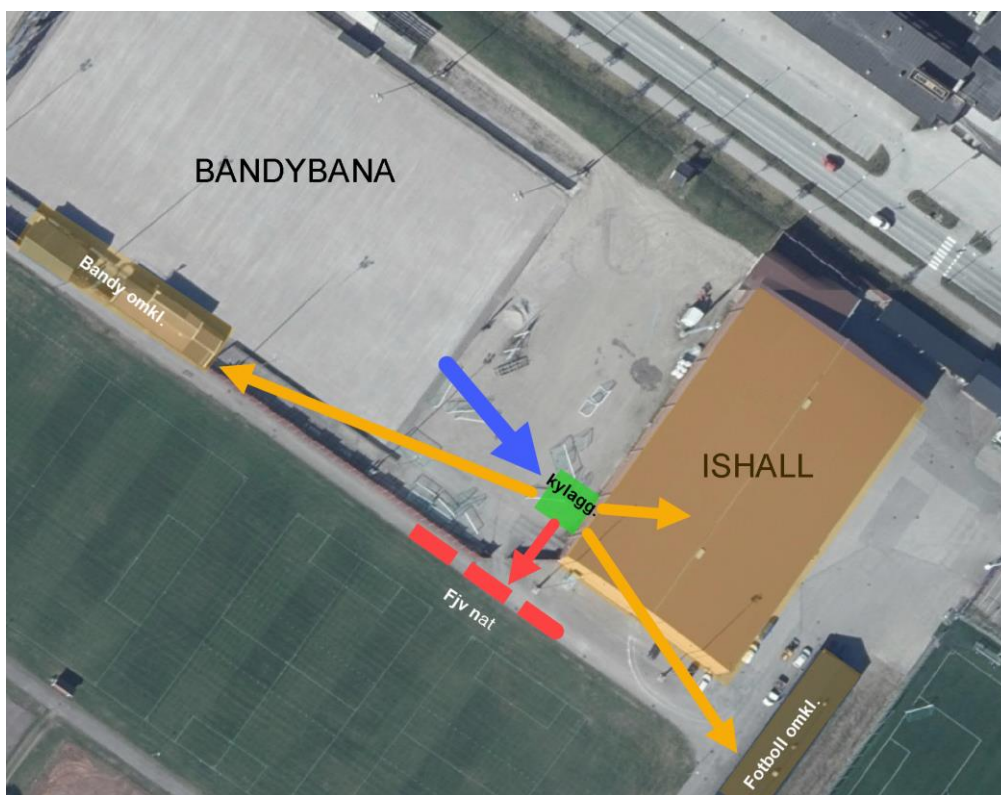
Med den beräknade kylkapaciteten kan EKA titta på relevanta storlekar på CO2 aggregat och bedöma ifall det går att återanvända det befintliga kylmaskinrummet. Figur 15 visar att det inte kommer att fungera, då kylmaskinen som delas i två aggregat även kommer behöva serviceutrymme enligt gällande normer. Med det befintliga kylmaskinrummet kan detta inte uppfyllas. Vidare så vore det ur värmeåtervinningsperspektiv

aktuellt att kunna reservera utrymme till ack tankar för varmvattenproduktionssyfte. För ett CO2 system så rekommenderar vi att bygga ett nytt maskinrum.



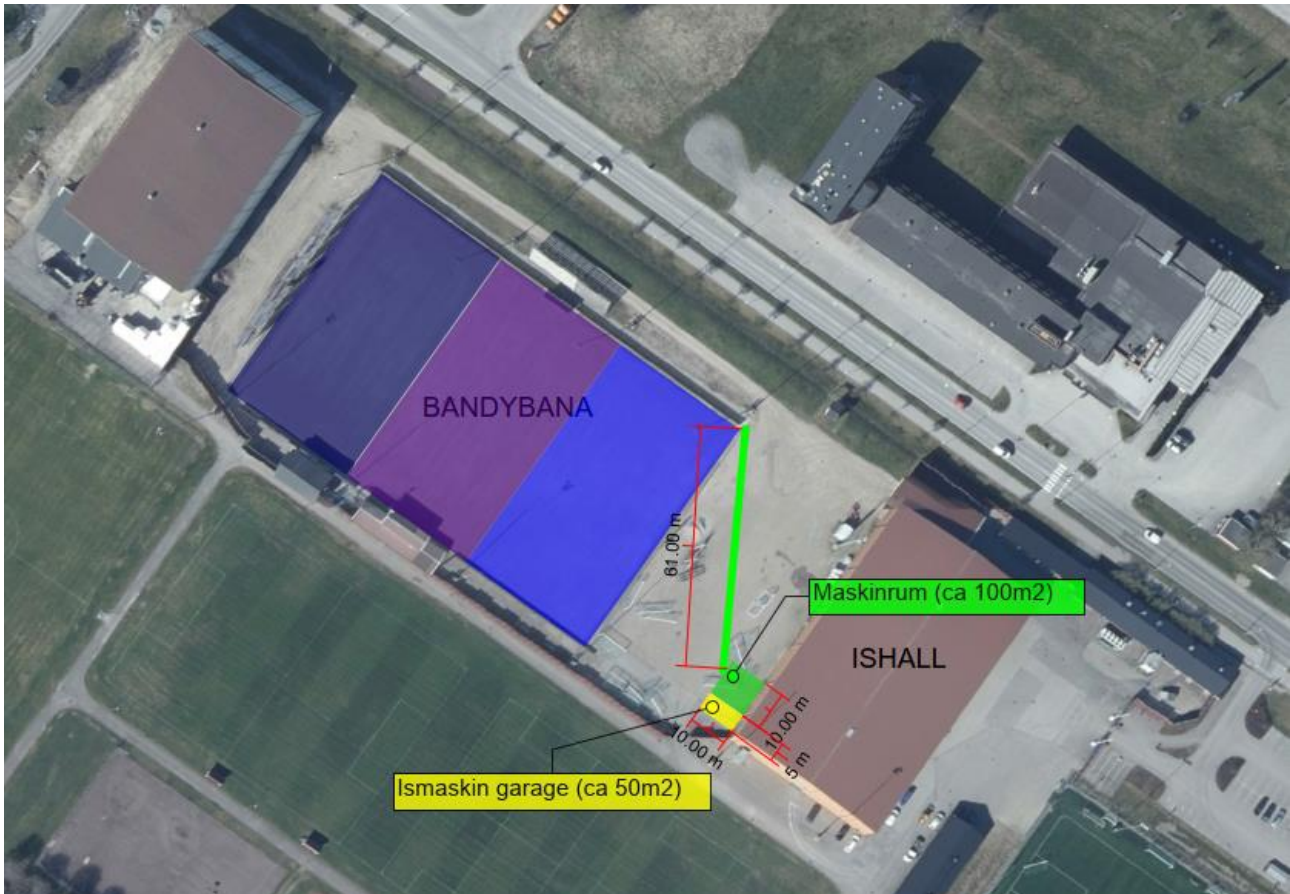
Figur 15. Placering av nytt CO2 system i befintliga kylmaskinrummet går ej.

Figur 16 visar förslag på placering av nytt kylmaskinrum som skulle kunna täcka CO2-systemets behov. Med denna placering finns det flera fördelar: kortare distribution av kyla till bandypisten, närmare anslutning till lokala värmebehov, samt möjligheten att ansluta till närliggande fjärrvärmenätet.



Figur 16. Föreslagen placering av nytt kylmaskinrum.

Figur 17 konkretiserar förslaget ytterligare, med att visa kylmaskinrummets storlek och kulvertdragningen för köldbärarrören till pisten. Vidare förslås det att i anslutning till kylmaskinrummet bygga ett ismaskinsgarage som ska kunna betjäna bandyn och potentiellt även hockeyn.

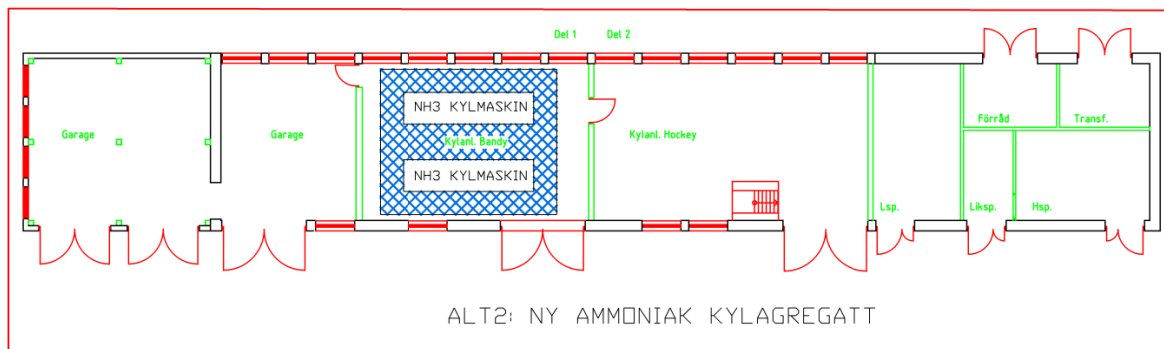


Figur 17. Dimensioner på nytt kylmaskinrum, ismaskinsgarage och kulvertdragning.

Kylmaskinrummet för det nya CO₂-kylsystemet utrustas med säkerhetsutrustning enligt gällande direktiv, och CO₂ kan i sig bedömas vara ett säkert alternativ jämfört med övriga köldmedium.

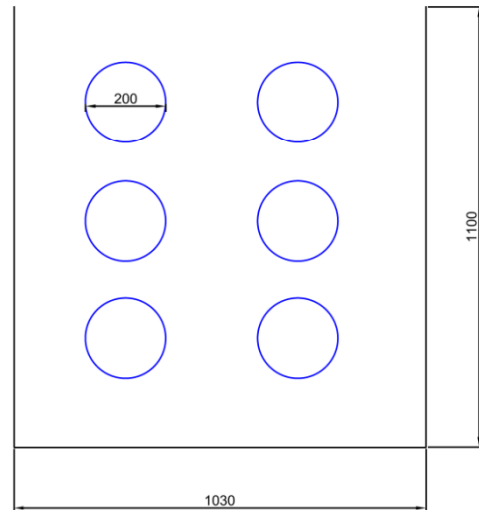
3.4.2 Ammoniak

I fallet ammoniak så vore sannolikt att ny systemlösning kunde rymmas i det befintliga kylmaskinrummet. Med den begränsade ytan blir det dock svårare att få övrig värmeåtervinningsutrustning, t.ex. värmepump, att rymmas ifall den funktionen skulle önskas. Detta ska därför kanske ses snarare som en lösning ifall man endast vill leverera kyla till pisten och i detta skede inte vill beakta ens eventuella framtida värmebehov.



Figur 18. Nytt ammoniaksystem i befintligt kylmaskinrum.

För att leverera kyla till pisten bedöms befintlig kulvert kunna återanvändas, där befintliga rör ersätts med nya matarrör som ska kunna leverera kyla till den nya bandypistens iszoner. Pga dess konstruktion ska det dessutom kunna vara relativ lufttät, vilket är bra för hanteringen av eventuellt köldbärläckage som då kan ventileras mot kylmaskinrummet. Mer om Bandy pistens konstruktion i kapitel 3.3.



Figur 19. Befintlig kulvert från kylmaskinrum till bandypist kan återanvändas för nya matarrör till ny ispist.

Även om ett nytt ammoniaksystem potentiellt kunde rymmas i det befintliga kylmaskinrummet bedöms marginalerna ändå vara för osäkra, samt att det inte är önskvärt att inte begränsa framtidsmöjligheterna alltför mycket vad gäller värmeåtervinningsfunktioner mm. Att återanvända det gamla maskinrummet kan innebära kostnadsbesparingar i första läget men det ska tilläggas att byggnaden är uppförd 1969 och uppfyller inte moderna krav vad gäller gastäthet, el-/brandsäkerhet, mm varför det är oklart om det verkligen kommer att leda till en besparing. Med detta som bakgrund blir det därför rimligare att anta att även ett nytt ammoniaksystem placeras i nytt kylmaskinrum likt CO₂-fallet. På så vis finns förutsättningarna att i framtiden utveckla anläggningen vidare på ett hållbart sätt.

Som tidigare påpekats är risken med ammoniak betydligt högre för personskador än med CO₂. EU-direktiv ställer särskilda krav på kylmaskinrum med ammoniak vad gäller säkerhet, men allmän regel är att man idag bör sträva till att minimera fyllnadsmängden samt se till att ammoniak endast finns inuti kylmaskinrummet. Dvs man gör systemet fullständigt indirekt. Då ammoniak är ett farligare köldmedium, blir det aktuellt med riskbedömning som genomförs nedan.

3.4.2.1 Riskbedömning ammoniak

Dokumenterade olyckor med ammoniak i Sverige har tillsvidare inte lett till ett enda dödsfall, och ur världssynvinkel är antalet dödsfall lågt i förhållande till mängden dokumenterade incidenter. Trots mediets egenskaper som potentiellt kan leda till svåra personskador och livsfara ska man försöka vara så "realistisk" som möjligt när man utför en riskutredning gällande ammoniak.

Orsakerna till att ett ammoniakutsläpp sker kan ofta indelas i två grupper: fel i utrustning eller den mänskliga faktorn. Med den tidigare menar man ofta slitage, vibrationer, korrosion mm som brukar leda till s.k. "smygläckor" från rör, tankar, eller kopplingar i anläggningar som i allmänhet sköts korrekt. Mängden ammoniak som då läcker är i vanliga fall låg. Således kan man ofta anta att felet åtgärdas innan de hinner

förstoras till skadliga nivåer. Med det senare syftar man på haverier och felhandlingar i samband med servicearbeten. Det senare är ofta det som anses vara den största risken med ammoniakbaserade system.

Förverkligat brandscenario i bandykylsystemets maskinrum kan potentiellt leda till ammoniakutsläpp. Speciellt i bandykylmaskinrummet kan detta ha märkbara konsekvenser pga den stora mängd ammoniak som finns i systemet. Regelmässig oljehantering, ingrepp i ammoniakretsen samt lagring av begagnad och ny kompressorolja, är en känd och identifierad riskkälla som kräver riskreducerande åtgärder i form av utbildning.

Potentiell skada kan minimeras om fyllnadsmängden i kylsystemet minimeras. Genom att göra systemet fullständigt indirekt, kommer det mest vara frågan om att själva kylmaskinrummet är en riskzon. Besökare av anläggningen kommer då med största sannolikhet att ej beröras märkbart av eventuellt läckage, utan det är snarast frågan om servicepersonalens säkerhet. Konsekvenser anslutna till den mänskliga faktorn lindras märkbart om någon med kylteknisk kompetens är närvarande i anläggningen, eftersom denne vet vad som skall göras i en risksituation. Mängden ammoniak som släpps ut minskas då rejält i jämförelse med vad man ofta uppskattar i "worst case" analyser.

Tabell 3. Historiska incidenter och dödsfall i anslutning till ammoniakbaserade kylsystem.

Country	No. years Incl. 2008	No. of deaths
Sweden	68	0
Norway	63	1
Denmark	63	0
Finland	63	0
Iceland	30	0
Germany	22	2
USA	15	8
UK	29	2
Australia	30	0
New Zealand	29	0
The Netherlands	29	1
Italy	30	0
Chile	30	1

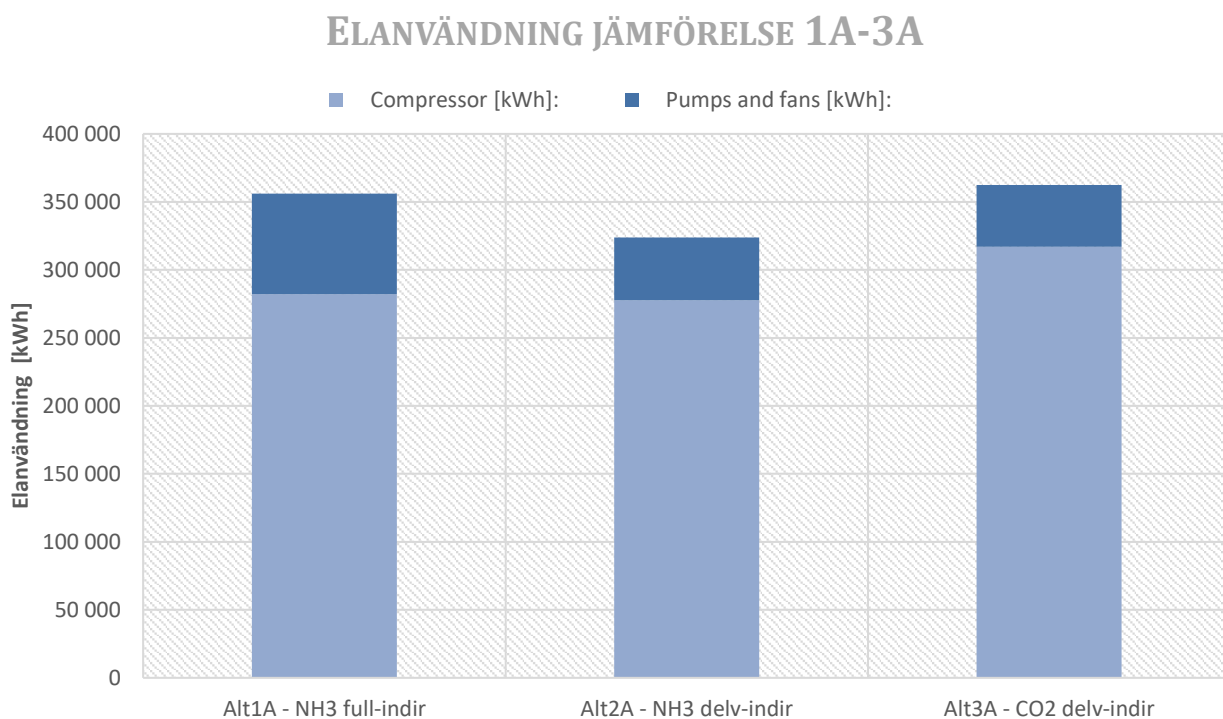
4 Energiberäkningar på föreslagna systemlösningar

I detta kapitel görs energi- och LCC-beräkningar på de föreslagna systemlösningarna både vad gäller kylproduktion och eventuell värmeåtervinning samt export.

4.1 Kyla utan värmeåtervinning

Med hjälp av EKAs kunskapsbank samt allmänt tillgängliga beräkningsverktyget PC Pro II har estimeringar på kylsystemalternativens energianvändning tagits fram för bandypisten i Krillan. Figur 20 och Tabell 4 visar resultaten för alternativen 1A-3A, där 1A är det tidigare nämnda fullständigt indirekta ammoniaksystem och 3A är delvis indirekta CO2 systemet. Resultaten visar att deras energianvändning ligger på mycket liknande nivåer, så det är snarare övriga faktorer som avgör vilken systemlösning som är fördelaktigare.

Alternativ 2A är ett delvis indirekt ammoniaksystem, dvs ammoniakgas kyls utomhus i kondensorn, och har lagts med här för att illustrera energimässiga fördelen med att eliminera värmeväxlingen på varma sidan. Ur säkerhetsperspektiv kommer detta alternativ dock inte att bli aktuellt, så det kommer inte att undersökas vidare.



Figur 20. Årlig elenergianvändning för alternativ 1A-3A.

Tabell 4. Alt 1A-3A Simuleringsresultat på månadsbasis.

	1A. NH3 full-indirekt			2A. NH3 delv-indir			3A. CO2 delv-indir		
	Compressor [kWh]	Fans and Pumps [kWh]	Total [kWh]	Compressor [kWh]	Fans and Pumps [kWh]	Total [kWh]	Compressor [kWh]	Fans and Pumps [kWh]	Total [kWh]
JAN	47,569	11,306	58,874	47,427	7,031	54,459	51,627	7,325	58,952
FEB	15,055	4,180	19,235	15,046	2,140	17,186	15,203	2,189	17,392
MAR	28,630	6,634	35,264	28,527	4,232	32,759	30,912	4,394	35,306
APR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JUL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AUG	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OCT	61,886	14,683	76,569	59,584	11,704	71,288	75,331	10,821	86,152
NOV	80,060	18,820	98,880	78,382	13,648	92,030	92,311	13,266	105,577
DEC	49,024	12,279	61,303	48,754	7,288	56,042	51,641	7,401	59,042
Total	282,225	67,900	350,126	277,721	46,042	323,763	317,025	45,396	362,421
Avg	23,519	5,658	29,177	23,143	3,837	26,980	26,419	3,783	30,202

4.2 Kyla med värmeåtervinning

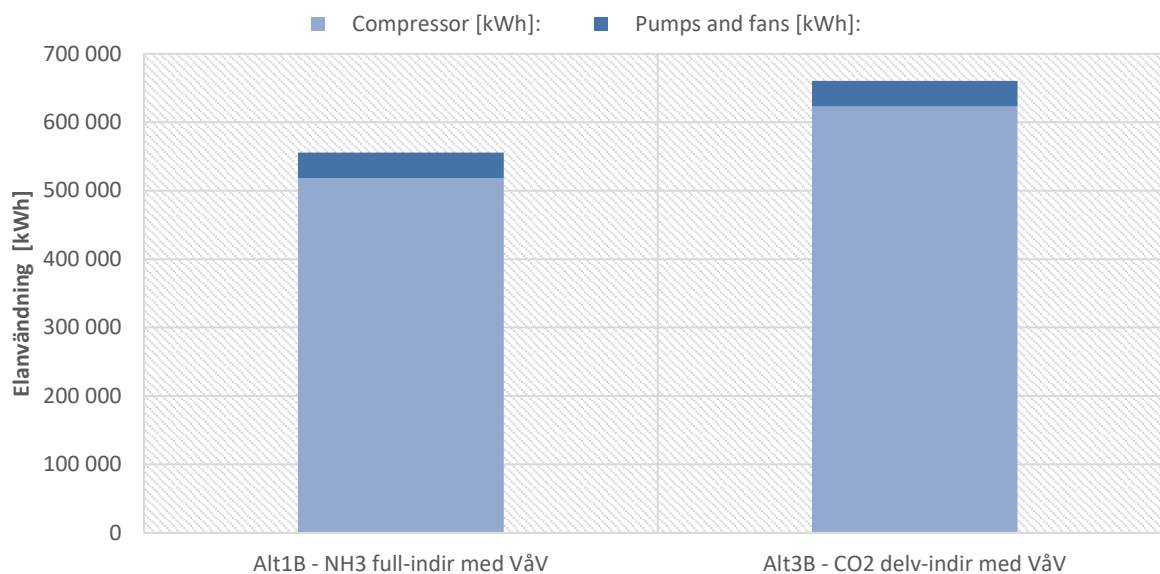
Ovan utförda beräkningar utgick från att kylsystemet ska gå så effektivt som möjligt i kylproduktionen, vilket resulterar i att mängden användbar spillvärme blir mycket liten. Genom att öka trycket i systemet kan man öka mängden användbar värme för att täcka värmebehov i anläggningen samt eventuellt exportera till andra håll.

För att ge en heltäckande bild av potentialen har full återvinningsdrift under issäsongen antagits i beräkningarna nedan. Nivån av värmeåtervinningsdrift kan sedan i verkligheten variera mellan dessa resultat och beräkningarna på endast kylorienterad drift ovan.

Figur 21 och Figur 22 nedan sammanfattar resultaten som gjorts i beräkningarna med PC Pro II som verktyg. Här kan man se att trots att CO2 systemet använder mer el, 660 MWh, än ammoniaksystemet, 550 MWh, i återvinningsdrift så är mängden användbar spillvärme ovan 40°C betydligt högre, 942 MWh än hos ammoniaksystemet, 411 MWh.

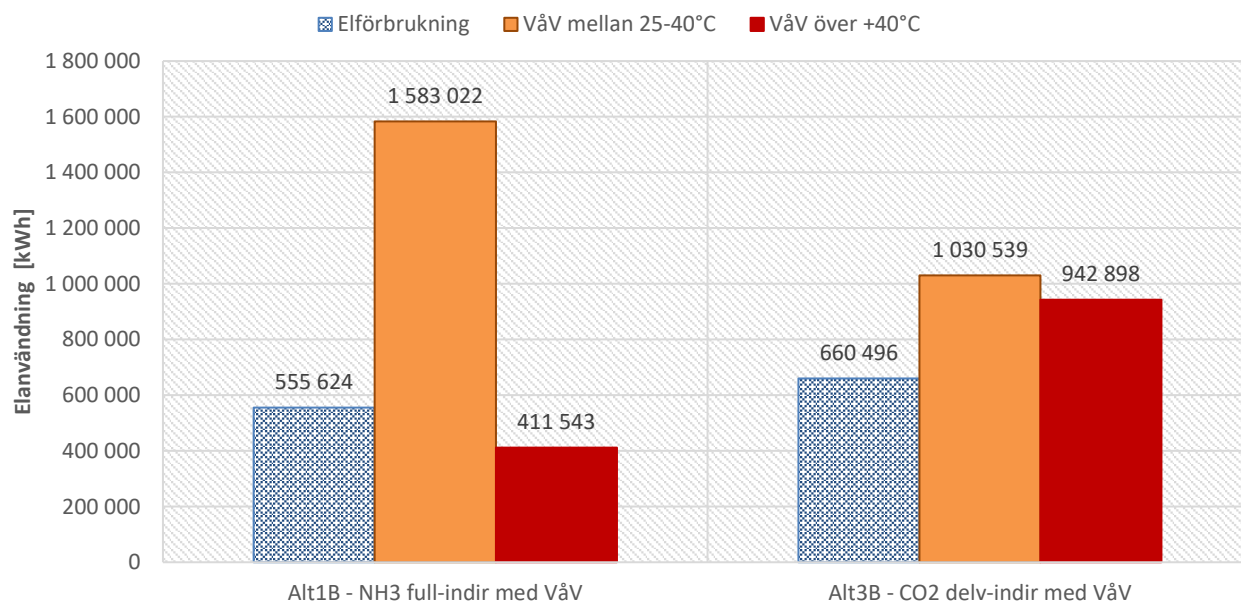
CO2 systemet har därmed en klart bättre potential och nytta i att användas i värmeåtervinningsdrift. Utöver att täcka de lokala värmebehoven i kapitel 6 kan det även vara intressant att hitta övriga mottagare av värme. Alternativen vore övriga närliggande anläggningar, tex den nya bad- och sportanläggningen eller Ullvihallen, i det fall man kan lokalt komma överens om anslutningar, eller värmeexport till fjärrvärm nätet.

ELANVÄNDNING JÄMFÖRELSE 1B OCH 3B



Figur 21. Elanvändning per systemlösning.

ENERGI RESULTAT JÄMFÖRELSE 1B OCH 3B

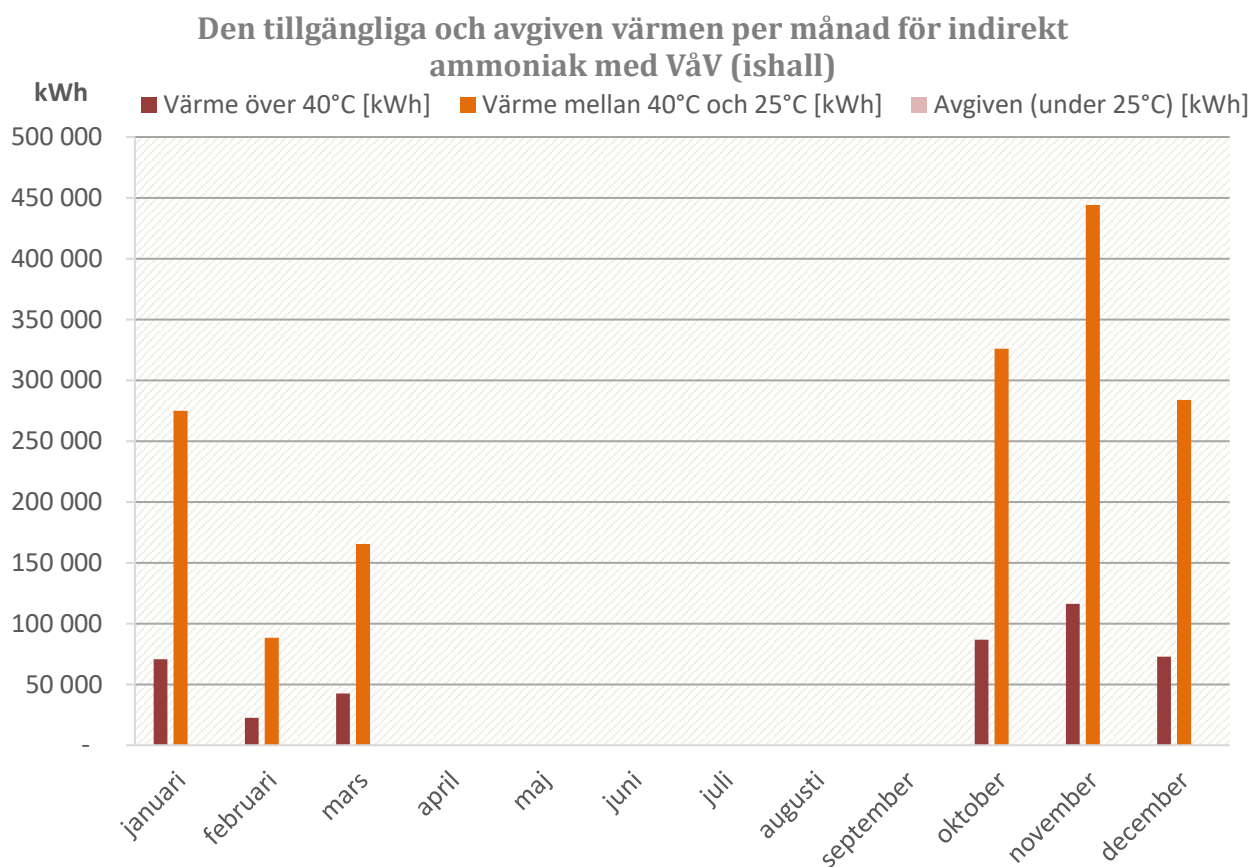


Figur 22. Sammanfattning av beräkning på 1B och 3B.

Beräkningarna på värmeåtervinning samt värme exportens potential hos CO2 systemet kommer att utredas mer ingående nedan.

4.2.1 Värmeåtervinning Ammoniak

Utdata från PC II erbjuder möjligheten att göra en årlig fördelning per månad av den återvunna värmen.



Figur 23. Alt 1B - NH₃ fullst-indirekt med VåV, Den tillgängliga och avgiven värme per månad från PC II simulering

Återvunnen värme motsvarar 100 % av den genom kylsystemet totalt producerade värmen. Det förklaras av kondenseringstemperaturen som ligger på 35°C.

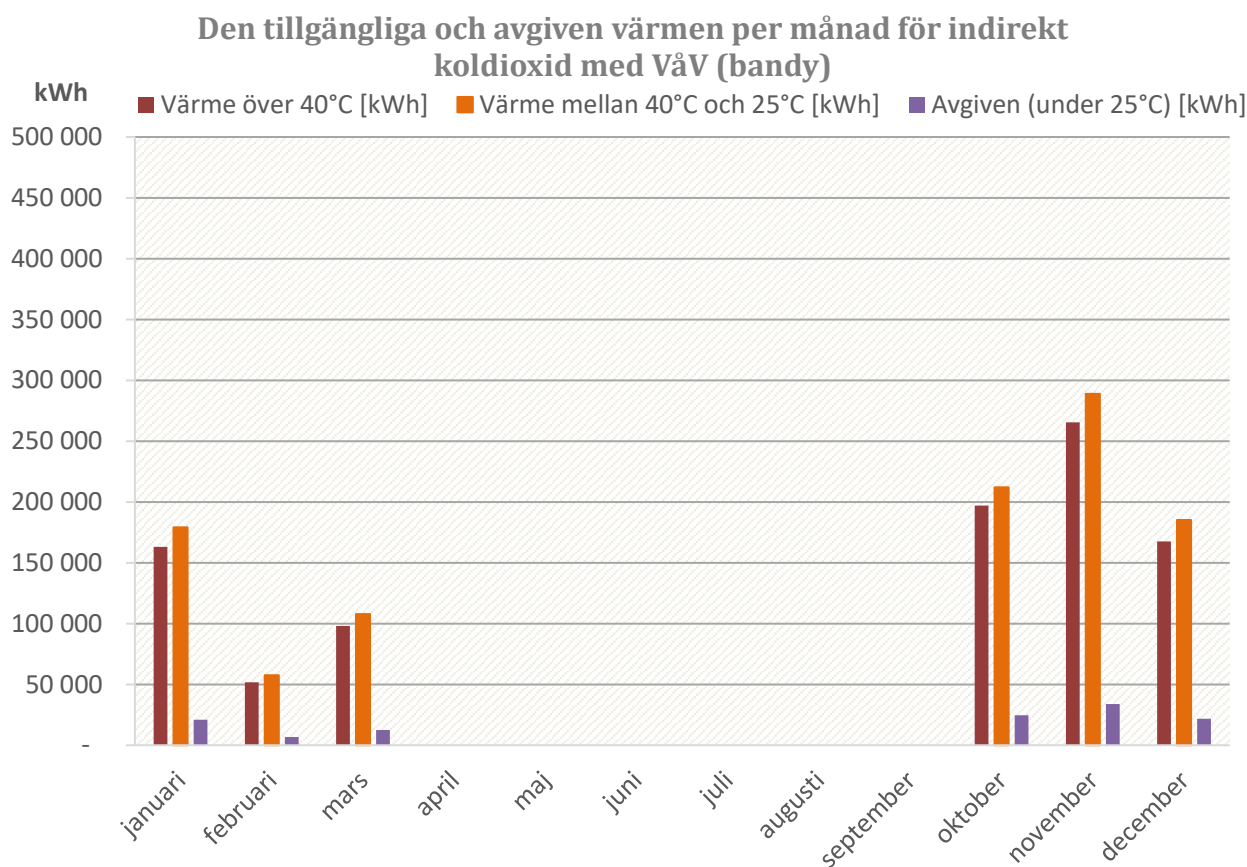
$$\text{Andel av VåV} = \frac{\text{Värmeåtervinning}}{\text{Värmeåtervinning} + \text{Resten av avgivna värmen}} = 100\%$$

Total tillgänglig värme, över 25°C, under hela säsongen är som synes ovan ca 1995 MWh där av naturliga skäl en större andel finns tillgänglig under de varmare månaderna. Från mitten av oktober till mitten av mars ligger den månatliga värmeavgivningen på mellan 110 och 560 MWh.

Det är mindre högtemperatur-värmeåtervinning för NH₃-systemet på grund av dess termodynamiska egenskaper, bara 20,6% kan återanvändas över 40°C.

4.2.2 Värmeåtervinning CO2

Utdata från PC II erbjuder möjligheten att göra en årlig fördelning per månad av den återvunna värmen.



Figur 24. Alt 3B - CO2 delvis-indirekt med VåV, Den tillgängliga och avgiven värme per månad från PC II simulering.

Återvunnen värme motsvarar 94 % av den genom kylsystemet totalt producerade värmen.

$$\text{Andel av VåV} = \frac{\text{Värmeåtervinning}}{\text{Värmeåtervinning} + \text{Resten av avgivna värmen}} = 94\%$$

Detta visar att det finns potential för ytterligare värmeåtervinning (ca 120 MWh) om värmesystemen dimensioneras klokt, dvs för återvinning på låg temperaturnivå (< 25°C).

Total tillgänglig värme, över 25°C, under hela säsongen är som synes ovan ca 1973 MWh där av naturliga skäl en större andel finns tillgänglig under de varmare månaderna. Från mitten av oktober till mitten av mars ligger den månatliga värmeavgivningen på mellan 109 och 555 MWh.

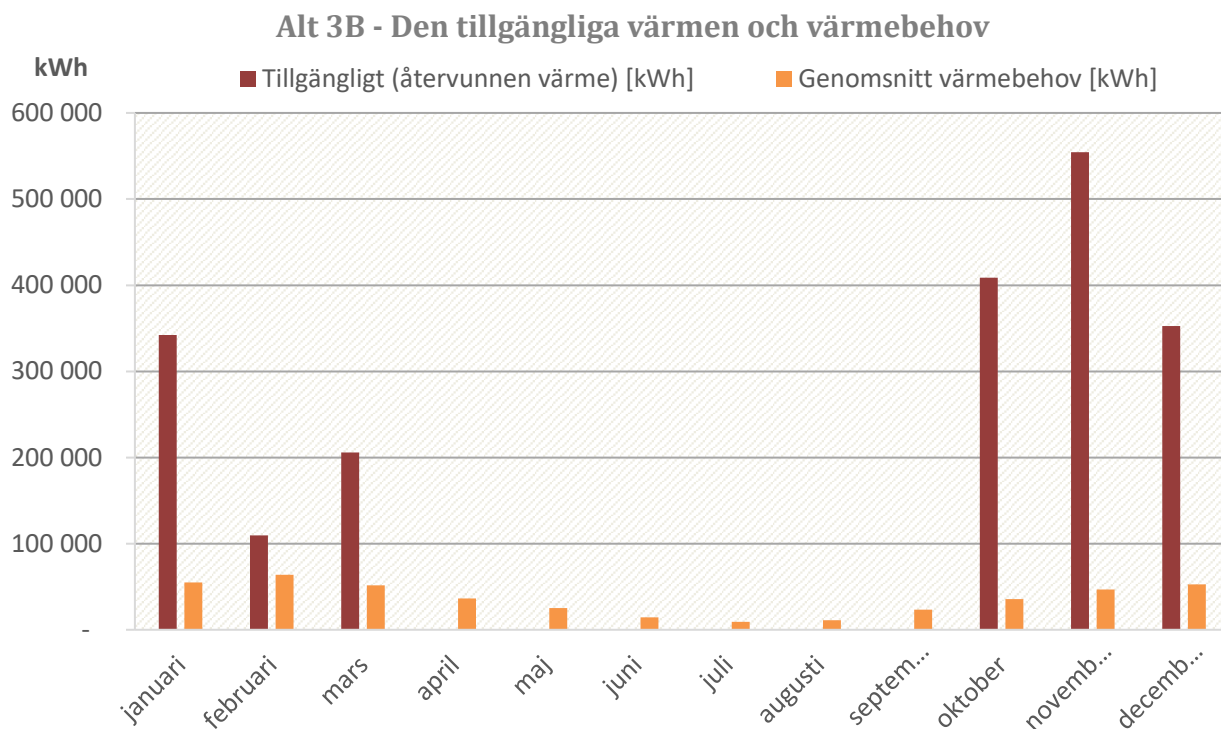
Pga av dess fördelar i termodynamiska egenskaper vad gäller värmeåtervinning, så kan en betydande andel högtemperaturvärme användas till att täcka värmebehov.

4.2.2.1 Värmeexport CO2

Då CO2 har mer gynnsamma värmeåtervinningsegenskaper än ammoniak, dvs man kan återvinna en större andel värme i högre temperaturer, blir det aktuellt att lite noggrannare undersöka hur man potentiellt kunde utnyttja spillvärmerna på ett kostnadseffektivt och miljövänligt sätt.

Figur 25 visar återvunnen värme från det föreslagna CO2 systemet i förhållande till de lokala värmebehoven i anläggningen, dvs ishallen och omklädningsbyggnaderna för bandy och fotboll. Ganska tydligt kan man se att ett märkbart överskott uppstår speciellt under hösten då kylsystemet arbetar som mest.

Dock är det även viktigt att temperaturnivåerna på tillgänglig värme och det som efterfrågas överensstämmer. På lokal nivå är det möjligt att med värmesystemlösningar se till att lägre temperaturer av återvunnen värme tillämpas optimalt. I fallet värmeexport kan det dock bli en utmaning att leverera lägre temperaturer till behoven, speciellt i fallet export till fjärrvärmenätet kommer det bli tydligt att värmen måste vara av särskild temperaturnivå. Vidare om detta nedan.



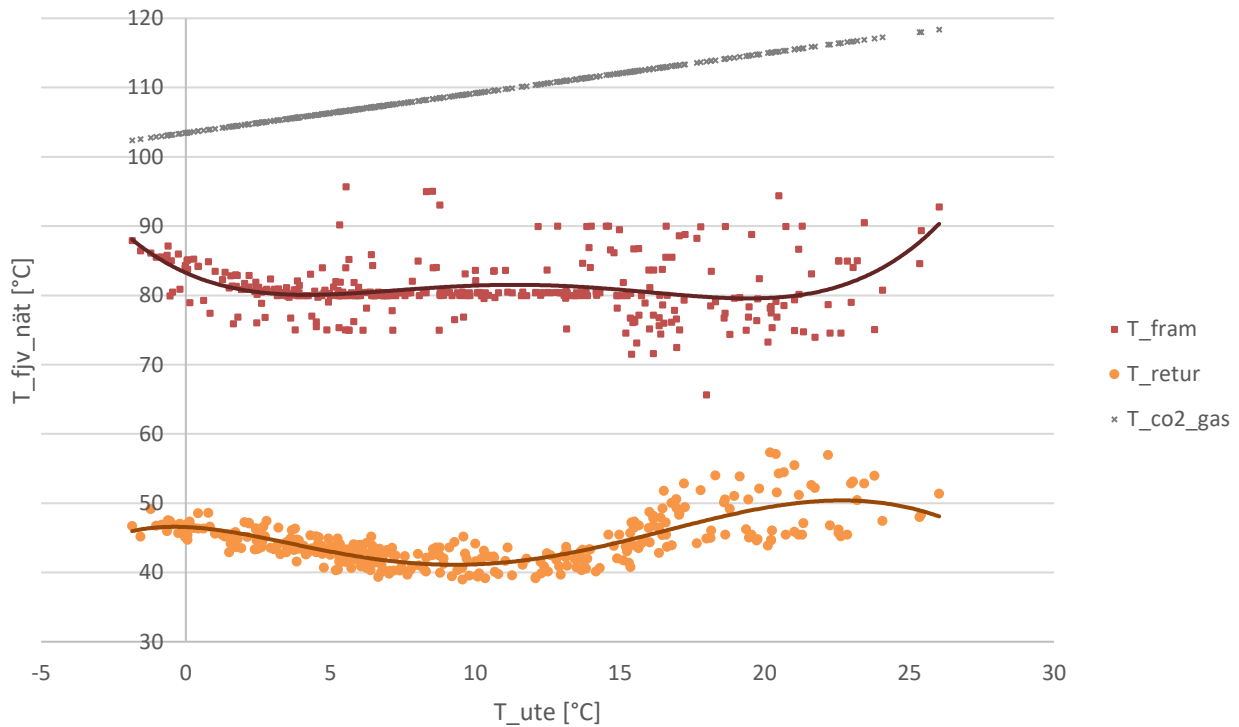
Figur 25. Den tillgängliga värmen och lokala värmebehoven, månatligen.

4.2.2.1.1 Potential för värmeexport till fjärrvärmenätet

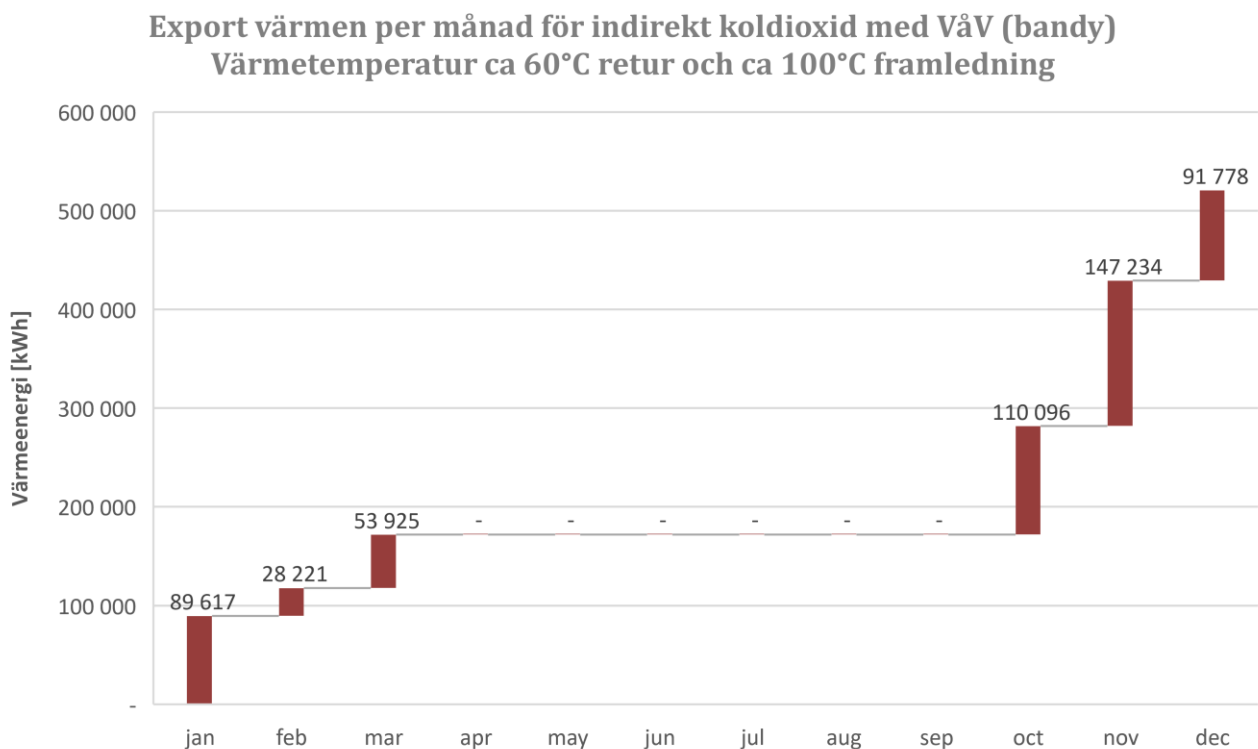
På beställarens önskan undersöks värmeexport till fjärrvärmenätet. Som ovan nämnts är en viktig faktor här temperaturnivå. Det finns olika sätt man kan exportera värme till fjv-nätet, men det som vore aktuellt i detta fall är att ta in returvärme och med återvunnen värme från ett CO2 system skicka det tillbaka till framledningen.

Figur 26 visar temperaturnivåerna på fram- och returledningarna i Köpings fjärrvärmenät. Detta indikerar att värmen som tillförs från CO2 systemet till nätet måste ha en miniminivå på ca 50 °C. För att analysera ur ett något konservativt perspektiv görs antagandet att användbar värme från CO2 systemet måste vara mellan

hetgastemperaturen, ca 105 °C, och 60 °C. Figur 27 visar tillgänglig värme från CO2 systemet på månadsbasis som uppfyller dessa kriterier.



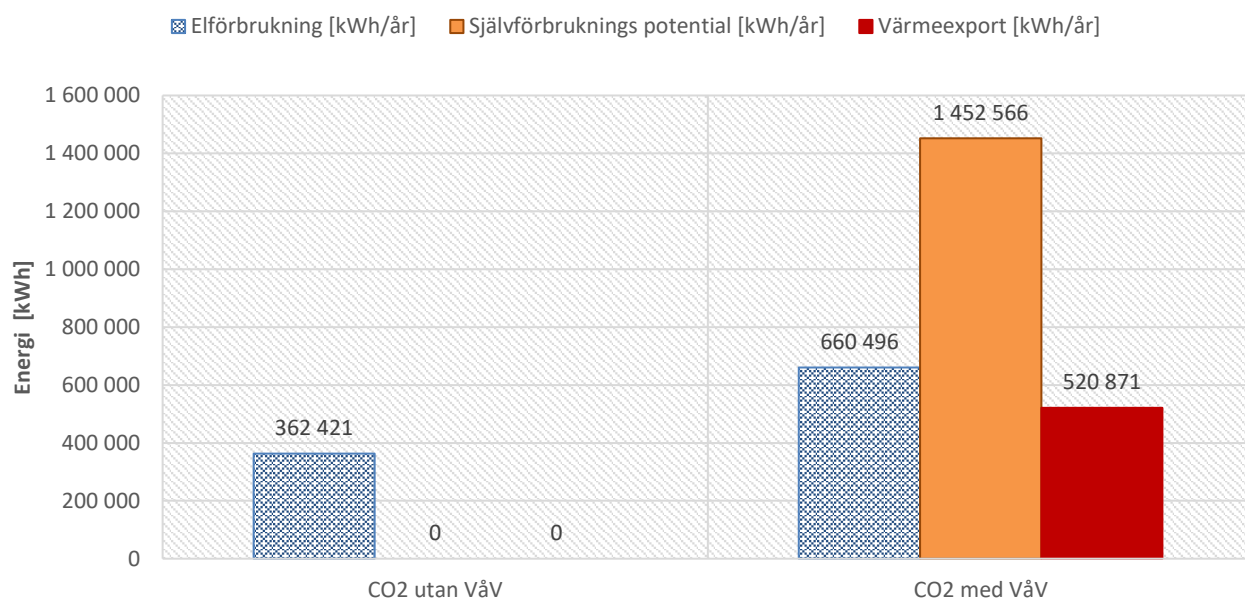
Figur 26. Köpings fjärrvärmenät data år 2020 och CO2-gastemperatur från modell för respektive utetemperatur.



Figur 27. Tillgänglig värme för export från bandysystem.

Man kan grovt säga att all värme högre än 60 °C från CO₂ systemet kan utnyttjas till värmeexport till fjärrvärmenätet, medan resten av spillvärmerna kan användas för att täcka de lokala behoven. Figur 28 sammanfattar ur CO₂ systemets perspektiv hur man kan driva systemlösningen ifall man kör "full återvinning" eller "endast kyla".

Totala mängden värme som kan exporteras från bandykylsystemet till fjv-nätet blir med detta ca 520 MWh, medan tillgänglig värme för lokal användning blir på nivån 1 450 MWh. Detta är med god marginal över totala fjärrvärmebehovet i ishallen och omklädningsbyggnaderna, som under bandysäsongen historiskt varit något över 200 MWh.



Figur 28. Sammanfattning av energisiffror för scenarier med och utan funktioner för värmeåtervinning/export.

LCC-analysen nedan kommer baserat på dessa energiberäkningar att visa hur väl de olika system- och driftalternativen presterar ur ekonomisk synvinkel.

5 LCC - jämförelse av alternativ

I detta kapitel kommer den ekonomiska prestandan hos olika kylsystemalternativ att jämföras. Vidare kommer värmeexport att undersökas ifall det finns ekonomiska argument för att genomföra det.

Baserat på det som konstaterats/undersökts i tidigare kapitel kommer två alternativ primärt att jämföras i detta kapitel:

- Fullständigt indirekt ammoniaksystem placerat i nytt kylmaskinrum som endast kyler bandypisten
- Delvis indirekt CO2 system placerat i nytt kylmaskinrum som kyler ispisten samt är utrustat för värmeåtervinningsfunktion inklusive anslutningar för att täcka lokala värmebehov
 - Separat utreds också ifall värmeexport från CO2 systemet till fjärrvärmenätet har ekonomiska incitament

5.1.1 Investering

EKA har sammanställt data på investeringskostnader för kylsystem, och med denna kunskapsbank gjort estimering på investering i respektive systemlösning enligt tabellen nedan. Erfarenheten visar att dessa skattningar brukar ligga inom $\pm 10\%$. Till detta kommer kostnader för projektering, eventuella ytterligare utredningar, tillstånd, besiktningar och andra kontroller/uppföljningar.

Som det syns i tabellen finns det en prisskillnad mellan systemlösningarna. Denna beror i överlägsen majoritet på att CO2 systemet förses med värmeåtervinningsfunktion samt ansluts till de lokala värmebehoven.

CO2 systemet kan då i dess drift antingen optimera kylan, värmeåtervinningen, eller ha en drift som varierar mellan dessa två. Det rekommenderas i alla fall att kylsystemet förses med värmeåtervinningsfunktion för att förbereda det för eventuella framtida möjligheter att maximera nyttan med återvunnen värme.

Tabell 5. Investeringskostnader för systemalternativ.

Material & Installation	CO2 indirekt	NH3 indirekt
Kylsystem 1.2 MW	X	X
Bandy pist inklusive rör, kulvert och anslutningar	X	X
Värmeåtervinningsystem samt anslutningar till lokala behov	X	
Styrsystem	X	X
Nytt kylmaskinrum & ismaskinsgarage	X	X
	20 500 000 kr	19 500 000 kr

5.1.2 Service

EKA har sammanställt data på servicekostnader för kylsystem. Kostnaderna har fördelats i grupperna årliga kostnader och periodiska kostnader.

Årliga kostnader består av planerat underhåll som sker varje år samt estimerade felservicekostnader, där båda baserar sig på expertbedömningar samt serviceräkningar från olika ishallar och bandybanor.

Periodisk service är dyrare åtgärder, ofta 80–250 tusen kronor, som beroende på fall kan ske med 5–10 års intervall. I LCC-analysen har periodiska serviceåtgärder för respektive system matats in med intervall som

baserar sig på expertbedömningar och rapporter. För att underlätta förståelsen av deras effekt på driftsekonomi har en årlig sammanslagen ekvivalent av periodiska servicekostnader uträknats i tabellen nedan. LCC-analysen tar vidare i beaktan framtida prisutveckling och potentiella ökning i servicekostnader.

Tabell 6. Servicekostnader för kylsystem.

Systemtyp	Årliga kostnader	Periodiska kostnader	Totala kostnader
NH3 indirekt kylsystem	110 000 kr	40 000 kr	150 000 kr
CO2 indirekt kylsystem	65 000 kr	30 000 kr	95 000 kr

5.1.3 Priser och energiscenarion som analyseras

Totalt rörligt elpris exklusive moms på 88,8 öre/kWh (inkluderar skatt, påslag och nätöverföring) är ett genomsnitt baserat på historiska data från elområdet.

Rörligt fjärrvärmepris exklusive moms på 436 kr/MWh har tagits från lokala prislistor.

För värmeexport har information erhållits att ersättning på ca 20 öre/kWh gäller då man lyfter returtemperaturen till framledningen via återvunnen värme. Detta kommer i beräkningarna att fungera som antaget pris.

LCC-analysen tar vidare i beaktan prishöjningar inklusive inflation, i snitt 1,5 % per år, för att bedöma deras effekter på lönsamheten. Som diskonteringsränta används 2,5 % i de presenterade siffrorna i denna rapport. Ekonomiska livslängden för beräknade systemlösningarna bedöms vara 20 år.

Baserat på de observationer och beräkningar som gjorts tidigare i rapporten bedöms de energiscenarion som redovisas i tabellen nedan vara relevanta i LCC analysen. Fjärrvärmeanvändning syftar på de lokala värmebehoven (ishall och omklädningsrum) under bandysäsong.

Tabell 7. Energiscenarion som undersöks i LCC analysen.

Energiscenario	Elförbrukning [MWh/bandsäsong]	Fjärrvärmeanvändning [MWh/ bandsäsong]	Värmeexport [MWh/ bandsäsong]	Självförbruknings potential [MWh/ bandsäsong]
1A. NH3 utan VåV	350	220	0	0
3A. CO2 utan VåV	362	220	0	0
3B. CO2 med VåV	660	0	520	1 452

5.1.4 LCC resultat och analys

Figur 30 visar resultaten från LCC beräkningarna som är baserade på i denna rapport tidigare redovisade antaganden och beräkningar. Tolkningen som ska göras här är att alla kostnader under en 20 års period med ekonomiska LCC-verktygen har räknats om till klumpsummor, dvs som om man skulle betala/tjäna allt "idag" beroende på vilken systemlösning man väljer.

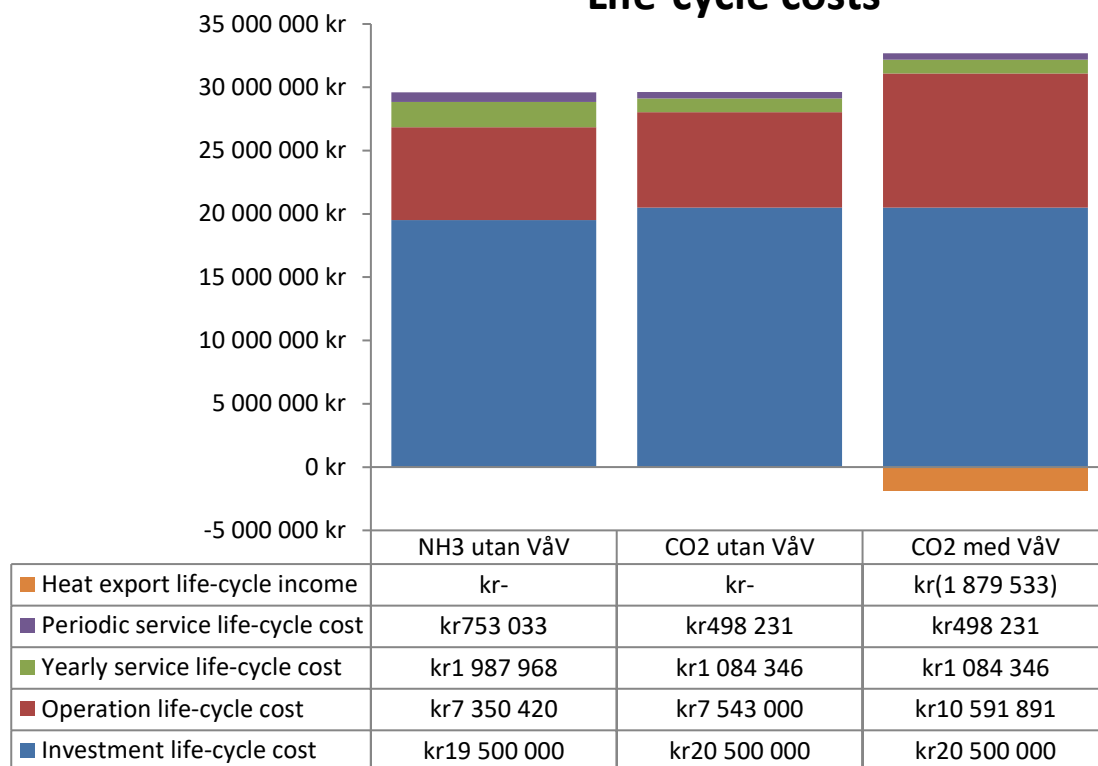
De flesta kostnadsbitarna borde vara självförklarande baserat på redovisade antaganden innan, men det kan åtminstone förtydligas att "operation life-cycle cost" syftar på energikostnaderna för att driva kylsystemet samt fjärrvärmekostnaderna för att täcka de lokala värmebehoven, i de fall det senare är aktuellt (se Tabell 7). "Heat export income" syftar på intäkterna från värmeexport till fjärrvärmenätet. Det bör dock noteras att själva investeringen i att anordna värmeexport inte har beaktats i detta läge, dvs man bör räkna med att intäkterna till viss del även ska täcka dess investering.

Summan av samtliga kostnadsbitar för respektive systemlösning sammanfattas i Figur 31. Med dessa två figurer samt Tabell 7 som informationskälla kan man göra följande tolkningar:

- Strikt ekonomiskt så är bägge alternativen likvärdiga.
- Orsaken till att CO₂ blir något dyrare i investering beror att det även förses med värmeåtervinningsfunktion samt anslutningar till de lokala värmebehoven.
 - Dock är driften av CO₂ utan VåV billigare än ammoniak, främst pga lägre servicekostnader.
- Givet de förhållanden som gäller idag vad gäller lokala fjärrvärmebehov under bandysäsong samt pris på värmeexport till fjärrvärmenät, så blir det svårt att åtminstone ekonomiskt argumentera för CO₂ systemets värmeåtervinningsdrift pga de kostnader som ökad elanvändning i kylsystemet medför.
 - Ifall priset på värmeexport skulle fördubblas från 0,2 kr/kWh till 0,4 skulle CO₂ med VåV kunna nästan bli fördelaktigaste alternativet. Priset på fjärrvärme tyder dock på att det förmodligen inte skulle kunna nå dessa nivåer, men är ändå värt att diskutera med fjärrvärmebolaget ifall det kan variera under året.
 - Eller ifall man kunde hitta övriga lokala värmebehov som i regel ger ökad/besparing per kWh så kunde VåV-drift få mer vind i seglen ur ekonomiskt perspektiv. Värt att utreda ifall närliggande anläggningar vore intresserade av värmeexport.
 - Utöver ökad besparing per kWh så har man med lokala värmeexport lösningar bättre möjligheter att utnyttja tillgänglig värme på lägre temperaturnivåer än vad fjärrvärmenätet kräver, vilket ökar totala besparingspotentialen markant.
- Samtidigt är det viktigt att förstå att siffrorna bygger på en 20 års period, där många ändringar i värmebehov mm kan ändras på Krillan och i dess närhet. Tabell 7 visar att CO₂ systemet kunde potentiellt leverera en enorm mängd värme, över 1 400 MWh + 520 MWh ifall värmeexport till fjv-nätet ej förverkligas) på lokal nivå till närliggande värmebehov.
 - CO₂ systemet är på så sätt en investering i potentiell framtida utveckling i jämförelse med NH₃ som endast beaktar dagens förhållanden.

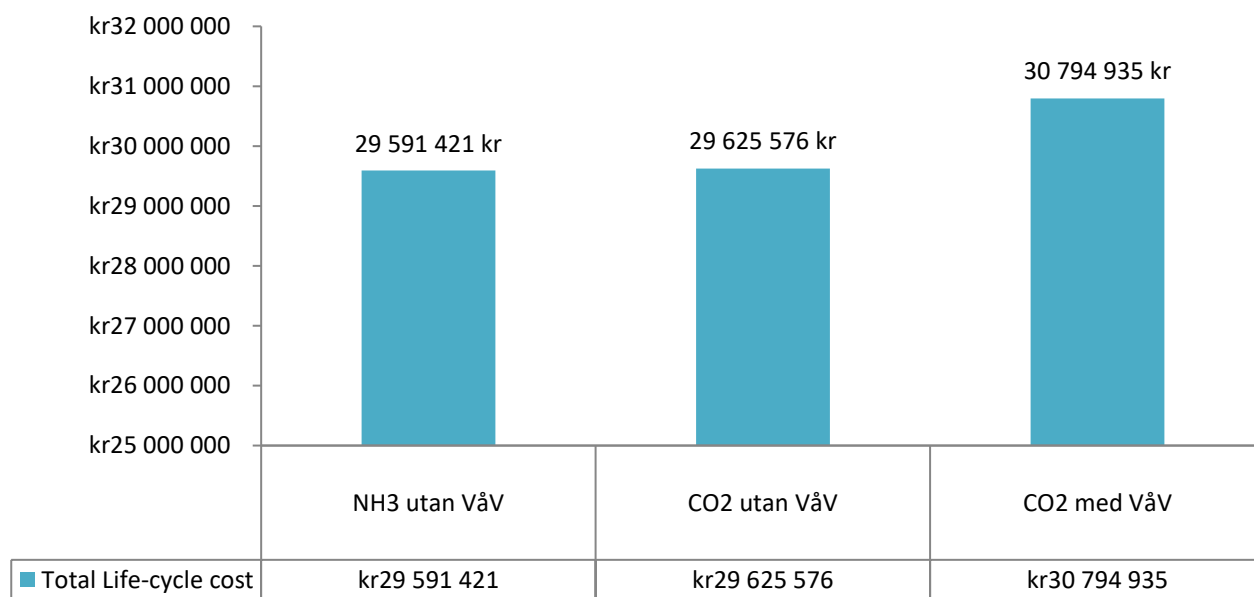
Summeringen är att givet de förhållanden som råder idag vore ammoniaksystemet ett fint alternativ, medan CO₂ systemet är en mer framtidssäker investering som på sikt även kommer att leda till åtminstone likvärdig ekonomi som ammoniakalternativet. Trots en högre investering kommer CO₂ att ha lägre driftskostnader då endast kylan optimeras, främst pga besparingar i service jämfört med ammoniak. Ifall det visar sig under kommande år att värmebehoven skulle öka på anläggningen, eller ifall man kunde ansluta till övriga anläggningar i närheten, finns det möjlighet att utnyttja CO₂ systemets VåV-kapabiliteter för att åstadkomma maximal ekonomisk lönsamhet, vilket samtidigt vore det mest miljövänliga alternativet på sikt.

Life-cycle costs



Figur 30. Resultat från LCC beräkning.

Total life-cycle cost



Figur 31. Summa av alla kostnader och besparingar/intäkter i Figur 30.

6 Diskussion

Denna rapport har undersökt förutsättningarna för nya kylsystemlösningar på Kristinelunds, Krillans, bandyplan.

Olika former av alternativ har undersökts, men i slutändan bottnar det i två alternativ:

- Nytt fullständigt indirekt ammoniaksystem i nytt kylmaskinrum som kyler ny ispist baserat på ammoniakvatten via ny kulvert.
- Nytt delvis indirekt CO2 system i nytt kylmaskinrum som kyler ny ispist baserat på ammoniakvatten via ny kulvert. Systemet förses även med värmeåtervinningsfunktion för att kunna byta mellan driftlägen för att optimera kylprocessen, maximera värmeåtervinningen, eller något däremellan.

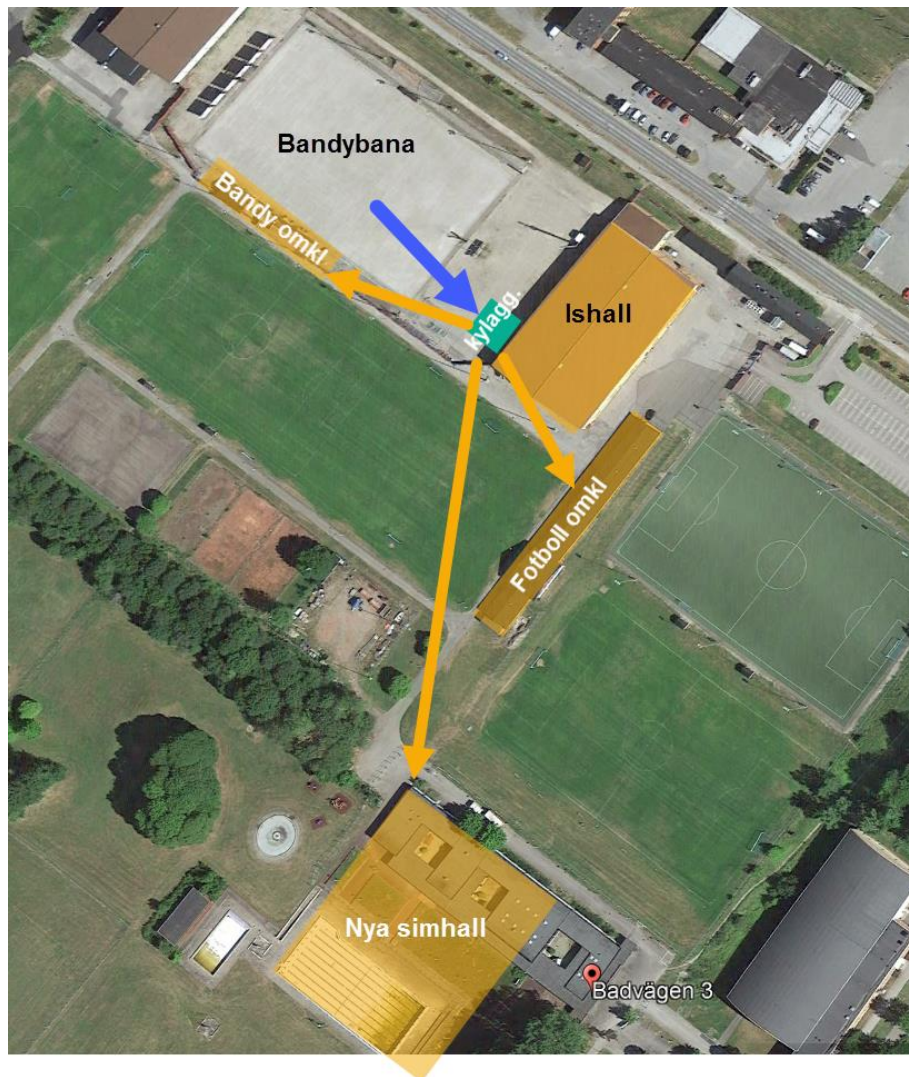
Strikt ekonomiskt, så förefaller bägge alternativen vara likvärdiga på sikt. CO2 systemet har en något högre investering och detta beror dock främst på att det förses med värmeåtervinningsfunktion och ansluts till de lokala värmebehoven. Dock är driften av CO2 utan VåV billigare än ammoniak, främst pga lägre servicekostnader vilket jämnar ut den ekonomiska skillnaden. Vidare så är ammoniak en riskfaktor för personhälsa; även om man minimerar köldmediemängden i fullständigt indirekt system så kan speciellt personal i kylmaskinrummet drabbas illa. Även risken för detta i sig ska vara rätt så låg så finns det även psykologisk faktor då människans luktsinne mycket lätt kan detektera ammoniakläckage, som inte är värst gemytligt för besökare eller andra anläggningar i närheten. Detta har även visat sig vara en orsak varför flera anläggningar vill byta från ammoniak till annat alternativ.

Trots att CO2 systemet medför en litet större investering, kommer det i optimerad kyl drift att resultera i lägre årskostnader främst pga besparingar i service. Vidare är CO2 systemet förberett för värmeåtervinningsdrift, som på sikt kan bli mycket fördelaktigt för anläggningen ifall man i framtiden skulle få ändringar i lokala värmebehoven. Idag är de inte av särskilt märkbar storlek, men under 20 års tid vilket är den ekonomiska livslängden för en systemlösning kan mycket hända.

Vidare så är det värt att utforska möjligheter att exportera till närliggande värmebehov som finns under bandysäsong, tex den nya bad- och sportanläggningen eller Ullvihallen i närheten. I regel är detta mer ekonomiskt fördelaktigt än export till fjärrvärmenätet pga prisskillnaderna per kWh samt skillnaderna i temperaturkrav på exporterad värme. Ifall genomförbart, så vore detta förmodligen det mest ekonomiskt lönsamma alternativet av alla som analyserats i denna rapport och är därför värt att utreda vidare.

Samtidigt kan man se export till fjärrvärmenätet som en "grön gärning" trots att det inte vore det mest ekonomiska alternativet, givet det exportpris som idag förefaller gälla.

Kort sagt är ammoniakalternativet en lösning som täcker dagens behov väl, medan CO2-systemet är en mer framtidssäker lösning för anläggningens potentiella utveckling under kommande 20 åren, och som i sammanhanget endast kräver en lite högre investering med potentiellt fördelaktigare ekonomi som följd på sikt.



Figur 32. Lokal värmeexport vore förmodligen det ekonomiskt mest lönsamma alternativet ifall det är genomförbart.

7 Sammanfattning av resultat

Nedan sammanfattas/repeteras de viktigaste resultaten som beräknats i denna rapport för beslutsfattning. Antaganden, förklaringar, mm finns redovisade i rapportens kapitel.

Tabell 8. Investeringskostnader för systemalternativ.

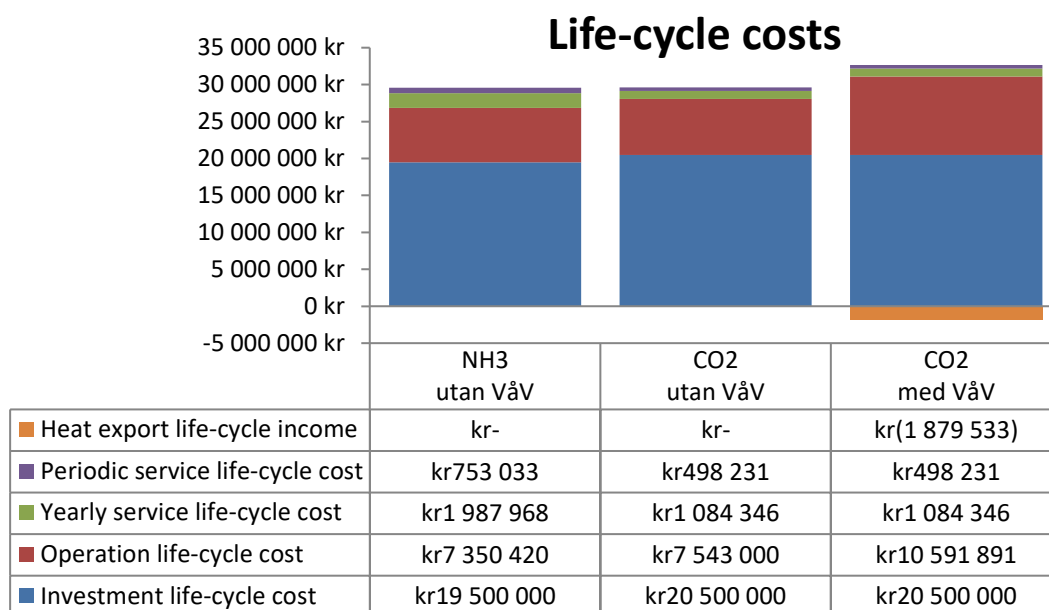
Material & Installation	CO2 indirekt	NH3 indirekt
Kylsystem 1.2 MW	X	X
Bandy pist inklusive rör, kulvert och anslutningar	X	X
Värmeåtervinningssystem samt anslutningar till lokala behov	X	
Styrssystem	X	X
Nytt kylmaskinrum & ismaskinsgarage	X	X
	20 500 000 kr	19 500 000 kr

Tabell 9. Servicekostnader för kylsystem.

Systemtyp	Årliga kostnader	Periodiska kostnader	Totala kostnader
NH3 indirekt kylsystem	110 000 kr	40 000 kr	150 000 kr
CO2 indirekt kylsystem	65 000 kr	30 000 kr	95 000 kr

Tabell 10. Energiscenarion som undersöks i LCC analysen.

Energiscenario	Elförbrukning [MWh/bandsäsong]	Fjärrvärmeanvändning [MWh/ bandsäsong]	Värmeexport [MWh/ bandsäsong]	Självförbruknings potential [MWh/ bandsäsong]
NH3 utan VåV	350	220	0	0
CO2 utan VåV	362	220	0	0
CO2 med VåV	660	0	520	1 452



Figur 33. Resultat från LCC beräkning