

2016 Integration of District Heating in a Sustainable Energy System

2016中丹可再生能源系统区域供热研讨会

– Technologies, Markets and Policies

—技术、市场与政策

主办 Hosted by

中丹科研教育中心 Sino-Danish Center

国际铜业协会 International Copper Association(ICA)

协办 Sponsored by

北京四季沐歌太阳能技术集团有限公司 Beijing MICOE solar technology group co., LTD

承办 Organized by

国际金属太阳能产业联盟 International Metal Solar Industry Alliance (IMSIA)

中国 北京 CHINA Beijing

October 2016



丹麦低温区域供热经验

李宏伟

博士，高级研究员

土木工程系

丹麦技术大学

丹麦区域供热发展

- 1903 Frederiksberg 产生丹麦第一个区域供热，来于垃圾焚烧
- 1925: 由municipality 拥有第一个 C H P 厂
- 1973-74: 石油危机，丹麦与日本是两个进口能源超过 90 % 需求的国家
- 1976: 供电法案，从 1976 年起所有电力生产必须是 C H P
- 1979: 供热法案，municipality 热计划，安全供应
- 1981: 投资生物质 C H P 与区域供热
- 1990s: 由于环保要求加大投资生物质
- 1991: 高能源和二氧化碳税，对区域供热、热电联产和使用环保型燃料进行补贴
- 2000s: 电力市场开放、经济、环保，进一步增加生物质使用
- 结果: 石油天然气净出口，欧盟内最低单位能耗，大量基于可再生能源，洁净煤技术

丹麦能源发展方向

The government's energy policy milestones up to 2050



In order to secure 100 percent renewable energy in 2050, the government has several energy policy milestones in the years 2020, 2030 and 2035.

2020

Half of the traditional consumptions of electricity is covered by wind power

2030

Coal is phased out from Danish power plants
Oil burners phased out

2035

The electricity and heat supply covered by renewable energy

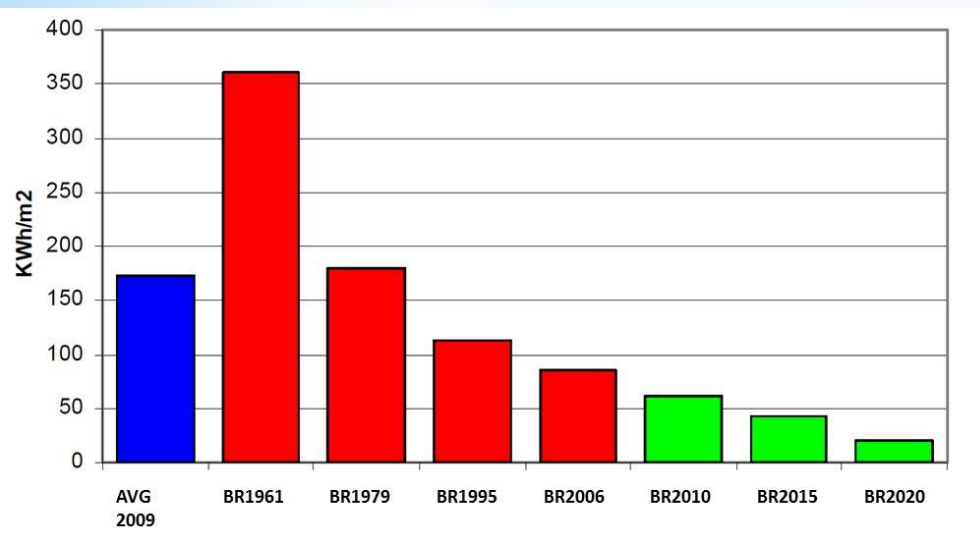
2050

All energy supply – electricity, heat, industry and transport – is covered by renewable energy

The initiatives up to 2020 will result in a greenhouse gas reduction by 35 percent in relation to 1990.

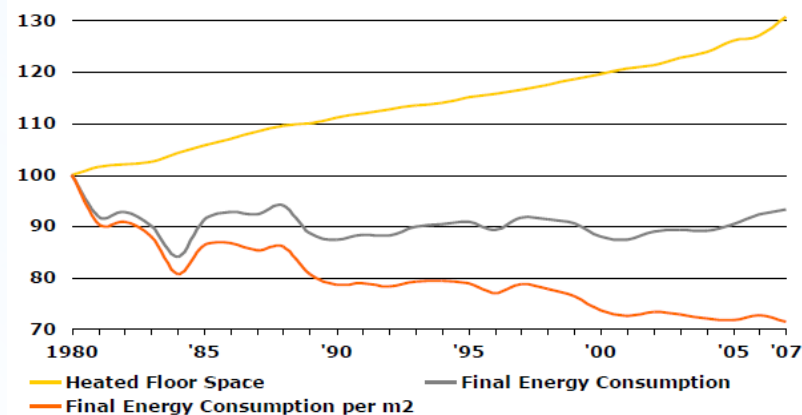
- 2020年一半电力由风电提供
- 2030年热电厂停止使用燃煤
- 2035年电力与热力完全由可再生能源供应
- 2050年包括运输业等在内完全实现可再生

丹麦房屋能源消耗



不同时期建筑能耗标准
2015年低能耗房屋是1995年的1/3

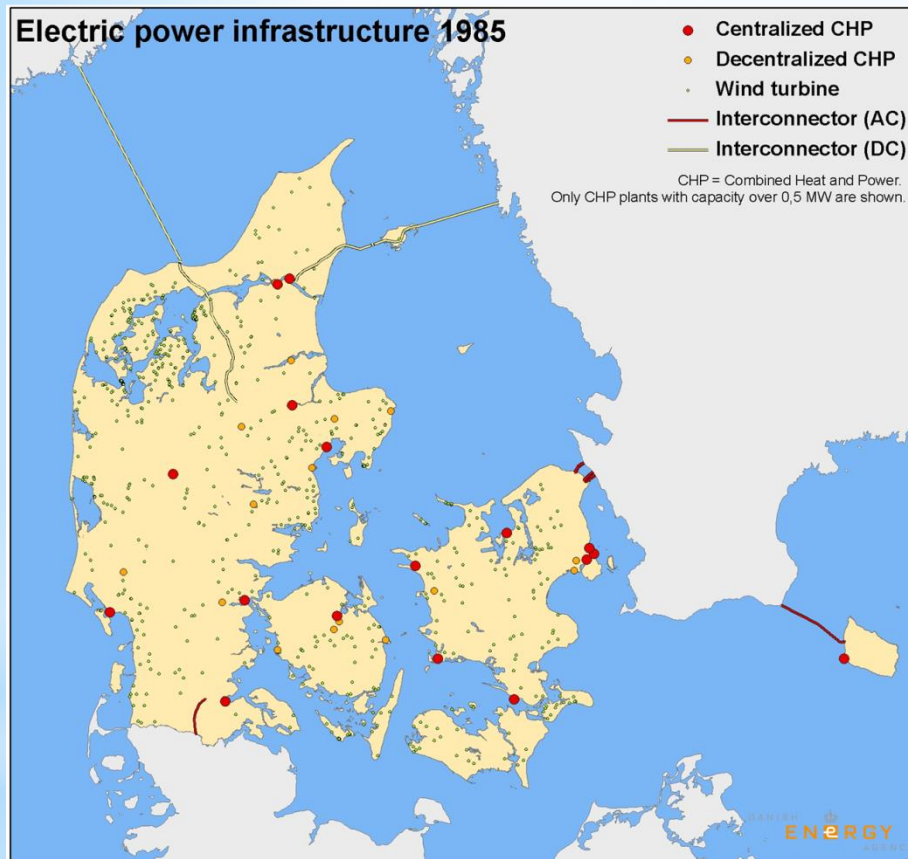
The Heating Sector after Oil Crisis in 1973



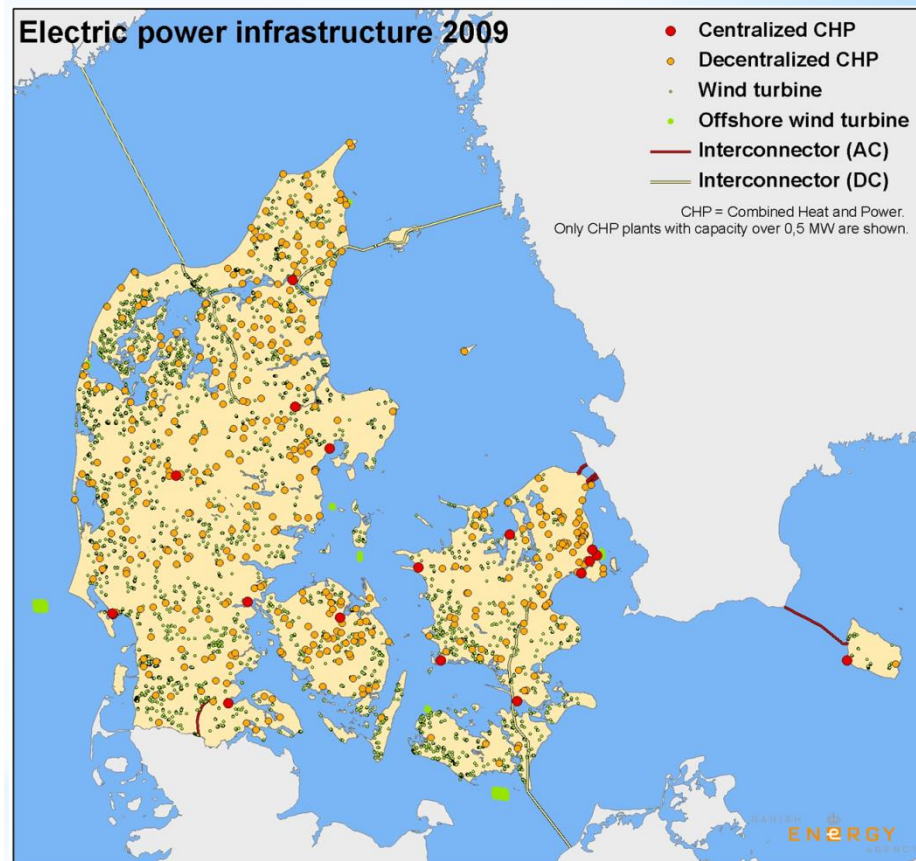
RESULT: Energy consumption per m2 reduced by 30% compared to 1980 and approximately 50% compared to 1970.

1980年到2007年间，供热面积增加30%，房屋单位面积能耗降低30%

丹麦区域供热：集中到离散

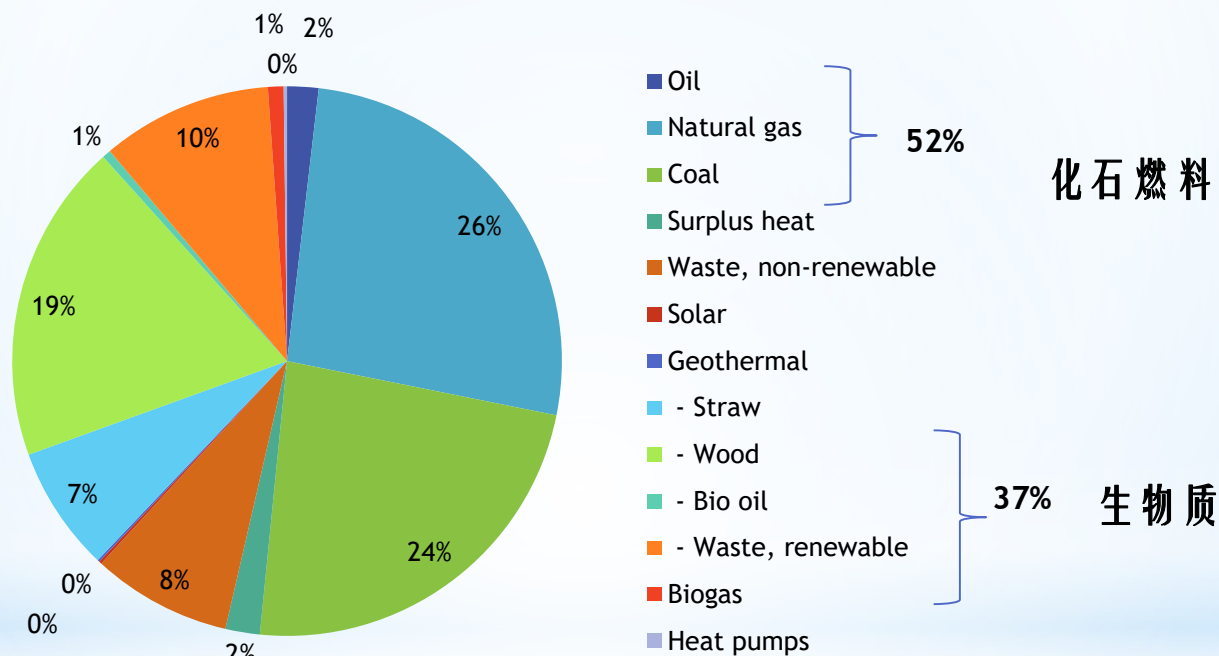


80年代中期以集中式为主



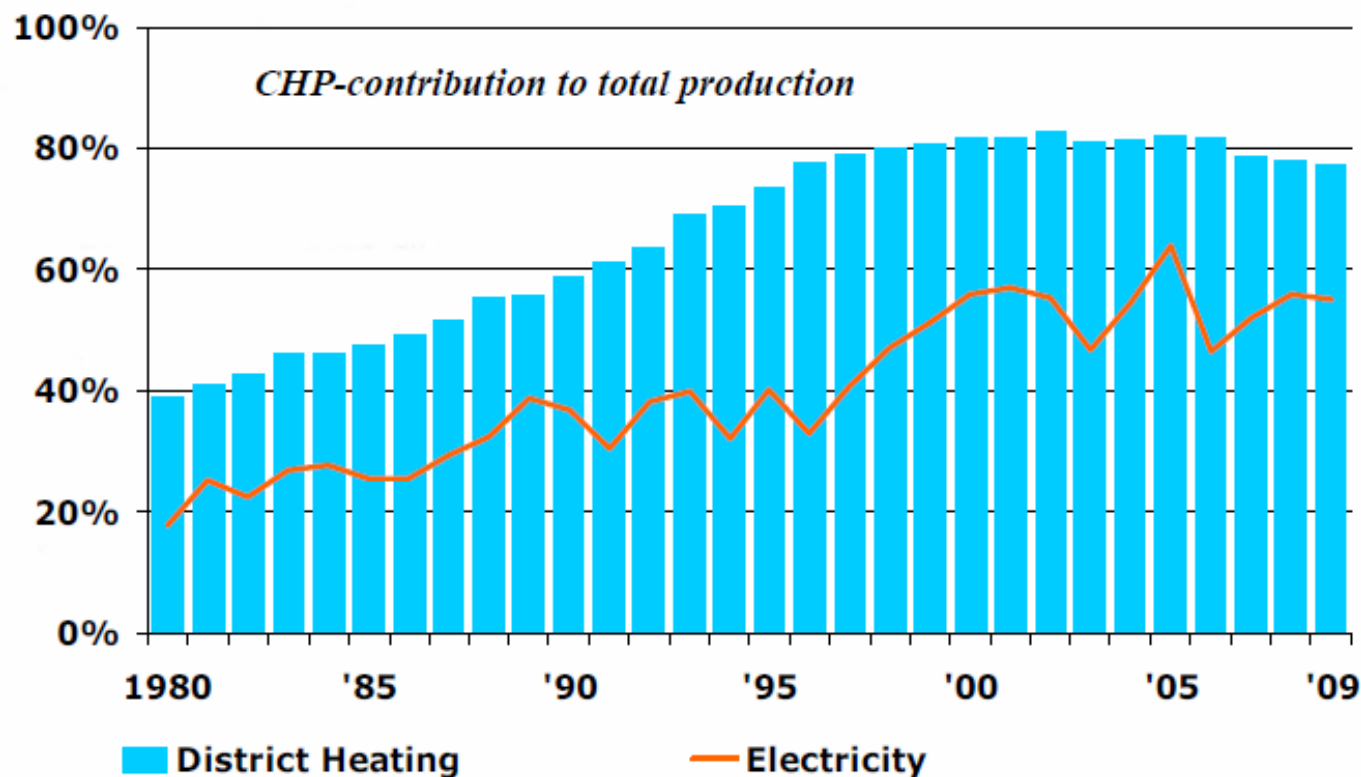
目前系统集中式16个，分散式415个

供热燃料分布



可再生能源约占一半，以生物能为主

热电联产

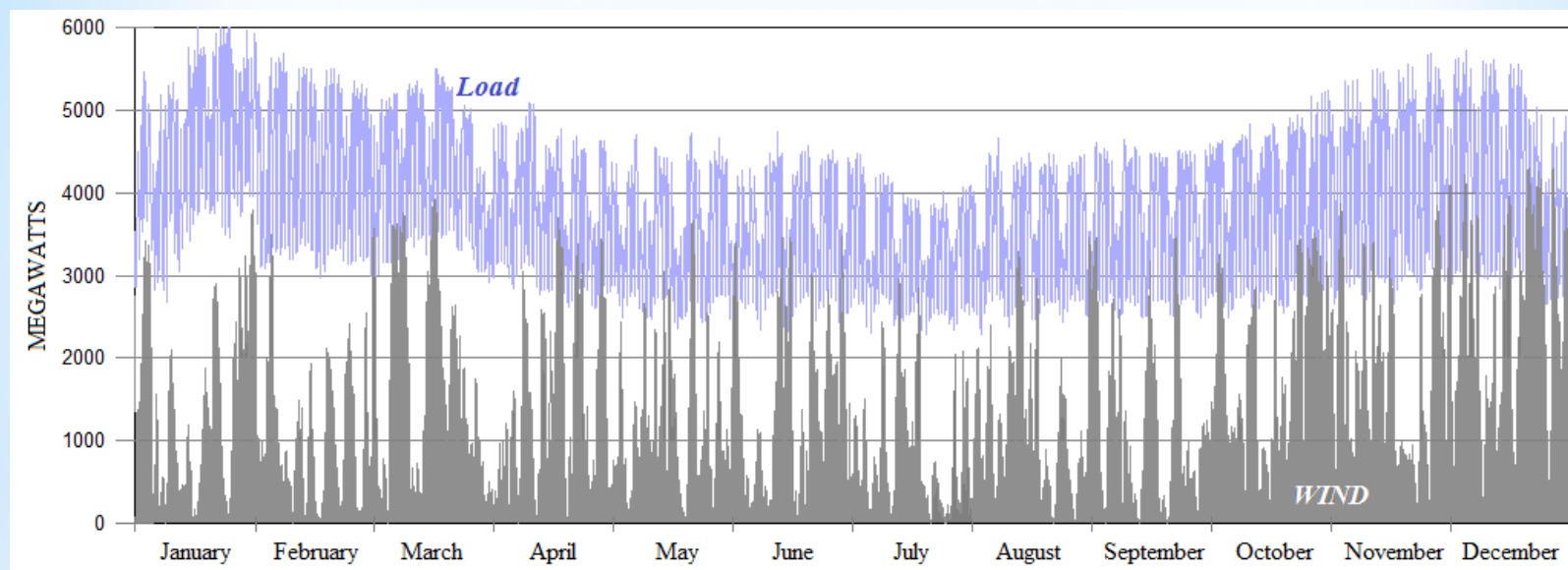


- Electricity: 55% of total el-production from CHP's
- District heating: 77% of total DH from CHP's

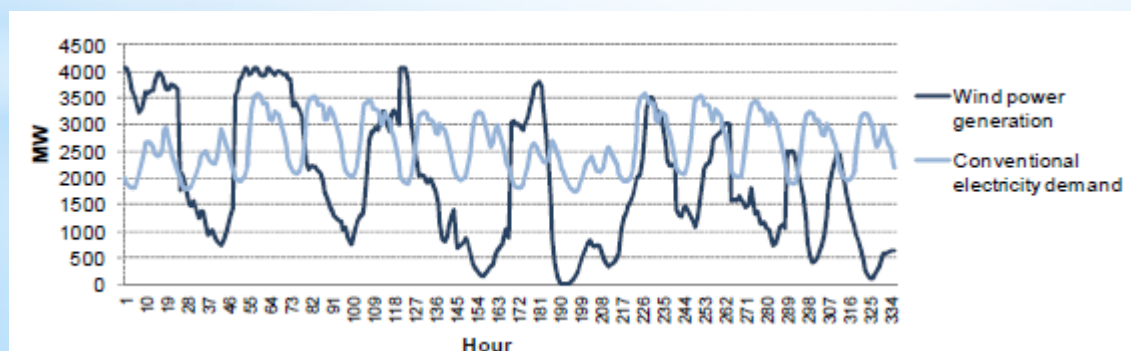
电力55% 由热电联产

区域供热77% 由热电联产提供：热网与电网结合

2013年丹麦风力发电 vs 电力消耗



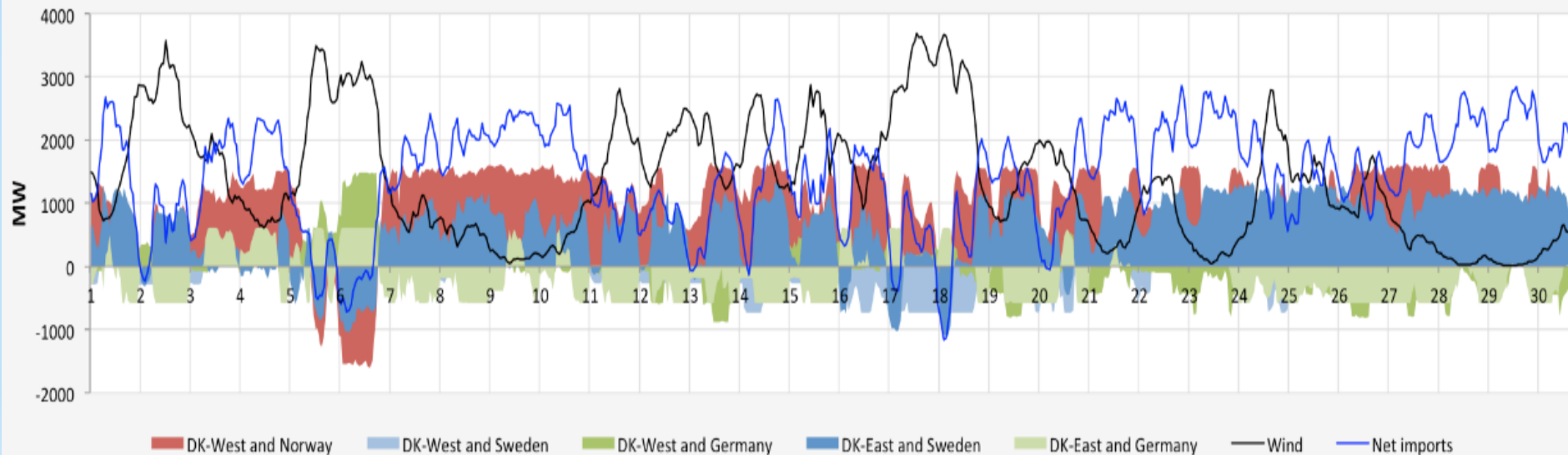
2013 风电生产和电能消耗



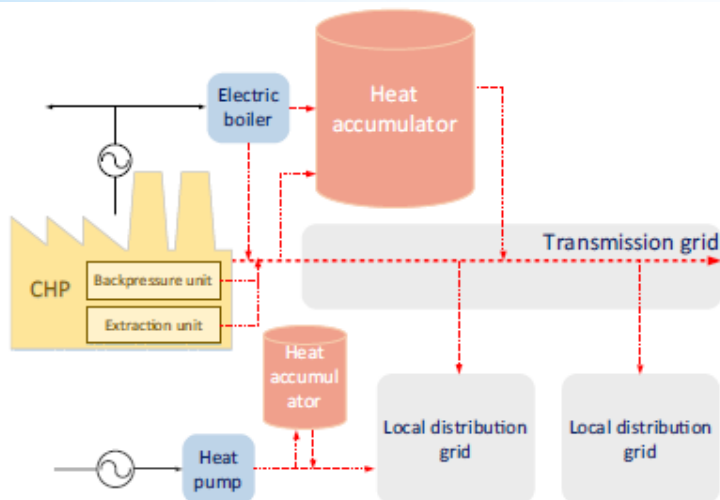
2020 年预测风电生产和电能消耗

消纳风电

Denmark, electricity imports and exports and wind production, September 2015



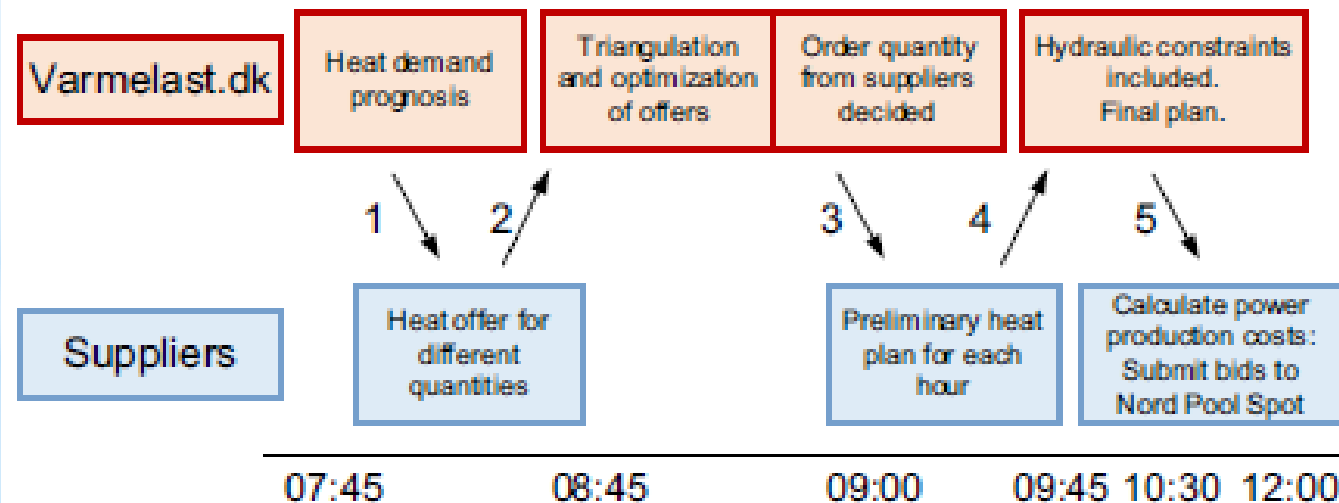
丹麦2015年风电生产与出口、进口



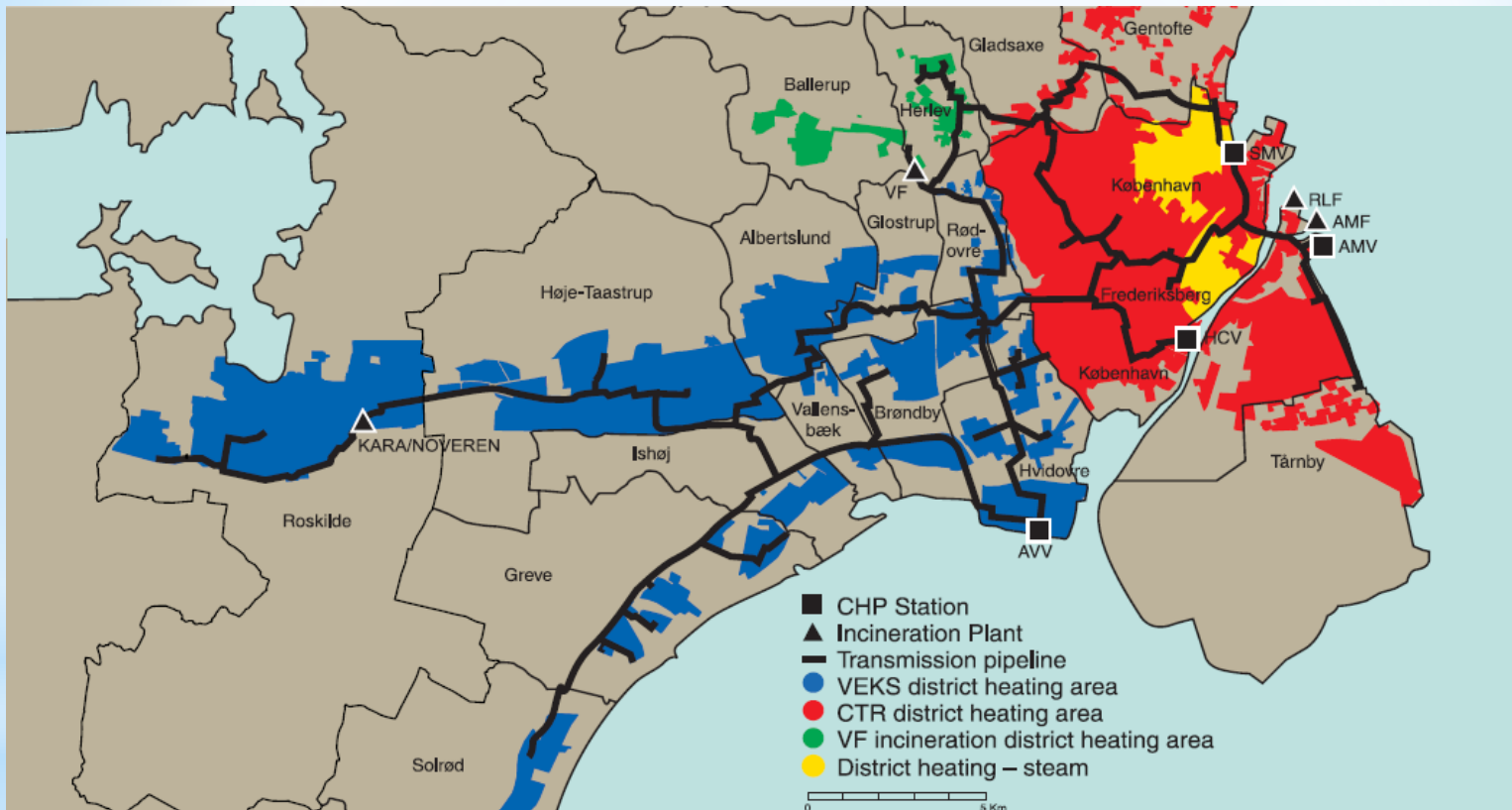
- 通过欧洲电网
- 通过热电解耦：储热罐、电锅炉，热泵
- 通过区域供热厂优化运行

电厂协调、优化运行

- 特定的第三方公司协调及优化大哥本哈根地区的热电联产厂运行 varmelast.dk, 供热公司(Dong, Hofoor)、运输公司(VEKS, CTR)
- 头一天早晨 8 点, 根据热负荷预测优化工作开始
- 优先考虑垃圾焚烧和地热
- 各方之间遵守保密协议

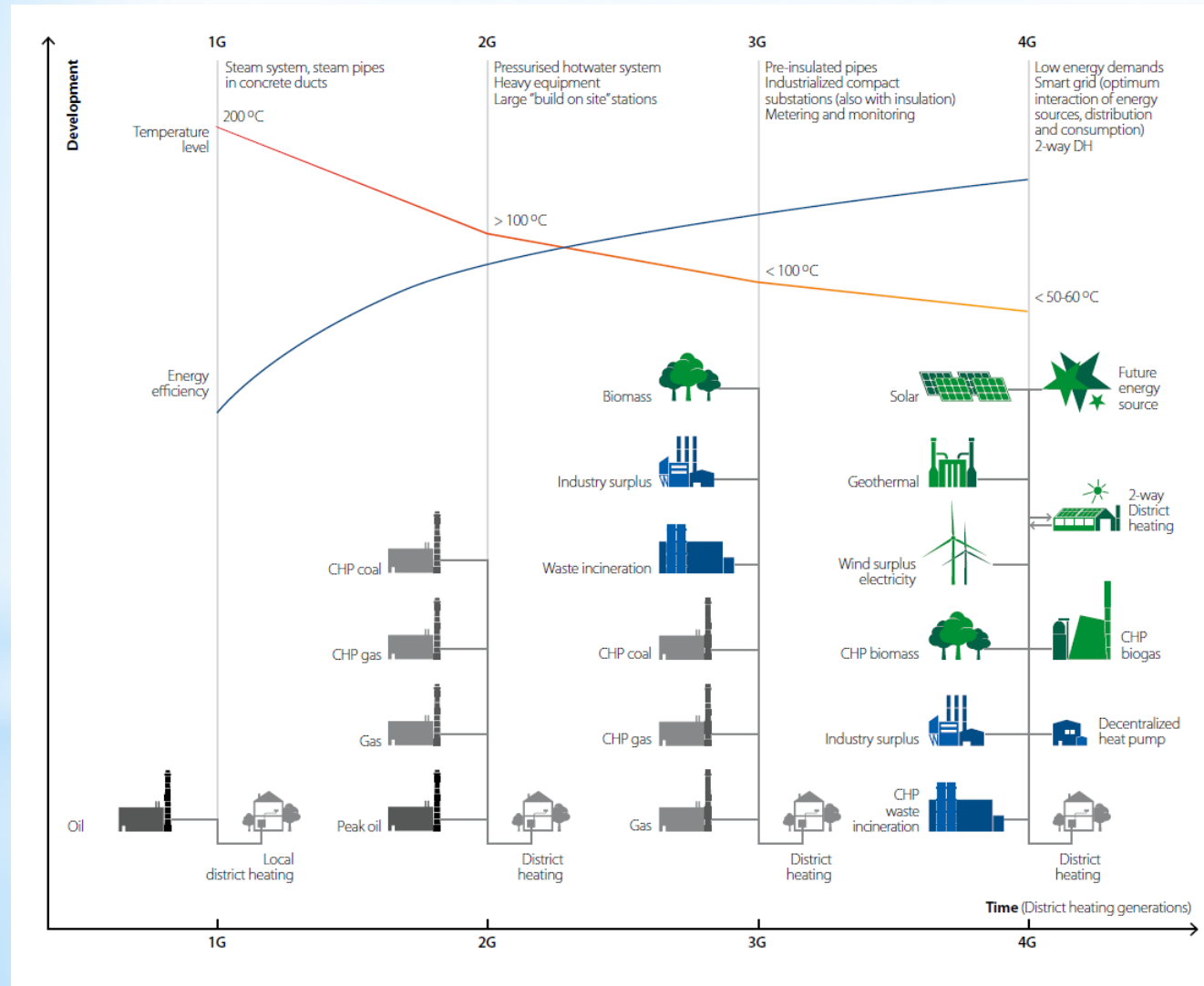


哥本哈根区域供热



- 18 municipalities
- 34,500 TJ (9,600 GWh)
- 占丹麦热能需求大约 20 %

1 至 4 代区域供热

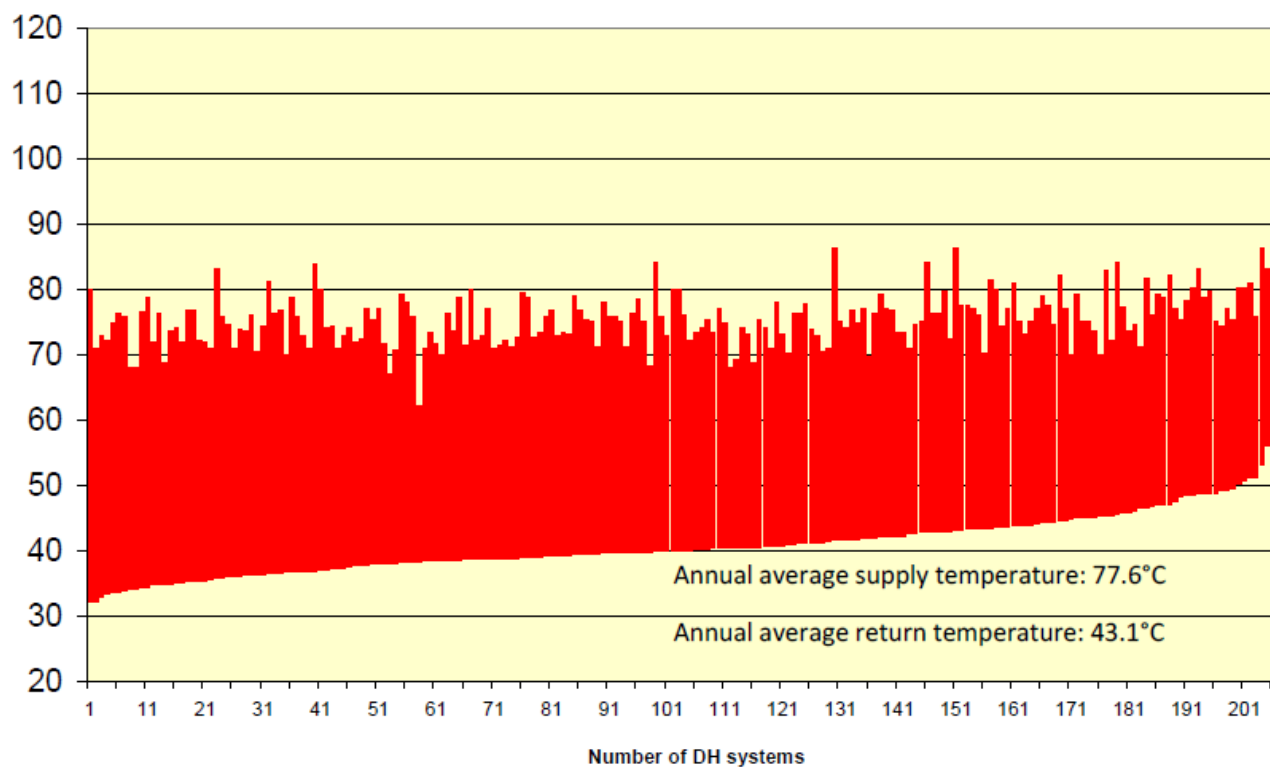


不同丹麦供热公司年均供热温度

Denmark

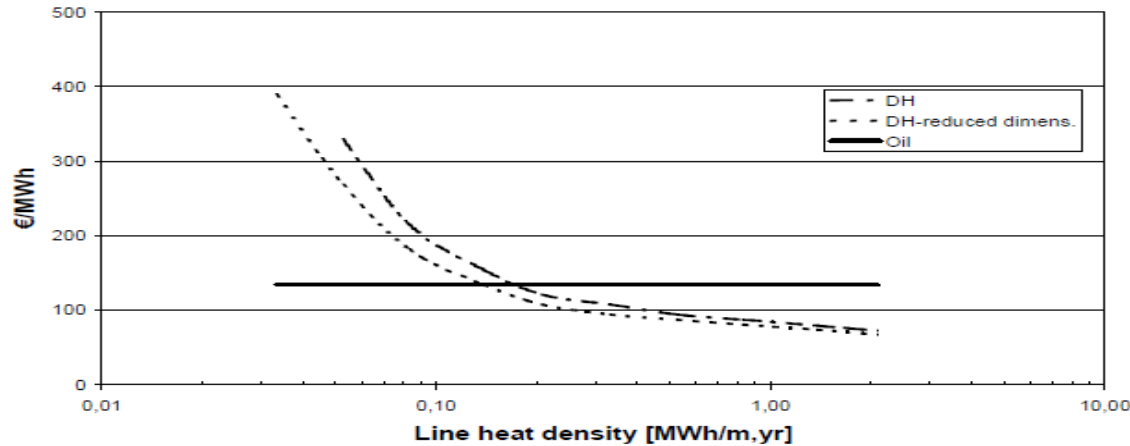
Network
temperature, °C

Denmark: Annual temperature level
in 207 DH networks during 2010/2011



为何发展低温区域供热

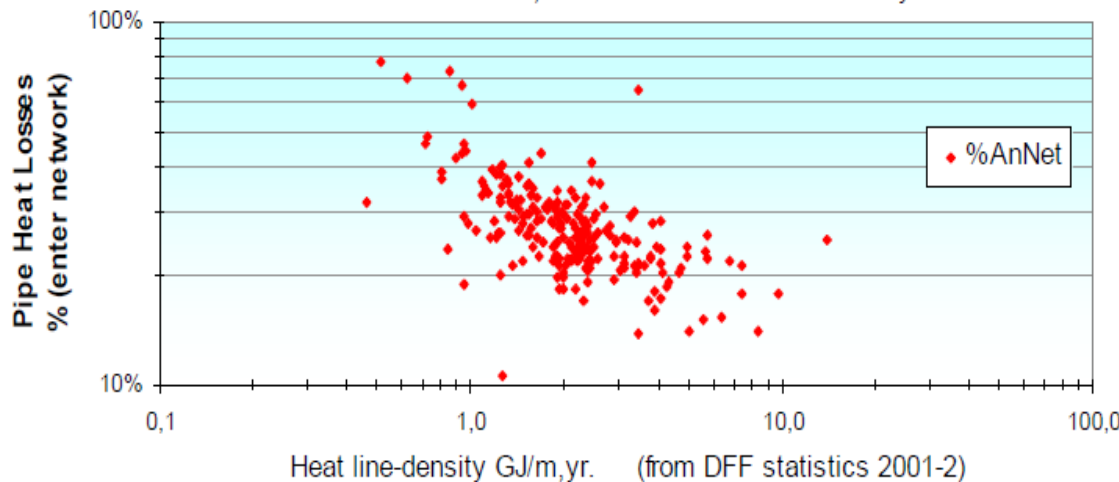
District heating compared with individual oil heating



➤ 与小燃油锅炉炉比，区域供热的经济性临界点在 0.2 MWh/m, yr

RELATIVE PIPE HEAT LOSSES

250 DH networks, influence from heat line-density



➤ 大部分丹麦区域供热系统能源密度在 $0.28\text{--}0.56 \text{ MWh/m, yr}$

➤ 不好的设计和运行导致大的相对热损失

低温区域供热优点

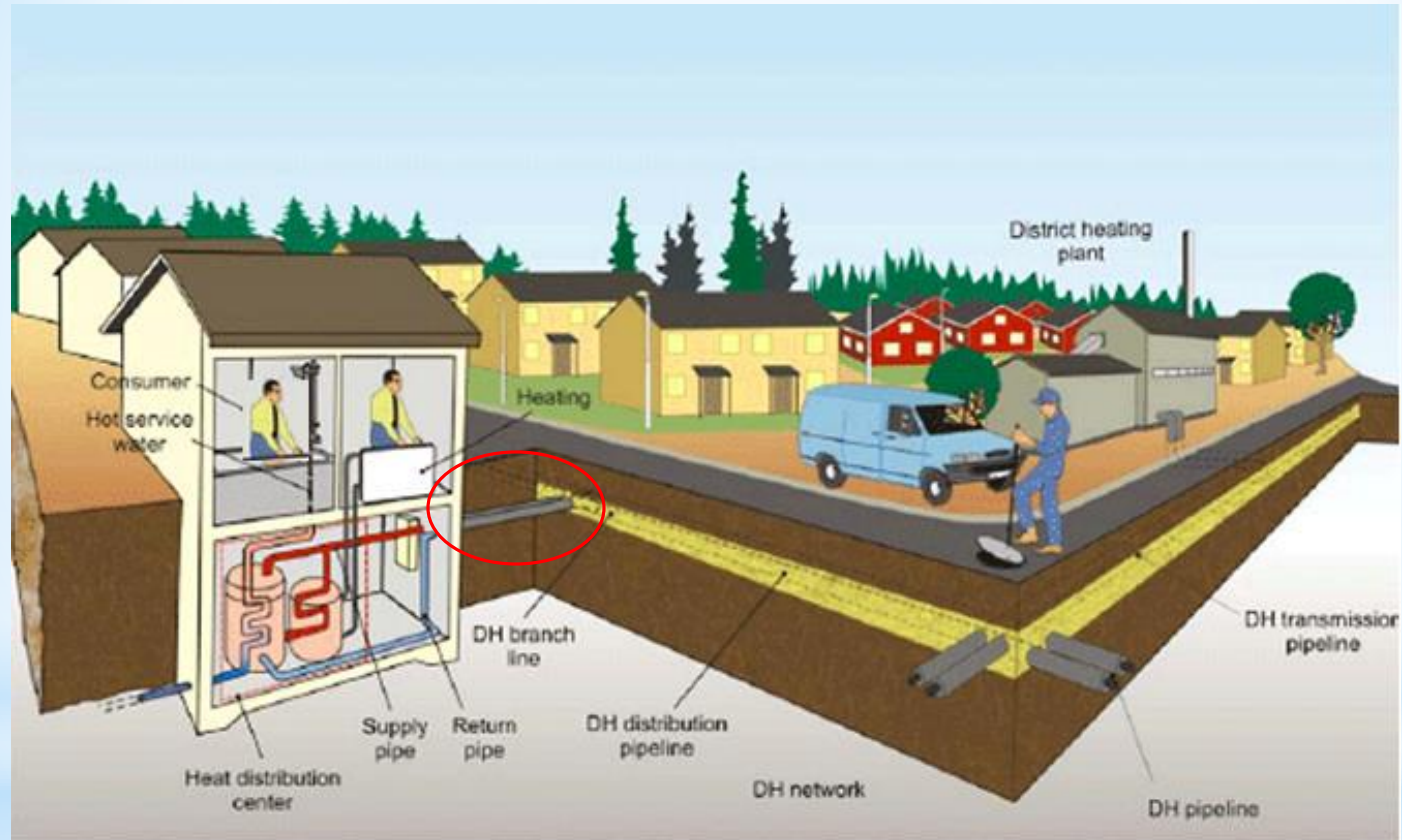
低温供热优点:

- 降低管网热损
- 有利于低温余热回收
- 提高可再生能源利用率
- 提高热泵COP
- 降低管道热应力

相关国际项目:

- IEA DHC Annex X: Toward 4th generation district heating: experiences with and potential of low-temperature district heating (2012 - 2014, DTU project leader)
- IEA DHC Annex TS1: Low-temperature district heating for future energy system (2013 - 2016, DTU subtask B leader)
- IEA DHC Annex XI: Transformation roadmap from high to low temperature district heating system (2015 - 2017, DTU contributor)
- <http://www.iea-dhc.org/home.html>

区域供热示意图

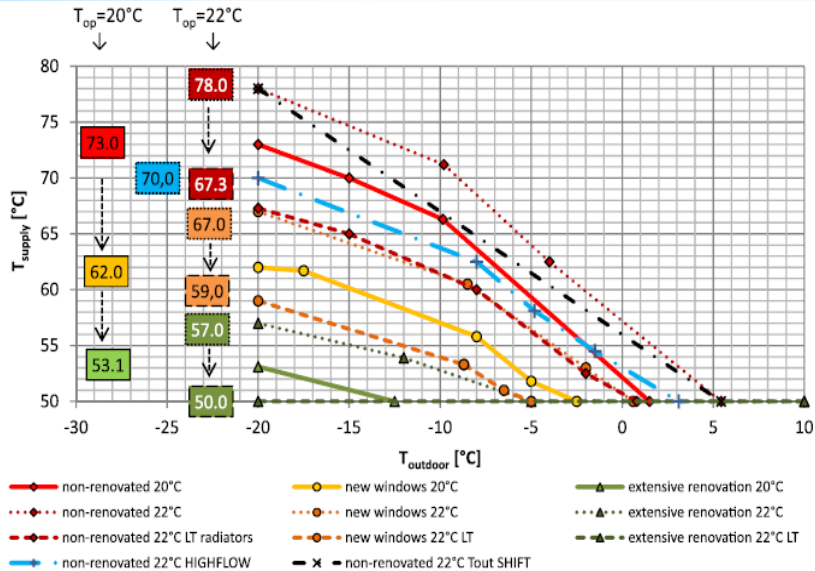


低温供热研究的问题一：房屋供暖

主要问题：

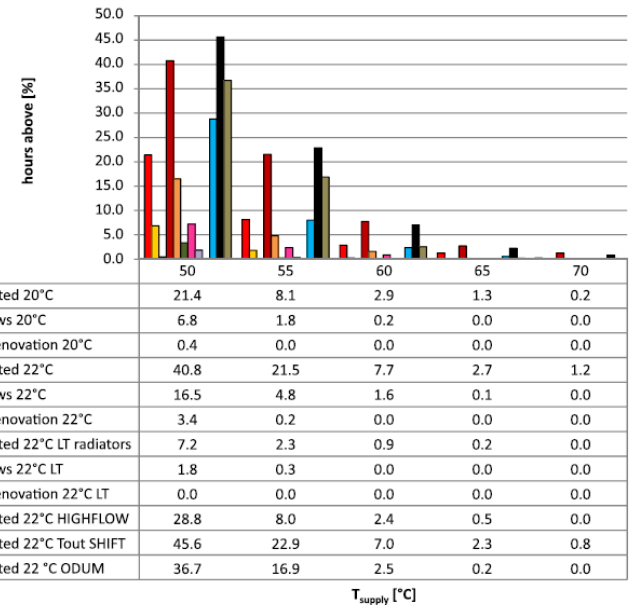
- 供热区热密度：高密度 vs. 低密度
- 房屋类型：低能耗 vs. 现有房屋
- 采暖设备：暖气 vs. 地板采暖，设备设计尺寸，设计温度
- 房屋采暖适应温度
- 水力问题：水力平衡，单管 vs. 双管
- 如何同时降低回水温度
- 变温度运行

房屋供暖变温度运行

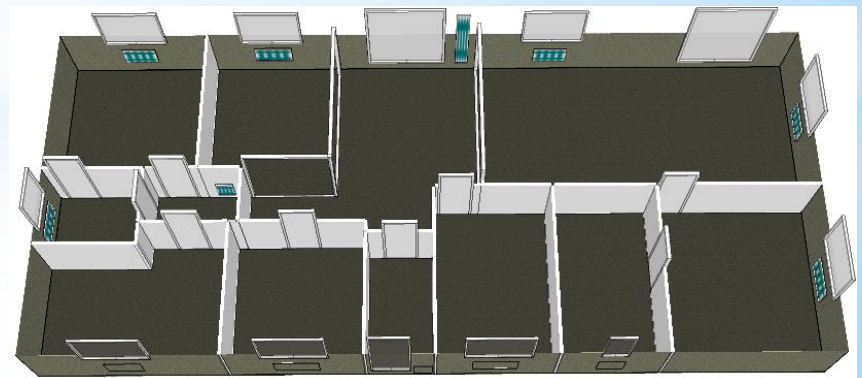


不同室外温度下的供水温度

- 现有房屋
- 设计温度 -12°C
- 设计负荷 9.2kW
- 暖气设计温度 70/40/20°C



高于50°C 供水温度统计



低温供热研究的问题二：生活热水

主要问题：

- 不同热水换热设备：换热器和储水罐
- 低温供热热舒适度和节能问题：
 - 温度的要求：厨房 45°C，其他 40°C
 - 时间的要求：0.2L/s, 10s 等待时间。洗手可以按 30°C
 - 消除再循环管
- 低温供热考虑军团菌安全性
- 楼宇热水系统

换热器 (Instantaneous heat exchanger unit)

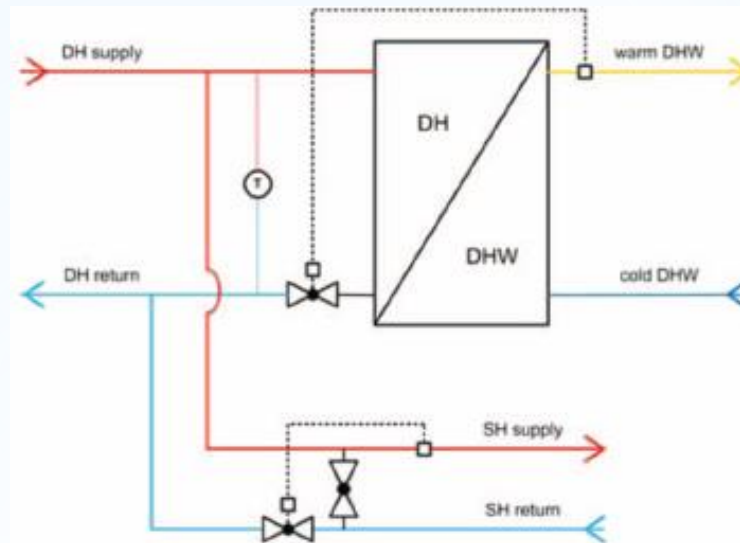


Micro-plate vs. 传统换热器

低温供热需要更大的热水换热器面积和更好的换热效果

	现有区域供热换热器设计温度	低温区域供热换热器设计温度
一次侧供水	65°C	50°C
一次侧回水	25°C	20°C
二次侧供水	10°C	10°C
二次侧回水	55°C	47°C
传热单元数 NTU	3.65	6.36

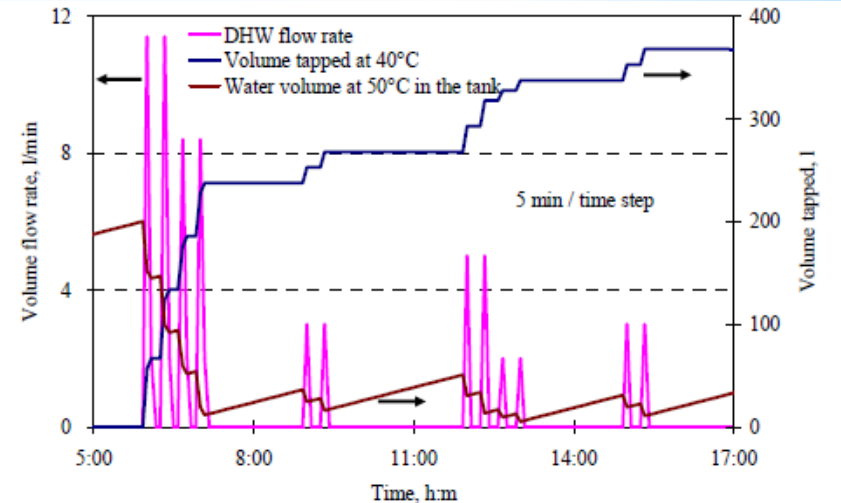
换热器 动态相应



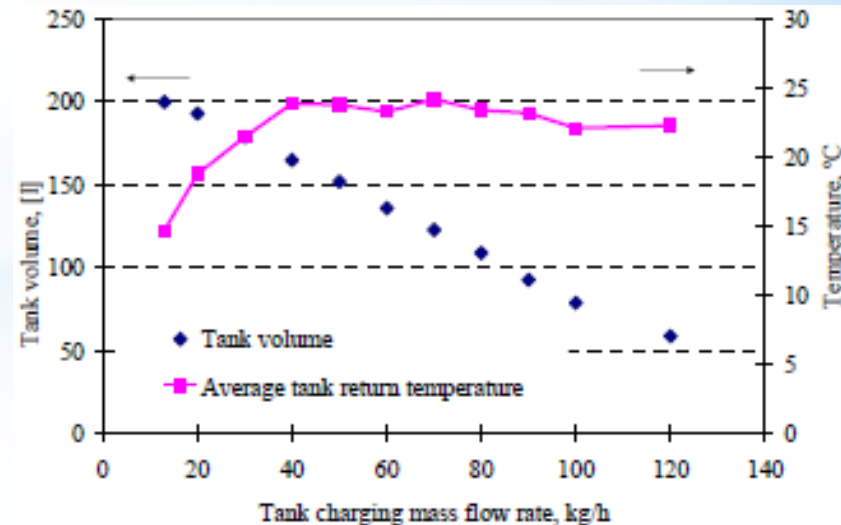
换热器出口水温达到下列温度需要时间 (s)

不同测试	30°C	35°C	40°C	45°C
试验测量(无bypass, 直供50°C)	4.1	6.0	9.1	15.8
仿真1 (无bypass, 直供50°C)	4.6	6.3	8.6	13.1
仿真2 (bypass, 入出口50°C-35°C)	5.7	7.7	10	16.1

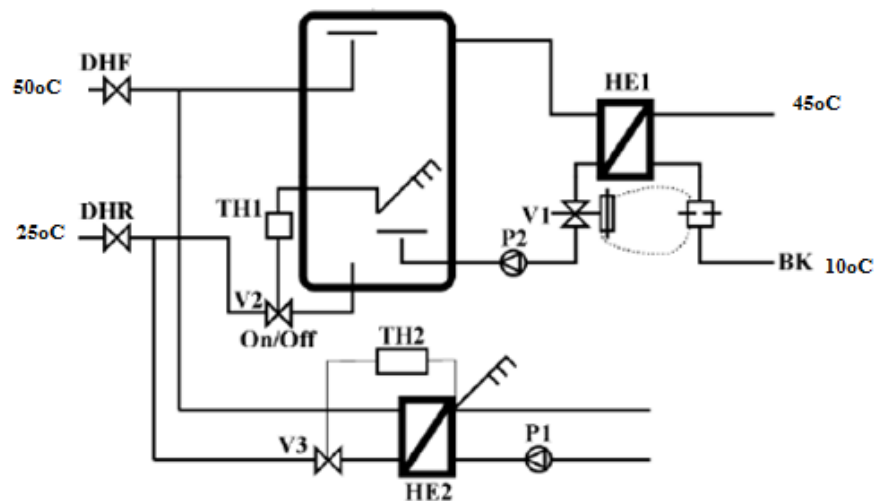
储水罐 (District heating storage tank unit)



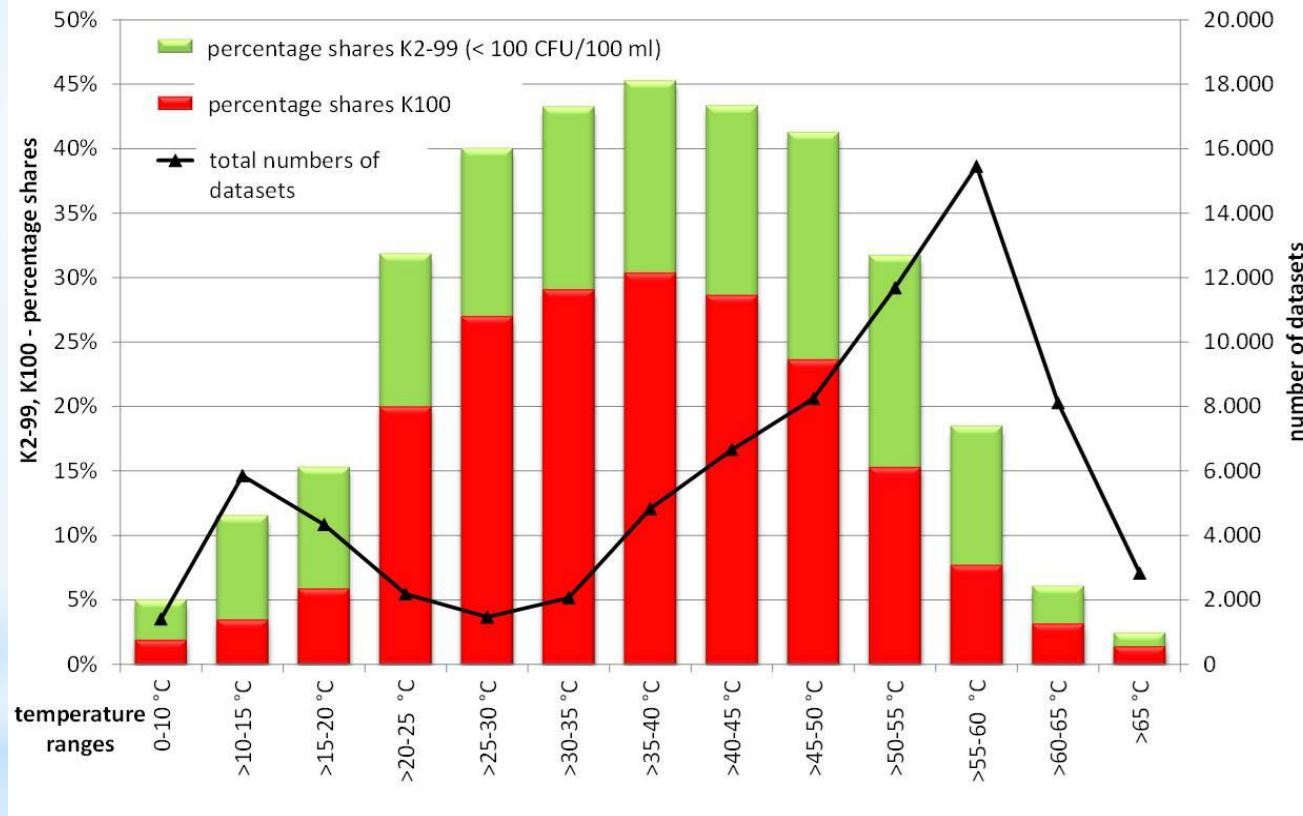
每日热水负荷和水罐相应温度下供水量



水罐上水流量与容积关系



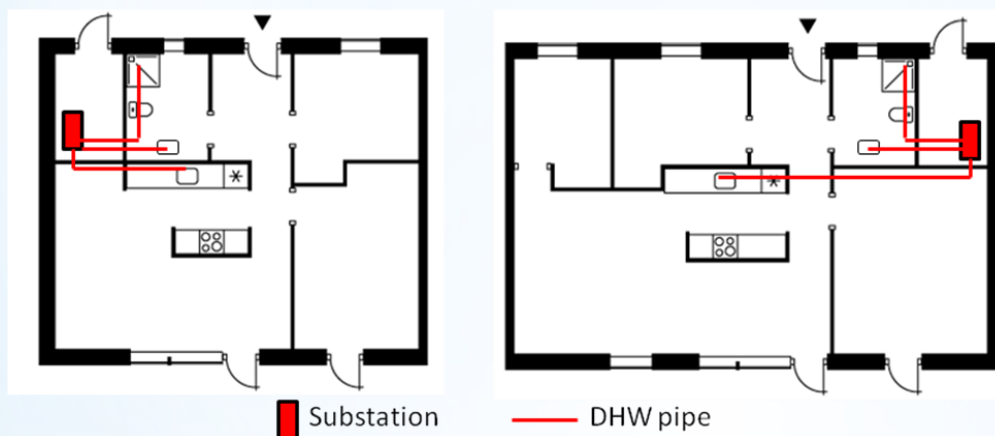
军团菌在不同温度下统计分布



- 军团菌在25-45°C之间滋生可能性最大
- 20-25°C 之间与40-45°C之间可能性一样大

独立屋供热水系统

- 3 L 原则。换热器二次测到水龙头总容积小于3l。

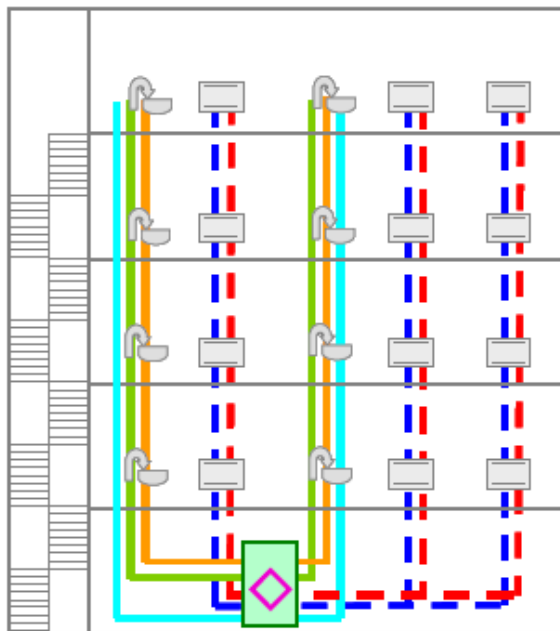


示范工程 (Lystrup) 中生活热水系统设计

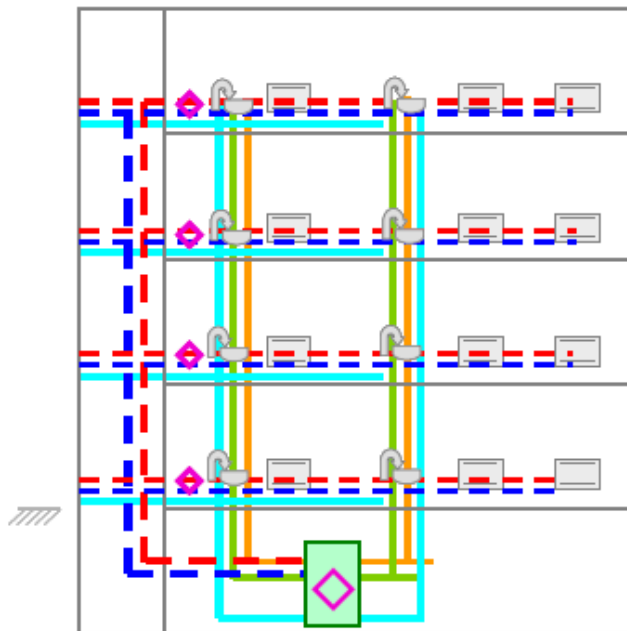
	标准流量 [l/s]	管道长度 [m]	管道容积[l]	速度[m/s]	传输时间 [s]	
					标准流量	0.2 l/s
淋浴	0.14	2.2	0.17	1.8	1.2	0.9
洗脸台	0.056	4.1	0.32	0.7	5.8	1.6
厨房	0.1	6.3	0.49	1.3	4.9	2.5

楼宇区域供热系统

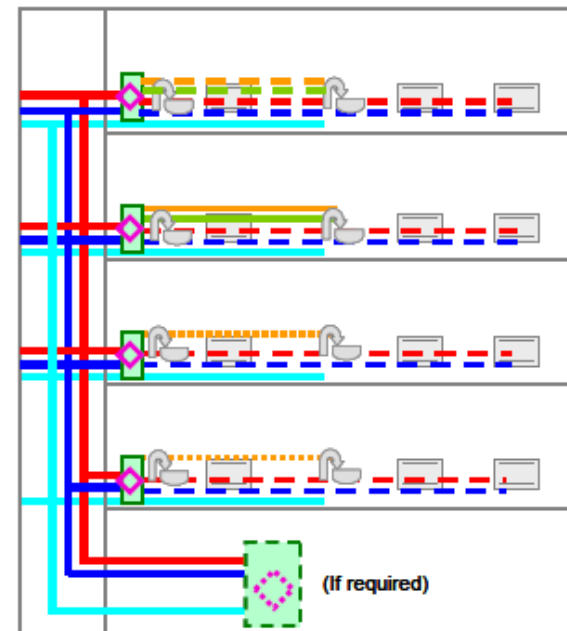
Riser Pipe System A



Riser Pipe System B



Flat Station System F



Sink, shower, etc



Radiator

Station unit
normally with HEX

Heat meter



Heat meter optional



District Heating, Room Heating Pipe



Hot Tap Water, Circulation Pipe



Cold Water Pipe



Hot all day and all year



Hot all day only during the winter



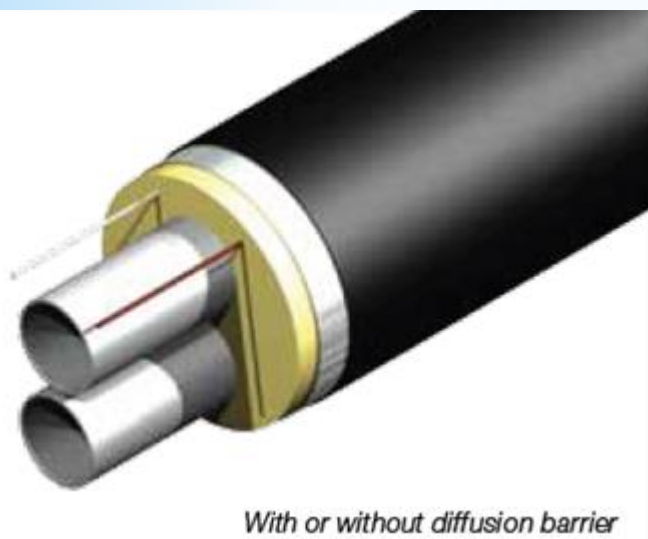
Hot few hours/day all year

传统立管系统

单元换热站系统

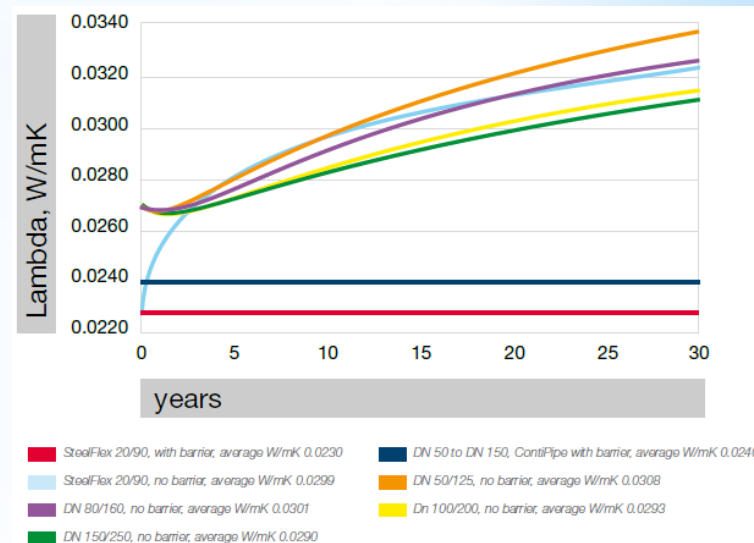
消除了再循环立管，更好的分户热计量，更好的供暖和热水控制

低温供热研究的问题三：管网节能



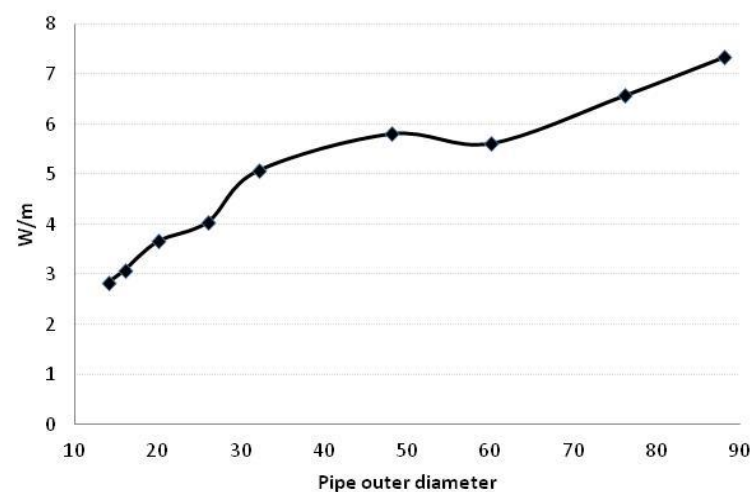
双管 (Twin pipe)

防止绝缘老化



小管径

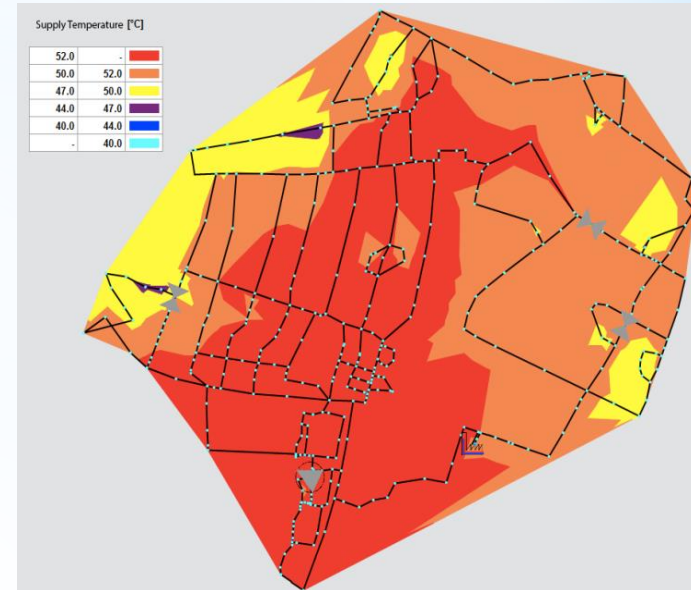
双管管道传热系数与管径关系



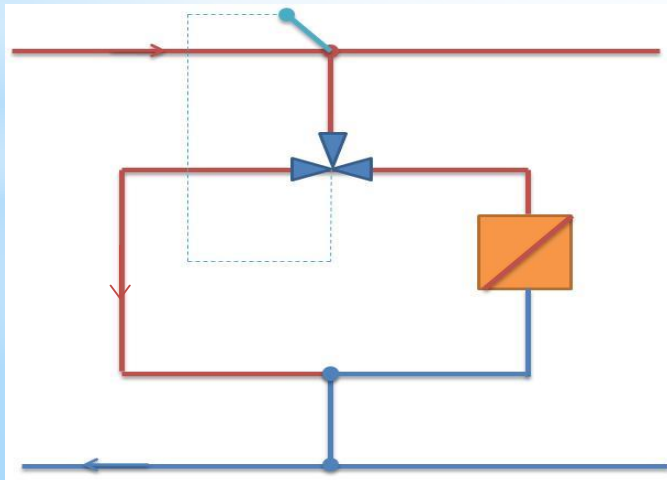
非供暖期环路供应以消除夏季bypass 损失



黄线为连接
环路处



环网供水
温度分布

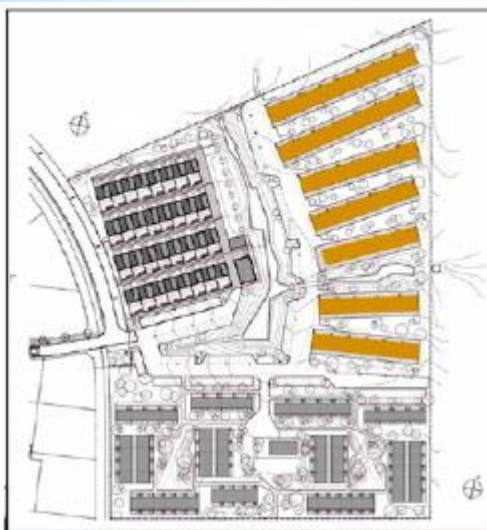


Bypass

结果比较

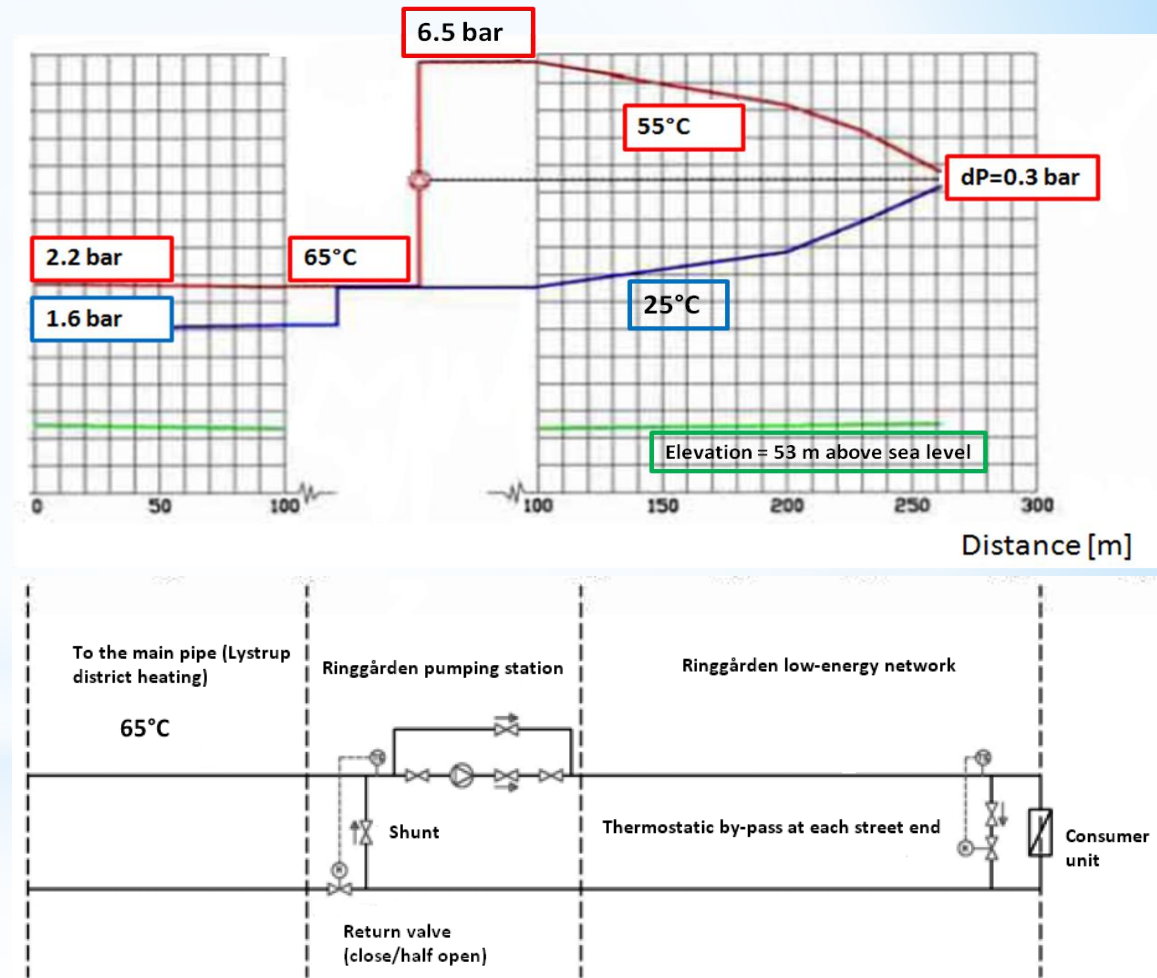
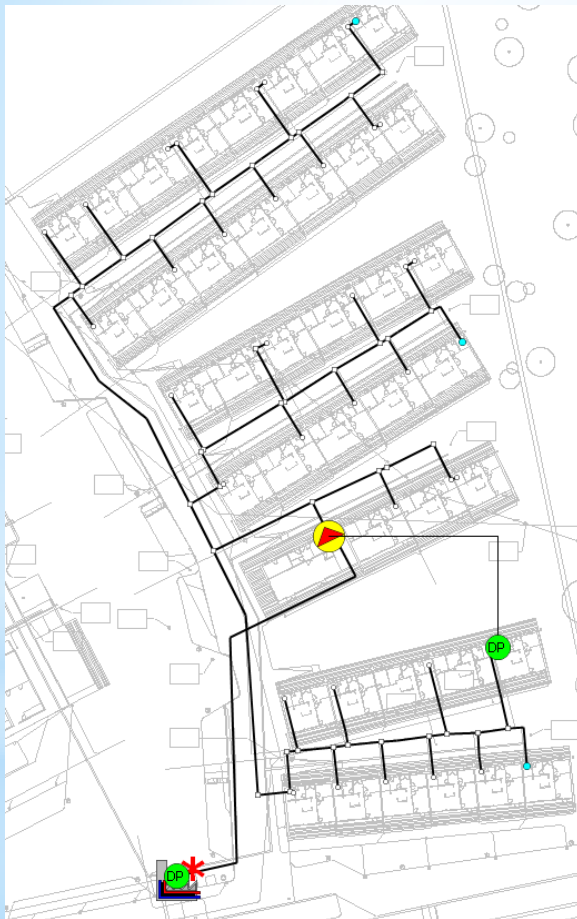
Items	环网	原网络
厂供水压力 [bar]	3.3	2.2
厂回水压力 [bar]	1.5	2.0
厂供水温度 [°C]	55.0	55
厂回水温度 [°C]		45
厂流量 [m ³ /hr]	36.9	30.9
管网热损 [kW]	210	368
厂泵功 [kW]	2.01	0.17
管网长度 [km]	17.6	14.9

低温供热示范项目

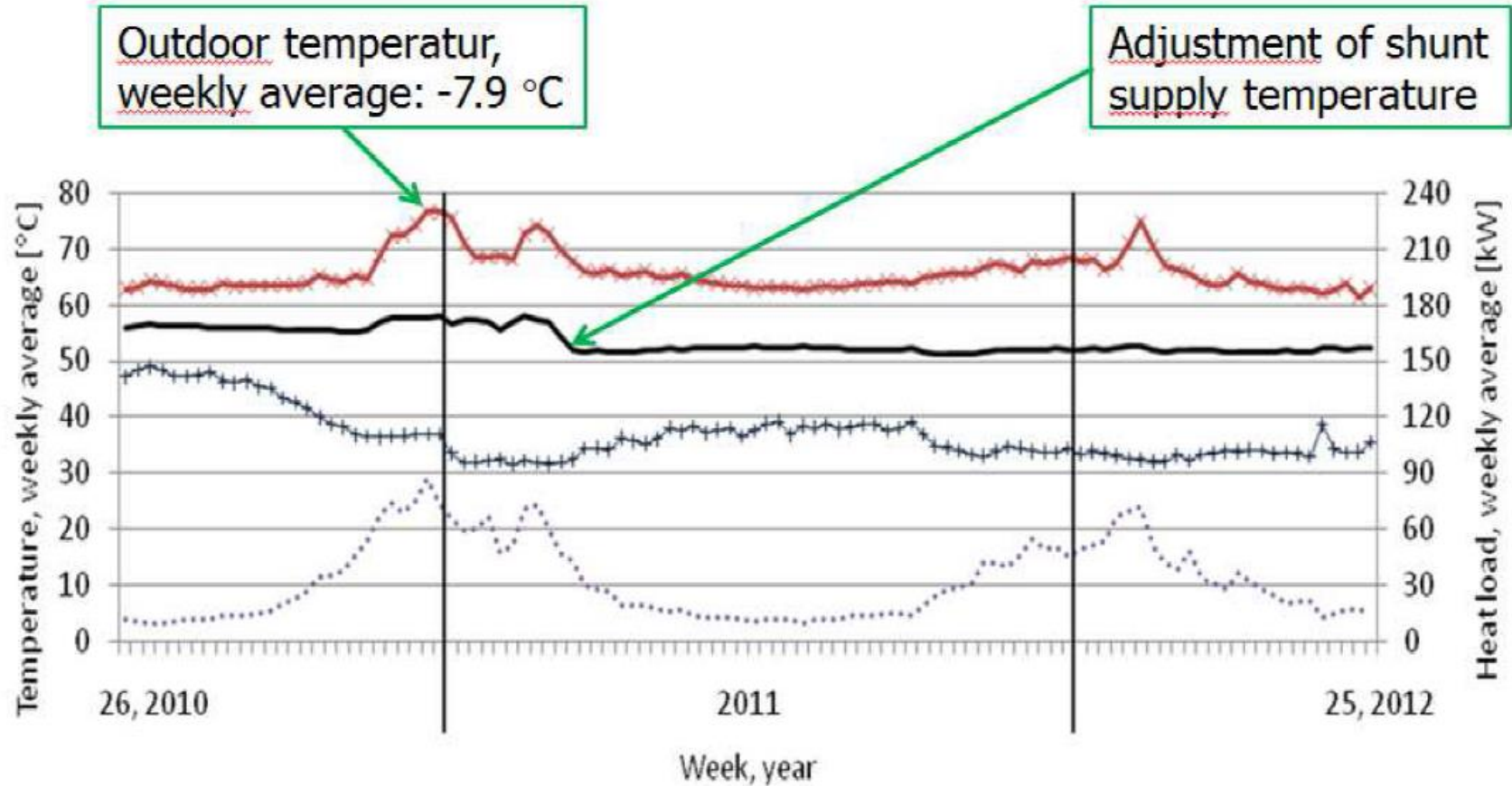


- 低能耗 single family house
- 拥有者: Housing Association Ringaarden
- 建筑时间: 2008-2009
- 房屋类型: 40 terraced houses (two sizes: 87m²/110m²) and 1 common building
- 能耗(BR08):
 - * - Terraced houses: Low energy class 1 ($E = 35 + 1100/A$ [kWh/(m²·yr)])
 - * - Common building: Low-energy class 2 ($E = 50 + 1600/A$ [kWh/(m²·yr)])
- 供热系统:
 - * - 采暖: Low temperature radiator + floor heating (bathroom)
 - * - 生活热水: DHST + ITHE

供热管网



测量温度



— $T_{\text{supply shunt, low temperature area}}$

—+— $T_{\text{supply DH}}$

—+— $T_{\text{return DH}}$

..... Heat load

谢谢!