

SKANSKA SVERIGE AB

ENERGIÅTERVINNING MED HJÄLP AV DRÄNAGEVATTEN FRÅN TUNNLAR

Konceptutveckling
Rapport från förstudie

Rev 1, Januari 2010

SKANSKA

Innehåll

Konceptbeskrivning.....	3
Bakgrund och syfte.....	3
Metod och projektupplägg	3
Förväntat resultat.....	4
Organisation.....	4
Projekt- och litteraturgenomgång.....	5
Vattenmängd och temperatur.....	5
Vattenkvalitet.....	5
Elförbrukning.....	6
Energiberäkningar.....	6
Design.....	8
Systemkomponenter och layout.....	8
Ritning på värmecontainer.....	9
Kostnader.....	10
Slutsatser.....	10
Fortsatt projektarbete.....	10

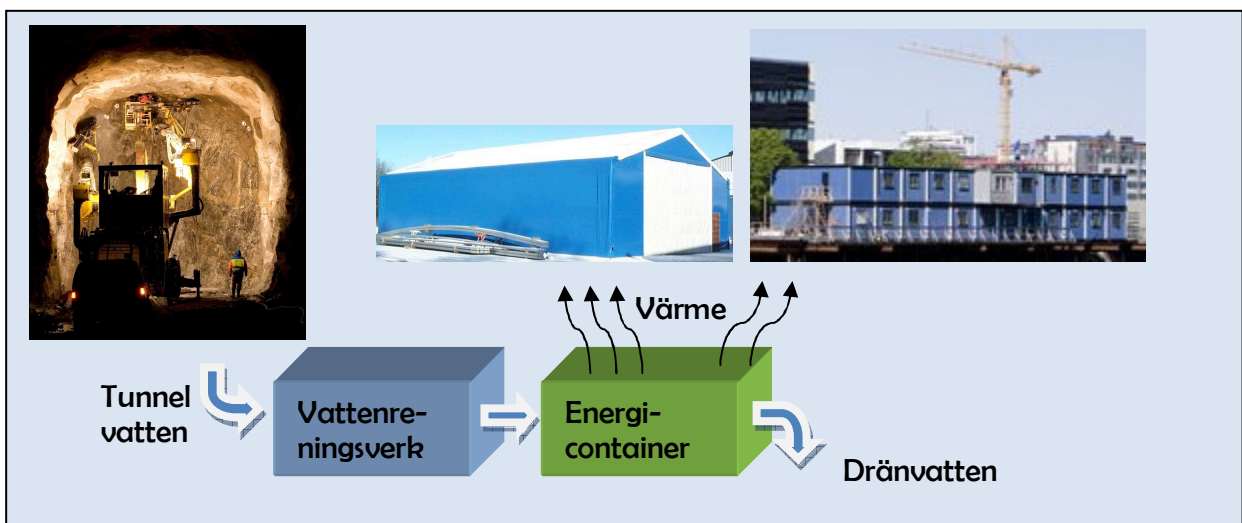
KONCEPTBESKRIVNING

Bakgrund och syfte

Under stora delar av året värms tunnelarbetsplatser, exempelvis förråd och verkstadstält, normalt upp med hjälp av direktel. Samtidigt sker ofta bortdränage av relativt stora mängder tunnelvatten. Tunnelvattnet genomgår olika form av rening och släpps sedan ut i vattendrag eller dagvattensystem beroende på projektplats.

Tunnelvattnet innehåller energi (värme) som med hjälp av värmexlare/värmepumpar skulle kunna utnyttjas för att värma upp lokaler på arbetsplatsen. Detta skulle innebära en avsevärd besparing både kostnads- och miljömässigt. En övergripande strävan inom Skanska Sverige är att försöka minimera klimatpåverkan av våra arbetsplatser.

Projektet syftar till att utveckla ett enkelt koncept med en portabel enhet för att utvinna energi (skapa värme) ur dränagevatten från tunnlar, Figur 1.



Figur 1. Principiellt flödesschema för värmeutvinning ur dränvatten från tunnlar. Projektet syftar till att ta fram ett koncept och prototyp för den "gröna containern".

Metod och projektupplägg

Projektet drivs i nära samarbete med en pilotarbetsplats (förslagsvis Högalidsgaraget i Stockholm) och startar med en kort designfas där systemet definieras och ritas upp. Därefter tas en prototyp fram och testas i pilotprojektet. Parallellt genomförs en översiktlig teoretisk studie av systemet där exempelvis designvillkor och ritningar tas fram.

Projektet kan delas in i fyra olika områden

- Faktabas, nytta/potential
 - Hur gör vi idag och vad ger det för förbrukning/kostnad?
 - Aspekter på värmeproduktion
 - Aspekter på produktion av kyla
- Maskineri
 - Design
 - Leverantörer
 - Kravspecifikation (exempelvis kapacitet, vattenkvalitet)
- Systemkoncept på arbetsplatsen
 - Logistik
 - APD planer (arbetsplatsdispositionsplan)
 - Gränssnitt mot övrig verksamhet, exempelvis vattenrening
 - Mobilitet
 - Integration

- Miljöaspekter
 - Energiberäkning/-besparing
 - CO₂
 - Andra vinster
 - Andra tillämpningar

Projektet genomförs i två delar:

1. Förstudie. Rapporteras i december 2009.
 - Litteraturgenomgång och utvärdering av lokala förhållanden vid en arbetsplats
 - Design
 - Systemkoncept
 - Rapport förstudie
2. Huvudprojekt. Rapporteras i enlighet med vidare beslut. Huvudprojektet består av följande delar:
 - Tillverkning och montering
 - Testning
 - Mätning och uppföljning av funktion
 - Utvärdering
 - Slutrapportering

Målet är att vi skall använda standardkomponenter och att enheten är mobil och ryms i en 20-fots container.

Förväntat resultat

Förstudien har haft målet att ta fram en konceptuell design för systemet samt beskriva konceptet och dess komponenter. Även en kostnads kalkyl för investeringskostnaden har tagits fram.

Besparingspotentialen, både rent ekonomiskt och miljömässigt, har endast berörts översiktligt och bör studeras mer i detalj inom ramen för huvudprojektet.

ORGANISATION

Förstudien har genomförts av Skanska Sverige AB. Robert Sturk har fungerat som projektledare gentemot SBUF. Följande personer har varit inblandade i arbetet:

Hans Pilebro, Skanska Sverige AB, Teknik & Projekteringsledning
 Erik Palmquist, Skanska Sverige AB, Teknik & Projekteringsledning
 Peter Nilsson, Skanska Sverige AB, Region Stora Projekt
 Elin Gustavsson, Skanska Sverige AB, Supportfunktion Miljö
 Johan Guthe, Skanska Sverige AB, Region Stora Projekt
 Mattias Widenbrandt, Skanska Sverige AB, Region Stora Projekt

Förstudien har finansierats genom egna insatser och utvecklingsbidrag från SBUF.

PROJEKT- OCH LITTERATURGENOMGÅNG

En projekt- och litteraturgenomgång har genomförts för att klargöra förutsättningarna för dimensionering av ett värmepumpsystem. De faktorer som bedöms relevanta är dels hur mycket vatten det finns att tillgå i ett "normalt" undermarksprojekt under produktionsfasen, dels vilken temperatur och kvalitet dräneringsvattnet har.

Vattenmängd och temperatur

Effektbehovet för uppvärmningen kommer att bestämma vilket flöde och temperatur som krävs i systemet. I detta projekt som går ut på att värma ett verkstadsstäl har ett krav på 2,5 l/s i kontinuerligt flöde och en temperatur på minst 5 °C ställts upp.

Detta krav måste då ställas i jämförelse med hur mycket vatten som normalt finns att tillgå på arbetsplatser. Dränvatten förekommer från alla tunnelarbetsplatser. Normalt består summan av dränvatten av följande komponenter:

Tillskott av vatten

- Grundvatten som läcker in i tunnlar och bergrum
- Regnvatten som rinner ner i anläggningen genom förskärning
- Produktionsvatten som tillförs olika maskiner (framförallt borrhög)

Avgång av vatten

- Förångning genom ventilation
- Vatten uppbundet i bergmassor som transporteras ut och iväg

Med de täthetskrav som föreligger framförallt i storstadsområden kommer inläckande grundvattenmängder att generellt vara små. En räkneövning ger följande. Anta att täthetskravet är 2 lit/min, 100 m tunnel. Det ger ett dygnsflöde på knappt 3 m³ per varje 100 m tunnel, således en mycket liten mängd vatten som inte räcker för att ensamt vara värmekälla för ett värmepumpsystem. Tillfälligt, exempelvis under injekteringsborrning, kan vattenflödet vara större, men mätt över en längre period blir även dessa mängder för små. Också regnvattenmängderna är små och intermittenta. Därmed kvarstår tillfört produktionsvatten som den säkraste och jämnaste positiva källan till dränagevattnet. När det gäller de negativa faktorerna har också dessa volymer, utan mer detaljerade studier, uppskattats till relativt små.

Baserat på erfarenhet från några tunnelarbetsplatser i Stockholmsområdet bedöms nettovolymen på dränvatten i medeltal vara mellan 1 och 7 m³/tim, dvs 0,3 – 2 l/s. Detta är således något i underkant i förhållande till det krav som antagits. För att lösa det problemet har ett system med återcirkulation av vatten tagits fram, se vidare Figur 4 nedan.

Vad avser temperaturen bedöms vattnet vara väl över det uppställda kravet på 5 °C. Det kallaste vattnet att tillgå är grundvattnet och det är normalt i södra halvan av Sverige mellan 6 och 8 °C.

Vattenkvalitet

Vattenkvaliteten både före och efter rening är en viktig parameter för hur värmesystemet skall byggas upp. Risken med ett förorenat vatten (med förorenat vatten avses i första hand högt pH-värde och hög halt suspenderat material) är framförallt igensättning av olika komponenter i systemet. Systemet kan byggas på olika sätt och i första hand vill man inte pumpa förorenat vatten direkt in i värmepumpen på grund av risken för driftproblem och igensättning.

Vattenkvalitetsdata som samlats in för några aktuella Skanskaprojekt visas i tabell nedan. För projekt där uppmätta värden saknas anges istället det vattenkrav som varit gällande för projektet i form av ett gränsvärde. Rådande vattenkvalitetsvärden vid projekten bör inte ha överstigit dessa. Vid Stockholmsprojekten NL11, Hornsberg och Högalid släpptes vattnet ut i Stockholms Stads VA-nät varvid Stockholm Stads riktlinjer för hantering av länshållningsvattnen samt spräng- och borrhögsvatten från byggarbetsplatser var gällande. Dessa riktlinjer kommer även att gälla vid Högalid.

Projekt:	susp. mtrl. (mg/l)	pH
Norra Länken 11	141.4	8,7
Hallandsås	200*/65**	7-9
LS04 (Norge)	< 50	7-10
Hornsberg	300 (gränsvärde)	6,5- 11,0 (gränsvärde)
Högalid		

* före rening

** efter rening

Baserat på erfarenhet från drift med kylanläggning vid projekt Hallandsås, där kylvatten pumpas genom värmeväxlare, bör värmesystemet klara av ovanstående grad av förorening. Igensättning är dock ett problem som måste hanteras, exempelvis med hjälp av kontinuerligt underhåll. Detta är en av de parametrar som bör studeras mer i detalj under testing av ett värmesystem inom ramen för huvudprojektet.

Elförbrukning

Den totala elförbrukningen av direktel som använts i de olika projekten angiven i kWh har inte kartlagts i detalj inom ramen för förstudien. En slutsats är dock att en avsevärd mängd direktel går åt till att värma olika utrymmen i ett projekt.

ENERGIBERÄKNINGAR

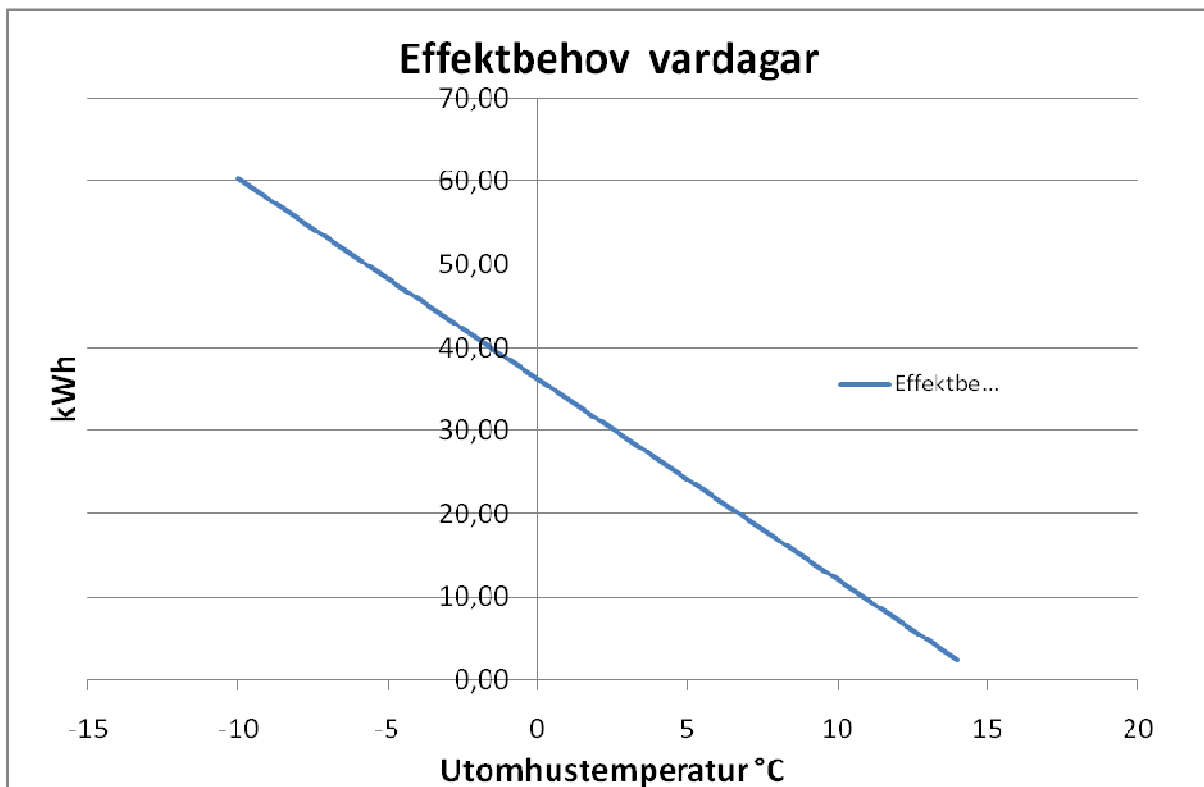
Inom ramen för förstudien har en teoretisk fallstudie genomförts vid projekt Högalid. Ambitionen var att värma projektets verkstadstält med hjälp av energiåtervinningsystemet. För att kunna dimensionera värmesystemet har en energiberäkning genomförts för verkstadstältet. Effektbehovet för ett verkstadstält med dubbelduk beror av:

- Utomhustemperaturen
- Verkstadstältets täthet
- Antal tunga fordon som körs in nedkylda

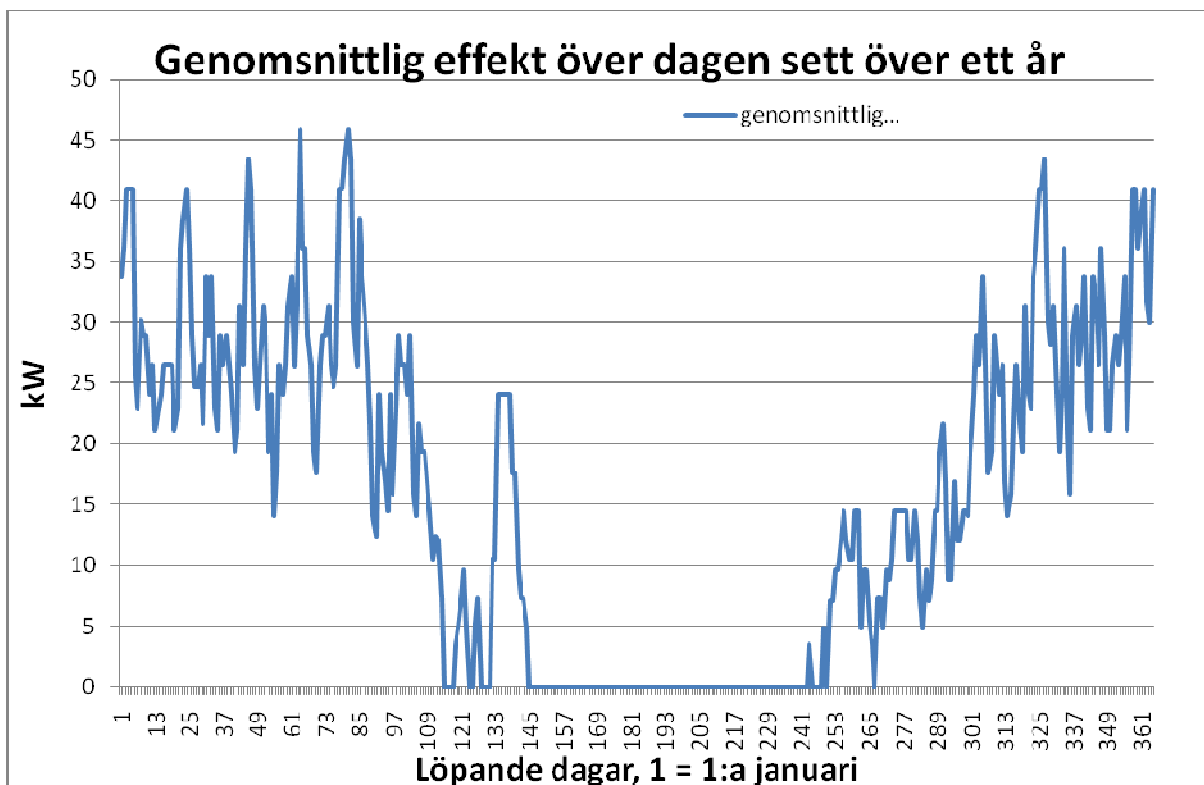
I Figur 2 redovisas effektbehovet för vardagar, beräknat utifrån utomhustemperatur. I Figur 3 visas effekt över dagen sett under ett år.

Effektbehovet baseras på ett konservativt antagande att två nedkylda fordon á 30 ton körs in i tältet under arbetsdagen. Då tältet är otätt och portarna öppnas ofta antas ett luftombyte/ventilations grad på 8 gånger per timme under vardagar (detta måste också anses vara ett konservativt antagande). Den årliga energiåtgången för tältet är uppskattningsvis 118 MWh/år. Arean på tältduken är 1100 m². U-värdet (värmegenomgångskoefficienten) är 0,86 W/m²K.

Under testning av ett värmesystem på en arbetsplats, i en fortsättning av denna förstudie, skall mätningar utföras för att verifiera ovanstående indata.



Figur 2. Ovanstående diagram, visar hur tältets effektbehov beror av utomhustemperaturen.



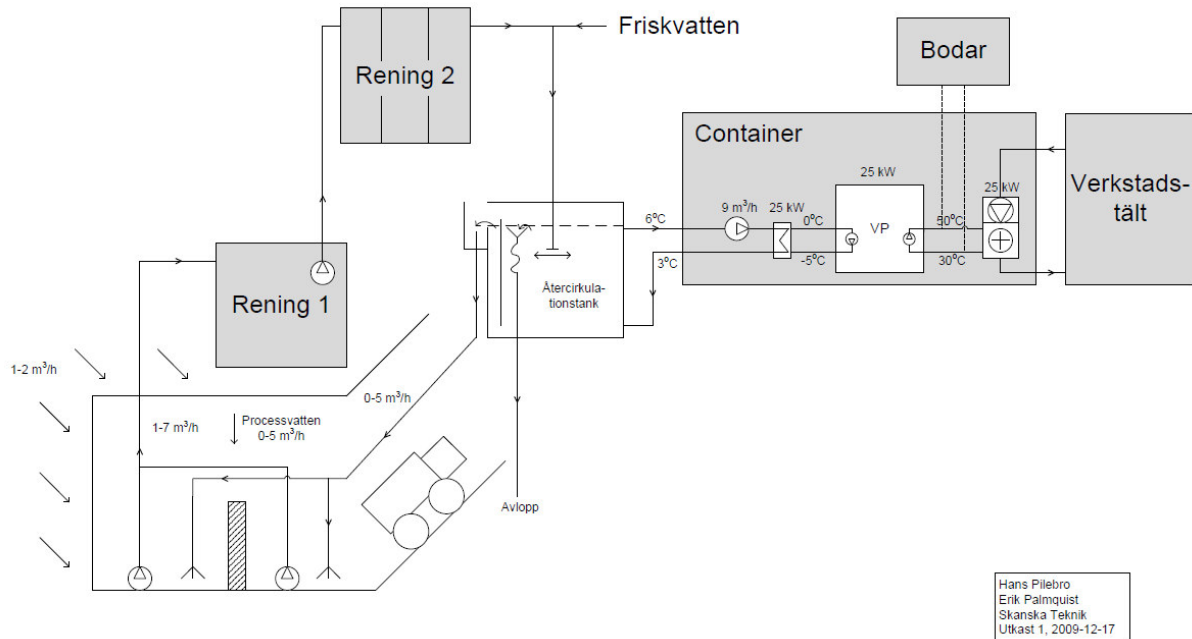
Figur 3. Effektbehov över dagen sett under ett år. Anledningen till att kurvan går upp och ned är att den redovisar ett "typår" med klimatvariationer.

DESIGN

Systemkomponenter och layout

Värmesystemet visas i Figur 4, där hela processen från tunnel till uppvärmt tält inkluderats.

Verkstadsuppvärmning



Figur 4. Systemskiss.

Värmepumpen är vald efter vilket effektbehov som har beräknats för verkstads-tältet. Denna effekt har dock i efterhand ansetts vara konservativ vilket gör att en mindre värmepump kanske skulle ge tillräcklig effekt.

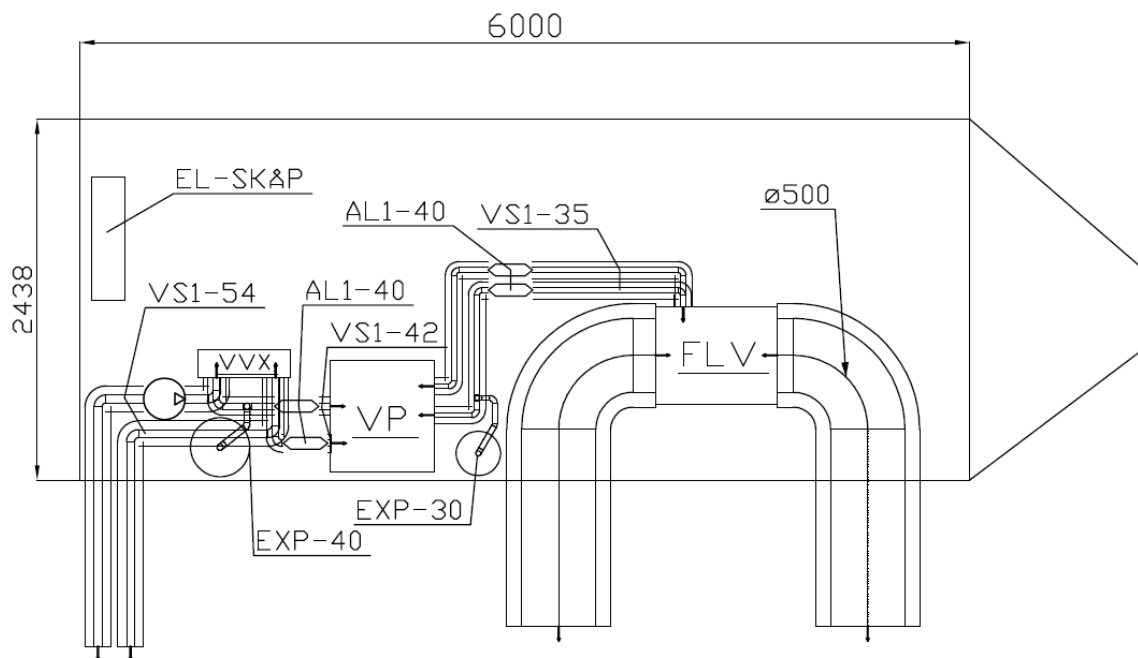
Eftersom vattenåtgången och -temperaturen vid den tänkta arbetsplatsen (Högalid) inte var kända i detalj har cirkulationspumpen och värmeväxlaren överdimensionerats för att inte skapa problem vid oväntade förutsättningar. Vattenkvaliteten var inte heller känd vilket gjorde att en viss osäkerhet fanns hur mycket värmeväxlaren skulle sättas igen av slaggprodukter från berggrummet. Därför valdes en värmeväxlare som gick att ta isär och rensas på plats. Detta gör också att vatten som endast passerat reningsverk 1 kanske kunde ha använts. Hur ofta det måste göras är inte känt och bör studeras i detalj under testning av systemet.

För att säkra vattentillgången till värmecontainern har ett system för återcirkulation av vatten dimensionerats och inkluderats i systemet.

För distributionen av värmen används luft, vilket har ansetts enklare än ett alternativ med vatten. Om denna lösning skall användas för uppvärmning av bodar kan det vara enklare att använda vatten som distributionsmedel (visas på flödesschema). Detta kan anpassas separat för varje projekt då endast en liten modifikation behövs.

Ritning på värmecontainer

I Figur 5 visas en ritning på värmecontainern samt en specifikation över ingående komponenter.



Erik Palmquist
Skanska Teknik och Projekteringsledning
2009-10-12

Specifikation

Pump: Grundfos Magna 40-120
Spänning 230 V

Värmeväxlare: Alfa Laval TL3-BFG

Värmepump: IVT Greenline G+22
Spänning: 400 V

Fläktluftvärmare: Aircoil AE50-4
Spänning: 230 V

Avluftare: Placeras i
högsta punkten.

Expansionskärl: Placeras på kretsens sug sida.

Rör: Koppar alternativt varmförzinkat stål.
Gångade anslutningar.
Rör förses med unionskopplingar för att
möjliggöra demontage och underhåll.

Figur 5. Ritning över värmeanläggningen. Utrustningen är anpassad att få plats i en konventionell container (20 fot).

Kostnader

Följande kostnadsuppskattning har gjorts för att bygga värmecontainern. Kostnaderna är preliminära och justeringar kan bli nödvändiga. Kostnader är baserade på offerter intagna under hösten 2009.

Värmepump, 25 kW	Nibe fighter 1230-30 värmep v/v	80 000 kr
Pump, 2,3 l/s	Grundfoss Magna 50-60F pump	15 000 kr
Värmeväxlare	Alfa Laval vuxen Mini City-H737	16 000 kr
Fläktluftvärmare, 30 kW	Frisco SW22 fläktluftvärmare 30 kW	9 000 kr
Diverse övrig utrustning	25 % av ovanstående	30 000 kr
Elmaterial	El och styrutrustning	40 000 kr
Arbete rör	2 personer, 40 tim à 600 kr/tim	48 000 kr
Arbete el	1 person, 40 tim à 600 kr/tim	24 000 kr
TOTALT		262 000 kr

SLUTSATSER

Förstudien har visat att det går att bygga ett system för utvinning av värme ur dränagevatten från tunnlar. Systemet kan användas även om vattenmängden är begränsad eftersom återcirkulation kan utnyttjas. Ett system har designats och ritningar för inköp och byggande finns framme. Strävan har varit att använda standardkomponenter som finns lättillgängliga på marknaden. Storkleken på systemet kan anpassas efter aktuella förutsättningar.

Det är sannolikt förknippat med stora miljöfördelar och besparingar att använda ett presenterat uppvärmningssystem på tunnelarbetsplatser, och möjligen också andra arbetsplatser. Investeringskostnaden är begränsad. Ytterligare studier om miljöaspekter och besparingspotential bör genomföras inom ramen för en fortsättning på projektet.

FORTSATT PROJEKTARBETE

Slutsatserna från föreliggande förstudie är positiva och ett enkelt värmesystem för återvinning av energi från dränvatten kan byggas och testas. Systemet har anpassats till att rymmas i en portabel container och kan därför flyttas från arbetsplats till arbetsplats.

En naturlig fortsättning på projektet vore att bygga och testa en anläggning. En prototyp skulle kunna testas vid Hallandsåsprojektet (norra arbetsplatsen) där goda förutsättningar finns för att visa på konceptets användbarhet och potential.

Fortsättningen på projektet förväntas innehålla följande delar:

- Tillverkning och montering
- Installation vid pilotprojekt
- Testning
- Mätning och uppföljning av funktion
- Utvärdering
- Slutrapportering

Relativt stor fokus bör läggas på uppföljning av funktion för att kunna dra slutsatser om besparingspotentialen, både i ren energikostnad men också vad avser koldioxidavtryck (carbon footprint).

Kostnaden för ett fortsatt projekt i enlighet med ovanstående bedöms ligga i storleksordningen 400 KSEK.