

## Introduktion til Smart Energy Green Cities projektet

Ideen bag Smart Energy Green Cities projektet var at fortsætte det mangeårige arbejde, der blev gennemført i regi af firmaet Cenergia, med udvikling af CO2 neutralt byggeri og CO2 neutrale byområder på basis af en vision om at udnytte nye løsninger med bygningsindpassede solceller og kombinere dette med nye typer økonomiske "Smart Energy" løsninger som grundvandsbaserede varmepumpeløsninger.

Smart Energy Green Cities projektet er gennemført under Energistyrelsens "Smart Energy" pulje fra januar 2019 og til juni 2021 med European Green Cities som koordinator og med civilingeniør og partner Peder Vejsig Pedersen som projektleder og initiativtager. Partnerne i projektet har desuden været firmaerne Solarplan v. arkitekt maa. Klaus Boyer Rasmussen samt Enopsol v. direktør Stig Niemi Sørensen som deltager. Desuden har firmaet Kuben Management v. chefkonsulent Jakob Klint medgået som underleverandør i projektet.

Som det fremgår af det følgende materiale fra projektkontrakten, har der indledningsvis været et tæt samarbejde med Køge Kommune og VEKS samt Aalborg Universitet om at arbejde med ultra lavtemperaturfjernvarme i udviklingsområdet Køge Nord.

European Green Cities (EGC) er en nonprofitorganisation, der dels fungerer som et netværk af byer, organisationer og virksomheder, der arbejder for en grøn byudvikling i et bæredygtigt Europa, og samtidig fungerer som sekretariat for Foreningen Bæredygtige Byer og Bygninger, FBBB som har et stort antal medlemmer, herunder en række Dansk kommuner og boligselskaber, se [www.fbbb.dk](http://www.fbbb.dk), [www.europeangreencities.com](http://www.europeangreencities.com) og [www.greencities.eu](http://www.greencities.eu).

Smart Energy Green Cities projektet knytter både an til en igangværende indsats med at realisere et "Smart Energy" initiativ i Avedøre ved navn Green City Avedøre, samt en række andre Smart Energy initiativer. Her kan nævnes Køge Nord ved den nye station på Ringstedbanen, Vinge Nord i Frederikssund, omdannelsen af Frederiksberg Hospital grunden på Frederiksberg samt en energi forsyningsløsning til et nyt boligområde med varmepumper i Værløse.

Samtidig var det ideen at udnytte European Green Cities og FBBB til at støtte en landsdækkende kampagne for "Smart Energy" byområder, hvor vigtige erfaringer, f.eks. med ATES teknologi (Grundvandsvarme og -køling i samspil med varmepumper) kan præsenteres og udbredes. Her skal gennemføres en dialog med byområder, byudviklingsprojekter og erhvervsområder, samtidig med at FBBBs database, [www.bæredygtigebygninger.dk](http://www.bæredygtigebygninger.dk) skulle bringes i spil, også med fokus på at dokumentere "performance" i praksis.

EGC havde fra Avedøre Boligforening fået i opdrag at koordinere en række udviklingsprojekter, som tilsammen skal føre til, at Avedøre og Avedøre Stationsby bliver til Avedøre Green City. Med i samarbejdet er desuden EBO Consult A/S, som er initiativtager til projektet, Avedøre Fjernvarme, der administreres af EBO Consult A/S og KAB, som er boligorganisationernes administrationselskab.

I området skal der udvikles "Smart Energy" løsninger, som kombineres med en forestående energirenovring af bygningerne i området. Som udgangspunkt tænkes udviklet en række eksempel projekter, som kan indgå i renoveringen af Avedøre Stationsby og siden udvikles til et større område af Avedøre: Stationsområdet, Avedørelejren med bl.a. store betonboligkarreer fra 1960'erne og 1970'erne,

Filmbyen (bl.a. med Zentropa), Avedøre Landsby og Danmark største industri kvarter, der ligger klods op af Avedøre Værket.

Det var samtidig tanken at satse på et samarbejde med Kuben Management og i den forbindelse bygge videre på et tidligere udviklingsarbejde med en "Smart Energy" løsning i Køge Nord området og i den forbindelse udnytte nogle af de samme principper, der blev arbejdet med her.

Som det fremgår af en lang række reference projekter for anvendelse af grundvandslagring til dækning af køle- og varmebehov i samspil med varmpumpedrift, så har firmaet Enopsol formået at udnytte denne såkaldte ATES teknologi (Aquifer Thermal Energy Storage) til en lang række markante anvendelser i Danmark. Her kan bl.a. nævnes til firmaer som Widex og Grundfos, til København lufthavn, til en rækkes hoteller og senest et stort anlæg til Bispebjerg Hospital i København, hvor man vil spare 75% af energiforbruget, samtidig med at der opnås en positiv brugerøkonomi og samfundsøkonomi.

Disse projekter har kun kunnet gennemføres, fordi man har kunnet dokumentere over for myndighederne, hvordan forholdene for grundvandet vil udvikle sig over tid, herunder at man søger at skabe termisk balance på årsbasis så den gennemsnitlige grundvandstemperatur fastholdes på det normale niveau. Dette betyder, at når der tilføres varme til grundvandet ved anvendelse til køleformål, primært i sommer perioden, så skal dette modsvares af en drift i vinterhalvåret, hvor der fjernes varme fra grundvandet. Dette sker typisk ved anvendelse af store varmepumper, der køler grundvandet og herved hjælper med at dække forskellige varmebehov.

På trods af de meget fine resultater, så er denne såkaldte "ATES" teknologi ikke særlig udbredt i Danmark,

I et samarbejde mellem European Green Cities, Kuben Management og SBI/ AAU blev der i 2018 udviklet forslag til praktisk anvendelse af ATES teknologien i et større byudviklingsområde i Køge Nord, hvor det er tanken at kombinere den med såkaldt "Bifacial district heating and cooling". I figuren herunder er vist den planlagte indsats ved den nye togstation i Køge Nord.



Hovedplan for Køge Nord, syd for København. Her er en ny jernbanestation langs motorvejen grundlaget for ny byudvikling først med kontorbyggeri og senere med boligbyggeri.



Illustration af kontorbyggeri langs motorvej og bane, som er forberedt for brug af solceller i facaderne.

(tegning: Reiulf Ramstein Arkitekter fra Norge)

#### Forslag til " Smart Energy " model for energiforsyning med ATES teknologi og solceller

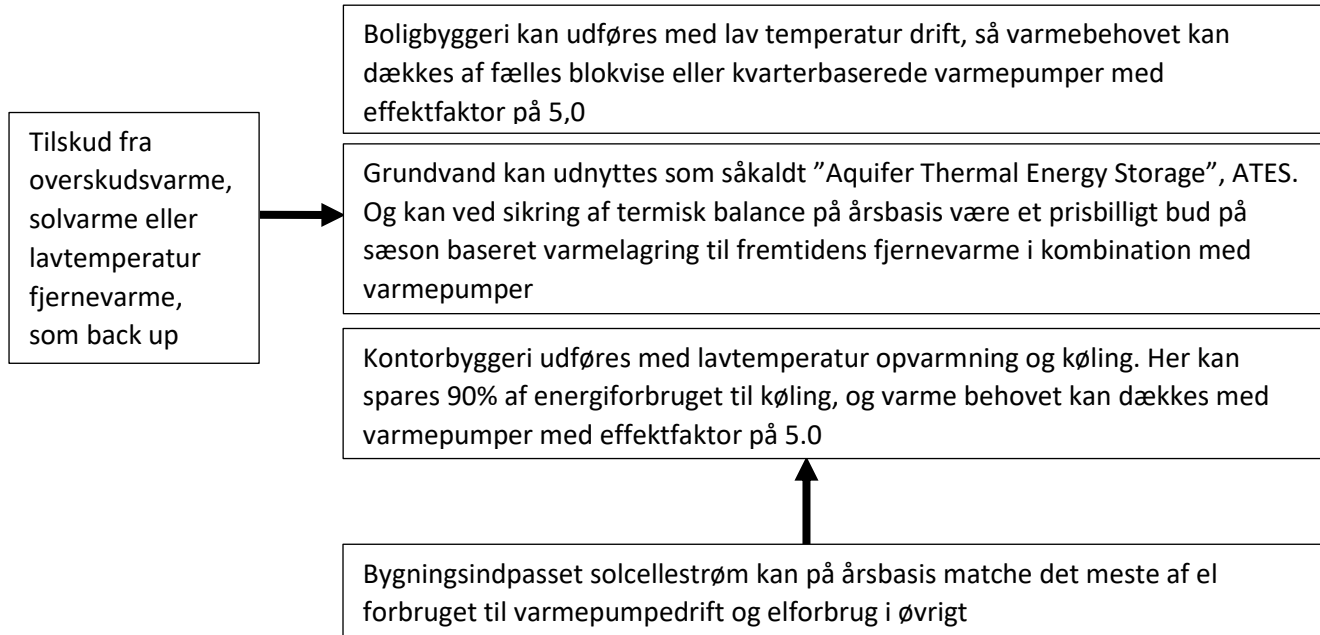


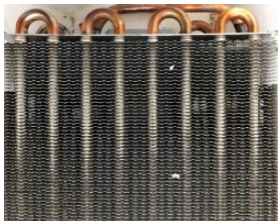
Illustration af "Smart Energy" forsyning med ATES teknologi, varmepumper og bygningsindpassede solceller.

I denne type såkaldt 5. generations fjervarme udnyttes der meget lave driftstemperaturer i fjernvarmen, som samtidigt påtænkes kombineret med nogle af de mest vidtgående lavtemperatur varme og kølesystemer, der findes i dag. Et eksempel herpå er den såkaldte "Solus" teknologi, som leveres af firmaet Lindab.

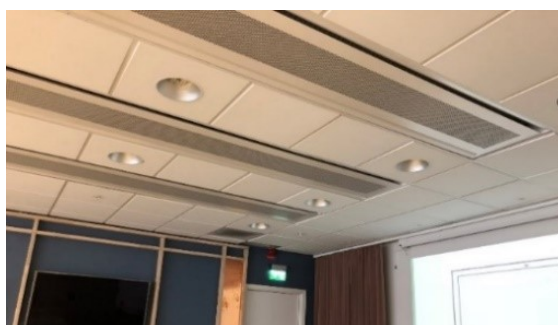
I nedenstående figurer er vist anvendelsen af denne teknologi til et demonstrationsbyggeri i Jönköping, i Sverige. Solus gør ultra lavtemperaturdrift muligt i kontorbyggeri med fremløbstemperaturer til opvarmning på kun 23-24°C og til køling i samme element med temperaturer op til 19°C.



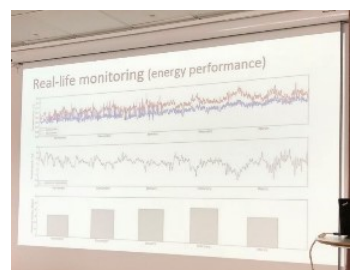
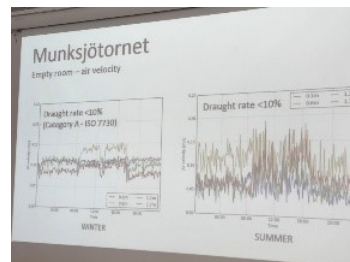
Munksjöstårn i Jönköping, Sverige blev brugt til fuldskala demonstration i 2015.



Solus varmeveksler.



Solus loftselementer i Munksjöstårn.

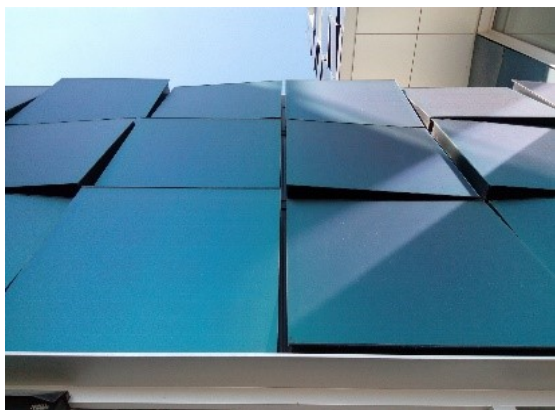


Solus målinger bekræfter god drift i praksis.

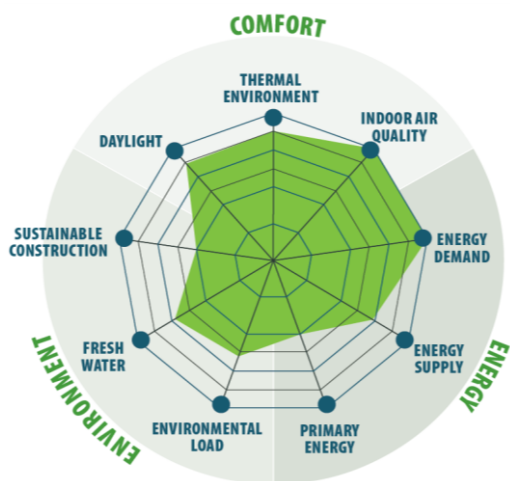
Til Køge Nord byudviklingen var det også tanken at udnytte de seneste typer af bygningsindpassede solceller; BIPV. I det følgende vises fotos af en ny skole i Københavns Nordhavn, hvor alle facader over stueplanet er udført med solcellepaneler på en arkitektonisk god måde, sammen med såkaldt AktivHus mærkning efter den internationale AktivHus standard.



CIS, Copenhagen International School i Nordhavn, København



Her ses den varierende hældning af solcellepanelerne på facaderne af CIS. Solcellemodulerne blev produceret af SolarLab som 60 W grøn kromatisk belagte hærkede glaspaneler på 700 X 716 mm med 16 monokrystallinske PV-celler (6 ") og bypass diode. Hver 8 paneler er koblet til en mikro inverter, der er let tilgængelig gennem loftet på skolen. C. F. Møller Architects var arkitekter for skolen.

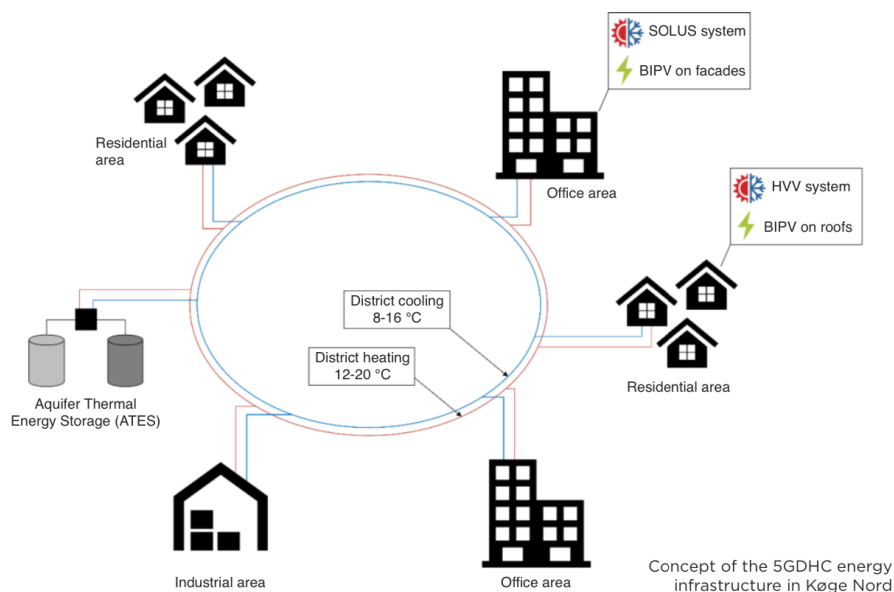


Results	
<b>Comfort</b>	
1.1 Daylight:	5.1 %
1.2 Thermal environment:	Better level
1.3 Indoor air quality:	≤ 500 ppm
<b>Energy</b>	
2.1 Energy	30.1 kWh/m <sup>2</sup>
2.2 Energy supply:	21.7 kWh/m <sup>2</sup>
2.3 Primary energy:	14.9 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Environment</b>	
3.1 Environmental loads:	Good level
3.2 Freshwater:	28 % savings
3.3 Sust. construction:	Good level

En Active House Radar bruges til at illustrere AktivHus mærkningen for CIS byggeriet, der i 2018 udløste den internationale Active House Award.



Her er vist et andet eksempel på facadeløsninger med solceller, der ligner almindelige facade paneler, her fra den danske producent Dansk Solenergi. Med støtte fra EUDP projektet, Ny BIPV-teknologi blev lyse grå solcellepaneler i midten, demonstreret af firmaet Solarplan i kombination med en Rockpanel-facade. Målinger udført af Teknologisk Institut viser en solcelle elproduktion ret tæt på normale krystallinske solcellemoduler.



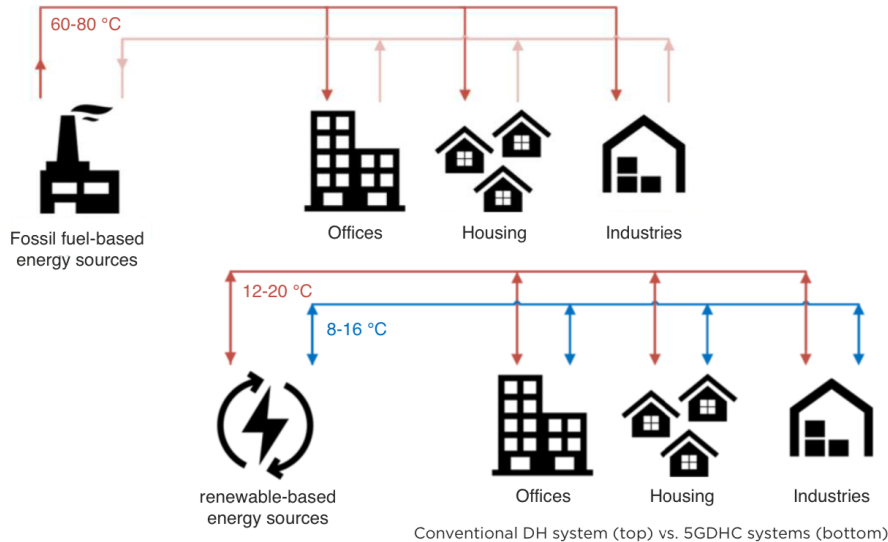
Historically, all-district heating and cooling systems have been “unidirectional”, meaning that the water in each pipe segment only flows in one direction. A particularity of 5GDHC systems is that they feature a “bidirectional distribution”, in which the water in each pipe segment can flow in alternating directions, depending on the net thermal fluxes on the system. In this case, there is a single network loop (two pipes system) for both district heating and cooling. 5GDHC systems consist of two pipes. The warmer pipe has temperatures between 12°C and 20°C, while the cold pipe has 8-16°C.

Heating and cooling in buildings are provided by means of decentralised heat pumps and chillers. This thermal distribution system functions much like the electrical grid, which can convey energy both from a centralised generator to a consumer and back from a rooftop PV into the grid. Therefore, 5GDHC systems allow buildings to become “prosumers” as they not only draw but also feed thermal energy into the grid.

The concept of 5GDHC systems is in the early stages of development. Recent studies have been carried out in terms of thermodynamic analyses and the Swiss Competence Center for Energy Research is currently building and monitoring few demonstration pilot projects in Switzerland.

The vision of Køge Municipality for the development in Køge Nord is to create a characteristic landmark for green mobility and sustainable energy in order to fulfill the local climate goals indicated in the Strategic Energy Plan “Energí på Tværs”, which envisions for the Region

Illustration af ideen bag såkaldt “kold” fjernvarme som er ideel til at kombinere med grundvandsvarme- og kølesystemer ATES. Væske med temperaturer i samme størrelsesorden som grundvandet kan sendes rundt og udnyttes af decentrale eldrevne varmepumper. Og i sommerhalvåret kan overskudsvarme fra køling eller solvarme sikre en opvarmning af grundvandet, så man efter et års drift ender med samme temperaturniveau i grundvandet.



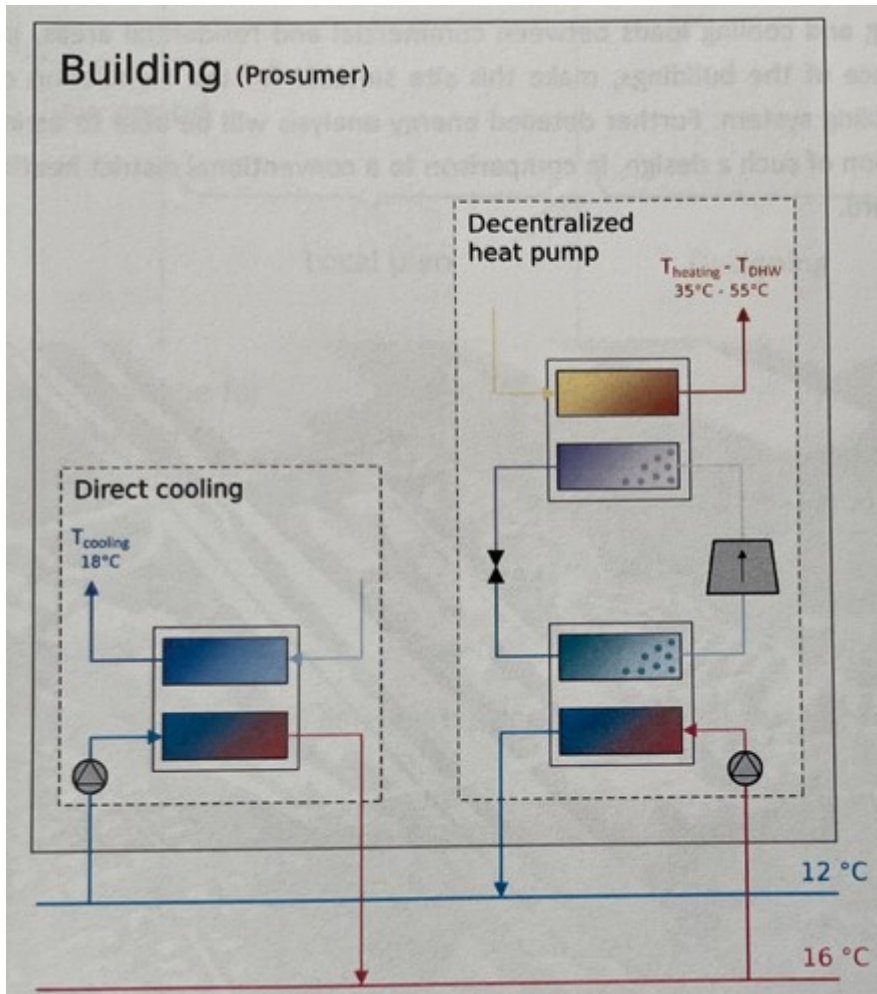
Conventional DH system (top) vs. 5GDHC systems (bottom)

The technology of district cooling is based on the idea of delivering centralised chilled water to buildings to provide greater efficiency than traditional air-conditioning systems. The development of district cooling has been more a recent one in contrast to district heating; therefore, district cooling systems are neither as common nor as extensive as district heating systems. On the other hand, energy demand for space cooling has grown rapidly since the 1990s. This is confirmed by the number of central air-conditioners and room air-conditioners installed which increased by more than 50 times from 1990 to 2010 in the European Union (EU). Other parameters that underline this trend are heating degree days and cooling degree days, which have, respectively, decreased and increased in the last decades in Europe.

Therefore, the combined effect of the decrease in heat demand and the increase in the cooling request is making the creation of district heating networks alone (i.e. without cooling) less profitable and reliable. On the other hand, from an infrastructure perspective, the creation of both a district heating and cooling system serving the same urban area would require the installation of two separated water network circuits (four pipes system) and as a consequence, the cost is more or less doubled if compared to district heating alone.

A possible solution to favour a high degree of integration between district heating and cooling networks and still maintaining a competitive cost is the creation of a so-called 5th Generation District Heating and Cooling systems (5GDHC).

Her er illustreret forskellen mellem almindelige fjernvarme- og kølesystemer med 4 rør, der både kan bruges til køle- og opvarmningsformål og samtidigt sikre meget lave systemtab.



Eksempel på en såkaldt "prosumer" installation hos den enkelte bruger. Bruges i samspil med "kold" fjernvarme, der også kan anvendes til køling.



## Bilag 1

Introduktion to SOLUS low temperature heating and cooling at the Munksjö tower in Jönköping, Sweden presented the 16<sup>th</sup> of march 2018. Proposed technology for Køge Nord

Munksjö tower is made as an office building in 2014 according to a low energy standard using only 52 kWh/m<sup>2</sup>, year in district heating use and obtaining cooling by help of outdoor air and cooling water from the nearby lake.

There are used 550 SOLUS beams in the loft area which operate with a forward temperature for cooling of 16°C and for heating of up to 35°C by help of the same installation element. The used windows are low energy windows with 4 layer of glass, with a U-values of 0,5 W/m<sup>2</sup> °C.

The Solus beams operates with 20 l/sec m<sup>2</sup> in airflow and 100 PA l pressure loss for the office while for the conference room 40 l/sec m<sup>2</sup> is used in airflow.

The HTC operation (High Temperature Cooling) means that you can use the outdoor temperature for cooling in many cases and at the same time that it is not necessary to insulate the air ducts, and if an air to water based heat pump is used it will have a 48% better performance than for normal HVAC systems. At least two times a year the heating element is equal to the cooling demand and it is possible to have a very simple operation.

The Munksjö tower was built based on a normal building economy securing a rent level of 2000 s.kr /m<sup>2</sup> in yearly rent and operation cost a low as 150 s.kr/ m<sup>2</sup>, and according to Göran Heltmark from Lindab the actual heating use is only 25-30 kWh/m<sup>2</sup> year, with very reduced losses and a better capacity for the district heating. Noise levels are below 25 dBa and the user are satisfied with the indoor climate.

The construction of high airflow and low temperatures also secures a better average temperature gradient in the rooms.

Besides it is also possible to utilize thermal storage in a much better way.

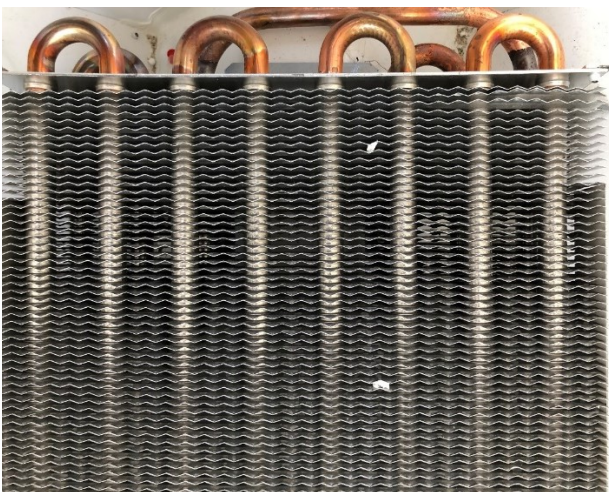
The builders of the proposal, "Tolust" confirmed the good economy of the project but also mentioned that building cost was 25% lower in Sweden in 2014 compared to 2018.

Peder Vejsig Pedersen



- Byggherre: Tolust
- Arkitekt: Yellon
- Totalentreprenör: Gärahovs Bygg
- Antal våningar: 16
- Byggnadshöjd: 64 meter
- BTA [per våning]: ( LOA 517)
- BTA [totalt]: (LOA ca 8 500)
- Miljö: Leed
- Byggstart skedde: Dec 2014
- Inflyttning skedde: 2015
- Namn: Munksjötornet

Munksjötårn



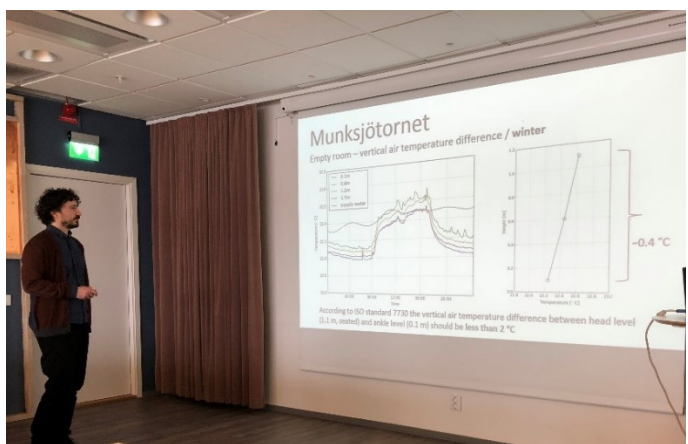
Solus heatexchanger



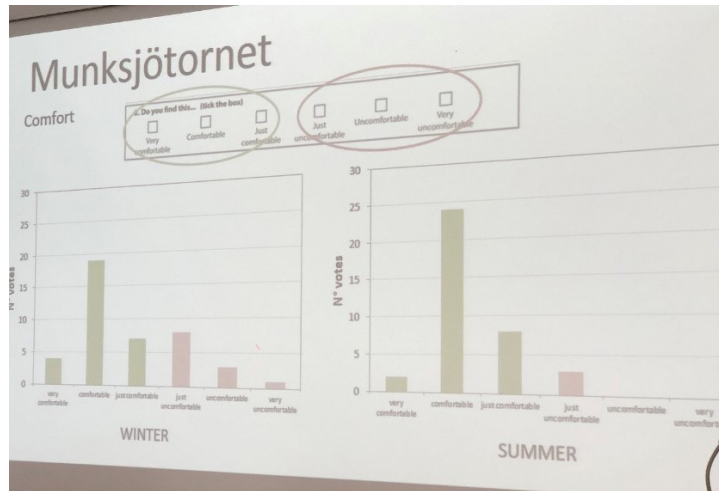
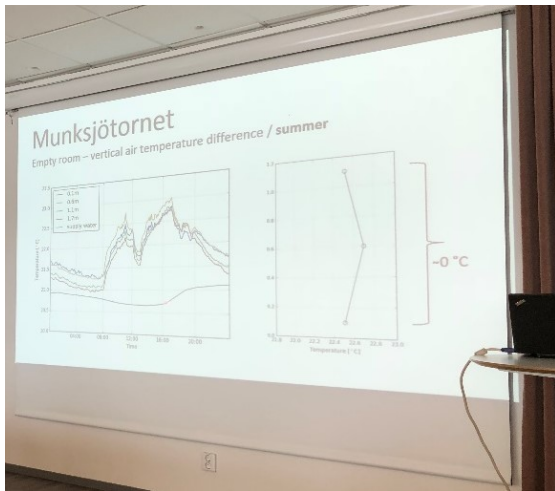
Solus beams in Munksjøtårn



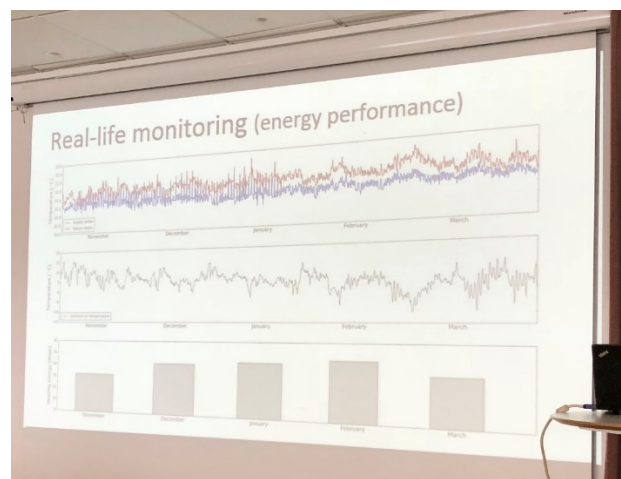
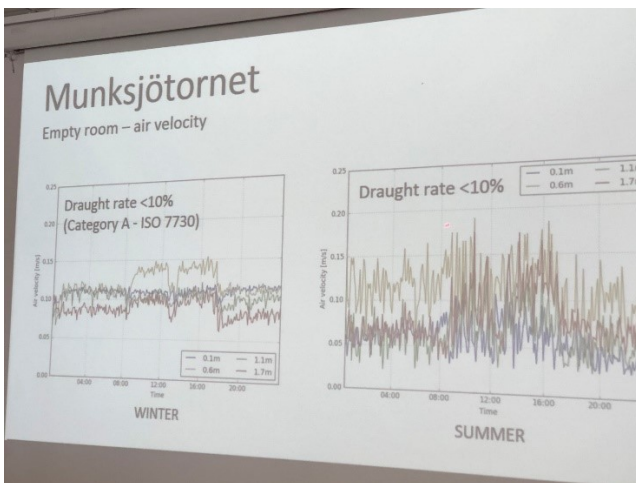
Connection pipes without insulation



Munksjøtårn. Göran Hultmark & Solus monitoring by AAU/SBi



Solus measurement confirms satisfied users.



Solus monitoring results confirms good operation in practice.