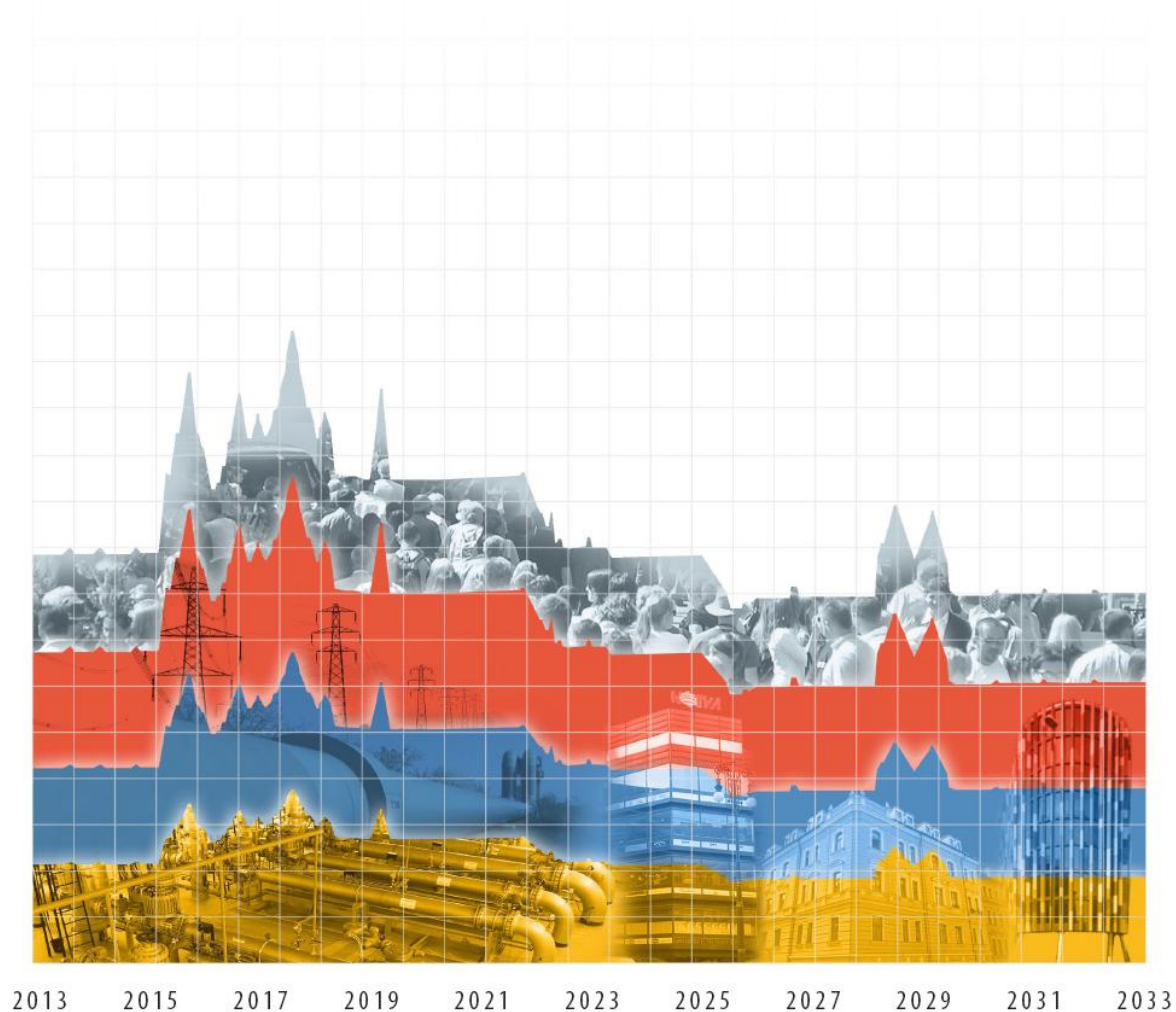


**ÚZEMNÍ ENERGETICKÁ KONCEPCE
HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY
(2013-2033)**

**PŘÍLOHA Č. 8
ZAHRANIČNÍ ZKUŠENOSTI**



Obsah

ČÁST 1 ENERGETICKÝ MANAGEMENT V EU	3
1 ENERGETICKÝ MANAGEMENT „CHYTRÝCH MĚST“	4
1.1 Platforma pro Smart Cities (Smart Cities Stakeholder Platform)	4
1.1.1 Hodnocení měst – projekt Smart Cities Ranking	5
1.2 Green Digital Charter (Zelená digitální charta)	5
1.3 Příklady Smart Cities	6
1.3.1 Amsterdam	6
1.3.2 Manchester	6
1.3.3 Lyon	6
ČÁST 2 PŘÍSTUP JEDNOTLIVÝCH MĚST K ENERGETICKÝM PLÁNŮM	8
2 RENOVACE STÁVAJÍCÍCH A VÝSTAVBA NOVÝCH ENERGETICKY EFEKTIVNÍCH BUDOV	9
2.1 Úvod	9
2.2 Příklady měst usilujících o energetickou efektivnost	10
2.2.1 Londýn	10
2.2.2 Berlín	12
2.2.3 Stockholm	13
2.2.4 Hamburg	14
2.2.5 Tokio	16
3 VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ	17
3.1 Tepelná čerpadla	17
3.1.1 Využití zemského tepla jímaného za pomoci podzemních staveb prostřednictvím TČ	17
3.1.2 Využití energie odpadních vod pomocí TČ	27
3.2 Přímé chlazení pomocí povrchových vod	38
3.2.1 Centrální systém chlazení v Paříži	39
3.2.2 Přímé chlazení jezerní vodou v Ženevě	41
3.3 Čistírenské kaly a bioodpady	44
3.3.1 Úvod	44
3.3.2 Nakládání s čistírenskými kaly v kantonu Bern (Švýcarsko)	45
3.3.3 Termické sušení kalů pro energetické využití v oblasti Noorderkwartier (Nizozemí) ..	50
3.3.4 Termické sušení kalů pro energetické využití v Německu	54
3.3.5 Využití bioplynu ve městě Bern	61
3.3.6 Využití bioplynu ve městě Stockholm	64
3.3.7 Využití bioplynu ve městě Lille	67
SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A ZKRATEK	72
Seznam tabulek	72
Seznam obrázků	72
Seznam zkratk	75

ČÁST 1

ENERGETICKÝ MANAGEMENT V EU

1 | Energetický management „chytrých měst“

Koncept Smart Cities souvisí s posunem vnímání města jako souboru infrastruktury k širšímu souhrnu obohacenému o sociální, komunikační a environmentální infrastrukturu. Města se označují jako „smart“ (chytrá), pokud investují do udržitelného rozvoje, kvality života, rozumnému využití zdrojů, zapojování svých občanů, efektivity, komunikačních technologií, apod.

Evropská unie si je vědoma důležitosti měst, neboť se v nich soustřeďuje 80 % populace a je zde tvořeno přes 70 % HDP. Proto je ze strany Evropské unie koncept Smart Cities podporován v rámci několika projektů. Každý projekt přistupuje k tématu Smart Cities z jiného úhlu.

Smart Cities se vyznačují:

- **chytrou správou** – komplexní uvažování, vize a strategické plánování, občanská participace, spolupráce,
- **udržitelným rozvojem** – ekonomika, životní prostředí, kvalita života a sociální témata,
- **inovacemi a moderními technologiemi** – energetika, doprava, životní prostředí, vzdělávání, zdravotní péče, sociální péče, e-úřadování, atd.

V rámci energetiky Evropská komise založila strategický plán směřující k rozvoji nákladově efektivním nízkouhlíkovým technologiím – SET-Plan. Strategický plán sdružuje plánování, implementaci, zdroje, mezinárodní spolupráci a energetické technologie. V rámci tohoto plánu vznikl rovněž tzv. SETIS, což je informační systém, který pomáhá vybírat vhodné technologie a priority, monitorovat implementaci, vyhodnocovat a identifikovat korektivní opatření.

V rámci nejdůležitějších iniciativ lze zmínit **Platformu pro Smart Cities** a **projekt zabývající se hodnocením z hlediska Smart Cities**.

1.1 | Platforma pro Smart Cities (Smart Cities Stakeholder Platform)

Platforma pro Smart Cities byla založena Evropskou komisí a má dva cíle. Prvním je rozšiřování informací o technologických řešeních a potřebách pro zúčastněné členy. Druhým cílem je poskytování informací pro Evropskou komisi. Platforma je otevřená všem, kteří se do ní přihlásí.

Platforma má tři pracovní skupiny:

- doprava a mobilita,
- energetické zásobování a sítě,
- energetická efektivita, budovy a ITC.

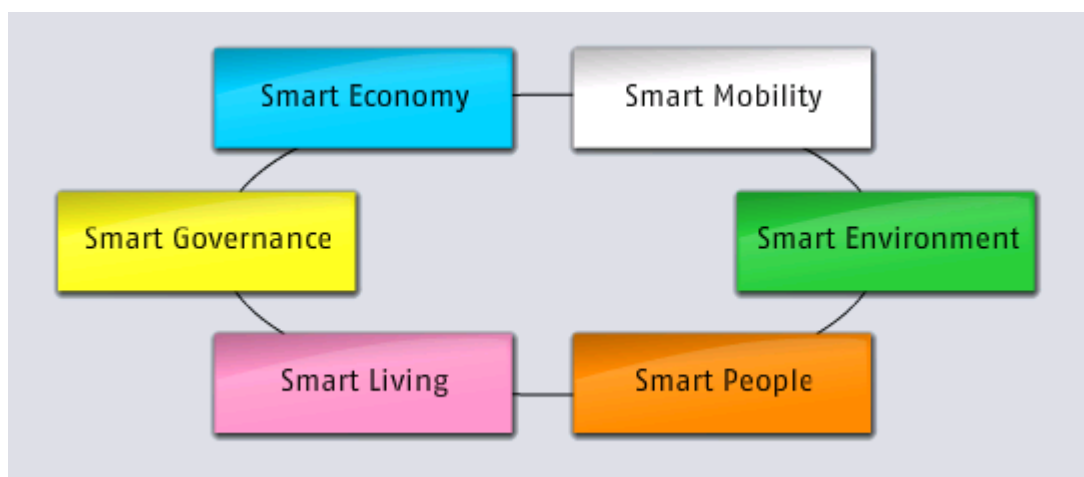
Více informací je možné nalézt zde: <http://www.eu-smartcities.eu/>

1.1.1 | Hodnocení měst – projekt Smart Cities Ranking

Projekt zavedl 6 hodnotících os, na základě kterých hodnotí evropská města. Na webu projektu je žebříček měst. Jednotlivé osy jsou:

- **správa** – hodnotí se participace občanů, veřejné služby, doprava a politická strategie,
- **ekonomika** – hodnocena je např. flexibilita, produktivita, inovativnost, apod.,
- **mobilita** – hlavními indikátory jsou dostupnost, národní a mezinárodní dostupnost, dostupnost IT infrastruktury, udržitelnost,
- **prostředí** – hodnotí se emise, ochrana životního prostředí, atraktivita prostředí,
- **lidé** – hodnocena je kvalifikace, pluralita, kosmopolitnost a participace ve veřejném životě,
- **život** – nejdůležitější indikátory se týkají kultury, zdraví, bezpečnosti, bydlení, kohezi, apod.

Obrázek 1: Hodnotící osy projektu Smart Cities Ranking



Více informací je možné nalézt zde: <http://www.smart-cities.eu/>

1.2 | Green Digital Charter (Zelená digitální charta)

Green Digital Charter je charta vytvořena skupinou měst EUROCITIES, jejímž členem je i Praha. Charta vytváří pro města rámec k využívání informačních a komunikačních technologií (ICT) jako hlavního pilíře pro zvýšení energetické efektivity. Charta má povzbudit vedení měst k inovativním technickým řešením a vytváření partnerství pomáhajících ke splnění závazků v ochraně klimatu. Mezi veřejnou správou a privátním sektorem má charta sdílet odborné znalosti a zkušenosti v oblasti ICT a ochrany klimatu, spolupracovat s národními, Evropskými a mezinárodními iniciativami.

Signatáři charty se zavazují mimo jiné k zahájení 5 velkých pilotních projektů před rokem 2015 a do roku 2030 snížit přímou CO₂ stopu o 30 %. Mezi signatáře patří např. Lisabon, Helsinky, Vídeň či Norimberk.

Mezi způsoby, jak zvýšit efektivitu ICT patří:

- preference hardwaru s nižší spotřebou (např. notebooky),
- využití obnovitelných zdrojů pro napájení, využití tepla z ICT techniky,
- sdílené ICT služby, cloudy, virtualizace,
- strategie pro využívání ICT,
- zavedení systémů pro jasnou měřitelnost emisních a energetických parametrů,
- využití ICT pro „smart“ řešení: smart grids, smart metering, inteligentní budovy, atd.

1.3 | Příklady Smart Cities

1.3.1 | Amsterdam

Amsterdam Smart City (ASC) je program, který kombinuje byznys, lokální správu a akademickou sféru. Program začal v roce 2013 a je zaměřen na přístup zezdola, tedy podporu nápadů pro nové produkty a služby. Vývoj Amsterdamu jako „Smart City“ je postaven na dvou pilířích: 1. Stimulace vývoje nových produktů a služeb, které zlepšují kvalitu života a které pomáhají řešit sociální problémy. 2. Zajištění otevřené infrastruktury, která služby a produkty umožňuje.

Díky těmto dvěma pilířům bylo možné v Amsterdamu představit mnoho novátorských projektů.

Uvádíme některé z nich:

- připojení wifi zdarma v některých částech města,
- pilotní projekt smart meteringu v části města,
- inteligentní veřejné osvětlení,
- využití palivových článků k výrobě elektrické energie,
- rozšíření rychlého internetu,
- důsledný energetický management v budovách ve vlastnictví města,
- podpora cyklistiky,
- „smart“ management dopravy,
- gamifikace úspor v domácnostech.

Více informací: <http://amsterdamsmartcity.com>

1.3.2 | Manchester

Manchester se v první fázi své proměny zaměřil na efektivní dopravu a informační a telekomunikační technologie. Mimo jiné město založilo Manchester Digital Development Agency (MDDA) a přijalo tzv. Manchester Digital Strategy. Cílem této strategie je rozvoj infrastruktury pro velmi rychlý internet.

Založená agentura rovněž spolupracuje v rámci pilotních projektů zaměřených na „smart“ využití energie.

1.3.3 | Lyon

Město Lyon přijalo tzv. „smart city strategii“, která je postavena na 4 pilířích:

- zaměření na **environmentální** problémy a **energetiku**,
- hlavní aktéři fungující v rámci **sítě**,
- posun od vlastnictví k **užití**, tedy především participace uživatelů při návrhu služeb a produktů,
- zahrnutí nových **technologií** (především ICT, doprava, atd.).

Ze strategie vychází řada služeb a projektů. Např. rozšiřování optických sítí, využití veřejných dat, pilotní projekty smart grid či projekty zaměřené na mobilitu.

ČÁST 2

PŘÍSTUP JEDNOTLIVÝCH MĚST K ENERGETICKÝM PLÁNŮM

2 | Renovace stávajících a výstavba nových energeticky efektivních budov

2.1 | Úvod

Spotřeba energie v budovách tvoří významný podíl spotřeby energie v Evropě. Jednotlivé státy proto organizují různé programy na podporu energeticky úsporné výstavby a renovaci stávajících budov. Některé programy mají celoevropský charakter – dobrým příkladem je iniciativa sdružující environmentálně aktivní města nazývaná **Pakt starostů a primátorů** (v angličtině **Covenant of Mayors**, CoM).

Pakt se zaměřuje na orgány místní a regionální správy, které se dobrovolně zavazují ke zvýšení energetické účinnosti a používání obnovitelných zdrojů energie na území, jež spravují. Signatáři Paktu se zavazují ke splnění a překročení cíle Evropské unie snížit do roku 2020 emise CO₂ o 20 %.

S cílem proměnit politický závazek v konkrétní opatření a projekty se signatáři Paktu především rozhodli připravit Akční plán pro udržitelnou energii (tzv. SEAP) společně s výpočtem referenčních emisí. Akční plán je předložen do jednoho roku od podpisu Paktu. Kromě úspor energie se výsledky opatření jednotlivých signatářů různí: vytvoření kvalifikovaných stabilních pracovních míst, zdravější životní prostředí a kvalita života, větší hospodářská konkurenceschopnost a větší energetická nezávislost. Signatáři Paktu jsou podporováni ve své činnosti speciálně zřízenou Kanceláří Paktu a mají rovněž jednodušší přístup k některým finančním zdrojům.

Aktuálně se k Paktu starostů a primátorů připojilo 5 390 signatářů z celé Evropské unie, ale i mimo ni (několik signatářů je také v Asii). V České republice se k Paktu připojilo 6 obcí a měst, mimo jiné Ostrava, Jeseník a Hlinsko. Posledně dvě jmenovaná města rovněž již podala svůj Akční plán.

Akční plán pro udržitelnou energii se zaměřuje na úspory ve všech sektorech: veřejném i soukromém. Nejčastěji bývají změny zaměřeny na veřejné budovy, dopravu a pobídky pro soukromý sektor. Obvyklé jsou také informační akce pro obyvatele zaměřené na vhodné změny chování.

Více informací je možné nalézt zde: http://www.paktstarostuaprimatoru.eu/index_cs.html

2.2 | Příklady měst usilujících o energetickou efektivnost

2.2.1 | Londýn

Obrázek 2: Letecký pohled na Londýn



Evropský cíl 20-20-20 znamená snahu o snížení produkce skleníkových plynů, snížení energetické spotřeby a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů o 20 % do roku 2020, přičemž základem pro srovnání je rok 1990. Londýn jako město šel nad rámec této iniciativy a vyhlásil cíl snížení emisí skleníkových plynů o 60 % do roku 2025.

Cestou k tomuto cíli jsou úsporná opatření v existujících budovách, která jsou financována třetí stranou.

Opatření jsou vybrána tak, aby měla maximální efekt a co nejkratší dobu návratnosti. Oproti praxi v ČR jsou cílem většinou opatření zaměřená na technické systémy budov, nikoli primárně na zateplování stavebních konstrukcí. Tato opatření mají výrazně lepší ekonomickou efektivitu.

Projekt s názvem **RE:FIT** je z 90 % financován evropskými fondy – programem ELENA (European Local ENergy Assistance Programme) a z 10 % městem Londýn. Faktickou realizaci zajišťují společnosti poskytující energetické služby (ESCO). Z hlediska příjemce má program tyto výhody:

- téměř nulové náklady z vlastního rozpočtu,
- významné snížení provozních nákladů,
- opakovaná řešení,
- garance úspor,
- krátká doba návratnosti.

Pracovní rámec programu RE:FIT funguje od roku 2011.

Do pilotního projektu bylo zapojeno 42 budov v majetku města: 10 hasičských stanic, 10 budov policie a 22 kancelářských budov dopravního podniku. V těchto budovách byla vytipována úsporná opatření, která byla realizována s náklady 7 mil. GBP. Dosažená výše úspor je průměrně 28 %, což odpovídá 1 mil. GBP celkové úspory nákladů. Prostá návratnost opatření byla tedy 7 let.

V rámci „ostrého“ spuštění programu RE:FIT v roce 2012 bylo zapojeno 69 organizací, celkem 136 budov. Pomocí investice ve výši 15,1 mil. GBP bylo dosaženo ročních úspor 2,16 mil. GBP. O rok později program sloužil 370 budovám, investiční náklady byly 26 mil. GBP, roční úspory 4,9 mil. GBP.

Nově se v programu objevuje i smíšené financování projektů od vlastních zdrojů přes centrálně dostupné půjčky až po financování třetí stranou.

V rámci dalšího vývoje programu se očekává nárůst na více než 600 budov s úsporami 12 mil. GBP v roce 2015. V roce 2025 se předpokládá pokrytí 40 % budov veřejného sektoru s úsporami 80 mil. GBP ročně.

Obrázek 3: Newham University Hospital



zdravější vnitřní prostředí.

Jako konkrétní příklad úspěšného řešení je možno uvést nemocnici Newham University Hospital. V nemocnici byla rekonstruována vzduchotechnika. Výměna větracích jednotek stála 433 tis GBP a přinesla úsporu ve výši 9,8 % provozních nákladů a snížení emisí CO₂ o 732 tun ročně. Prostá návratnost opatření je 5 let. Kromě ekonomické a environmentální stránky je nutno zmínit i to, že nemocnice získala kvalitnější a

Kromě programu energetické modernizace budov je v Londýně (a i jinde ve Velké Británii) velmi přísná regulace týkající se celkové environmentální kvality budov, ať již nových nebo rekonstruovaných. Jako měřítko kvality je používán certifikační systém BREEAM, který se z Velké Británie rozšířil do celého světa. Všechny nové veřejné budovy v Británii musejí být certifikovány v úrovni „Excellent“, rekonstrukce musejí dosáhnout úrovně „Very Good“.

Systém environmentálních certifikací má v Británii velmi velký význam. Povinnost dodržení vysoce náročných environmentálních kritérií není omezena pouze na sektor veřejných budov, ale i na budovy komerční a na obytné budovy. Od roku 2008 funguje The Homes and Communities Agency (HCA), což je vládní agentura vydávající nařízení ohledně kvality budov. Hodnocení BREEAM v úrovni Very Good nebo Code for Sustainable Homes Level 3 je minimálním standardem pro nové obytné budovy.

Obecně lze konstatovat, že aplikace systému environmentálního hodnocení kvality budov jako standardu pro (zejména) veřejné budovy se osvědčila díky přehlednosti a porovnatelnosti. Klíčový je komplexní přístup zahrnující kromě nízké energetické náročnosti také další hlediska, jako je šetrnost ke zdrojům a lidskému zdraví.

2.2.2 | Berlín

Městem s aktivní environmentální politikou je i Berlín. Město přijalo program Energy Saving Partnership, který spočívá v revitalizaci fondu budov při financování projektů z úspor (EPC). Berlínská energetická agentura (BEA) organizuje rekonstrukce veřejných a komerčních budov. Opatření jsou zaměřena zejména na technická zařízení budov a průměrná úspora je 26 %.

Obrázek 4: Sídlo BEA



BEA funguje od roku 1992 jako PPP (Private-Public Partnership) organizace. Jejími vlastníky jsou spolková země Berlín, Vattenfall Europe, GASAG a KfW Banking Group. Agentura má kolem 50 zaměstnanců, roční obrát kolem 11 mil. EUR a tvoří zisk. Klíčovou aktivitou BEA je poskytování energetických služeb (ESCO).

Ani v Berlíně nejsou klíčovou aktivitou opatření zaměřená na zlepšování tepelně-technických vlastností obalových konstrukcí, tj. zateplování budov a výměny oken. Mezi ekonomicky nejzajímavější opatření patří instalace kogeneračních nebo trigeneračních jednotek, instalace solárních systémů, opatření týkající se osvětlení a stlačeného vzduchu. Kromě tohoto výčtu jsou úspory hledány i v dalších oblastech technických zařízení budov.

Cílem BEA je snížení emisí CO₂ o 40 % do roku 2020 a o 80 – 95 % do roku 2050. Energetická náročnost by měla být zredukována do roku 2020 o 20 % a do roku 2050 o 50 %. V roce 2050 se předpokládá dosažení CO₂ neutrálního fondu budov. Aktivita by měly vést k eliminaci jaderných zdrojů elektřiny. Důraz je kladen na budoucí využití OZE, ale zejména také na decentralizaci zdrojů energie, tj. instalaci kogeneračních jednotek, zdrojů na biomasu a solárních termických systémů. Jedním z hlavních cílů je také zvýšení rychlosti modernizace fondu budov z 0,7 % (2005) na 2 % (cíl roku 2020).

Do berlínského projektu se zapojilo cca 1400 budov. Garantované úspory jsou téměř 12 mil. EUR ročně při investičních nákladech 53 mil. EUR. Mezi projekty lze najít nemocnice, školy, úřady, ale i kulturní centra apod.

Obrázek 5: Budova Německé opery v Berlíně



Příkladem dobré praxe je také Německá opera v Berlíně. Projekt úspor byl zaměřen na výměnu vzduchotechniky, optimalizaci chlazení, ohřev vody a regulaci systémů. Celkově bylo uspořeno 35,8 % nákladů, což reprezentuje přes 233 tis. EUR ročně. Investice ve výši 1,48 mil. EUR se tak vrátí za necelých 6 let. Smlouva o poskytování energetických služeb byla uzavřena na 12 let, což umožňuje rozdělení zisku z úspor mezi

poskytovatele financí a provozovatele budovy již od počátku.

Berlínské zkušenosti ukazují, že je možno dosáhnout úspor až ve výši 35 % při velmi rychlé návratnosti. Opatření však opět nejsou zaměřena na zateplování budov obvyklé v tuzemsku.

Jednou z klíčových součástí povolovacího řízení u nových budov v Německu je stejně jako v Británii environmentální certifikace budov. Ta je v Německu prováděna podle modifikovaného systému DGNB. Standard pro spolkové budovy v Německu s názvem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) existuje jako výsledek spolupráce Ministerstva výstavby, dopravy a rozvoje měst a Německé rady pro šetrné budovy.

2.2.3 | Stockholm

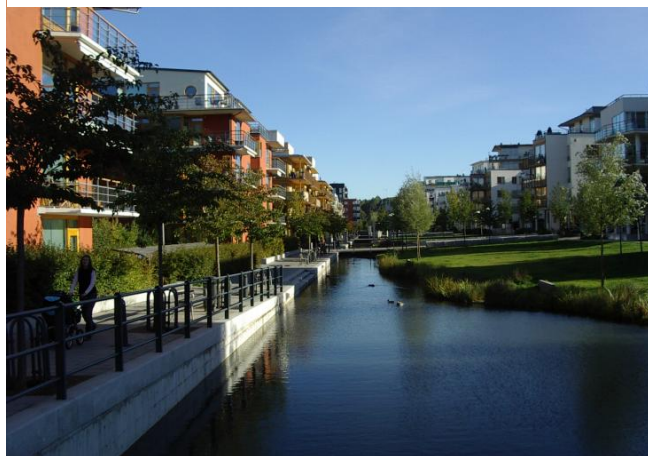
Obrázek 6: Hammarby Sjostad před revitalizací



Jedním z největších ekologických projektů dneška je revitalizace industriální zóny v Stockholmu. Bývalé sklady, doky, skládky, vrakoviště, vše, co se nasbíralo během růstu města a jeho potřeb, začalo být postupně obrovským problémem. V roce 1996 bylo rozhodnuto o revitalizaci rozsáhlého brownfieldu na okraji města sousedícího s mořem.

V roce 2012 byla dokončena přeměna tohoto území na novou městskou čtvrť. Její rozloha je 200 hektarů a žije zde kolem 20 tis. lidí. Motem Hammarby Sjostad, jak se tato čtvrť nazývá, je udržitelnost. Nová výstavba zahrnuje bytové domy a komerční prostory, které poskytují cca 10 tis. pracovních míst. Kromě obvyklých funkcí nabízí čtvrť Hammarby také významnou edukační, kulturní a rekreační funkci. Hammarby se snaží být uzavřeným městským „metabolismem“, což zahrnuje efektivní využívání energií, unikátní dopravní řešení, odpadové hospodářství a péči o lokální ekosystémy.

Obrázek 7: Hammarby Sjostad po revitalizaci



Hammarby je environmentální a sociální experiment, který se podařil. Ideové základy vycházejí ze švédské myšlenky „Osmi klíčových strategií pro dosažení udržitelnosti“, zahrnujících budoucnost, snižování dopadů na klimatické změny, obyvatelstvo a jeho zdraví, sociální soudržnost, kvalitu života a bezpečnost, zaměstnanost, ekonomický růst a konkurenceschopnost a komunitní rozvoj. Cílem bylo vytvoření městské části, která bude dvakrát efektivnější oproti standardu – bude spotřebovávat polovinu energie a bude

mít poloviční dopad na životní prostředí. Energetická infrastruktura je kromě nadstandardních

technických vlastností budov založena na koloběhu odpadů přeměňovaných na energii, na recyklaci vody a materiálů a na využívání obnovitelných zdrojů energie. Koncept mimo jiné zahrnoval i velmi propracovaný systém sdílení automobilů, který nabízel obyvatelům možnost individuální dopravy jako službu bez nutnosti faktického vlastnictví automobilu. Podobné schéma je pro většinu Evropanů mentálně těžko přijatelné, ale v Hammarby výborně zapadalo do celkové koncepce, což umožnilo zavedené vzorce uvažování překonat. Hammarby se stalo nejen environmentálním pokusem, ale i zvláštním životním stylem.

Obrázek 8: Letecký pohled na Hammarby Sjostad



Výstavba byla podpořena z veřejných prostředků Lokálního investičního programu. Pro projekt bylo celkově alokováno 200 mil. SEK. Celkové investiční náklady dosáhly 5,7 mld. SEK. Veřejné prostředky byly určeny pro tyto účely: nákup nových technologií, podpora ekologických technologií, přenos vědomostí, sestavení expertního modelu umožňujícího odhad vzájemných vlivů částí developmentu, demonstrační projekty, pobídky pro nejlepší projekty a nejlepší budovy.

2.2.4 |

2.2.5 | Hamburg

Zvláštní pozornost zasluhuje město Hamburg, kde byl realizován velmi rozsáhlý a komplexní program ekologizace města. Město má 4,3 mil obyvatel a současně velké množství průmyslových podniků včetně velkého námořního přístavu. Jako velký dopravní uzel je zatěžováno i dopravou.

Obrázek 9: Letecký pohled na HafenCity



Hamburg přijal zákon o ochraně městského klimatu, jehož cílem bylo snížit emise CO₂ od roku 1990 do roku 2020 o 40 % a do roku 2050 o 80 %. Program ochrany klimatu sestavený v roce 2007 se zaměřuje na deset oblastí a

identifikuje celkem na 450 opatření. Investice spojené s realizací programu jsou vyčísleny na 22,5 mil EUR ročně. Jednou ze zajímavostí municipálního programu je využití tepla odpadních kanalizačních vod k vytápění objektů. Hamburg byl v roce 2011 zvolen Evropským zeleným městem v soutěži pořádané Evropskou komisí.

Zásadním projektem Hamburgu je obdobně jako ve Stockholmu rozsáhlá revitalizace průmyslové zóny, tzv. **HafenCity**. Projekt začal v roce 1997, v roce 2003 započala intenzivní výstavba. Nyní je velká část projektu hotova, nicméně finální zakončení je plánováno na rok 2025.

HafenCity má plochu 157 ha a zahrnuje bývalý přístav a sousedící průmyslové zóny. Jeho výstavbou vzniklo 2 320 tis. m² nových podlahových ploch (cca ¾ z toho jsou plochy obytné). Bylo postaveno více než 6000 bytů. Nová čtvrť poskytuje pracovní místa více než 45 000 lidem.

Principy projektu jsou postaveny na myšlenkách udržitelnosti. Projekt obsahuje vyvážené poměry rezidenčních budov, komerčních ploch, ale i budov s kulturními funkcemi a rozlehlé zelené oblasti sloužící rekreaci.

Pokud jde o technická řešení, hlavní pozornost je věnována dosažení nízké energetické náročnosti budov. Tento přístup je tradiční v německy mluvících zemích, kde je téma udržitelnosti spojeno s pojmy pasivního domu. Nejsou však opomenuty ani další prvky, jako je materiálová náročnost staveb nebo doprava.

Nové budovy v HafenCity musí svou environmentální šetrnost prokázat certifikací Ecolabel vyvinutou právě pro tento účel. Hodnocení Ecolabel má následující oblasti: Nízké potřeby primárních energií při provozu budovy, šetrnost při spotřebě vody, využití prostoru, zdraví neškodící stavební materiály, kvalita vnitřního prostředí, přístupnost pro invalidy a nenáročnost na údržbu. Certifikace se stala prestižní otázkou a nové budovy nyní dosahují stále lepších výsledků.

Kromě ekologických budov je pro HafenCity charakteristická i inovativní infrastruktura. V místní teplárně jsou instalovány vodíkové články, je využívána geotermální a solární energie a část místních autobusů jezdí na vodíkový pohon. Projekt dbá i na budování vztahů s veřejností a edukační funkce. V průběhu roku jsou pořádány nejrůznější akce pro školy, veřejnost i návštěvníky města.

Obrázek 10: HafenCity po revitalizaci



HafenCity je centrálně spravovaný projekt. Pro jeho řízení a kontrolu byla založena společnost HafenCity Hamburg GmbH, která je 100% vlastněna městem Hamburg. Jejím posláním je spravovat veřejné prostředky a vhodně je používat k rozvoji města, plánovat výstavbu a zajišťovat dodržování závazků developerů. Projekt je financován ze soukromých zdrojů (cca 8 mld EUR) a veřejných zdrojů (cca 2,4 mld. EUR) získaných převážně prodejem pozemků pro development.

2.2.6 | Tokio

Velmi razantní opatření přijalo Tokio pro nové budovy. Budovy s celkovou plochou větší než 5000 m², (běžné velké kancelářské budovy v Praze mají plochu několikrát větší), musí splňovat podmínky Tokyo (Metropolitan Government) Green Building Program. Od roku 2002 bylo takto schváleno více než 1300 budov. Program hodnotí 12 vlastností budovy ve

čtyřech skupinách – efektivní využití energie, užití zdrojů a surovin, ochrana přírodního prostředí, redukce tepelné zátěže města. Každá vlastnost je hodnocena třístupňovou škálou. Výsledkem je celkové hodnocení, které má prahovou hodnotu pro schválení budovy. Hodnocení je veřejně vystaveno.

Obrázek 11: Letecký pohled na Tokio



3 | VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ

3.1 | Tepelná čerpadla

3.1.1 | Využití zemského tepla jímaného za pomoci podzemních staveb prostřednictvím TČ

Úvod

Podzemní stavby, přesněji tunely sloužící drážní či silniční dopravě anebo pro vedení různých liniových staveb a infrastruktury, představují potenciálně využitelný zdroj tepla majícího původ z okolní zeminy (tzv. geotermální teplo) či vnitřních tepelných zisků generovaných faktickým užíváním tunelu pro stanovený účel (např. přepravu osob).

Nízkoteplotní potenciál v nich generovaného tepla (dosahujícího trvale po celý rok teplot typicky v rozmezí 10-20°C) však omezuje či lépe podmiňuje zpravidla jeho faktické využití zapojením tepelných čerpadel. Ty za pomoci pracovního okruhu s chladivem umožní zvýšit teplotní úroveň dodávaného tepla na hodnoty, které si charakter koncového odběru vyžaduje.

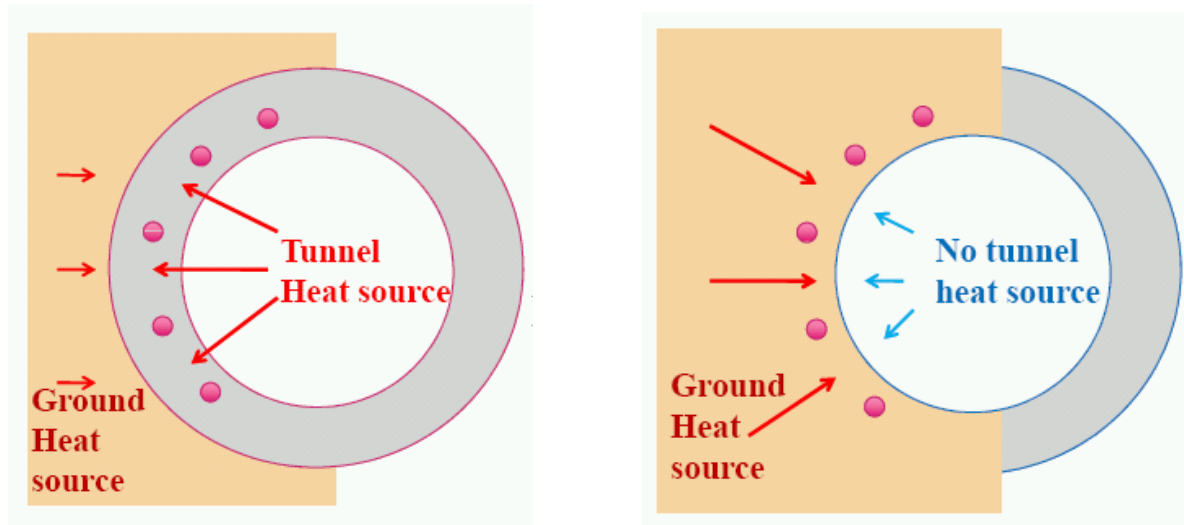
Z hlediska tepelných zisků jsou rozlišovány dva druhy podzemních staveb (typicky tunelů), a to studené a teplé. Charakteristickým rysem „teplých“ tunelů je existence vnitřních tepelných zisků z místní dopravy či infrastruktury, v případě studených pak jejich absence. Ne-existence vnitřních tepelných zisků přitom výrazně ovlivňuje míru tepelné energie, které lze z tunelu získávat.

Míru tepelného potenciálu dále ovlivňuje hloubka, v které se stavba nachází, a dále složení zeminy či jinak její tepelná vodivost a akumulační schopnost (např. tunely vybudované v podloží bohatém na jíly lépe teplo z vnitřních zisků akumuluje, naopak podloží bohaté na písky či spodní vodu teplo z vnitřních zisků odvádí). Typické hodnoty tepelného potenciálu se přitom pohybují v rozsahu **10-30 W/m² plochy tunelu** a nižší hodnoty jsou charakteristické pro „studené“ tunely či tunely vedené nevhodným podložím a naopak vyšší při vysokých vnitřních tepelných ziscích a jílovém podloží.

Druhou možností, jak tepelných zisků z podzemních staveb využívat, **je zaměřit se na nucené větrání**, kterým tyto stavby bývají vybaveny, s cílem využít tepelného potenciálu odváděného vzduchu.

S ohledem na relativně nižší teploty v období letních měsíců, než které jsou na povrchu, **lze přitom tyto stavby využít i jako zdroj chladu** či alespoň jako prostor, do kterého lze předávat teplo ze zdrojů chladu pracujících na povrchu efektivněji, než pokud by bylo nutné teplo odváděné z klimatizovaných prostor odvádět volně do ovzduší za pomoci suchých chladičů (tj. výměníků, kterými je za pomoci ventilátorů intenzivně proháněn okolní vzduch).

Obrázek 12: Rozdělení podzemních staveb typu tunelů dle míry využitelných tepelných zisků (Zdroj: ARUP)



Těchto předpokladů bylo využito u několika projektů a níže uvádíme přehled nejznámějších z nich stručným popisem technického řešení a dosahovaných přínosů.

Z uvedených příkladů je zřejmé, že využití tepla ze vzduchu pro vytápění či ohřev TUV je vhodné především v případě stávajících stanic s vysokým provozním tepelným ziskem, kde teplota v prostorách metra příliš neklesá pod 20°C ani v zimních měsících. Kolektory, resp. tepelné výměníky jsou pak instalovány přímo do prostor stanice, popř. do ventilačních šachet. Z ekonomického hlediska je dále rozhodující způsob vyvedení tepla z podzemních prostor do místa užití, a sice možnost využití stávajících šachet či potřeba nových vrtů a výkopů.

V případě novostaveb či rekonstrukcí podzemních stanic a tunelů metra je pak realizován výhradně systém kolektorů integrovaných do základových železobetonových stavebních prvků, což při kombinaci s vhodným podložím může navíc zajistit zajímavou provozní akumulační schopnost celého systému, který je na svém výstupu vždy využíván jak pro vytápění, tak pro chlazení.

Příklady realizací využití tepla jímaného z podzemních staveb

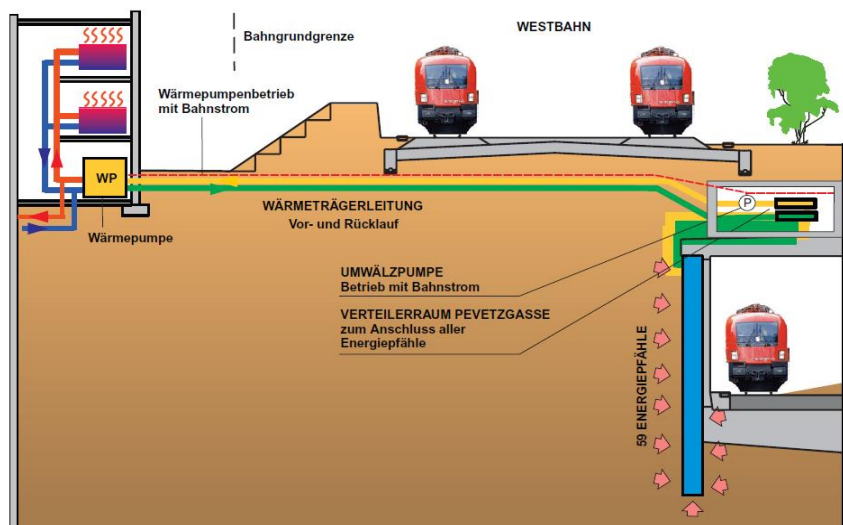
Vídeň – železniční tunel Lainzer

Novostavba Vídeňského železničního tunelu o celkové délce 12,8 km poskytla příležitost pro realizaci jednoho z pilotních projektů využití tzv. nízkopotenciálního tepla získaného z kolektorů integrovaných do konstrukcí podzemních staveb.

V úseku v lokalitě Hadersdorf kde tunel prochází zeminou, tvoří stěnu tunelu železobetonové nosné piloty o průměru 120cm a délce 20m. Na vybraném úseku je pak do každého třetího pilotu integrováno potrubí představující sběrný kolektor. Nízkopotenciální teplo získané z celkem 59 tzv. energetických pilotů je dále odvedeno do kotelny nedaleké školy, kde je pomocí tepelných čerpadel zvýšena teplotní úroveň získaného tepla, které je pak využito pro vytápění a ohřev TUV. Systém představující celkově 100kW instalovaného tepelného výkonu by měl dle očekávání zastoupit část tepla (150 až 200MWh ročně) potřebného pro vytápění školy, ve které bude pro pokrytí špiček v zimních měsících zachována stávající plynová kotelná.

Obrázek 13: Schéma využití tepla získaného z konstrukce podzemního tunelu Lainzer

Use of a rail tunnel for harnessing geothermal energy



Celkové náklady tohoto pilotního projektu jsou odhadovány na 270 tis. EUR. Z ekonomického pohledu je nutno podotknout, že projekt byl realizován pouze díky poskytnutým dotacím a dalším formám podpory jak ze strany města Vídeň a evropských fondů, tak dodavatelů technologie a koncepce celého systému, kteří jej využijí pro vlastní výzkumné potřeby a prezentace v zájmu budoucího širšího využití této technologie.

Stanice metra U2 ve Vídni

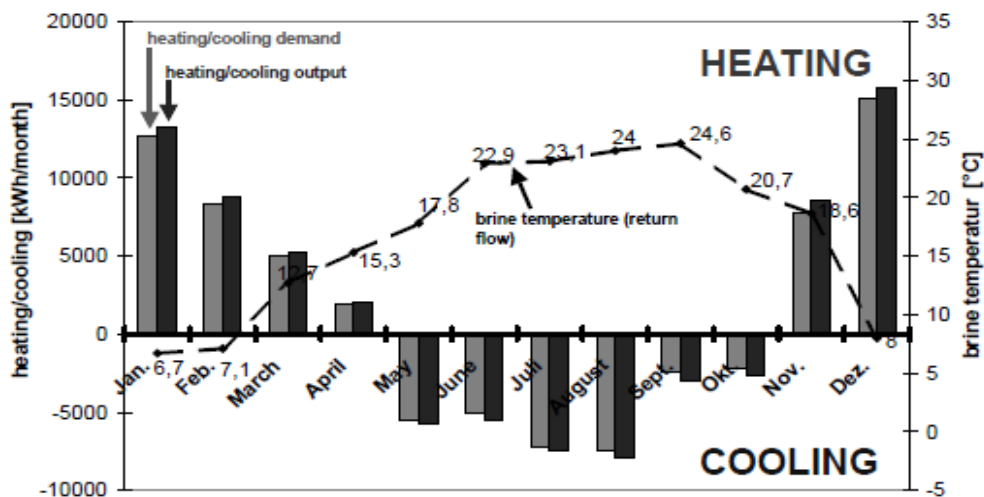
V rámci rozšíření metra linky U2 byly do části prostor nástupiště metra a základových prvků (piloty, základové desky, stěny, atd.) vybraných čtyř stanic, přesněji Schottenring, Taborstrasse, Praterstern a Messe, integrovány kolektory pro jímání nízkopotenciálního geotermálního tepla, které je prostřednictvím tepelných čerpadel nebo chladících strojů dále využito pro vytápění resp. chlazení prostor stanic metra či dalších komerčně využívaných přidružených prostor.

Rozsah prováděných staveb spolu s energetickými potřebami stanic a přidružených komerčních prostor byly respektovány při návrhu potřebné plochy kolektorů a způsobu jejich uložení – míra využití stavebních prvků a tělesa metra pro energetické účely je tak v každé stanici odlišná:

U2/1 Schottenring	Při rozšíření stávající stanice na vícepodlažní byly kolektory instalovány do nové základové desky a pilotů stěn.
U2/2 Taborstrasse	Stanice s kolektory instalovanými do stěn, vrtaných pilotů, základové desky i části samotného tělesa metra.
U2/3 Praterstern	Díky omezeným možnostem stavebních úprav (přestupní stanice společná s křižující linkou metra U1) byly kolektory instalovány pouze spodní do základové desky a vnějších stěn stanice.

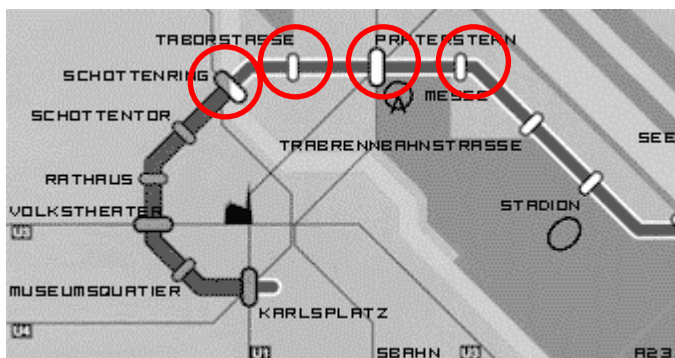
U2/4 Messe Prater Vzhledem k malým energetickým potřebám stanice (ve srovnání s předchozími) byl kolektor umístěn pouze do části základové desky stanice.

Obrázek 14: Simulace energetické bilance (vytápění, chlazení) v průběhu roku pro stanici U2/1 Schottenring

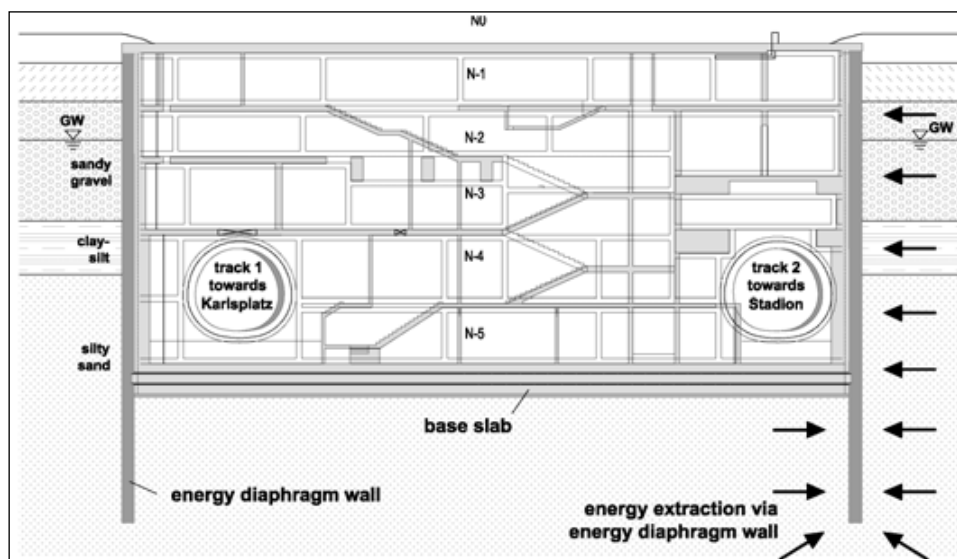


Soubor zařízení instalovaných ve 4 stanicích metra dosahuje v součtu 449kW tepelného výkonu a 231kW výkonu pro chlazení. Dostupné zdroje uvádějí bližší technické specifikace pro stanici U2/3 Praterstern, kde kolektor nízkopotenciálního tepla (resp. absorbér v případě chlazení) představuje 3.700m² plochy základové desky, 7.350m² plochy vnějších stěn stanice. V tomto případě pak celý systém (včetně tepelných čerpadel) na svém výstupu dosahuje projektovaného tepelného výkonu 154kW, resp. 92kW výkonu pro chlazení.

Obrázek 15: Vlevo - Mapa rozšíření trasy U2, červeně vyznačeny stanice, v nichž se využívá geotermální energie; vpravo - záběr na kolektory položené do betonových základů stanic



Obrázek 16: Nahoře vlevo - Kolektor v základové desce; nahoře vpravo - instalace kolektoru do ocelové výztuže pilotů; dole – řez typickým provedením stanice



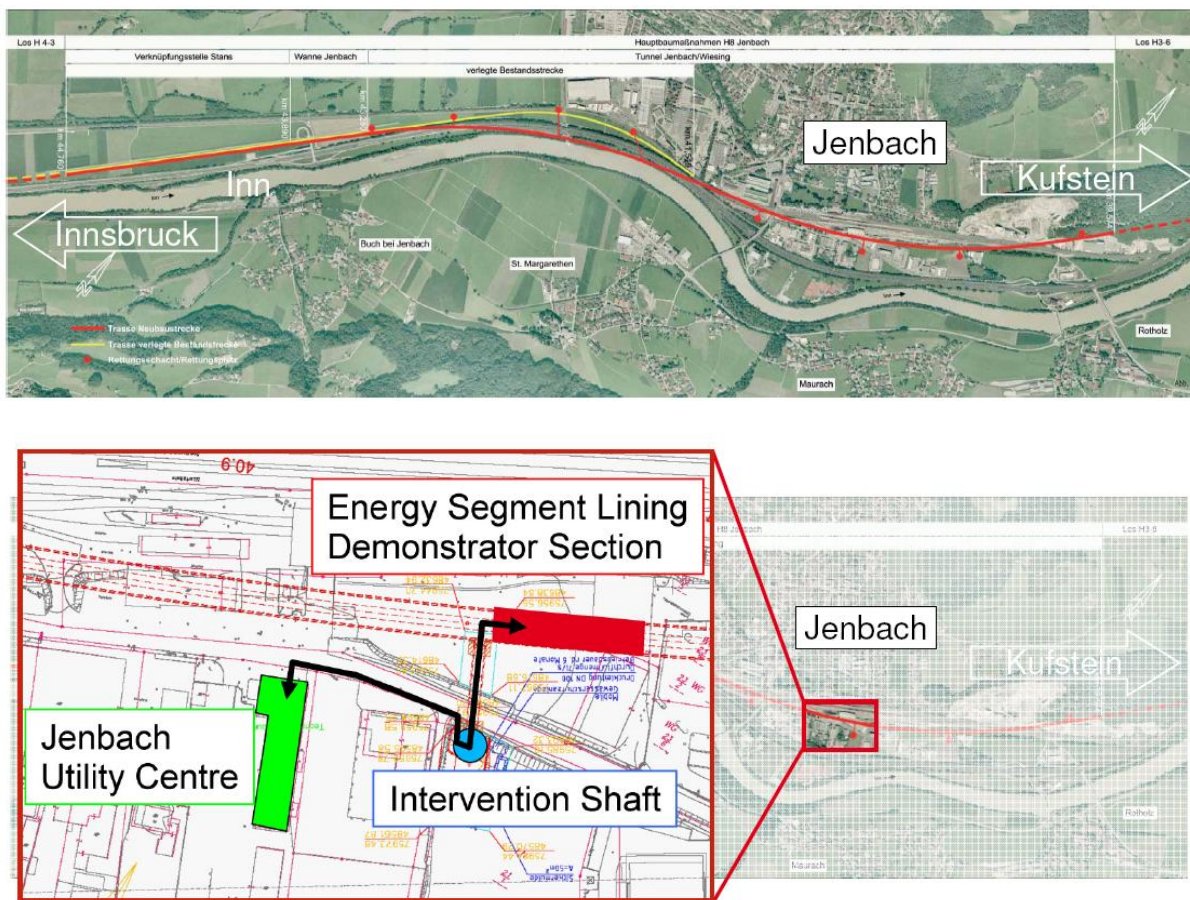
Jenbach – železniční tunel

Dalším příkladem projektu pro využití nízkopotenciálního tepla získaného z kolektorů integrovaných v konstrukci podzemních novostaveb je dostavba, resp. rozšíření tunelu rychlostní železnice pod obcí Jenbach v Rakousku.

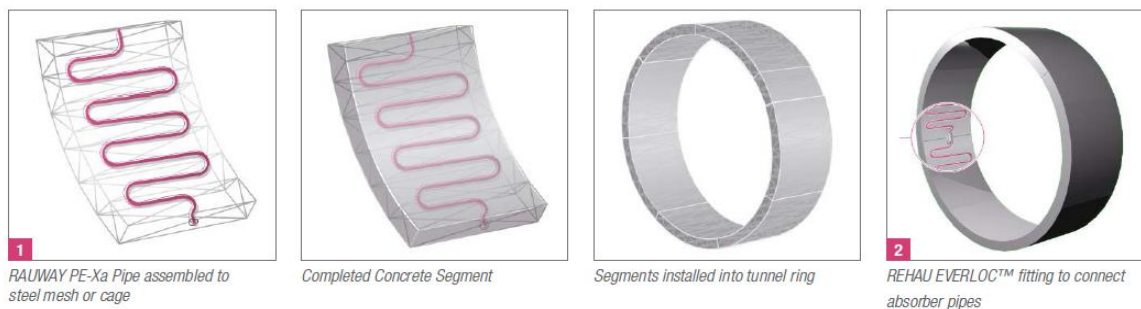
Těleso části tunelu je tvořeno z prefabrikovaných železobetonových energetických segmentů s integrovaným polyethylenovým potrubím o průměru 20mm představujícím kolektor, resp. tepelný výměník. Segmenty jsou pak složeny do prstenců o průměru 12m, které v počtu 27ks tvoří celkem 54m dlouhý „energetický“ úsek tunelu. Při očekávaném tepelném zisku 20W/m² pak celý systém integrovaný v tělese tunelu představuje 40kW tepelného výkonu.

V šachtě pro nouzový únik spojující tunel s nadzemím (27m) je pak instalováno propojovací potrubí mezi sběračem/rozdělovačem kolektoru a místem, kde budou osazena tepelná čerpadla sloužící pro vytápění, chlazení a ohřev TUV v nově budovaných objektech na pozemcích v blízkosti nad tunelem.

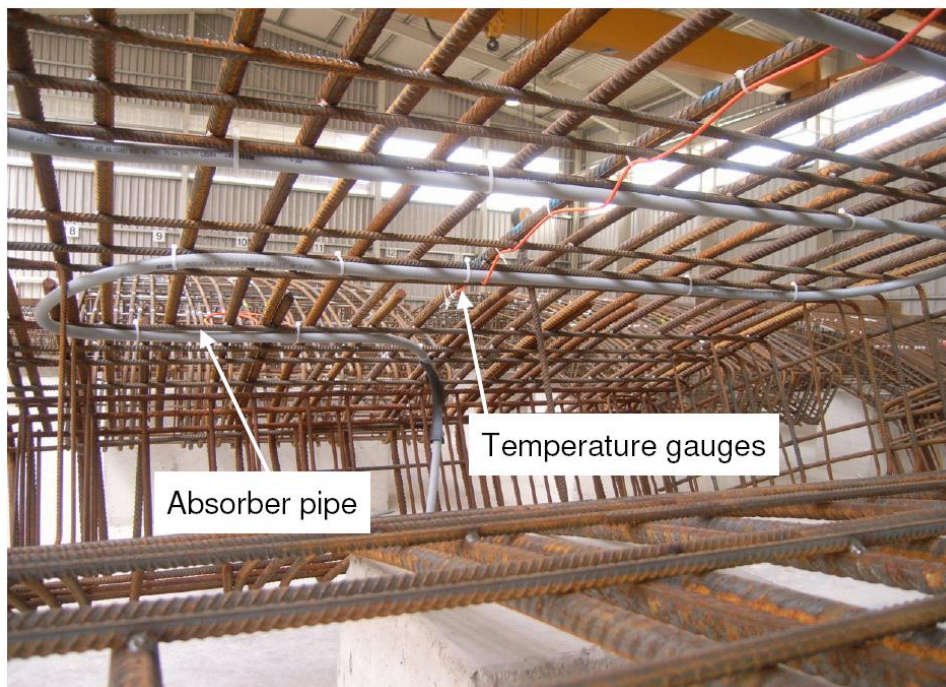
Obrázek 17: Nahoře – trasa nově budované železnice, dole - detail části trasy, která bude osazena kolektorem a rovněž místa propojovacího vrtu a konečného místa umístění tepelného čerpadla



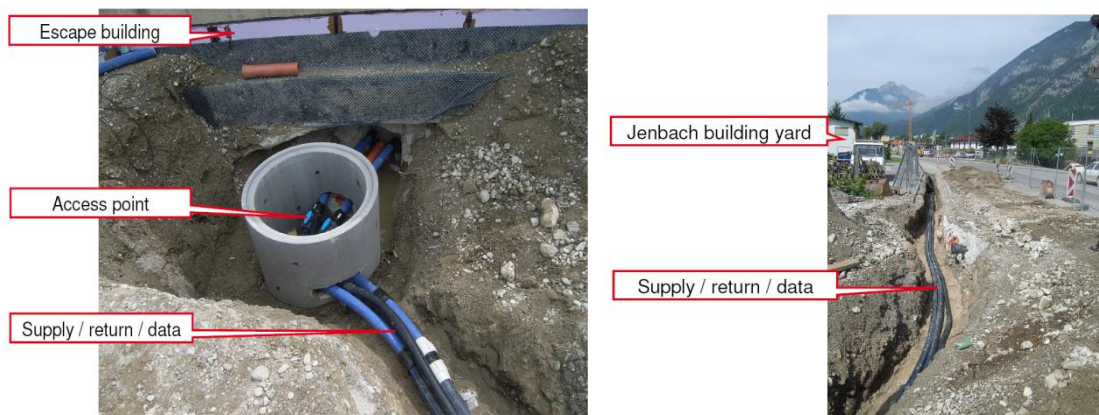
Obrázek 18: Ukázka segmentů, ze kterých je tunel s integrovanými kolektory tvořen



Obrázek 19: Fotografie výztuže segmentů s kolektorovými trubkami



Obrázek 20: Fotografie přístupového místa do tunelu (vrtu) a poté vedení primárního okruhu ve výkopu do místa instalace tepelného čerpadla (sídla Jenbach utility)



Paříž – stanice metra Rambuteau

Příkladem využití tepelných zisků vyvolaných provozem podzemních staveb je stanice Pařížského metra Rambuteau. Velmi frekventovaná stanice metra se nachází v centru města pod hustou zástavbou a navíc na trati metra v úseku se strmým stoupáním. Díky vysokým tepelným ziskům vyvolaných provozem, a to jak od samotných cestujících, tak od vytížených souprav metra, neklesá teplota vzduchu ve stanici pod 20°C ani při mrazivých obdobích v zimních měsících.

Záměr využití tepla ze stanice metra představila společnost Paris Habitat spravující obecní bytové domy. Pro bytový dům se 17 ti bytovými jednotkami stojící nad stanicí metra je plánována celková rekonstrukce včetně rekonstrukce otopné soustavy, kde je pro bytové jednotky nově uvažována

instalace sálavého teplovodního podlahového vytápění s teplotou vstupní vody 30°C – 40°C a nízkým teplotním spádem (max. do 10°C). Systém s tepelnými výměníky vzduch/voda instalovanými ve stanici metra by pak měl podle očekávání investora zajistit zdroj tepla představující až 1/3 ročních nákladů ve srovnání s využitím stávajícího zdroje.

Ačkoliv zdroje neuvádí očekávanou investiční náročnost ani další možnosti využití mimo období topné sezóny, záměr je z ekonomického pohledu velmi zajímavý a realizovatelný především díky možnosti využití v dnešní době již nevyužívaného schodiště vedoucího přímo do prostor bytového domu. V tomto ojedinělém případě tak nejsou nutné vysoké náklady na podzemní vrty, protlaky apod., které jsou typicky nezbytné pro vyvedení tepla do místa užití při podobných záměrech. Realizace záměru by měla být dokončena v tomto roce, první provozní zkušenosti pak lze očekávat v příštím roce za topné období 2012/2013.

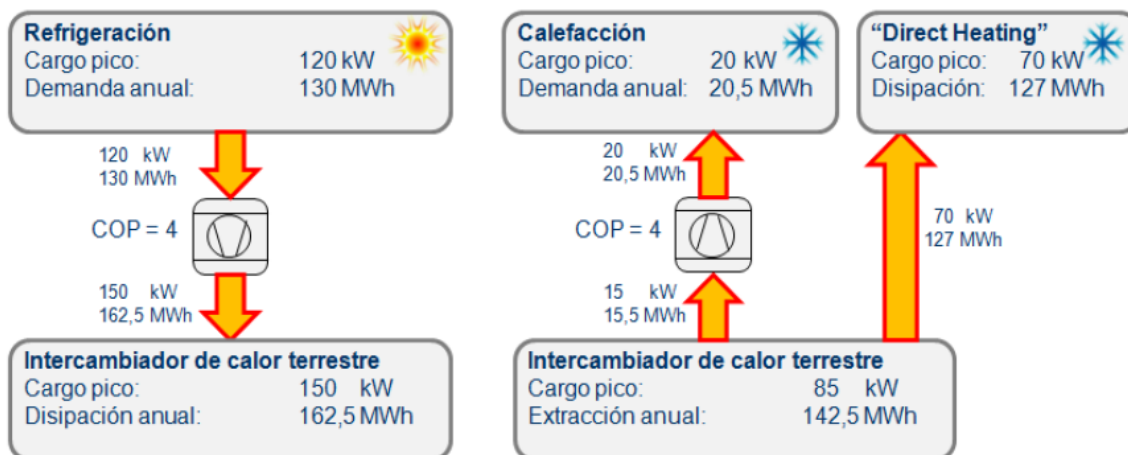
Obrázek 21: Foto stanice Rambuteau



Madrid – stanice metra Pacífico

Dalším příkladem využití nízkopotenciálního tepla z provozu podzemní stanice metra rozšířené navíc o využití tzv. mělkých geotermálních systémů je stanice metra Pacífico v Madridu. V rámci její rekonstrukce a rozšíření byl v roce 2009 ve spolupráci společností Termoterra a IFTec Geoenergia realizován komplexní systém chlazení a vytápění podzemních prostor samotné stanice a přidružených komerčních prostor.

Obrázek 22: Schéma systému – maximální výkony a roční balance pro chlazení a vytápění s využitím TČ a přímé vytápění



Tzv. mělký geotermální systém je tvořen kolektory umístěnými do celkem 32 vrtů sahajících do hloubky 145m pod úroveň podzemní stanice metra. Napojené tepelné čerpadlo pak zajišťuje především chlazení (chladicí výkon 120kW při výstupní teplotě 10°C, COP > 4) stanice metra a dalších využívaných podzemních prostor v letních měsících. Po zbytek roku pak provoz systému v reverzním režimu dosahuje 70kW tepelného výkonu pro přímé vytápění (bez využití tepelných čerpadel) při výstupní teplotě v rozsahu 20 – 28°C a dalších 20kW tepelného výkonu z tepelného čerpadla při výstupní teplotě 40°C (COP > 3,5). Mělké zemní vrty pak díky vhodnému podloží slouží v celém systému jako akumulátor tepla.

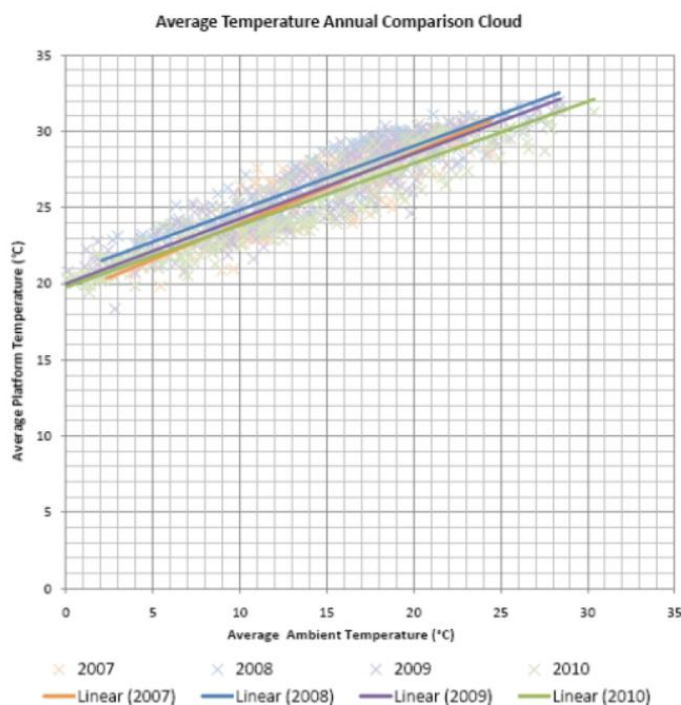
Obrázek 23: Schéma systému kolektorů; spouštění vrtací techniky do podzemí; technická místnost s oběhovými čerpadly, sběrači a rozdělovači smyček kolektorů



Londýn - Potenciál využití tepla z podzemních prostor metra

V roce 2011 byla prezentována zpráva o možnostech využití tepla z podzemních prostor Londýnského metra. Dle průzkumu provozovatele metra bylo zjištěno, že většina prostor metra je přehřívána především vysokými provozními tepelnými zisky a zejména v letních měsících, kdy je do podzemí přiváděn větrací vzduch s vysokou teplotou, pak pro zajištění dostatečného komfortu požadovaného cestujícími vyvstává potřeba podzemní prostory dochlazovat.

Obrázek 24: Průměrná teplota v prostředí stanic metra v závislosti na venkovní teplotě prostředí.



Za účelem prozkoumání možností využití tepla bylo provedeno dlouhodobé a detailní měření teplot ve stanicích, tubusu metra a ventilačních šachtách, které mimo jiné ukázalo, že teplota venkovního prostředí ovlivňuje přibližně z 1/3 výslednou teplotu v podzemních prostorách metra.

Podrobně byly zkoumány dvě možnosti získávání tepla z pohledu umístění tepelných výměníků – za prvé přímo v prostorech stanic prostřednictvím tzv. staničních vzduchotechnických jednotek (PAHU – platform air handling unit), druhou možností je pak osazení výměníků do ventilačních šachet.

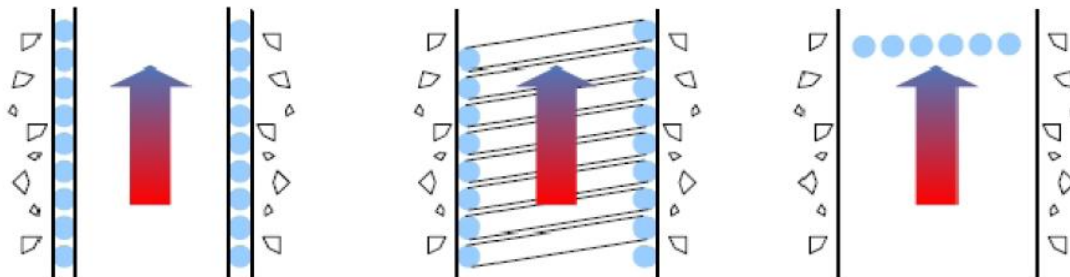
Obrázek 25: Vizualizace navržené tzv. staniční vzduchotechnické jednotky (výměník vzduch/voda) zajišťující dochlazování prostor metra.



V současné době jsou PAHU instalovány ve dvou stanicích metra (Oxford Circus a Green Park), které zatím slouží výhradně pro chlazení prostor nástupiště. Do jednotky je přiváděna chladná voda (15°C), která se ve výměníku jednotky ohřeje o 8°C, což při průtoku 3kg/s představuje potenciál přibližně 100kW tepelného výkonu k dalšímu využití.

Další možností, která zatím v Londýnském metru nebyla realizována, je pak instalace tepelného výměníku do ventilační šachty, kde se nabízí několik možností provedení tak, jak znázorňuje následující obrázek.

Obrázek 26: Možnosti provedení kolektoru/tepelného výměníku ve ventilační šachtě; výslednou volbu ovlivňují mimo jiné i místní provozní či legislativní předpisy.



Místní legislativní či provozní předpisy obvykle povolují pouze takové využití ventilačních šachet, které nemá na ventilační systém negativní vliv z pohledu tlakových ztrát či omezení průtoků vzduchu. V takovém případě pak může být realizace tepelného výměníku do ventilační šachty technicky a tedy i ekonomicky náročnější oproti původním očekáváním.

O vhodnosti umístění kolektorů/tepelných výměníků do stanic nebo ventilačních šachet pak rozhodují konkrétní podmínky a potřeby a to jak na straně provozovatele metra, tak především na straně konečného uživatele získaného tepla.

Kromě zmíněné instalace PAHU jednotek za účelem chlazení bez dalšího využití odvedeného tepla nebyl ve stávajících stanicích Londýnského metra realizován žádný další systém. Ekonomická náročnost spojená s realizací propojení podzemních prostor a vhodného konečného odběratele takto získaného nízkopotenciálního tepla nebyla dosud shledána jako efektivní i přes kalkulované velmi vysoké COP, které by mělo být dosaženo díky relativně vysokým teplotám a tedy i vysokým tepelným ziskům v prostorách stanic.

3.1.2 | Využití energie odpadních vod pomocí TČ

Úvod

V městských aglomeracích zpravidla existuje rozsáhlý systém kanalizačních sítí sloužících k transportu zejména splaškových vod, využitých v domácnostech, objektech občanského vybavení nebo průmyslových objektech, do čistíren odpadních vod (dále jen „ČOV“). Spolu s těmito odpadními vodami z budov odchází značné množství tepelné energie, díky čemuž v sobě tyto odpadní vody skýtají vysoký potenciál k tomu, aby se v nich obsažená energie odčerpala a využila na potřebné účely.

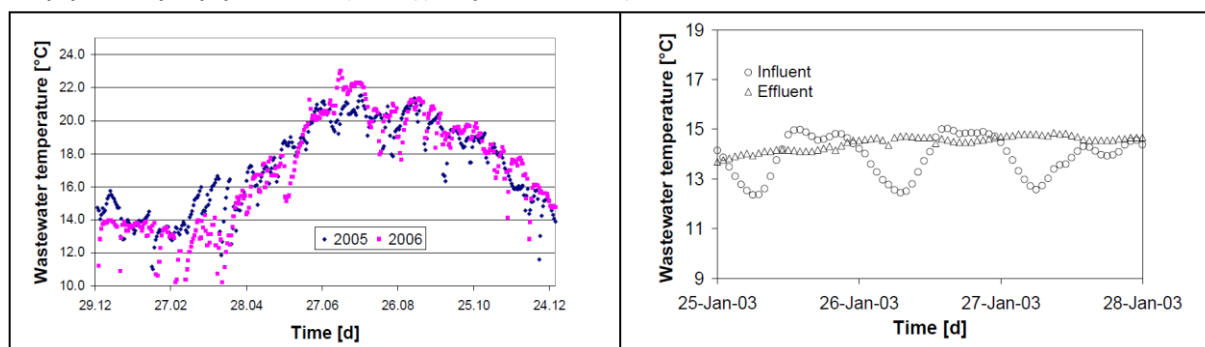
Vhodným způsobem takového využití je osvědčená technologie tepelných čerpadel, díky které lze energii odpadních vod využívat zejména pro vytápění nebo jiné technologické potřeby, ale i využití odpadních vod pro chlazení. Za pomoci tepelných čerpadel tak lze energii obsaženou v odpadních vodách zvýšit na tepelnou úroveň potřebnou pro daný účel nebo naopak vodu využít pro přímé či nepřímé chlazení. Chlazení pomocí odpadních vod je obvykle prováděno za pomoci standardních kompresorových chladicích zařízení s vodou chlazeným kondenzátorem. Možné je také přímé užití

chladných odpadních vod za předpokladu, že jejich teplota v teplých obdobích roku zásadně nevzrůstá. Protože je však často zakázáno vyvedení chladicí vody do vodních toků, je nutné nejprve vyjednat svolení orgánu odpovědného za ochranu vod.

Praxe napříč Evropou, ale i celosvětově, ukazuje stovky fungujících aplikací v rozmanitém měřítku z hlediska výkonových parametrů. Jedná se o aplikace tepelných čerpadel využívajících odpadních vod od desítek kilowatt až po jednotky megawatt výkonu. V principu jde o využití energie k pokrytí základních potřeb a pro doplňující pokrytí špičkových potřeb již slouží konvenční záložní zdroje energie.

Ve srovnání s tradičními zdroji energie prostředí běžně využívanými tepelnými čerpadly, jako je energie vzduchu, vody nebo geotermální energie, poskytují odpadní vody během otopného období relativně vysoké teploty pohybující se velmi zřídka pod 10°C (Obrázek 27). V průběhu letního období se teploty odpadních vod mohou pohybovat až na úrovni mírně přes 20°C. Nutno však podotknout, že teploty odpadních vod oscilují i během jednotlivých dní v závislosti na jejich využití a provozu v objektech. Přesto z hlediska zdroje tepla v podobě odpadní vody jde o zdroj s celoročně velmi příznivými teplotami.

Obrázek 27: Vlevo: Teploty odpadních vod na vstupu do ČOV (Zurich), Vpravo: Denní rozdíly teplot odpadních vod vstupujících a vystupujících z ČOV (Zurich)(Zdroj: EAWAG 2006)



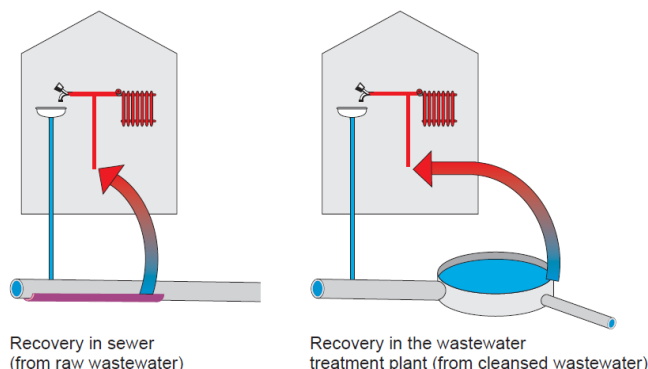
Druhou podstatnou charakteristickou vlastností odpadních vod je jejich množství, protože z tohoto hlediska jde o částečně omezený zdroj energie. Zde je podstatné také to, zdali se jedná o jednotnou nebo oddílnou kanalizační síť. Průtoky se tak pohybují v úrovni od nočního minima, za bezdeštného období v případě jednotných sítí, až po denní maxima nebo maxima za silných dešťů, kdy jsou průtoky až několikanásobné. Dalším hlediskem je závislost na dostatečném množství odpadních vod, což se odvíjí od využívání vody v rámci budov, technologických procesů, v průmyslu apod. Trendem je efektivní využívání vody obecně a snaha o snižování spotřeby, proto je třeba vzít tyto aspekty s výhledem do budoucna v potaz a být obezřetný při návrhu využití odpadních vod.

Potenciál ekonomicky výhodného využití se nabízí zejména v místech, kde je odpadní voda k dispozici neustále a v dostatečném množství. Typicky se může jednat o budovy s vysokou spotřebou vody (nemocnice, průmyslové provozy, sportovní centra, obytné stavby a čtvrti, aj.), páteřní odpadní stoky z obytných nebo průmyslových oblastí anebo přímo ČOV.

I přes některé zmíněné omezující aspekty jde o zdroj energie s velkým potenciálem, jehož využití lze rozdělit do dvou základních kategorií podle místa, kde je energie z odpadních vod čerpána:

1. Energie nevyčištěných odpadních vod.
2. Energie z vyčištěných odpadních vod.

Obrázek 28: Principiální možnosti využití energie odpadních vod (Zdroj: SwissEnergy 2005)



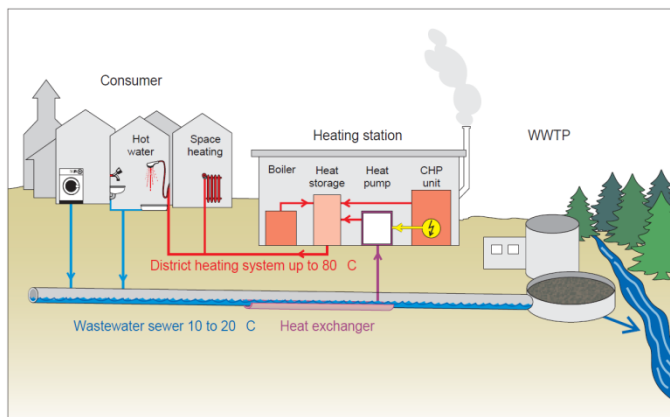
Jako třetí možnost lze zmínit rekuperaci energie odpadní vody přímo v objektech s jejich vysokou produkcí (nemocnice, průmyslové provozy, vzdělávací objekty, sportovní objekty, bazény, ubytovací a obytné objekty, ad.). Pokud jde o provozy s konstantním průtokem odpadních vod (typicky technologické procesy), jsou zde standardně využívány výměníky tepla pro rekuperaci tepelné energie. U ostatních provozů, kde množství odpadních vod není konstantní a odpadní vody přichází ve vlnách v dobách špiček potřeby vody, je nutné pro získávání tepelné energie využít akumulačních zařízení s instalovanými výměníky tepla. V rámci zpracovaného přehledu zahraniční praxe se však budeme zabývat výhradně dvěma výše uvedenými způsoby využití energie odpadních vod.

Energie nevyčištěných odpadních vod

Důležitým základním předpokladem využití energie odpadní vody je schválení správce a provozovatele kanalizační sítě, stejně jako provozovatele ČOV. Důvodem je citlivost biologického procesu čištění splaškových vod na teplotě. Proto je nutné a důležité zachovávat ochlazení odpadní vody na stanovené míře, což je teplota cca 10°C, pod kterou by teplota odpadní vody na vstupu do ČOV neměla klesnout.

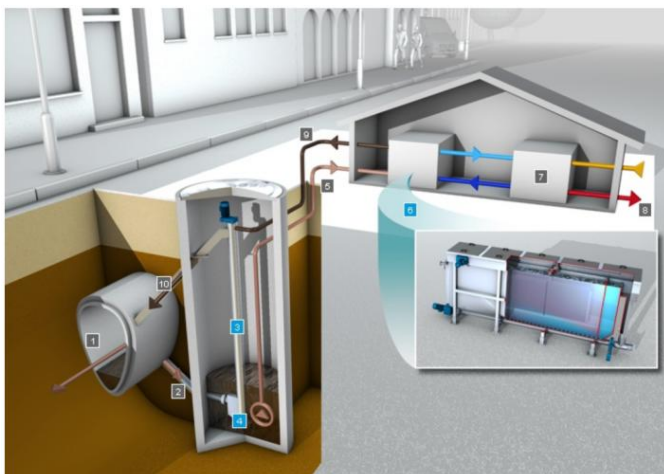
Existují dva základní technologické způsoby využívání energie odpadní vody v kanalizačních stokách. Jedním je instalace výměníku tepla dodatečně přímo na dno stoky nebo pomocí integrovaných výměníků tepla v konstrukci stoky při realizaci nové kanalizační sítě.

Obrázek 29: Instalace s výměníkem tepla na dně kanalizační stoky (Zdroj: SwissEnergy 2005)



Druhým technologickým způsobem je využití externího výměníku tepla (nebo přímo k výparníku tepelného čerpadla), ke kterému je odpadní voda ze stoky po hrubém předčištění a filtraci čerpána a po předání části své energie vrácena zpět do kanalizační stoky.

Obrázek 30: Instalace s externím výměníkem tepla a čerpáním filtrované odpadní vody (Zdroj: Huber CS)



Oba způsoby získávání energie z kanalizační sítě přinášejí své výhody i nevýhody, které musí být zváženy při konkrétních podmínkách každé instalace. První varianta například přináší úsporu v nepotřebnosti pomocné energie na čerpací práci, naopak ji ale lze využít pouze ve stokách dostatečné velikosti a s potřebným průtokem. Druhá varianta přináší větší flexibilitu ve využití díky své nezávislosti na dimenzi stoky, s ohledem na výkon a tvar výměníku tepla, a jednodušším způsobu instalace na stávající stokové síť.

Příklady využití nevyčištěných odpadních vod

OSLO – Systém CZT

V Oslu je vybudovaná rozsáhlá síť CZT o délce 193 km zásobovaná z celkem 36 zdrojů tepla s roční produkcí přibližně 900 GWh tepla, z čehož cca 50% pochází z odpadního tepla a zbytek je převážně vyráběn spalováním odpadů, dřeva, případně pomocí tepelných čerpadel z pobřežních vod přilehlého zálivu. Ve městě je vybudována také síť kanalizace, jejíž páteřní stoka vede do vzdálenějších oblastí za město, kde obsluhuje také příměstské oblasti. Samotná ČOV (VEAS) je lokalizována přibližně 30 km od města a délka trasy stoky je více než 42 km s průměrným průtokem splašků 2,4 m³/s a průměrnou teplotou přibližně 9,6°C.

Díky velké vzdálenosti od obydlených oblastí je tak využití energetického potenciálu přímo v ČOV nebo za ní ekonomicky nesmyslné. Proto bylo využito faktu, že páteřní stoka vede přes hustě osídlenou západní část Osla a přenáší hlavní zatížení města splaškovými vodami a v roce 2005 došlo k instalaci jednotky tepelného čerpadla o výkonu až 18,4 MW do jedné z tepláren v západní části Osla. Tepelné čerpadlo zde čerpáním proudící odpadní vody do výměníku tepla tepelného čerpadla využívá energii z jednoho z největších odpadních kanálů ve městě k výrobě tepla na úrovni až 90°C, které dodává do sítě CZT.

Obrázek 31: Vlevo: Schéma hlavní kanalizační sítě v Oslu; Vpravo: technická specifikace TČ (Zdroj: Friotherm)



Technical data

1 heat pump Unitop® 50FY

Heating capacity	18,400 kW
Heating water flow	527 m ³ /h
Inlet/outlet temperature	60/90 °C
Power absorbed	6,566 kW
Electrical motor	7,000 kW
Voltage	3 x 11 kV
Heat source capacity	11,834 kW
Sewage inlet/outlet temp.	9.6/5.5 °C

Obdobným způsobem byla v roce 2007 vybudována stanice CZT v příměstské části Sandvika, kdy ze stejné kanalizační stoky je na stejném principu odebírána odpadní voda, ze které je extrahována tepelná energie za pomoci kaskády dvou tepelných čerpadel zajišťujících dodávku tepla i chladu do centrální energetické sítě v oblasti pro zásobování kancelářských budov, školských zařízení, sportovních zařízení a obytných budov. Doplnkovým zdrojem tepla centrální energetické sítě jsou původní kotle na topný olej a konvenční kompresorový chladič.

Dvě jednotky tepelných čerpadel disponují výkonem 6,5 MW pro dodávku tepla a 4,5 MW pro výrobu chladu a společně zajišťují až 80% výroby energie celého systému centrálního zásobování energiemi.

Obrázek 32: Vlevo: Podzemní instalace tepelných čerpadel pro využití odpadních vod, Sandvika, Oslo; Vpravo: potrubí centrálního zásobování tepla a chladu (Zdroj: Friotherm)



WINTERTHUR – Obytná zástavba Wässerwiesen

V roce 2009 byla po několika letech příprav zahájena výstavba nové části kanalizační stoky v obytné čtvrti Wässerwiesen o velikosti cca 400 bytových jednotek a 1000 obyvatel. Pro získávání tepla z odpadních vod zde byl navržen systém s vloženým tepelným výměníkem na dno kanalizační stoky. Pro vytápění zůstal zachován stávající systém s tepelnými čerpadly a plynovými kotli.

Instalovaný systém od roku 2010 operuje s parametry výkonu až 400 kW při délce instalovaného výměníku v potrubí 154 m a ploše 161 m², při minimálním průtoku odpadních vod 500 l/s o minimální teplotě odpadních vod 12 °C a maximálním dovoleným ochlazením o 1°C. systém získávání tepla je vybaven elektronickým řídicím zařízením, které také mj. dohlíží na ochlazování odpadních vod z hlediska zachování dostatečné teploty před vstupem do biologického čistícího procesu v ČOV.

Obrázek 33: Vlevo: Instalace výměníku tepla na dně kanalizační stoky z Wässerwiesenu; Vpravo: obytná zástavby čtvrti Wässerwiesen (Zdroj: EBM)



Výsledným efektem instalace výměníků tepla pro využití energie odpadních vod z obytných budov je celková úspora až 80% spotřeby tepla v zemním plynu, který je nadále spotřebováván pouze pro zajištění špičkových odběrů tepla na vytápění a přípravu TV.

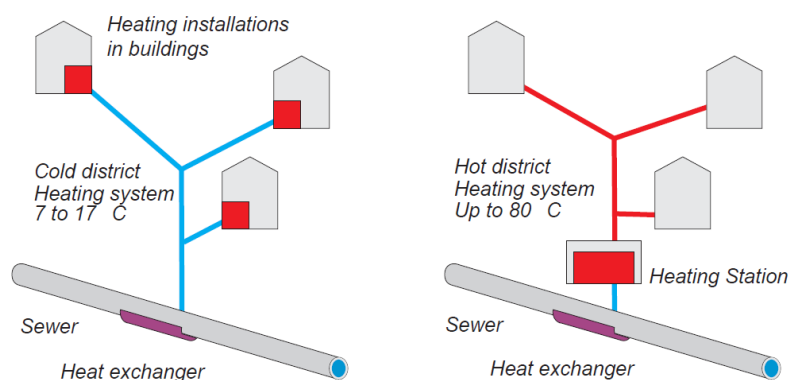
Podle informací provozovatele bylo sice nutné investovat větší prostředky při instalaci, nicméně ty jsou poté vykoupeny nižšími provozními náklady než u konvenčních systémů, což dělá investici udržitelnou, stejně jako výsledný vliv na životní prostředí systému náhrady konvenčních zdrojů spotřebovávajících fosilní paliva za využití odpadního tepla.

Energie vyčištěných odpadních vod

Energetický potenciál odpadních vod po procesu biologického čištění, tedy na odtoku z ČOV, je mnohem vyšší než u nevyčištěných odpadních vod, protože na výtok z ČOV může být odpadní voda zchlazena mnohem více, než před procesem čištění z teplotních důvodů uvedených výše. Teplota vyčištěné odpadní vody po zchlazení může dosahovat až 8°C.

Nevýhodou tohoto způsobu využití energie odpadní vody může být umístění čistíren odpadních vod často na okrajích měst, kde v případě absence teplovodní nebo chladicí centrální sítě (jaká se nachází např. v Helsinkách) jsou možnosti odběru tepelné energie omezené na lokální využití tepla pro blízké odběry nebo přichází nutnost vybudování centrální energetické zásobovací sítě (teplo, eventuálně chlad). Řešením může být i využití tepla v rámci stanice čistírny např. pro ohřívání anaerobních zásobníků nebo nízkoteplotní sušení kalů. Tyto tepelné potřeby jsou však již často pokryty teplem z instalovaných kogeneračních jednotek na kalový plyn produkovaný v rámci procesu čištění. Pravděpodobnější je tedy externí využití energie odpadních vod, což se dá rozdělit do dvou systémů. Jedním je distribuce vyčištěné odpadní vody z odtoku ČOV potrubní sítí přímo k odběratelům, kde by tato voda byla využita jako zdroj energie pro instalovaná tepelná čerpadla (decentrální systém). Druhou možností je naopak centrální systém výroby tepla z odpadní vody pomocí tepelných čerpadel a následná distribuce tepla sítí CZT ke konečným odběratelům.

Obrázek 34: Vlevo decentrální systém výroby tepla z vyčištěné odpadní vody, vpravo centrální systém (Zdroj: Felix Schmid, SwissEnergy)



Příklady využití vyčištěných odpadních vod

BERN – Obytná čtvrť Bremgarten

Čistírna odpadních vod Švýcarského hlavního města je dimenzována na cca 350 tis. obyvatel a skýtá potenciál ve využití vyčištěných odpadních vod až 30 MW. Část tohoto potenciálu o velikosti až 1,4 MW je využívána s pomocí dvou výměníků tepla (2 x 700 kW), ve kterých se vypouštěná odpadní voda z ČOV zchladí až o 2°C a s využitím tepelného čerpadla předá teplo topné vodě v navazujícím

systému CZT, který zásobuje 4 a půl kilometru dlouhým potrubím soubor stovek rodinných domů. Dodavatel tepla prodá ročně celkem až 5 GWh tepla a okolo 60% z toho pochází z odpadních vod. Stanice vykazuje měřený topný faktor (COP), vč. započtení oběhových čerpadel, ve výši 3,0.

Obrázek 36: Výměník tepla v ČOV v Bernu (Zdroj: Huber CS)



Obrázek 35: Technická data stanice Katri Valan (Zdroj: Friotherm)

Technical data:

5 Heat Pump Unitop® 50FY, each

Winter operation:

Heating capacity	16,770 kW
Heating water flow	1,221 m³/h
Inlet/outlet temperature	50/62 °C
Power absorbed	4,770 kW
Electric motor	6,500 kW
Voltage	11 kV
Heat source (cooling) capacity	12,000 kW
Sewage in/out temp.	10/4 °C

Summer operation:

Heating capacity	18,113 kW
Heating water flow	370 m³/h
Inlet/outlet temperature	45/88 °C
Power absorbed	6,113 kW
Electric motor	6,500 kW
Voltage	11 kV
Heat source (cooling) capacity	12,000 kW
District cooling in/out temp.	20/4 °C

HELSINKI – Městský systém CZT a centrálního zásobování chladem

Helsinky jsou městem známým pro svůj rozsáhlý systém centrálního zásobování teplem (budován od 50. let minulého století) a chladem založený na kombinované výrobě elektřiny a tepla (KVET) ze zemního plynu. V současnosti systém CZT pokrývá přes 90% celkové spotřeby tepla. Systém zásobování chladem začal být budován v 90. letech díky zvyšující se poptávce po chladu v kancelářských a průmyslových objektech a zejména díky své environmentální a ekonomické efektivitě v porovnání s konvenčními technologiemi v podobě malých klimatizačních jednotek. Výrobu chladu zajišťují dva absorpční chladicí stroje o výkonu až 10 MW.

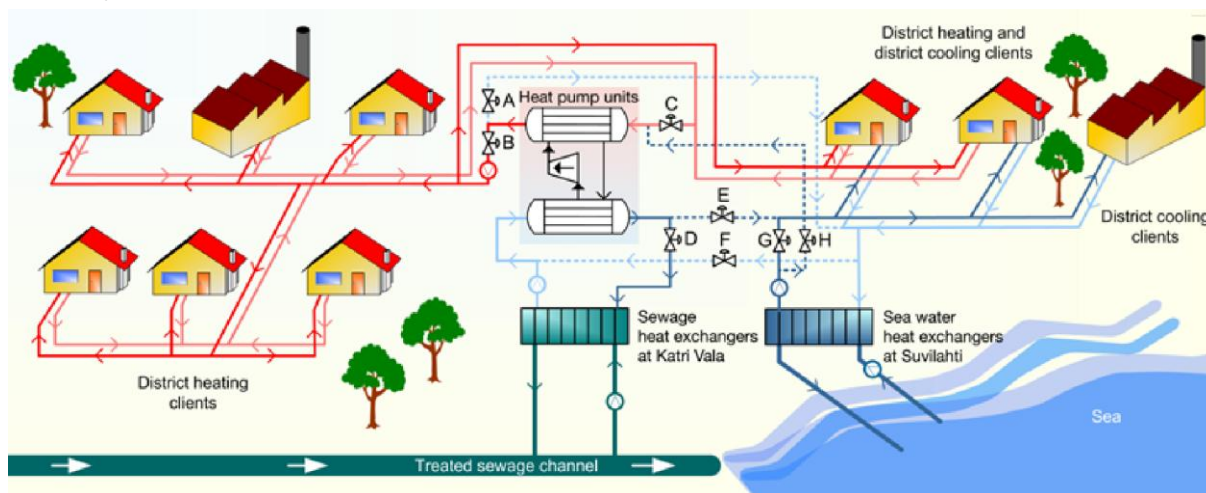
Při rostoucí poptávce po teple i chladu vybudovala energetická společnost provozující tento centrální systém nový zdroj tepla a chladu v podobě stanice KVET Katri Valan umístěné v podzemní kaverně. Pomocí instalovaných tepelných čerpadel vyrábí stanice teplou vodu pro dodávku do CZT o teplotě až 88°C a zároveň chladicí vodu pro potřeby centrálního zásobování chladem o teplotě 4°C. Technická data viz

Obrázek 35: Technická data stanice Katri Valan (Zdroj: Friotherm)

Svou úlohu v tomto důmyslném systému hrají také odpadní vody. Jak ukazuje Obrázek 37, v zimním období je tepelná energie pro CZT získávána díky ohřevu výparníků tepelného čerpadla přes tepelný výměník s proudící vyčištěnou odpadní vodou tekoucí z ČOV Viikki o vstupní teplotě 10°C, která je tímto ochlazena až na 4°C a vypouštěna dále do moře. Topná voda CZT je takto předehřívána pouze tepelnými čerpadly z energie odpadní vody pouze na úroveň 62°C, což zajišťuje jejich topný faktor (COP).

V zimním období je veškerá vyrobená tepelná energie z odpadních vod pohlcena systémem CZT, zatímco potřeba chladu je pokryta využitím chlazení pomocí mořské vody v tzv. režimu „free cooling“, kdy pro ochlazení chladicí vody na požadované parametry není potřeba pohonu kompresorů tepelných čerpadel.

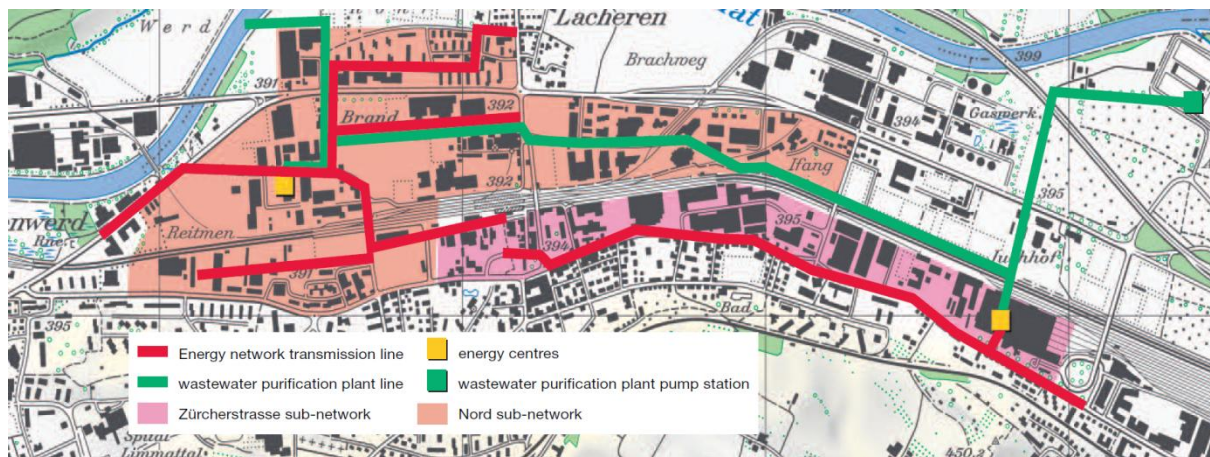
Obrázek 37: Zjednodušené schéma funkce systému CZT a centrálního zásobování chladem ze stanice Katri Valan (Zdroj: Friotherm)



SCHLIEREN – Městský systém CZT a centrálního zásobování chladem

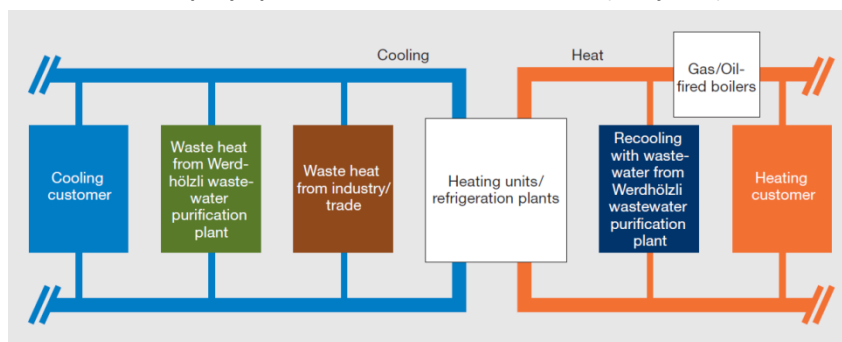
Schlieren je město ležící v těsné blízkosti města Zurich. V roce 2006 bylo v budově švýcarské pošty v městské části Mülligen vybudováno první ze dvou energetických center, na něž navazuje síť CZT a chladu pro část města. Prvotním konceptem z roku 2005 bylo pouze vytápění a chlazení samotné budovy pošty, až v následující fázi bylo vybudována síť centrálního zásobování, vč. následného vybudování druhého energetického centra v roce 2009 v části Rietbach se svou navazující sítí centrálního zásobování. Obě tato centra jsou napojena potrubním vedením zásobovány vyčištěnou odpadní vodou z ČOV Werdhölzli ležící na okraji Zurichu, která byla dříve vypouštěna bez využití do řeky Limmat.

Obrázek 38: Schematické znázornění energetické sítě ve městě Schlieren (Zdroj: ewz)



Obě energetická centra jsou vybavena kaskádami reversibilních tepelných čerpadel s amoniakovým chladivovým okruhem o souhrnném výkonu cca 5,5 MW v každém. Energetický koncept tohoto systému je navržen tak, aby nejen využíval energii odpadních vod z ČOV, ale také využíval odpadní teplo z okolních průmyslových procesů a objektů. K pokrytí špičkových potřeb jsou dále k dispozici konvenční zdroje tepla na zemní plyn či topný olej. Každý ze systémů je schopný vyrábět zároveň teplo i chlad. V létě je chladnější voda z ČOV využívána pro chlazení kondenzátorů tepelných čerpadel (typicky je chladnější než vnější vzduch v létě), naopak v době větší poptávky po teple slouží voda primárně pro jeho výrobu za pomoci tepelných čerpadel.

Obrázek 39: Koncept vytápění a chlazení ve městě Schlieren (Zdroj: ewz)

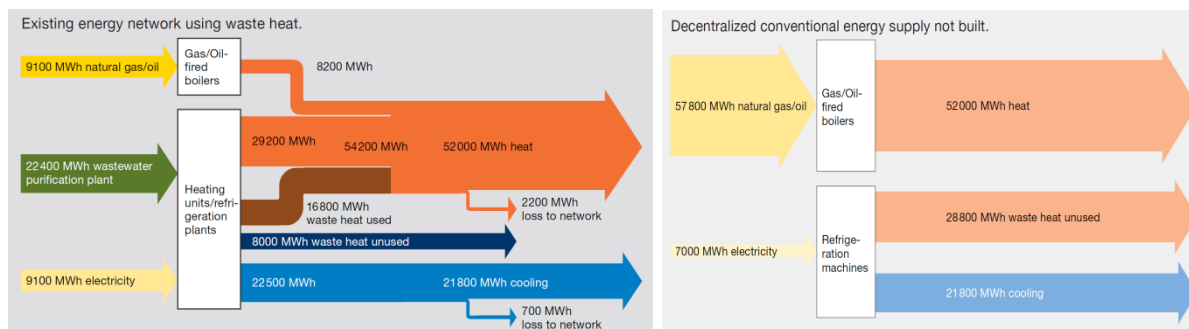


Z energetického centra v budově švýcarské pošty, je vytápěna a chlazena samotná budova a její technologie, což byl původní záměr celého energetického systému. Budova samotná je největší svého druhu ve Švýcarsku s obestavěným prostorem o velikosti 1 mil. m³ a potřebou tepla 9 500 MWh/a a chladu 8 400 MWh. Hlavním zdrojem tepla a chladu je kaskáda 8 tepelných čerpadel s chladivem v podobě amoniaku, který nepoškozuje ozonovou vrstvu. Celkový chladicí výkon kaskády je 4,3 MW a tepelný pak 5,6 MW v teplé vodě na úrovni 62°C. Přibližně 50% tepelné energie je získáno z odpadní přečištěné vody, dalších 30% je získáno rekuperací tepla z větracího systému budovy. V létě a teplejších částech roku, kdy není požadováno vytápění systém využívá odpadní vodu pro chlazení kondenzátorů tepelných čerpadel při výrobě chladu.

Výsledkem je celková energetická bilance energetických center, kdy cca 30% potřeby tepla je pokryto odpadním teplem jako odpadním produktem při výrobě chladu, dalších 55% potřeby tepla produkují

tepelná čerpadla z vyčištěné odpadní vody z ČOV. Zbýlých 15% převážně špičkové potřeby je pak dodáváno konvenčními zdroji tepla na fosilní paliva. V roční bilanci tak dochází k úspoře spotřeby fosilních paliv až 54,8 tis.MWh/a, čemuž odpovídá snížení produkce emisí CO₂ o více než 9 000 tun/a.

Obrázek 40: Vlevo: Energetická bilance systému Vpravo: Energetická bilance potenciálního konvenčního energetického systému (Zdroj: ewz)



Tabulka 1: Parametry energetických systémů (Zdroj: ewz)

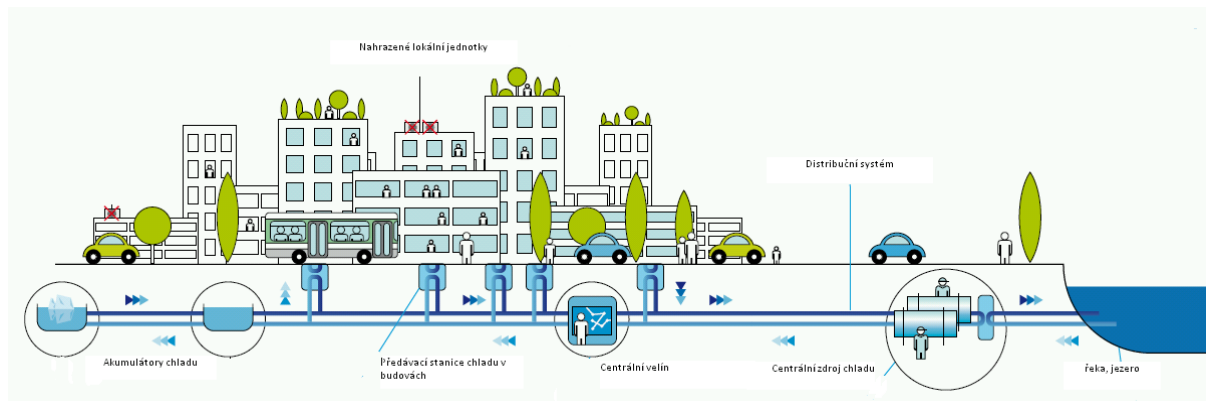
	Post centre Mülligen	Entire Schlieren network
Heat requirement per year	9 500 MWh	52 000 MWh
Cooling requirement per year	8 400 MWh	21 800 MWh
Heat pump (NH ₃)	5.6 MW	11.1 MW
Refrigerant machine (NH ₃)	4.3 MW	9.0 MW
Gas/Oil-fired boilers (peak load)	6.3 MW	17.0 MW
Ecology		
Saving of fossil fuels per year	6 100 MWh	48 700 MWh
Corresponding CO ₂ reduction per year	1 200 t	8 100 t

3.2 | Přímé chlazení pomocí povrchových vod

Standardním způsobem zajišťování chladu pro chlazení budov jsou lokální zdroje chladu, nejčastěji s kompresorovými chladicími jednotkami, které musí předávat odpadní teplo do ovzduší prostřednictvím chladicích věží. Vedle spotřeby elektřiny to vyžaduje spotřebu vody pro zefektivnění provozu v letním období a odpovídající nákladné vodní hospodářství. Umístění chl. věží vně budov je též často problematické z architektonického hlediska. Alternativním řešením je **systém dálkového chlazení** („district cooling“), který díky centralizaci výroby chladu na vhodném místě může dosáhnout nižších výrobních nákladů na jednotku chladu. Distribuční systém chlazené vody má však poměrně velké ztráty a je investičně nákladný.

V případě dostupnosti významné kapacity povrchové vody o realivně nízké teplotě v průběhu roku (větší řeka nebo jezero) je možno tuto vodu rozvádět a vytvořit tak systém dálkového přímého chlazení. Napojené budovy využívají dostupný potenciál chladu buď přímo, nebo alespoň pro chlazení kondenzátorů chladicích jednotek. Dva příklady realizace ve městech Paříž a Ženeva jsou ukázány v následujících kapitolách.

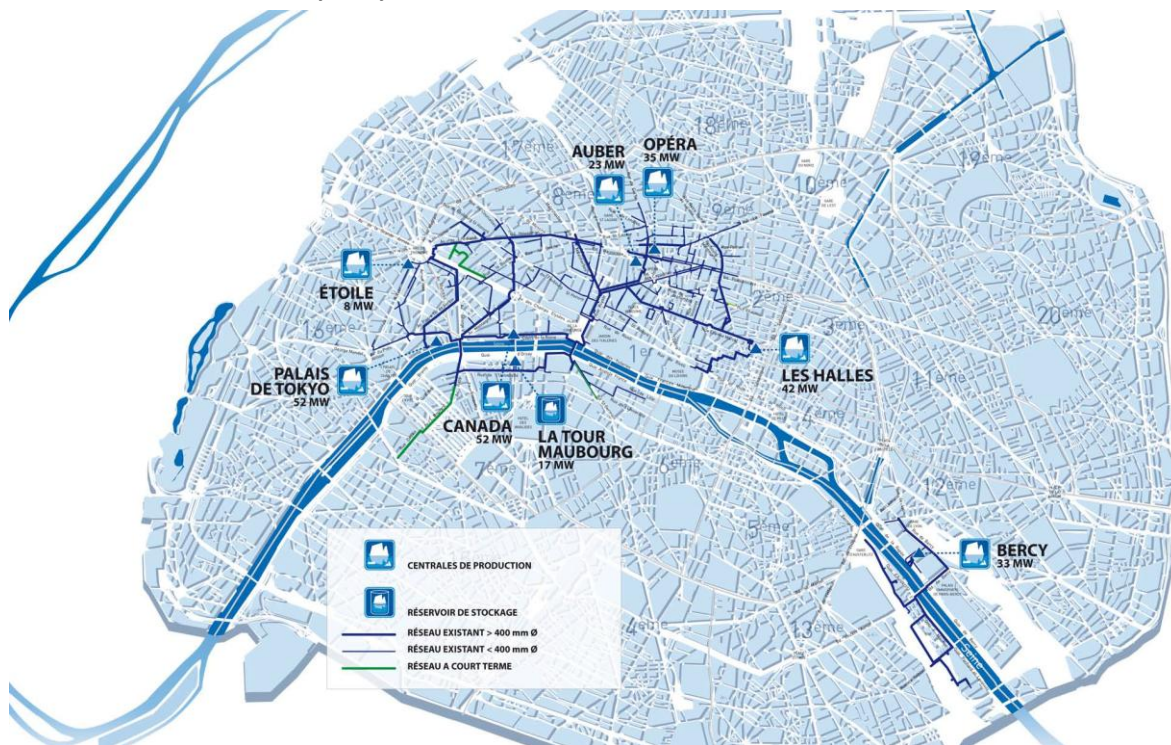
Obrázek 41: Principiální schéma dálkového chladicího systému



3.2.1 | Centrální systém chlazení v Paříži

V centru Paříže byl vybudován velký a komplexně řešený systém rozvodu chladu, který je tvořen celkem 7 centralizovanými zdroji, další samostatný systém je ve východní části metropole.

Obrázek 42: Centrální chladicí systémy v Paříži



zdroj: Climespace, GDF Suez

Hlavní parametry dálkového systému chlazení v centru Paříže:

- náročná instalace rozvodů chladu v hustě zastavěném území o **celkové délce sítě 70 km**
- cca **500 napojených budov** (administrativní, veřejné, zdravotnické, obchodní centra; s velkým podílem historických budov); celkem 5 mil. m²
- ze 7 centrálních zdrojů je 5 umístěno pod povrchem a 3 využívají přímé chlazení („direct / free cooling“) vodou ze Seiny; celková kapacita přes **330 MW**
- 3 akumulční zásobníky chladu
- přínos oproti lokálním samostatným chladicím jednotkám: **50% zvýšení energetické účinnosti**

Hlavní parametry dálkového systému chlazení v oblasti Bercy:

- celková délka sítě 6,5 km
- 50 napojených budov, především administrativních a nákupních center s velkým podílem nových budov, celkem 800 tis. m²
- celková kapacita 54 MW, chladicí jednotky chlazení vodou ze Seiny
- úspory vody oproti lokálním samostatným chladicím jednotkám 65%

Příklad řešení chladicího centra Place du Canada

- umístěno v 5 podzemních patrech, hloubka stavební jámy 30 m, průměr 21 m
- výkon 52 MW, v provozu od r. 2002

Obrázek 43: Chl. centrum Place du Canada



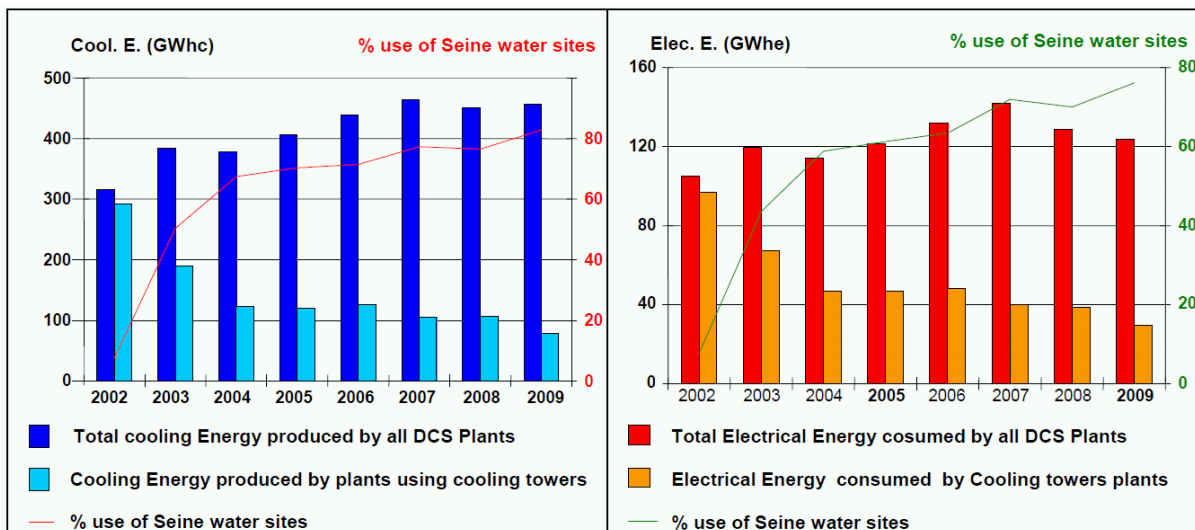
dispozice



celkem 8 chl. jednotek je umístěno na 2 nejnižších úrovních

zdroj: Friotherm AG

Obrázek 44: Nárůst využití systému dálkového chlazení v Paříži



celková výroba chladu v systému dálkového chlazení (tmavší modrá) a pomocí lokálních chl. věží (světlejší barva), červená čára: podíl užití vody ze Seiny

Spotřeba elektřiny v systému dálkového chlazení (tmavá červená) a v lokálních systémech s chl. věžemi (oranžová); zelná čára: počet lokalit používajících vodu ze Seiny

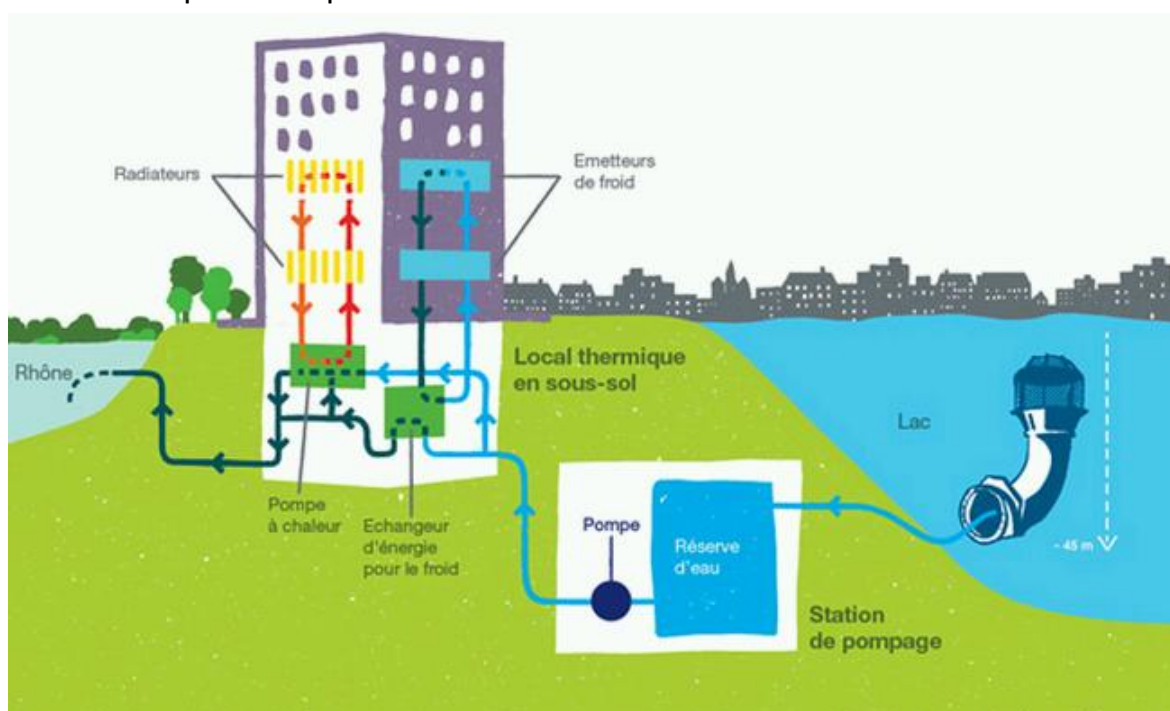
zdroj: Climespace, GDF Suez

3.2.2 | Přímé chlazení jezerní vodou v Ženevě

Ženevské jezero má objem téměř 90 km³ vody, celoročně s téměř konstantní teplotou u dna na úrovni kolem 8 °C, což představuje výhodný zdroj energie pro vytápění i chlazení tohoto druhého největšího švýcarského města.

Projekt komplexního rozvodu a využití jezerní vody nazývaný „Genève-Lac-Nations“ (GLN, podle čtvrti města) byl realizován v r. 2009. Voda je odebírána v hloubce přes 40 m a rozváděna v síti o délce 6 km. Max. povolený průtok je celkem 4500 m³/h (2 700 m³/h pro oblast GLN a 1 800 m³/h pro oblast Serono-Merck). Chladicí kapacita přímého chlazení oblasti GLN při teplotním rozdílu 7,5 K představuje 23,5 MW.

Obrázek 45: Principiální schéma přímého chlazení

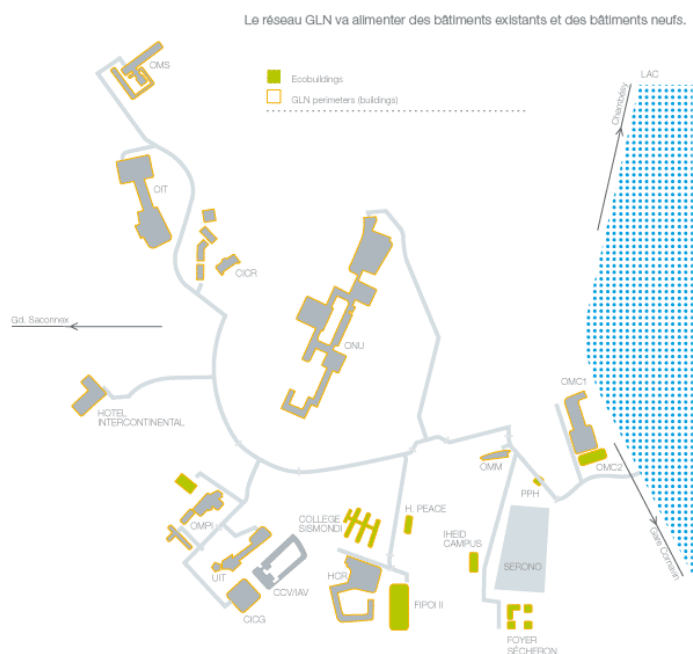


Obrázek 46: Konstrukce nasávacího prvku a čerpací stanice Serono



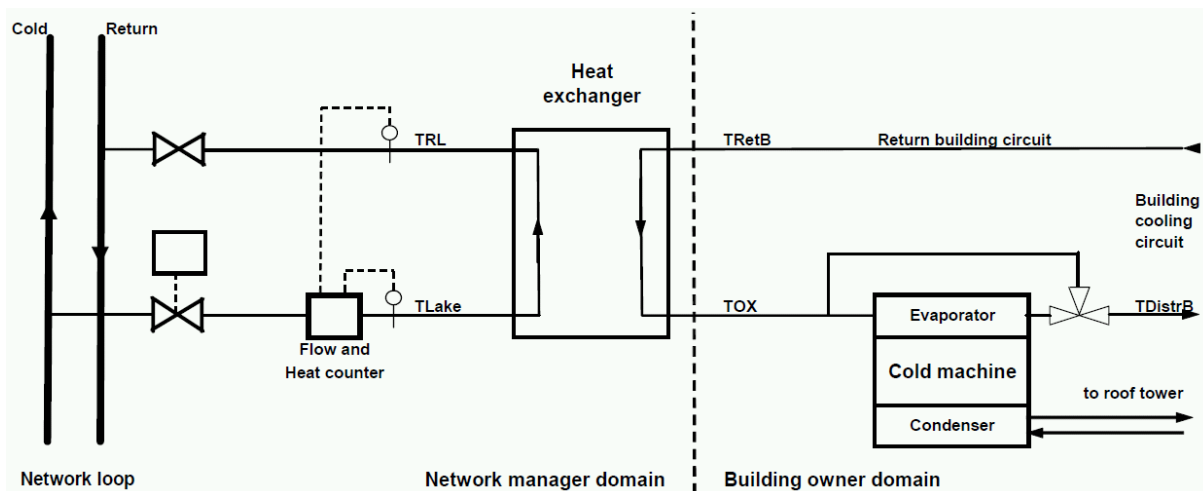
Celková plocha napojených budov činí přes 800 tis. m². Vedle chlazení je energetický potenciál vody využitelný i pro vytápění v zimním období pomocí teplených čerpadel. Dalším přínosem je používání jezerní vody pro zalévání zahrad, čím se ročně ušetří cca 75 000 m³ pitné vody.

Obrázek 47: Schéma sítě rozvodu jezerní vody



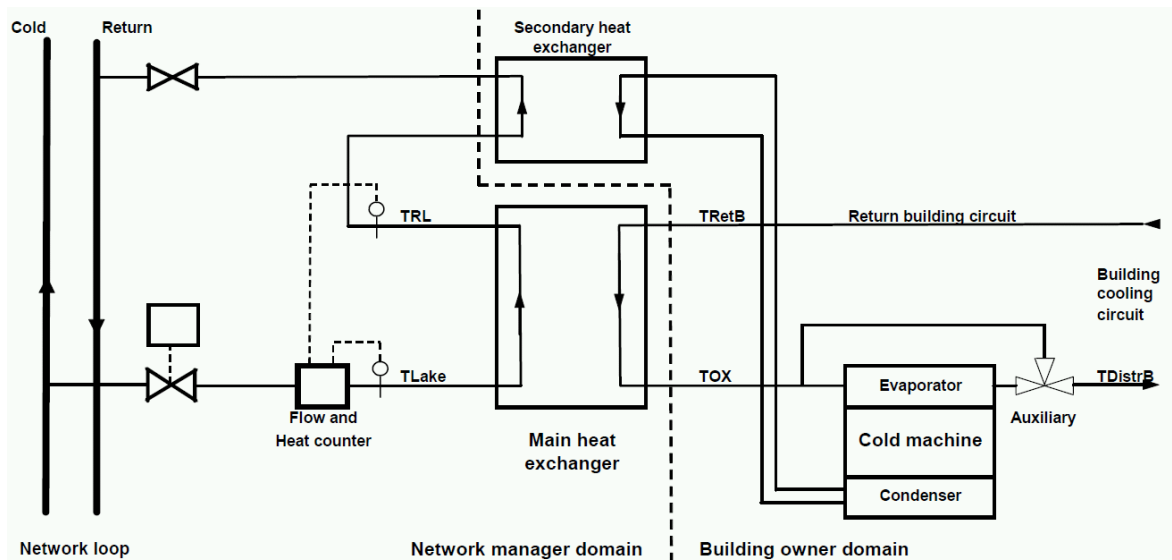
Typické uspořádání předávací stanice chladu v budově ukazuje následující obrázek. Správce sítě provozuje přípojku okruhu jezerní vody a výměník, na jehož sekundární straně se vychlazuje (resp. předchlazuje) vratná voda chladicího rozvodu budovy. Chladicí jednotka (provozovaná vlastníkem budovy) dodává jen nezbytný podíl chladicího výkonu, který nepokryje přímé chlazení. V tomto jednodušším případě je odpadní teplo chl. strojů v budově odváděno lokálními věžemi.

Obrázek 48: Typické napojení jezerní vody na chladicí systém budovy pro přímé chlazení



Oteplenou říční vodu je možno též použít pro chlazení kondenzátorů chl. jednotek a eliminovat tak potřebu chladicích věží, jak ukazuje obrázek následující:

Obrázek 49: Varianta napojení jezerní vody na chladicí systém budovy včetně chlazení kondenzátorů



Po úspěšné realizaci projektu GNL se připravuje druhý podobný projekt pod názvem **GeniLac** pro zásobování středu města a letiště obnovitelnou energií pro chlazení i vytápění. Díky němu má klesnout spotřeba elektřiny na chlazení o 80% při snížení emisí CO₂ o 25 %.

3.3 | Čistírenské kaly a bioodpady

3.3.1 | Úvod

Kal z městských čistíren odpadních vod býval v minulosti používán jako hodnotné hnojivo. Kvůli rostoucímu obsahu škodlivin (především těžkých kovů) však toto využití bylo postupně stále omezováno a pro kaly z čištění odpadních vod z velkých aglomerací již dnes takovéto konečné odstranění není přípustné a musí být zneškodňovány jiným způsobem.

Kaly z ÚČOV Praha jsou tak dnes odstraňovány jejich využitím jako materiál pro skrývku skládky v Benátkách nad Jizerou. I když tento způsob zneškodnění není vykazováno ve statistikách jako skládkování, nejedná se o dlouhodobě udržitelný způsob.

V Evropě stále více zemí přitom již zpřísnilo legislativu takovým způsobem, že ukládání biologicky rozložitelných odpadů vč. čistírenských kalů nepovoluje a vyžaduje předchozí (termickou či biologickou) úpravu tak, aby obsah celkového organického uhlíku nepřesáhl stanovený hmotnostní podíl (např. do 5 % v sušině).

Výsledkem je tak de facto nutnost, aby kal prošel termickým procesem, při němž se zbytkový organický uhlík odstraní, současně se zneškodní či zachytí uvolněné škodliviny a podstatně zredukuje původní objem kalu na minimum.

Technických řešení je několik počínaje **dedikovaným spalovenským provozem**, v němž je spalován pouze kal (typicky tzv. surový, pouze mechanicky odvodněný), přes jeho spalování v **existujícím velkém energetickém zdroji jako je např. elektrárna** (zde možné spalovat kal surový i hygienizovaný předchozí anaerobní fermentací, jako odvodněný i jako termicky předsušený) až po **jeho zneškodnění v cementárnách** (v nichž je možné spalovat pouze kal prošlý předchozím sušením na vysoký stupeň sušiny).

Smyslem této přílohy není dát jednoznačnou odpověď, který ze způsobů je vhodnější, ale ukázat na některé příklady „správné praxe“, které jsou dnes zavedeny v zahraničí, a které mohou být při dohodě všech dotčených stran za relativně příznivých nákladů zavedeny i u kalů z pražské ÚČOV.

Představeny níže jsou tři následující příklady zpracování čistírenských kalů:

- **Nakládání s čistírenskými kaly v kantonu Bern (Švýcarsko).**
- **Termické sušení kalů v oblasti Noorderkwartier (Nizozemí).**
- **Termické sušení kalů pro energetické využití v Německu – Případová studie Spalování kalů v elektrárně Heilbronn.**

Protože čistírenské kaly mají v přirozeném stavu vysokou vlhkost, historicky nejběžnějším způsobem bylo zajistit jejich hygienickou nezávadnost anaerobní fermentací za současné produkce bioplynu.

Vyráběný bioplyn je dále energeticky využíván pro krytí tepelných potřeb fermentačního procesu, a díky poskytovaným podporám výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů, mezi které je „kalový plyn“ rovněž řazen, i pro současnou výrobu elektřiny v kogeneračním zdroji (spalovací motor či turbína).

Kalový plyn však vzhledem ke svému složení (z cca 60-65 % metan) může být po jisté úpravě využíván i jako motorové palivo, podobně jako bioplyn získávaný z anaerobní fermentace bioodpadů jiného druhu. Protože jsou ale energetické potřeby procesu čištění odpadních vod vysoké, bývají pro produkci bioplynu k využití jako motorové palivo také zapojovány jiné druhy bioodpadů – a to buď jejich zpracováním v samostatných fermentorech umístěných do areálu čistírenského provozu (jako paralelní provoz) anebo jejich dislokací do komunálních center na bioodpady, v nichž se nachází také kompostárna příp. další provozy (např. třídící linka).

Pro možnou inspiraci proto na závěr této části zařazujeme **popis praxe u tří evropských měst, které bioplyn z čistírenských kalů příp. anaerobní fermentace dalších bioodpadů dnes jako palivo v dopravě využívají:**

- Bern,
- Stockholm,
- Lille.

3.3.2 | Nakládání s čistírenskými kaly v kantonu Bern (Švýcarsko)

Kanton Bern, který je jedním z 26 kantonů Švýcarska, leží v západní části země. Jeho hlavním městem jak název napovídá je město Bern a žije v něm celkem téměř milion obyvatel, převážně německy mluvících.

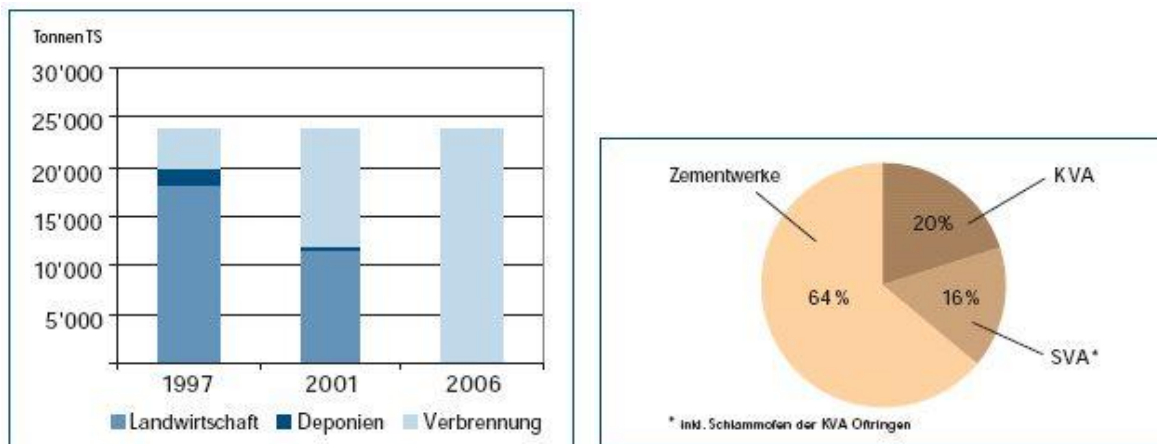
Od 90. let minulého století je v bernském kantonu stejně jako v ostatních částech země důsledně uplatňována strategie postupné minimalizace odpadů ukládaných na skládky. Preferováno je přitom jejich energetické využití.

Tento přístup je prosazován i v případě kalů z čistíren odpadních vod, jichž se zde ročně vyprodukuje okolo **24 tis. tun (sušiny)**. Zatímco v roce 1995 bylo 90 % využíváno zpět pro výrobu kompostu či jako materiál pro rekultivační aj. účely, v roce 2001 již to byla méně než polovina a o dalších pět let už kal končil pouze ve spalovenských provozech.

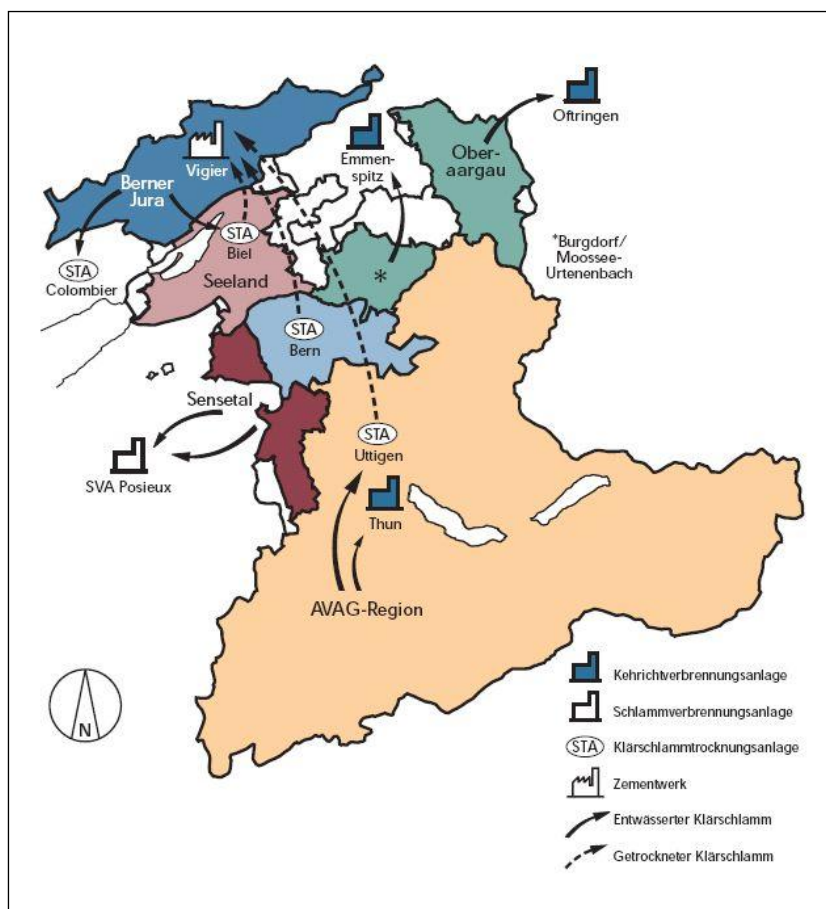
Největší část produkovaného kalu (více než 60 %) je bezodpadovým způsobem zpracována v cementárně Vigier na severu kantonu, zbývající množství zneškodňují dedikované spalovny Posieux (20 %) a spalovny komunálního odpadu Emmenspitz a Oftringen (16 %) z nichž některé leží v sousedních kantonech. Část kalu je dnes dokonce exportována ke zneškodnění do elektrárenských provozů v SRN.

Přibližně 60 % výchozí produkce kalu (vztaženo k sušině) je přitom předtím podrobena sušení. Největší sušárenský provoz se nachází u čistírny spravované společností **ARA Bern** zajišťující čištění odpadních vod z města Bernu a jeho blízkého okolí. V roce 2006 v ní bylo **zpracováno 8,2 tis. tun suš. kalu**, což je v přepočtu na množství vstupního kalu více než 25 tis. tun odvodněného kalu ročně. S ohledem na celkově zajímavé řešení čistírny je vhodné se jí věnovat podrobněji.

Obrázek 50: Vývoj v produkci čistírenských kalů a způsobu jejich zneškodnění mezi lety 1997 až 2006 (vpravo jen zobrazen rok 2006, KVA označuje dedikované spalovny na kal, SVA spalovny komunálního odpadu)



Obrázek 51: Systém nakládání s kaly v regionu Bern s vyznačením míst sušení kalu a jeho konečného zneškodnění (stav v roce 2006)



Tabulka 2: Statistiky produkce a termické úpravy a konečného zneškodnění v členění na jednotlivé oblasti kantonu Bern (stav v roce 2006)

ARA-Region	Klärschlamm-menge	Trocknung	Thermische Verwertung
	t TS/a	Menge t TS/a Standort	Menge t TS/a Standort
Bern	8'200	8'200 STA Bern	8'200 Zementwerke
AVAG	6'100	3'000 STA Uttigen	3'000 Zementwerke 3'100 KVA Thun
Seeland ARA Orpund	2'950	2'750 STA Biel	2'750 Zementwerke 200 KVA Emmenspitz
Oberaargau	2'000		2'000 KVA Oftringen
Burgdorf, Moos- see-Urtenenbach	1'550		1'550 KVA Emmenspitz
Berner Jura	1'350	800 STA Colombier STA Biel	1'350 Zementwerke (550 direkt)
Sensetal	1'850		1'850 SVA Postleux
Kanton Bern	24'000	14'750	15'300 Zementwerke 8'700 KVA / SVA

ČOV se sušárnou kalu ARA Bern (Švýcarsko)

Čistírna slouží pro 10 obcí s cca 190 tis. obyvateli plus dalších cca 60 tis. osob dojíždějících za prací do města Bern. Délka napojené veřejné kanalizační sítě činí 290 km a navíc přibližně stejný rozsah sítě soukromých. Jedná se o směsný systém komunální, průmyslové i dešťové odpadní vody. Celkové množství vstupní vody se pohybuje kolem 17 mil. m³/rok. Denní množství se pohybuje od 50 tis. m³ po více než 200 tis. m³

V posledních letech se podařilo snížit podíl dešťové vody, takže kapacita ČOV tak při stejném množství vstupních nečistot vzrostla.

Obrázek 52: Oblasti napojené na ČOV Bern



Čistírna disponuje vedle vlastního mechanického a biologického čištění odpadní vody rovněž kompletní anaerobní kalovou koncovkou s výrobou bioplynu.

Ročně je zpracováno více než 240 tis. tun surového směsného kalu o celkové sušině více než 8 tis. tun čemuž odpovídá takřka 55 GWh energie, z níž se prostřednictvím anaerobní fermentace do bioplynu přemění více než 60 % (cca 35 GWh) do bioplynu, který je dále energeticky využit.

Od roku 2004 je vyhnílý kal odvodňován a přiváděn do sušárny, která zajišťuje odstranění vlhkosti až na výsledných více než 90 % sušiny. Produkce sušeného kalu díky započaté ko-fermentaci dalších bioodpadů roste a v roce 2008 již činila takřka **8,8 tis. tun**.

Energie na sušení je z velké části zajištěna spalováním bioplynu v plynových kotlích (**cca 10 GWh/rok**), zbývající potřeby kryje teplo z motorgenerátoru (jmen. el. výkon 0,6 MWe, tepelný výkon 0,67 kWt). V případě provozních či jiných problémů těchto zdrojů potřebu tepla kryje záložní kotle na zemní plyn (o výkonu 0,7 a 1,5 MW).

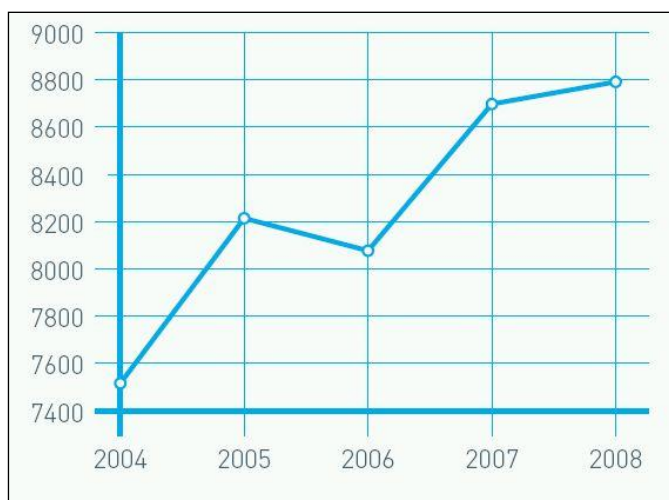
Největší část vyráběného bioplynu (**14 GWh**) je spalována v kogenerační jednotce pro výrobu „zelené“ elektřiny a tepla.

Od roku 2008 je pak část bioplynu (**11 GWh**) dodávána do zařízení odstraňujícího CO₂ a další příměsi k tomu, aby bylo možné získaný biometan dodávat do nedaleké sítě zemního plynu. Plyn je nakonec využit jako motorové palivo pro pohon plynových autobusů a dalších vozidel ve městě.

Spolu se zavedením výroby biometanu bylo započato s kofermentací dalších bioodpadů – v roce 2008 jich bylo (nejčastěji v podobě kuchyňských zbytků) zpracováno necelých 30 tis. tun a jejich množství se má stále zvyšovat tak, aby v roce 2011 bylo možné pro potřeby výroby biometanu využít téměř 3 mil. m³ bioplynu ročně (**cca 20 GWh**). Dodávka biometanu do sítě významně snížila využití bioplynu v kogeneracích, což vedlo i ke snížení výroby elektřiny.

Zavedení sušení kalů umožňuje na každou kWh vložené energie v podobě tepla v bioplynu, zemním plynu, odpadním teple z kogenerací a elektřiny získat **1,7krát více energie** v podobě vysušeného kalu. Sušárna je fluidního typu a základním zdrojem tepla pro ni je termoolejový kotel o výkonu 2,7 MW. Vysušený kal je dodáván ke konečnému odstranění do několika cementárenských provozů.

Obrázek 53: Vývoj v produkci sušeného kalu na ČOV ARA Bern v letech 2004 až 2008



Tabulka 3: Balance hlavních energ. vstupů a výstupů v ČOV ARA Bern v roce 2008

Tok energie	Energie	Množství			
vstupy	GWh/r				
nákup elektřiny ze sítě	9,9				
nákup zemního plynu ze sítě	0,7	74	tis. m ³ /r		
surový kal	54,4	241	tis. m ³ /r	3,70%	sušiny
vyhnilý kal cizí	9,4	80	tis. m ³ /r		
výstupy					
prodej biometanu do sítě	10,3				
prodej elektřiny do sítě	0,5				
dodávky usušeného kalu	24,0	8 135	t/r sušiny		

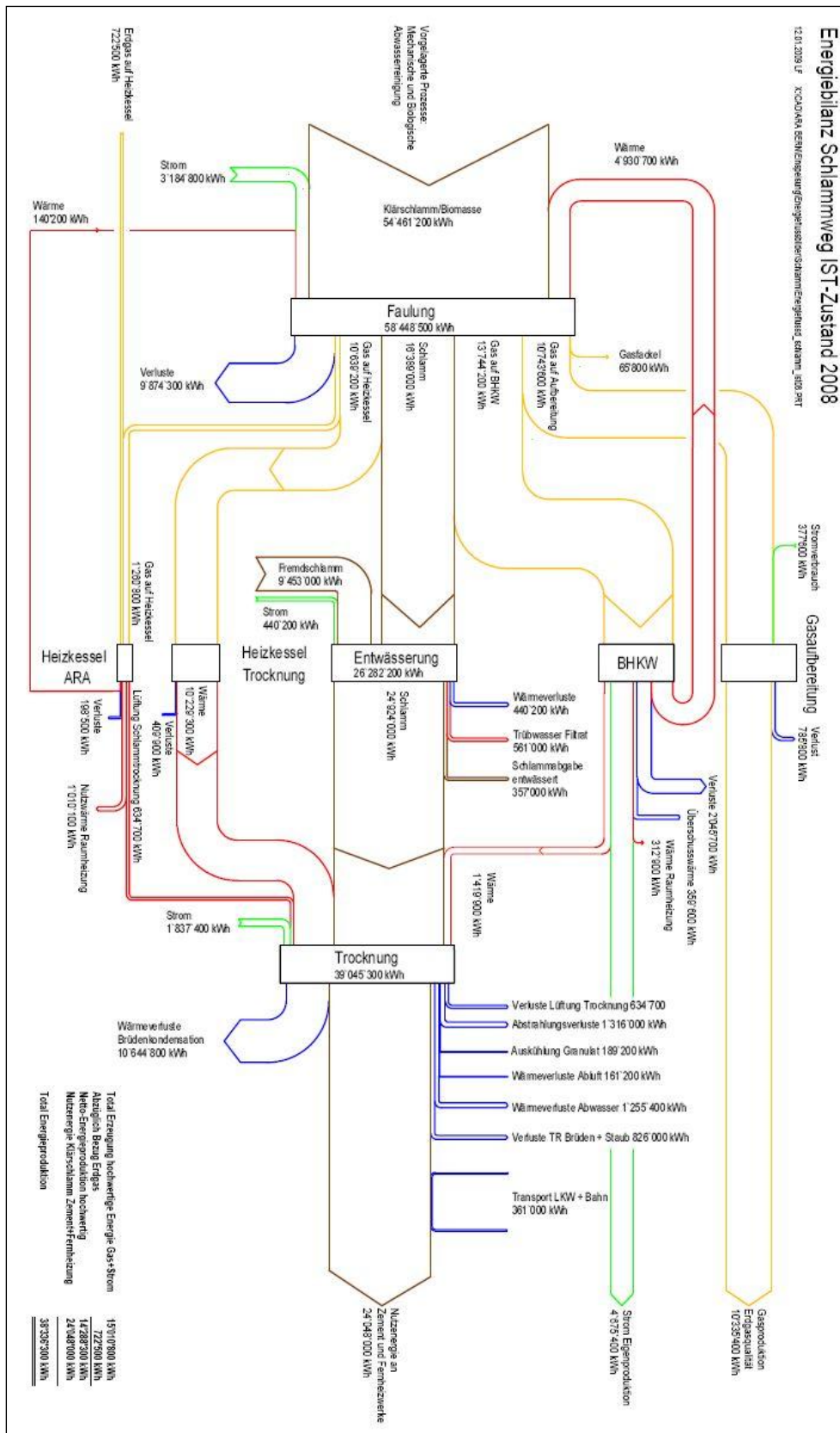
Tabulka 4: Balance výroby a spotřeby elektřiny v ČOV ARA Bern v roce 2008

Množství elektřiny pro	[GWh/rok]
výroba na motorgenerátorech	4,67
nákup ze sítě	9,94
prodej	0,52
spotřeba úpravy vody vč. filtrace	7,01
spotřeba kalového hospodářství vč. sušení	7,07
celková spotřeba (výroba+nákup-prodej)	14,09

Tabulka 5: Balance výroby a spotřeby bioplynu v roce 2008

Množství bioplynu	[tis. Nm ³ /r/ok]
celkem výroba	5 701
spotřeba pro sušení kalu	1 787
spotřeba motorgenerátoru	2 186
spotřeba kotlů	209
fléra	0
spotřeba úpravy bioplynu	1 519

Obrázek 54: Energetická bilance ČOV Ara Bern za rok 2008 (v podobě Sankeyova diagramu)



3.3.3 | Termické sušení kalů pro energetické využití v oblasti Noorderkwartier (Nizozemí)

Noorderkwartier (v holandštině „severní oblast“) je historický název pro část Holandska spadající dnes pod administrativně-správní region „North Holland“. Hranice oblasti, v níž žije okolo dvou milionů obyvatel, tvoří geograficky i historicky na jihu řeka *IJ* (bývalá zátoka dnes řeka v blízkosti Amsterdamu) a v západní a severní části břehy Severního moře.

Vodohospodářskou infrastrukturu v celé oblasti, zahrnující kromě rozvodů vody a kanalizace i vodní cesty či přímořské hráze, obhospodařuje zvláštní komunální organizace „*Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier*“ (dále jen „*HHNK*“).¹ Patří do ní i více než 20 čistíren odpadních vod.

Od poloviny 90. let minulého století je nakládání s čistírenskými kaly ze všech těchto čistíren řešeno jejich odvozem do společného sušárenského zařízení, které bylo vybudováno u největší z nich – ČOV *Bewervijk* (jmen. kapacita 226 tis. EO, přetěžována však znečištěním dosahujícím až 317 tis. EO, hydraulické zatížení okolo 2,25 m³/s).

Sušárna je tvořena dvěma linkami, každá o zpracovatelské kapacitě 8 až 10 tun odvodněného (vyhnílého) kalu o sušině okolo 30 % (tj. vypařovací výkon 2 x 6 tun/hod).

Samotná čistírna zajišťující čištění odpadních vod z města *Bewervijk* dodává jen asi jednu čtvrtinu, zbývající kal je dopravován nákladní automobilovou dopravou z osmi mechanických odvodňovacích linek lokalizovaných na dalších významnějších čistírnách v oblasti zpracovávajících kal z ostatních ČOV.

Doprava kalu do sušárny je řešena nákladními vozy vybavenými uzavíratelnými ložnými prostory, vyložení kalu je pro omezení zápachu řešeno v uzavřeném objektu. Každá dodávka je vážena.

Sušárna je fluidního typu, to znamená, že kal je přiváděn do prostoru, který je intenzivně provzdušňován fluidizačním plynem obsahujícím minimálně kyslíku pro zamezení rizika samovznícení. Teplo je přiváděno v podobě syté páry o parametrech cca 210/180 °C a 20 bar v množství tak, aby ve fluidním loži byla udržována teplota okolo 85 °C. Přívod tepla prostřednictvím řady teplosměnných ploch umístěných v prostoru fluidního lože zajišťuje kontinuální odpařování vody obsažené v kalu a intenzivní turbulence a promíchávání současně vede ke vzniku granulátu o stejné zrnitosti a požadované míře sušiny (min 90 %).

Zdrojem tepla pro sušárnu je plynová turbína na zemní plyn, která současně vyrábí el. energii. Spaliny odcházející z turbíny jsou využity pro výrobu syté páry o uvedených parametrech. Pro případ výpadku či odstávky turbíny je provoz vybaven záložním zdrojem tepla v podobě plynového parního kotle.

Vysušený granulovaný kal je po průchodu sušárnou v následném stupni ochlazen přes uzavřený chladicí okruh, v němž proudí inertní plyn, na teplotu 40 °C a poté je odváděn přes dopravníkový pás

¹) Domovské internetové stránky organizace: <http://www.hhnk.nl/>

do skladovacích sil (skladovací kapacita 400 m³). Ochlazení na tuto teplotu eliminuje riziko samovznícení. Skladovací kapacita stačí na cca 4 denní nepřetržitý provoz na plný výkon.

Kal je poté v pravidelných intervalech (několikrát týdně) odvážen opět nákladními vozy s uzavřenými ložnými prostory ke konečnému zneškodnění v cementárenských provozech příp. v elektrárnách dle možností a poptávky na trhu.

Celý systém od přejímky kalu až po odvoz substrátu je automatizován a zařízení je pod neustálým dozorem obsluhy, která sleduje klíčové parametry a celý provoz řídí.

Pro minimalizaci hygienických a bezpečnostních rizik jsou prostory přejímky kalu, sušení až po skladování a nakládku kalu k odvozu hermeticky uzavřeny a jakékoliv případné vypouštění vzduchu z interiéru příp. procesních plynů do ovzduší je prováděno přes biofiltr pro odstranění nežádoucích pachových a dalších látek.

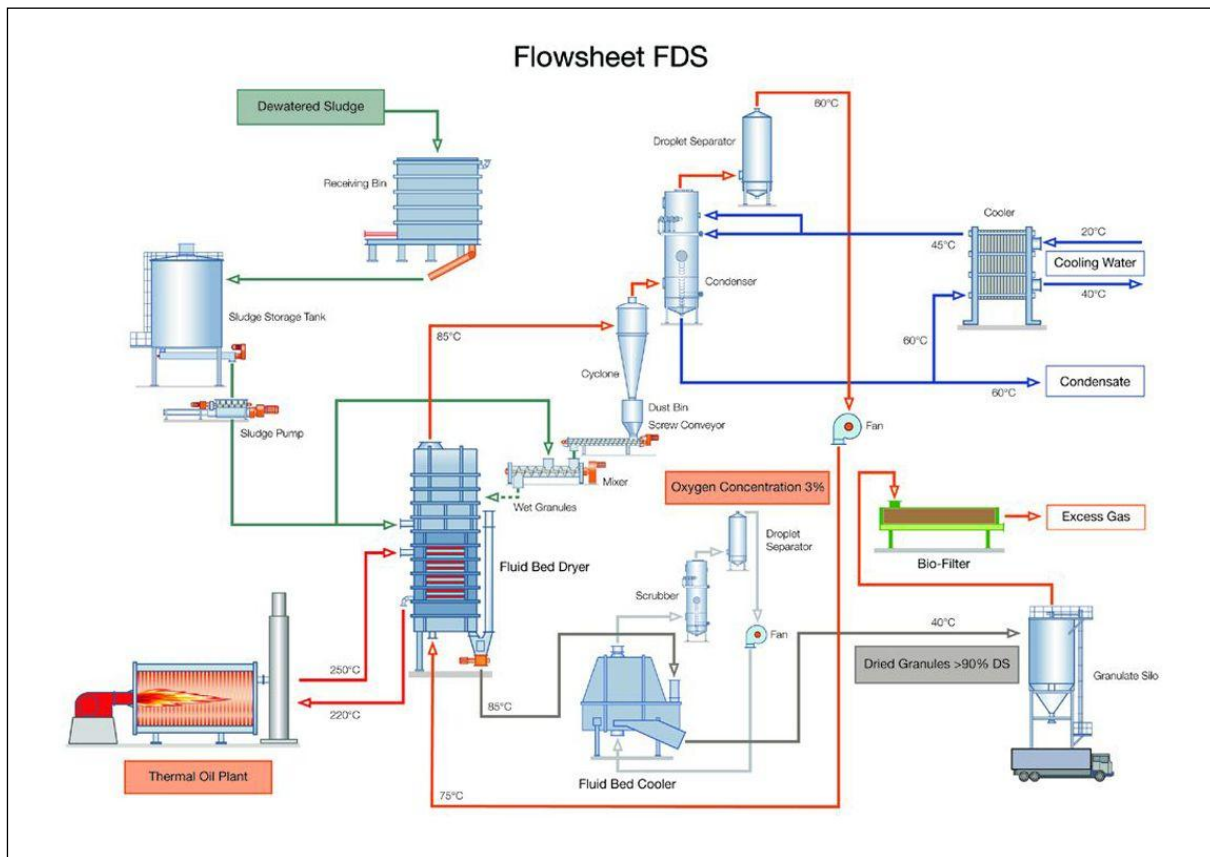
Dodavatelem celého komplexu sušárny byla společnost VA TECH WABAG využívající fluidní technologii sušení vyvinutou firmou ESCHER WYSS, nyní součástí skupiny ANDRITZ, která poté realizovala další podobné provozy. Ten nejzajímavější je v dalším nizozemském městě *Susteren*, kde byla vybudována sušárna s jednou linkou o vypařovací kapacitě 8,3 tuny hodinu (v tomto případě odpovídá cca 11 tunám mechanicky odvodněného kalu na vstupu), což je dostačující pro termické vysušení cca 90 tis. tun kalu za rok.

Zajímavostí je nasazení jiného zdroje tepla – termoolejového kotle, který byl uvedeným dodavatelem vyvinut pro možnou instalaci přímo v areálu čistíren. Dosahuje vyšší bezpečnosti provozu a navíc při stejných rozměrech sušárny a záboru půdy, jaké dosahují sušárny s parními zdroji tepla, nabízí až 2,5krát vyšší vypařovací výkon.

Obrázek 55: Fotografie exteriéru a interiéru sušárny v Bewervijk (Nizozemí)



Obrázek 56: Typické schéma sušárny se zdrojem tepla v podobě termoolejového kotle (uplatněn v sušárně v nizozemském Susteren)



3.3.4 | Termické sušení kalů pro energetické využití v Německu

Německo patří spolu se Švýcarskem a Nizozemím k zemím, které dnes asi největší měrou termicky zneškodňují čistírenské kaly a tak v menší či větší míře využívají zbytkové energie, jež je v nich obsažena.

Dle průzkumu uskutečněného spolkovým Ministerstvem pro životní prostředí² bylo v roce 2001 termicky zneškodňováno necelých **23 %** produkovaného kalu (odpovídalo cca 555 tis. tunám sušiny). Zbývající množství kalu bylo ve velké míře využíváno materiálově (pro výrobu kompostu, jako stavební aj. materiál) a pouze jen velmi malá část (okolo 6 %) končila na skládkách.

Podíl termického zneškodnění a současného energetického využití přitom v dalších letech dále rostl (v roce 2004 činil okolo **40 %**), a to zejména díky rozšiřujícím se zpracovatelským kapacitám, které vznikaly ve velkých **uhelných elektrárnách**.³

Provozovatelé elektráren uskutečnili v druhé polovině devadesátých let min. století úspěšně několik testů, které prokázaly, že je možné bezpečně přidávat stabilizované odvodněné nebo i sušené kaly v několika procentech v poměru k celkové spotřebě paliva – v hnědém nebo i černém uhlí (vyjádřeno k sušině) bez negativního vlivu na emise či produkty spalování (popílek, sádrovec, struska).

A tak perspektiva získání dodatečných příjmů za zneškodnění kalu [⁴] a relativně malých nákladů na úpravu zdroje pro možné společné spalování kalů vhodných substancí spolu s hnědým příp. černým uhlím vedla ke strmému nárůstu kapacity i množství kalů takto zneškodňovaných. V roce 2007 tak bylo v SRN evidováno více než 25 elektráren o celkové kapacitě takřka **700 tis. tun ročně** (suš. kalů), v kterých bylo možné kal spoluspalovat.

Provozovatelé elektráren přitom uvádějí další možné zvýšení kapacity až na **1,4 mil. tun** za rok, což reprezentuje **70 (!) %** celkové produkce kalů z komunálních ČOV v Německu.

Spolu s dalšími spalovenskými provozy, jako jsou **dedikované spalovny kalu** (v roce 2007 jich bylo v Německu evidováno celkem 15 s mezní kapacitou cca 560 tis. tun suš. ročně vč. průmyslových spaloven, v kterých část kalu z městských ČOV rovněž končí), **spalovny směsného komunálního odpadu** (u deseti spaloven TKO byl přidáván kal v celkovém množství okolo 50 tis. tun suš./rok) a **cementárny**, by tak v budoucnu mohl být veškerý kal – bude-li to ekonomicky i společensky žádoucí – termicky zneškodňován.

² *Daten zur Anlagentechnik und zu den Standorten der thermischen Klärschlammmentsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. 3. überarbeitete Auflage. Umweltbundesamt. 8/2004.*

³ *Hanßen H.: Stand und Entwicklung der thermischen Klärschlammmentsorgung in Deutschland. KA – Abwasser. Abfall 2007 (54) Nr. 10.*

⁴ *V prvních letech byli provozovatelé elektráren ochotni akceptovat kaly v cenách 40-50 EUR na tunu sušiny kalu, v současnosti se tržní ceny pohybují na úrovni 60 až 90 EUR. Jedním z důvodů je skutečnost, že kaly nejsou (oproti ČR) považovány za biomasu a tak jejich využití nepřináší provozovatelům kromě určité úspory palivových nákladů žádný dodatečný ekonomický efekt (pokud by byla, bylo by možné ušetřit povolenky za vypouštění emisí CO2 a získat jistou bonifikaci za výrobu zelené elektřiny).*

Zatímco u dedikovaných spaloven bývá spalován surový kal, tj. neprošlý anaerobní fermentací, avšak zbavený částečně vlhkosti mechanicky příp. termicky (pro možné autarkní spalování je nutné u SSK zpravidla dosáhnout alespoň 35 % obsahu sušiny), u spaloven komunálního odpadu či elektráren jím bývá stabilizovaný kal, tj. např. po anaerobní fermentaci, opět mechanicky odvodněný a případně dále zbavený vlhkosti sušením.

Termické sušení kalu se přitom zdá být poměrně častým řešením, jak redukovat celkové množství produkovaného kalu. V rámci uvedeného průzkumu byla evidována více než sedmdesátka sušáren nejrozličnějšího typu (bubnové, diskové, fluidní). Vyšší míra sušiny kalu snižuje logistické nároky a rozšiřuje možnosti konečného využití kalu jako paliva.

Jednou z prvních elektráren, kde bylo spoluspalování kalů zavedeno, je elektrárna **Heilbronn** nacházející se ve spolkové zemi Baden-Württemberg.

Úvodní testy v této elektrárně byly provedeny v letech 1997/1998 a testováno bylo přidávání, jak odvodněných kalů o suš. 25-35 %, tak i kalů sušených (suš. 85-95 %). Na jejich základě bylo rozhodnuto v trvalém provozu dále spoluspalovat pouze odvodněné kaly. Níže s využitím ^[5] podrobněji představujeme nabyté zkušenosti.

Případová studie: Elektrárna Heilbronn

Tepelná elektrárna Heilbronn je jedním z hlavních elektrárenských provozů společnosti Energie Baden-Württemberg (EnBW), která je čtvrtým největším dodavatelem elektřiny v Německu. Poskytuje instalovaný el. výkon 760 MW.

Elektrárna je konstruována na spalování černého i hnědého uhlí v práškových kotlích. Dodávka uhlí se zajišťuje pomocí čtyř rotačních válcových mlýnů s celkovým výkonem přibližně 240 t/h při plném zatížení. Každý mlýn má kapacitu pro odpařování vody 10 tun vody za hodinu. Teplota v ohništi je 1 200°C. Vhodný materiál pro spalování se získává z širokého spektra černého uhlí z Německa a z dováženého hnědého uhlí.

Pro redukci znečišťujících látek ve spalinách je vybavena vícestupňovým čištěním spalin (elektrostatické odlučovače popílku, redukce NO_x metodou SCR a odsíření pomocí mokré vápencové vypírky).

Zpočátku byly provedeny zkoušky v provozním měřítku, během nichž bylo ve směsném režimu spolu s uhlím spáleno přibližně 3 700 tun jak suchých, tak odvodněných čistírenských kalů. Maximálně bylo k uhlí přidáno 4 % kalů vztaženo na sušinu (2% odvodněných kalů a 2 % sušených granulovaných kalů).

⁵⁾ Článek: *Wet sludge cake co-combustion: experience from case study at Heilbronn, Germany.* WATER 21. October 2000.

Zkoušky ukázaly, že směsné spalování nemá žádný vliv na kvalitu emisí ve srovnání se spalováním samotného uhlí. Vedlejší produkty elektrárny (jako při spalování uhlí) všechny splňovaly požadavky zákazníka.

Při úspěšném dokončení zkoušek byl počátkem r. 1998 udělen souhlas pro možnost trvalého spalování kalů, a to v množství až **40 tis. tun** (sušiny) čistírenských kalů za rok (tj. přibližně 20 tis. tun tepelně sušených kalů a 60 tis. tun strojně odvodněného čistírenského kalu).

Zpočátku se každý rok spalovalo přibližně 15 tis. tun suchých granulovaných kalů a 20 tis. tun kalového koláče, avšak kvůli obtížím při manipulaci se suchými kaly bylo nakonec rozhodnuto o trvalém spoluspalování pouze odvodněných kalů.

Zkušenosti se spoluspalováním odvodněných kalů:

Okamžitě po obdržení trvalého souhlasu byla zahájena instalace přijímací a dávkovací stanice. Blokové schéma přijímacího a dávkovacího zařízení kalu, nazývaného jako jednotka 7 (Unit 7), ukazuje obrázek níže.

Odvodněný kal je do areálu elektrárny dopravován kontejnerovými nákladními vozy.

Kal je vykládán do přijímacího zásobníku, který zakrývá elektronicky ovládané víko. Skladovací kapacita tohoto zásobníku je 70 m³. Mřížový kryt s velikostí ok 400 mm na vrchu zásobníku zabraňuje znečištění kalu cizím objemovým materiálem. Čistírenský kal se dopravuje pomocí posuvné skluzné podlahy a šroubu pro předběžné zhutnění do čerpadla na suspenze s maximálním průtokem 43 m³/h. Kalový koláč se do skladovacího sila dostává přes extraktor na cizorodé látky.

Obrázek 57: Vykládka kalu v elektrárně Heilbronn



Toto silo může dočasně skladovat 240 m³. Skladovací silo se skládá z posuvné skluzné podlahy, šroubového dopravníku pro předběžné zhutnění a čerpadla suspenze.

Kal se čerpá při maximálním tlaku 80 bar 150 m dlouhým potrubím do skladovacích nádob umístěných v kotelně. Maximální přepravní kapacita je přibližně 27 m³/h. Spojovací potrubí čistírenského kalu má dvě vstřikovací místa pro mazací prostředky, aby se minimalizovala tlaková ztráta. Část spojovacího potrubí je umístěna ve venkovním prostředí a je příslušným způsobem izolována a vybavena ohřívacím systémem, aby se předešlo jeho poškození mrazem.

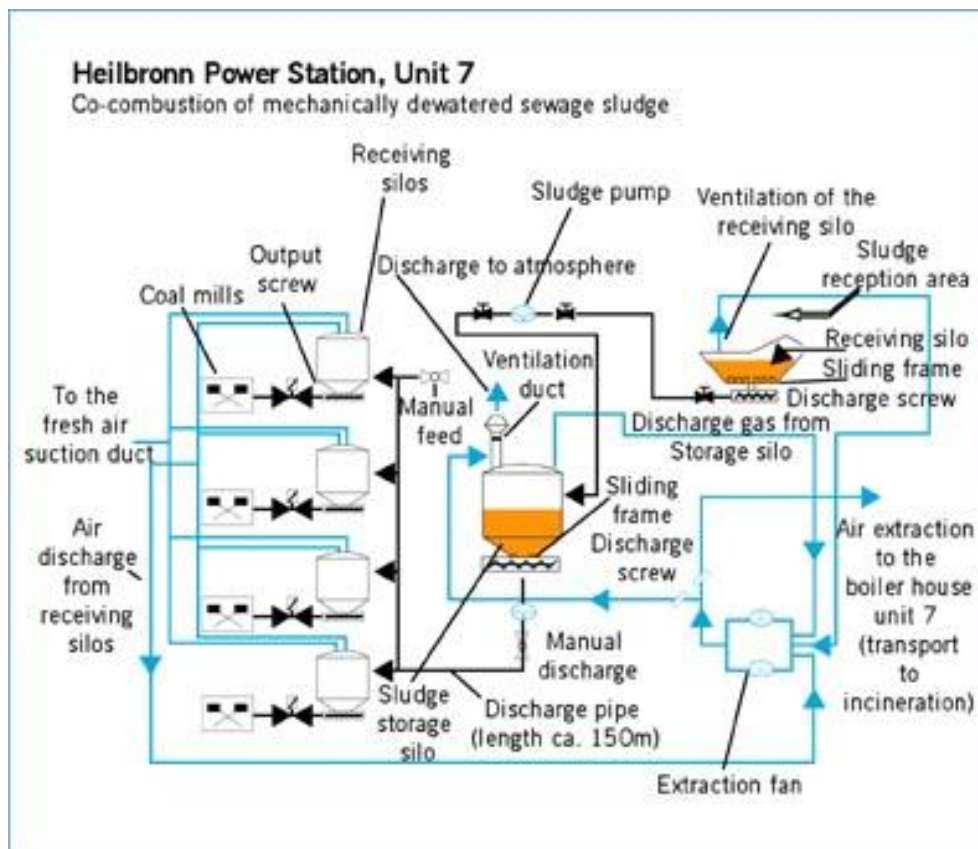
V kotelně se kal distribuuje otevřenými násypkami do čtyř zásobníků, každý o objemu 1,2 m³. Zásobníky se plní podle jejich kapacity pomocí časového ventilu a měření hloubky se provádí ultrazvukovou sondou. Šroubový podávач pod každým zásobníkem dávkuje kal do dopravní cesty uhlí těsně před vstupem do mlýna. Pneumatický posuvný ventil zastavuje dávkování čistírenského kalu např. během odstávky mlýna.

V mlýně dochází k redukci vlhkosti palivové směsi - každý mlýn má kapacitu pro odpaření vody 10 t/h, z níž 4t/h činí rezerva.

Každý zásobník a silo jsou připojeny na odsávání metanu, které vede do kanálu se sáním čerstvého vzduchu, když je jednotka v provozu nebo, když je mimo provoz, tak do malého komína připojeného ke skladovacímu silu. Samostatná plynová sonda měří obsah metanu v každém zásobníku. To umožňuje udržovat hladinu metanu pod hodnotou spodní meze výbušnosti. Celá jednotka je uzavřená pláštěm (takže nebyly žádné problémy se zápachem) a pouze prostor pro příjem/plnění čistírenského kalu se nachází venku mimo plášť.

Množství čistírenského kalu přidávané do spalovacích mlýnů se reguluje otáčkami rotačního plnicího ventilu tak, aby se dosáhlo požadované hodnoty. Obsluha může nastavit požadované množství čistírenského kalu, které je potřeba přidávat k uhlí (na stupnici od 0 do 4%), pomocí regulačního zařízení. Omezujícím faktorem je kontrolní teplota vzduchu, který opouští spalovací komoru. Tato teplota nesmí nikdy klesnout pod 80°C nebo sklouznout pod požadovanou hodnotu o více než 15°C. Optimální nastavení otáček šroubového dopravníku čistírenského kalu bylo stanoveno po analýze několika měření. Toto zařízení je plně automatizované a vybavené systémy řízení procesu. Ovládací jednotky jsou umístěny uvnitř skříní na jednotce 7. Výměna signálu s elektrárnou je zabezpečena pomocí nevyužívaných spojení.

Obrázek 58: Schéma dopravy a skladování kalu do mlýnů pro smíchání s uhlím



První provozní zkoušky proběhly bez významnějších problémů, pouze došlo ke krátkému přerušení provozu, když bylo potřeba vyčistit separátor/řezák suspenze. To se stalo v důsledku znečištění čistírenských kalů kameny, kusy dřeva, plasty, atd. Během počáteční fáze došlo k poškození zařízení po odstávce jednotek. To se stalo kvůli metanu, který se nahromadil ve 150 m dlouhém potrubí. Plyn se uvolnil při otevření časového ventilu a natekl do zásobníku. Koncentrace metanu téměř dosáhly doporučené limitní hodnoty (spodní mez výbušnosti). Příslušný sací a odvětrávací systém nebyl vybaven na přítomné množství metanu. Projekt původně počítal s vyhnílym čistírenským kalem, který uvolňuje jen minimální množství metanu. Ale v reálném provozu se vždy vyskytují dávky čistírenského kalu, který není zcela vyhnílý. Po instalaci dodatečných odtahových ventilátorů koncentrace metanu uvolňovaného z nádob nepřesáhla 50% hodnoty spodní meze výbušnosti.

Směsné spalování kalů nemá žádné záporné vlivy na provoz kotle a jednotek na čištění spalin. Nedochází k žádnému znečištění kotelný, přestože přidavek čistírenských kalů k uhlí snížil bod tání popele. Směsné spalování ovlivnilo jen provoz mlýnů. Mlýny mají omezené rezervy z hlediska vyprazdňování tuhých částic, a tudíž během běžného směsného spalování kalů je kontrolní teplota v mlýnech snížena ze 100°C na 85°C. Pokud je uhlí velmi vlhké, musí se přidavek kalů do směsného spalování snížit. Pokud celkový obsah vlhkosti ve směsi uhlí a kalů přesáhne 14%, je nutné od směsného spalování upustit. Avšak nízká kontrolní teplota má tu výhodu, že během odstávky zařízení na čistírenský kal není provoz mlýnů zastaven nad maximální kontrolní teplotou.

Zkušenosti se spalováním sušených kalů:

Tepelně sušený čistírenský kal byl dodáván do elektrárny nákladními vozy s nástavbou pro sypké hmoty nebo v obřích látkových vacích. Kompresor vozů na sypké hmoty žene pelety sušeného kalu do skladovacího sila tlakovým vzduchem, který se chladí na teplotu $< 60^{\circ}\text{C}$ v hadici a pomocí pevně napojeného potrubí uvnitř plnicí nádoby. Vzduch ženoucí čistírenský kal do nádob se odděluje filtrací a odvádí se ven ze zařízení přes rukávový filtr a filtr z aktivního uhlí, aby se minimalizoval zápach. Alternativně se čistírenský kal dodává v žocích typu „Big Bag“ na kontejnerových nákladních vozech.

Kontejner se sklopí a jeho výpust se připojí na plnicí spojení. Peletizovaný sušený kal se dopravuje šroubovým dopravníkem k rotačnímu ventilu, který funguje jako ochrana proti proniknutí plamene. Čistírenský kal se nasává pomocí odtahového ventilátoru do nádoby. Vzduch se čistí ve filtrech, ještě než je vypuštěn do venkovního prostředí. Čistírenský kal se odvádí z nádoby rotačním ventilem (který funguje jako ochrana proti proniknutí plamene) a dočasně se skladuje v silech, která mají kapacitu přibližně 20 m^3 po krátkou dobu. Celý systém, včetně sila, je schopen odolat tlaku asi 10 bar. Navíc je vybaven zařízením pro automatickou redukci dusíku, aby se snížilo riziko výbuchu. Dávkování uhelného dopravníku se rovněž reguluje rotačním ventilem. Hmotnostní tok hlavního proudu se stanoví pomocí vážního zařízení a je potom vysypán na běžící pás uhelného dopravníku. Směs se přepravuje společně s uhlím do skladovacího zásobníku v kotelně, který má kapacitu asi 600 m^3 .

Peletizovaný čistírenský kal se přidává k uhlí v nastavitelném poměru. Celkový hmotnostní tok (uhlí plus čistírenský kal) se stanoví vážním zařízením umístěným za místem nakládky na uhelném pásovém dopravníku. Množství granulí čistírenského kalu stanovené vážním zařízením se odečte od celkového hmotnostního toku, a tak se stanoví hmotnostní tok uhlí. Tyto údaje se používají pro ovládání otáček rotačního ventilu, takže granule čistírenského kalu se dají přimíchávat k uhlí v definovaném poměru (0,5 -4% sušiny v poměru k hmotnostnímu toku uhlí).

Od poloviny roku 1998 se ve směsném režimu spálilo přibližně 15 tis. tun tepelně sušených granulí čistírenského kalu. Značný problém nastal v důsledku tvorby prachu v místě nakládky na pásový dopravník během počáteční fáze nepřetržitého provozu. Tento problém se překonal instalací asi 10 - metrového prachotěsného rukávce a následně po přidání čtyř odtahových ventilátorů s periodicky samočištěnými filtry a povrchovými zvlhčovači, které dodávají jemnou vodní clonu uvnitř tohoto rukávce. Další obtíž se vyskytla v důsledku nárůstu prachu na cestě k uhelným zásobníkům (vzdálenost asi 250 m), protože kalové pelety byly přepravovány společně s uhlím. Ale zkrácení obvyklých čistících cyklů tento problém odstranilo. Během současného provozu nejsou žádné problémy, dokonce ani při mimořádně vysokých teplotách nebo při výskytu míst s vysokou teplotou ve skladovacím prostoru čistírenského kalu.

Popsaným menším obtížím by se dalo vyhnout, pokud by se dodržovaly parametry kvality granulí čistírenského kalu. Obecně pochází čistírenský kal pro směsné spalování z městské čistírny odpadních vod a vyhovuje doporučeným mezním hodnotám stanoveným legislativou pro odpadní a čistírenské kal. Navíc musí být udáno množství obsahu tuhých částic a vody v kalu, protože tyto faktory ovlivňují spalování. Avšak během provozu bylo zaznamenáno, že byly opakovaně dodávány dávky, které nevyhovovaly požadovaným technickým parametrům a následně působily přerušení provozu zařízení.

Ale jak bylo již dříve uvedeno, závod v Heilbronně nyní spaluje ve smíšeném režimu odvodněný kalový koláč v důsledku zbytečných obtíží spojených s manipulací se suchým kalem.

Vyhodnocení vlivů spoluspalování uhlí s kaly na emise:

Součástí zkoušek bylo i sledování možného vlivu spoluspalování odvodněného a sušeného čistírenského kalu na emise zneč. látek.

Tabulka níže ukazuje průměrné naměřené hodnoty, z nichž vyplývá, že přidávání kalů nemělo žádný vliv na hladinu emisí všech hlavních škodlivin z elektrárny.

Tabulka 6: Vliv smíšeného spalování uhlí s kalem na emise zneč. látek ve spalínách

Zneč. látka	Emisní limit pro uhelné elektrárny v SRN (mg/m ³)	Průměrné emise u elektrárny Heilbronn (mg/m ³)	
		Spalováno 100% uhlí	Spalováno 96% uhlí se 4 % čistírenských kalů ve smíšeném režimu
CO	150	3 – 10	4,7 – 8,5
SO ₂	400	80 – 270	175 – 270
NO _x	200	150 – 190	170 – 180
Prach	50	5 – 20	4,6 – 6,1
HF	10	1 – 3,4	1,5 – 2,5
HCl	90	0,6 – 7	0,7 – 2,3
Organický uhlík	-	1,0	0,3 – 1,3
Cd, Ti	-	< 0,005	< 0,005
Hg	-	0,3 – 12 (µg/m ³)	0,1 – 13 (µg/m ³)
Těžké kovy	-	< 0.075	< 0.075
Dioxiny/furany	-	< 5 (pg/m ³)	< 5 (pg/m ³)

3.3.5 | Využití bioplynu ve městě Bern

Švýcarské hlavní město je příkladem metropole, kde se myšlenka přechodu autobusové hromadné dopravy nejprve na stlačený zemní plyn (CNG) a pak biometan stává postupně skutečností. Díky účasti v evropském projektu **BIOGASMAX** se Bern spolu s několika dalšími významnými městy Evropy (např. Stockholm, Řím, Lille ad.) stal místem, v kterém je za podpory Evropské komise ze 6. rámcového programu tento koncept od roku 2007 v praktické realizaci. Projekt vznikl na základě dlouhodobé spolupráce uzavřené mezi třemi městskými organizacemi – integrovaným dodavatelem energie a vody společností **ewb** (Energie Wasser Bern), provozovatelem místní ČOV společností **Ara Region Bern AG** a operátorem městské hromadné dopravy **BERNMOBIL**.

Obrázek 59: Krajina v okolí Bernu



Výroba bioplynu

Zdrojem bioplynu je místní čistírna odpadních vod, která se nachází na severním předměstí Bernu (čtvrť Neubrück) podél toku řeky Aare. Čistírna byla uvedena do provozu v roce 1967 a zpracovává odpadní vody od asi 190 000 domácností. Ročně to reprezentuje více než 30 mil. m³. Produkovaný kal je hygienizován v anaerobních podmínkách při výrobě bioplynu. Jelikož stávající produkce bioplynu byla využívána pro výrobu elektřiny a tepla, bylo v souvislosti se záměrem využívat bioplyn jako motorové palivo rozhodnuto o rozšíření zpracovatelské kapacity a zahájení kofermentace čistírenských kalů s bioodpadem z místního potravinářského průmyslu, ze stravovacích provozů a z domácností. V roce 2008 již bylo zpracováno na **cca 30 tis. m³** různého bioodpadu. Díky tomu se mezi lety 2006 až 2008 zvýšila výroba bioplynu **o více než 20 %** a přesáhla poprvé hranici **50 GWh**. Rostoucí množství zpracovávaného kuchyňského bioodpadu si přitom zřejmě vynutí rozšíření fermentační kapacity výstavbou dalšího reaktoru. Od konce roku 2007 je část vyráběného bioplynu upravována na kvalitu zemního plynu pro možné použití jako motorového paliva v dopravě.

Úprava bioplynu na biometan

Výroba biometanu byla na ČOV zahájena na základě dlouhodobého smluvního vztahu uzavřeného mezi provozovatelem čistírny společností Ara Region Bern AG a odběratelem plynu společností EWB. Smlouva zavázala provozovatele čistírny zajistit výrobu dostatečného množství biometanu pro možný provoz autobusů MHD a společnost EWB zafinancovat z části výstavbu zařízení na úpravu bioplynu a nakupovat celou jeho produkční kapacitu (až **13 mil. kWh/rok**) za cenu zohledňující část nákladů vynaložených již na stavbu. Zařízení na úpravu bioplynu na kvalitu zemního plynu bylo uvedeno do provozu v říjnu 2007 a využívá technologii tlakově proměnné adsorbce **PSA**.

V roce 2008 bylo vyrobeno cca **1,5 mil. Nm³** biometanu, což odpovídá asi **10,3 GWh**. To reprezentuje asi **25 %** celkové produkce bioplynu na čistírně. Plyn splňuje požadavky příslušných technických předpisů (standard **SVGW G 13**) pro možnou dodávku do místní plynárenské sítě zemního plynu.

Využití v dopravě

Vyráběný biometan je v současnosti primárně využíván pro potřeby CNG autobusů místního operátora MHD společnosti BERNMOBIL. První busy na stlačený plyn byly uvedeny do provozu v roce 2006, a to právě v souvislosti s účastí v projektu BIOGASMAX. V rámci dlouhodobé smlouvy uzavřené se společností EWB byl sjednán závazek postupně do roku 2010 obnovit vozový park koupí celkem **70 autobusů na CNG**. Společnost EWB se zavázala, že vybuduje potřebnou infrastrukturu na plnění vozidel a zajistí dodávku potřebného množství paliva – zemního plynu resp. bioplynu. A také, že ze zvláštního firemního ekofondu zafinancuje vícenáklady na pořízení vozidel.

A tak v průběhu roku 2006 bylo nakoupeno prvních 32 busů a v roce 2007 pak dalších 13. Další třicítka vozidel má přibýt do roku 2010, čímž celkový počet dosáhne **70**. Končným cílem je, aby celý vozový park operátora MHD, což je **100** autobusů, jezdilo na stlačený plyn. V hlavním depu dopravního podniku byla vybudována více než **čtyřicítka míst pro pomalé plnění** a také dostatečná skladovací zásoba plynu. Společnost si obnovu parku ve prospěch vozidel na stlačený plyn nechala ověřit odbornou studií, dle níž právě biometan byl vyhodnocen jako ekologicky nejvýhodnější alternativa, která zajistí nejen redukci emisí běžných škodlivin, jako jsou tuhé látky, CO, NO_x, ale také i CO₂. Využití biometanu v dopravě je propagováno jak na vozidlech MHD, tak i v rámci marketingových aktivit partnerů. Díky tomu se rychle ve městě začal zvyšovat i počet osobních vozidel na stlačený plyn (mezi lety 2006 až 2008 se téměř ztrojnásobil – z **cca 330 na 950**). Napomáhá tomu i rostoucí počet plnicích stanic, který je dnes ve městě více než **10** z toho **8** veřejných (do roku 2011 jich má být ale veřejných již 11).

Obrázek 60: Autobus na CNG



Jiné využití bioplynu

Z celkové produkce bioplynu na ČOV je stále takřka **75 %** využíváno pro výrobu elektřiny a tepla. V areálu čistírny se nachází energocentrála, jejíž součástí je kogenerační jednotka o výkonu **600 kWe** a **670 kWt** a dva plynové kotle o celkovém tepelném výkonu **2,2 MWt**. Spalováním (neupravovaného) bioplynu v kogeneraci se ročně vyrobí přes **4,5 GWh** elektřiny, což reprezentuje **asi 30 %** celkové spotřeby čistírenského provozu. Teplo z kombinované výroby slouží pro krytí potřeby tepla fermentačního procesu, vytápění provozních budov a také z části pro sušení vyhnílého kalu. Právě na sušení vyhnílého kalu je dnes spotřebováváno **více než 20 %** produkovaného bioplynu (celkem asi 11GWh/rok). Hlavní potřebu tepla kryjí instalované plynové kotle. **Vysušený kal** je pak dodáván jako palivo do cementářské výroby a také do centrálního zdroje tepla městského systému dálkového vytápění.

Získané zkušenosti

Projekt po necelých třech letech své realizace je hodnocen jako velmi úspěšný. Vyskytly se sice některé technické problémy (např. časté malé provozní poruchy s CNG autobusy, které však neměly spojitost s plynovým zařízením), daří se je ale odstraňovat. Doprovodné marketingové aktivity (např. slevy na vybrané modely osobních vozidel na CNG) významně zvyšují zájem veřejnosti o vozidla na stlačený plyn – **a velmi tomu napomáhá právě dostupnost biometanu**, s nímž je možné jezdit opravdu ekologicky. Doprovodný cíl zvýšit za dobu trvání projektu BIO GASMAX (2006–2010) i počet osobních vozidel jezdících na CNG ve městě tak byl už na konci roku 2008 překročen **více než 6-tinásobně**. Bern tím patří v konsorciu tohoto projektu k nejúspěšnějším. Biometan vyráběný v čistírně ARA Bern dokonce získal na začátku roku 2009 zvláštní **ekoznačku** – jako potvrzení jeho výborných environmentálních parametrů. Každá kilowatthodina plynu dodaného do sítě tak bude podložena certifikátem původu a může být obchodována podobně jako certifikáty pro zelenou elektřinu, které jsou ve Švýcarsku velmi poptávané jak institucemi, tak i veřejností.

Hlavní údaje

Výrobní bioplynu ČOV Ara Region Bern AG	
Rok výstavby	1967
Produkce bioplynu	> 50 000 MWh/rok
Vstupní suroviny	čistírenské kaly, bioodpad z kuchyní a domácností
Výroba biometanu	
V provozu od r.	2008
Použitá technologie	PSA
Kapacita výroby biometanu	13 000 MWh/rok (odpovídá cca 200 Nm ³ /hod)
Způsob distribuce a využití	vtláčení do sítě zemního plynu, určen primárně jako palivo pro busy MHD, z menší části pro ostatní vozidla na CNG
Kontaktní údaje	www.biogasmax.eu , www.ewb.ch , www.ara-bern.ch , www.bernmobil.ch , www.novaenergie.ch

3.3.6 | Využití bioplynu ve městě Stockholm

Město Stockholm si vytyčilo ambiciózní cíl – stát se do roku 2050 městem, které nebude závislé na fosilních palivech. Dotýkat se to má i dopravy a právě úspěšně nastartované využívání bioplynu jako motorového paliva je dobrou ukázkou, že tento velký sen se může nakonec stát skutečností. Na biometan dnes ve městě jezdí téměř **čtyři tisíce vozidel** – od autobusů městské hromadné dopravy přes nákladní automobily na svoz odpadu a čištění ulic až po osobní vozidla. Současné výrobní kapacity bioplynu resp. biometanu již proto přestávají stačit a hledají se nové zdroje.

Výroba bioplynu

Poptávku po bioplynu kryjí v současnosti dvě výroby – **čistírny odpadních vod Bromma a Henriksdal**. Obě zařízení dříve bioplyn používala pro vytápění provozních budov, výrobu elektřiny případně jej dodávala do blízkého okolí (jelikož ve městě není vybudována síť zemního plynu), dnes jej z velké části upravují na potřebnou kvalitu k možnému využití jako motorové palivo. Ročně se v obou čistírnách při anaerobní stabilizaci čistírenského kalu vyprodukuje více než **85 000 MWh bioplynu**, z toho **více než 60 %** je využíváno pro výrobu biometanu pro dopravu. Prvním zařízením, které takto začalo bioplyn využívat, byla **ČOV Bromma**. Čistírna byla uvedena do provozu v roce 1936 a v současnosti zpracovává 130 000 m³ odpadních vod za den. Kal vznikající v procesu čištění (cca 12 tis. tun suš. za rok) je anaerobně stabilizován za produkce bioplynu. Roční výroba bioplynu dosahuje asi **21 000 MWh**. Kal je fermentován za mezofilních podmínek, doba zdržení je asi 20 dnů. Kapacita vyhnívacích reaktorů je 12 000 m³, v souvislosti s plánem kofermentovat spolu s kalem i jiné bioodpady však má být brzy rozšířena o dalších 6 000 m³ fermentační kapacity.

Druhé zařízení, **ČOV Henriksdal**, je vybudována podzemí a patří k největším svého druhu na světě. Čistírna je vybavena anaerobní kalovou koncovkou s mohutnou reaktorovou kapacitou (7 reaktorů o celkovém objemu téměř 40 tis. m³). Vedle kalu, kterého proces čištění generuje asi 27 tis. tun/rok (suš.), rovněž zpracovává jiné substráty – tuky z lapačů tuků (cca 25 tis. tun/rok) a malé množství bioodpadu z obchodů a restaurací (cca 2 tis. tun/rok). Díky nízkému obsahu sušiny činí nicméně podíl kalu v sázce 80 – 85 %. Kofermentací kalů s jinými bioodpady je dosahováno vysoké produkce bioplynu – v ročním souhrnu **65 000 MWh**. Vyhnilý kal je po odvodnění využíván materiálově – v případě ČOV Bromma je míchán s popílkem a ukládán jako skrývka na uzavřenou nedalekou skládku, zfermentovaný zbytek z ČOV Henriksdal pak pro rekultivaci bývalých dolů. Cílem je u obou zařízení optimalizací procesu fermentace a přidáváním dalších organických materiálů výrobu bioplynu dále zvyšovat.

Úprava bioplynu

Výroba biometanu z bioplynu byla na ČOV Bromma zahájena v roce 1996, kdy zde byla instalována pilotní jednotka zajišťující dostatek paliva pro několik prvních vozů na stlačený plyn. Po úspěšném začátku bylo rozhodnuto o výstavbě velkého provozu, který by byl schopen využít velkou část produkovaného bioplynu. Uveden byl do provozu v roce 2001 a pro úpravu bioplynu na biometan využívá technologii PSA. Kapacita zařízení činí **30 000 MWh** zpracovaného bioplynu ročně (odpovídá asi 600 Nm³/hod) a zatím je využívána asi ze 2/3. Na čistírně Henriksdal byla výroba biometanu zahájena v roce 2003. Instalována zde byla technologie tlakové vodní vypírky o max. kapacitě až

69 000 MWh/rok (tj. asi 1200 Nm³ bioplynu za hodinu), čímž se řadí zatím k největším nejen ve Švédsku, ale i na světě. V současnosti nicméně také nepracuje na stoprocentní výkon. Bioplyn resp. biometan by navíc v budoucnu měly vyrábět **další dva čistírenské provozy** (Lidingö – Käppala a Södertälje) společnosti Stockholm Vatten, která se ve městě stará o provoz vodohospodářské infrastruktury.

A také **nová bioplynová stanice** na zemědělské suroviny a bioodpad z potravinářských výrob, která má být vybudována společností Stockholm Gas AB u městské skládky v Huddinge. Stanice by do Stockholmu měla dodávat **až 100 000 MWh** bioplynu resp. biometanu prostřednictvím obnovené distribuční plynárenské sítě, kterou v minulosti proudil svítiplyn.

Využití v dopravě

Vyráběný biometan se ke konečným zákazníkům dostává několika způsoby. Ve městě je dnes v současnosti **více než desítka veřejných plnicích stanic**, které jsou, resp. do nedávna byly, zásobovány jen biometanem. Dvě plnicí stanice jsou přímým potrubním spojením spojeny s výrobny biometanu, ke zbývajícím se pak biometan dostává kontejnerovou dopravou. Zajišťuje ji společnost **Aga Gas**, která denně z obou čistíren na plnicí stanice ve městě dodává několik kontejnerů naplněných biometanem.

Obrázek 61: Plnicí stanice na biometan



Z ČOV Henriksdal je navíc biometan dodáván asi 2 kilometry dlouhým plynovodem do nedalekého autobusového depa místního provozovatele MHD společnosti SL. Zde je stlačen na 350 bar a plněn do autobusů. Společnost v roce 2008 provozovala asi **padesátku busů** na stlačený plyn a plánem bylo jejich počet do konce roku 2009 **rozšířit na 130**.

V případě ČOV Bromma je část biometanu dodávána přímým potrubím na veřejnou plnicí stanici nacházející se přímo u vjezdu do areálu, zbývajcí množství je pak komprimováno do plnicích láhví a kontejnerovou dopravou dodáváno na další plnicí stanice ve městě.

Na biometan nicméně také dnes ve městě jezdí **šedesát** svozových vozů odpadu a asi **čtyři tisícovky** různých užitkových vozů a osobních vozidel. Mezi nimi jsou jak vozy městských organizací, tak i

různých firem a samozřejmě i fyzických osob. Autobusy na biometan dnes jezdí v centru města či také na letišti. Na biometan se podařilo nalákat i vozidla taxislužby. V budoucnu by na biometan měla možná jezdit i lodní doprava ve městě.

Obrázek 62: Autobus na stlačený plyn



Rostoucí počet vozidel na stlačený plyn tak v posledních dvou letech způsobil potíže se zásobováním stanic biometanem. Část biometanu tak musela být dodávána z jiných výrobních zařízení v regionu a na některých plnicích stanicích musel být nedostatek paliva

zachraňován i zemním plynem. Zatímco se v roce 2005 prodalo asi **2,2 mil. Nm³** biometanu, v roce 2007 to již bylo přes **6 mil. Nm³**. V roce 2010 by objem prodaného biometanu na stanicích měl již přesáhnout hranici **10 mil. Nm³**. Dlouhodobou vizí je zvýšit výrobní kapacity bioplynu resp. biometanu až na více než **50 mil Nm³/rok** a rozšířit vozový park na více než **300** autobusů, **200** svozových vozů na odpad a **20 tis.** osobních a malých automobilů.

Jiné využití biometanu

Biometan si však nachází cestu i pro jiné využití. V současnosti je malá část upraveného bioplynu z jedné z čistíren dodávána asi 1 tis. domácnostím na předměstí Hammarby, které jej využívají pro vaření, díky započaté obnově plynárenské sítě, jež v minulosti dodávala svítiplyn, však v brzkém budoucnu bude spolu se zemním plynem biometan dostupný pro mnohem vyšší počet zákazníků.

Ekonomika a financování

Celkové náklady na stavbu úpraven bioplynu na ČOV Bromma a Henriksdal dosahovaly výše **134 mil. SEK**, což je v přepočtu asi **335 mil. Kč**. Většina investice byla kryta provozovatelem čistíren společností Stockholm Vatten, asi 20 % nákladů byla nicméně hrazena grantem poskytnutým z podpůrného programu LIP. Plnicí stanice pak byly vybudovány místními prodejci pohonných hmot, jako jsou společnosti Shell, Statoil, OK. Nákup vozidel na stlačený plyn je motivován úlevou na daních a tím, že biometan prodávaný na stanicích není zatížen spotřební daní čímž je asi o 10 % levnější než motorová nafta či benzín (v roce 2008 prodáván za průměrnou cenu asi **1,2 EUR/ Nm³**). Vozidla na stlačený plyn jsou (stejně jako vozidla na jiná biopaliva nebo alternativní pohon) pak při provozu dále zvýhodněna v rámci mýtného systému, který byl ve Stockholmu zaveden v roce 2005. A také možnosti bezplatného parkování v centru města.

Získané zkušenosti

Rozvoj využívání bioplynu v dopravě ve Stockholmu přinesl řadu zajímavých zkušeností. Ukázal, že úspěch je podmíněn spoluúčastí všech klíčových subjektů – od výrobce bioplynu, přes distributora až po konečné spotřebitele. Orgány města přitom hrají rozhodující roli – jako zpravidla (spolu)vlastníci těchto organizací mohou napomoci projekt prosadit a vytvořit mu posléze dobré podmínky pro další rozvoj. Zásadní je dobře definovaná dlouhodobá strategie.

Realizace úpraven na bioplyn proběhla dle naplánovaného harmonogramu, náklady však byly vyšší, než se původně předpokládalo. Další problémy se zpočátku vyskytly s plněním parametrů upraveného bioplynu, podařilo se je ale postupně odstranit. Dříve byly rovněž komplikace s dopravou neupraveného bioplynu plynovody, odstraněny byly až zavedením úpravy bioplynu na kvalitu dle předmětné normy.

Zkušenosti Stockholmu jsou tak velmi cenné – jak po stránce technické, tak i organizační. I proto se toto město rovněž zapojilo do projektu **BIOGASMAX** a patří v něm k jednomu z nejúspěšnějších.

Hlavní údaje

Výroba bioplynu	ČOV Henriksdal	ČOV Bromma
Rok výstavby	1934	1941
Produkce bioplynu	21 000 MWh/r	65 000 MWh/r
Vstupní suroviny	kaly z ČOV, tuky, potravinové odpady	
Výroba biometanu	ČOV Henriksdal	ČOV Bromma
V provozu od	1996,	2000 2002
Použitá technologie	PSA	tlaková vypírka vodou
Kapacita výroby biometanu	30 000 MWh/r	69 000 MWh/r
Způsob distribuce a využití	přímé zásobování plnicích stanic na CNG, využíván autobusy i ost. motorovými vozidly	
Kontaktní údaje	www.stockholmvatten.se, www.miljo.stockholm.se, www.aga.se	

3.3.7 | Využití bioplynu ve městě Lille

Communauté urbaine de Lille (CUDL) je metropolitní oblast severofrancouzského regionu Nord-Pas de Calais. Tvoří ji svazek více než osmi desítek měst a obcí majících dohromady více než milion obyvatel. Téměř pětina z nich přitom žije v hlavní metropoli – městu Lille.

Záměr využít bioplynu jako motorového paliva v dopravě zde vznikl na počátku 90. let minulého století. Prvotním impulsem k němu byl růst produkce bioplynu na městské čistírně odpadních vod **Marquette**, který již nemohl být smyslně využit v instalovaných kogeneračních jednotkách a musel být mařen na fléře. S cílem uskutečnit současně ekologizaci městské hromadné autobusové dopravy tak vznikl pilotní projekt, jehož podstatou bylo získávat z přebytků bioplynu, produkovaných na městské čistírně, dostatek paliva v podobě biometanu pro několik autobusů MHD. V roce 1994 se tak ve městě objevilo prvních devět busů s pohonem na stlačený (zemní) plyn a o rok později již jejich potřeby paliva začaly být částečně kryty biometanem.

Získané zkušenosti vedly v roce 1999 k politickému rozhodnutí, převést postupně celý autobusový vozový park provozovatele veřejné dopravy ve městě i jeho okolí společnosti Syndicat mixte des transports (SMT) na stlačený (zemní) plyn a zajistit pro něj v budoucnu dostatek paliva v podobě biometanu.

Obrázek 63: Vozový park SMT



Mezi lety 2000 až 2007 tak SMT i za pomoci evropského projektu TRENDSETTER postupně navýšilo počet autobusů jezdících na CNG na více než dvě stovky (více než polovina

vozového parku) a současně začala být intenzivně řešena otázka zajištění dalších zdrojů bioplynu resp. biometanu pro tyto autobusy.

Tím se nakonec na základě odborné studie stalo centrum pro nakládání s bioodpady **Sequedin**, které bioodpady, jež byly získávány ze separovaných sběrů od firem i občanů, původně využívalo pouze materiálově (kompostováním). Rozhodnutí o zhodnocení bioodpadů i po energetické stránce padlo v roce 2004 a o tři roky později již první biometan začal proudit do nedalekého autobusového depa, které bylo v blízkosti odpadového centra pro autobusy na CNG vybudováno.

Výroba bioplynu a jeho úprava na biometan

ČOV Marquette

Čistírna odpadních vod Marquette zahájila výrobu biometanu v roce 1995. Důvodem k tomu byl nadbytek bioplynu, který musel být do té doby díky limitovaným kapacitám kogeneračních jednotek bezúčelně mařen. Instalována zde byla absorpční technologie tlakové vypírky vodou a zajišťovala zpracování asi 3 tis. Nm³ surového bioplynu (obsah metanu 60 – 65 %) denně při produkci cca 1200 Nm³ upraveného bioplynu (obsah metanu 95 %). Rostoucí poptávka po biometanu vedla v roce 2004 k rozšíření výrobní kapacity na dvojnásobek, tj. asi 100 Nm³/hod biometanu, a to díky zavedení kofermentace čistírenského kalu s bioodpadem. Vyráběný biometan je komprimován na tlak 250 bar a uskladněn v zásobníku o objemu 4 m³ odkud je dle potřeby distribuován k plnicí stanici, která se nachází v blízkosti čistírny. Stanice je duální a při nedostatku biometanu dodává do vozidel (stlačený) zemní plyn. Výrobní kapacita biometanu postačuje pro provoz více než desítky busů MHD.

Centrum pro nakládání s bioodpady Sequedin

Zařízení zpracovává organické odpady získávané v rámci separovaných sběrů z domácností, stravovacích provozů, z údržby veřejné zeleně a potravinářského průmyslu z města i jeho blízkého okolí. Ročně se v něm prostřednictvím anaerobní fermentace zpracuje až 100 tis. tun bioodpadu při výrobě cca 35 tis. tun dále využitelného kompostu a více než 5 mil. Nm³ bioplynu o proměnném obsahu metanu 55 – 65 %.

Surový bioplyn je poté zbavován oxidu uhličitého a dalších nežádoucích příměsí. Podobně jako u ČOV Marquette byla k tomu zvolena technologie tlakové vypírky vodou (jmen. kapacita 2 x 600 Nm³/hod. surového bioplynu). Technologie tlakové vypírky vodou a doprovodná zařízení zajišťují vyčištění plynu na kvalitu potřebnou pro bezpečné využití ve spalovacích motorech (obsah CH₄ > 95 %, CO₂ < 2 %, rosný bod vody -20 °C při 250 barech). Výstupem je biometan, jenž je dodáván podzemním potrubím do blízko ležícího depa. V současnosti dosahuje produkce biometanu asi 3,6 mil. Nm³/rok, což je dostačující pro roční provoz asi sta CNG busů. V budoucnu by nicméně výroba bioplynu resp. biometanu měla krýt potřeby celého autobusového depa v Sequedin (tj. celkem 150 autobusů).

Nová ČOV Wattrelos – Grimonpont

V roce 2005 byla na severovýchodním předměstí Lille resp. blízko ležícího města Roubaix ve čtvrti Wattrelos uvedena do provozu nová čistírna odpadních vod Grimonpont, která má sloužit pro celkem 15 komunit departmentu Nord (asi 350 tis. ekviv. obyvatel). I ona bude sloužit pro výrobu bioplynu

resp. biometanu a měla by zajišťovat podobně jako zařízení v Sequedin dostatek bioplynu – biometanu pro celé jedno depo čítající 150 autobusů na CNG, které bylo v roce 2008 v blízkosti čistírny vybudováno.

Využití v dopravě

Již od svého počátku je vyráběný biometan využíván autobusy MHD. V první fázi byla produkce biometanu na čistírně v Marquette dostačující jen pro několik autobusů. Velkým zlomem byl rok 1999, kdy padlo rozhodnutí významně rozšířit vozový park autobusy na CNG a navýšit výrobní kapacity bioplynu resp. biometanu. Díky němu došlo k postupnému navyšování počtu autobusů na stlačený (zemní) plyn tak, že na konci roku 2008 bylo v provozu již téměř tři sta vozidel, z nichž minimálně 30 – 40 % skutečně jezdilo pouze na biometan. Autobusy na plyn resp. CNG jsou dnes garážovány ve třech depech. Nejstarším je Villeneuve d 'Ascq, v jehož areálu je 120 autobusů na CNG obsluhovaných plnicí stanicí o kapacitě 2000 Nm³/hod (zásobována však jen zemním plynem).

Obrázek 64: Autobus MHD na biometan



Od roku 2006 je pak v provozu také depo ve čtvrti Sequedin se 150 autobusy na CNG, z nichž více než 2/3 jsou již zásobovány biometanem z blízko ležícího stejnojmenného centra na organické bioodpady (kapacita plnění je zde až 1500 Nm³/hod). Zatím poslední autobusová garáž na CNG busy byla uvedena do provozu v roce 2008 nedaleko nové ČOV ve Wattrelos – opět by měla postupně sloužit až pro 150 autobusů, které by měly být zásobovány plně biometanem prostřednictvím plnicí stanice o kapacitě až 8 tis. Nm³/hod. Cílem SMT je přitom provozovat v budoucnu jen autobusy na stlačený (zemní) plyn – to by při očekávaném dalším rozvoji mělo znamenat asi 400 vozidel – s tím, že by byly z velké části či zcela byly zásobovány pouze biometanem.

Biometan by v blízké budoucnosti měla ale také využívat svozová vozidla na odpad. Provozovatel městského systému nakládání s odpady ESTERRA již úspěšně otestoval jejich možné nasazení a plánuje do roku 2013 rozšířit jejich počet až na 70 kusů. Další vozidla na CNG resp. biometan by měla rovněž přibýt v souvislosti se závazkem samosprávy města ekologizovat třetinu služebních vozidel tvořených dnes osobními automobily na konvenční paliva (benzin nebo diesel).

Jiné využití biometanu

Kromě současného využití bioplynu resp. biometanu pro přímé zásobování autobusových dep s autobusy na CNG je záměrem dodávat vyráběný biometan i do distribuční sítě zemního plynu. Díky tomu by pak biometan mohl být využíván širším okruhem zákazníků. Na realizaci tohoto záměru se podílí společnost Gaz de France, bližší informace však zatím nebyly uveřejněny.

Ekonomika a financování

Jelikož město Lille je jakýmsi evropským průkopníkem využití bioplynu v dopravě, veškeré doposud uskutečněné aktivity vznikly kombinovaným financováním z vlastních prostředků města či městských organizací a z různých evropských, národních i regionálních podpůrných programů. Výstavba zařízení na výrobu biometanu na ČOV Marquette a pořízení několika autobusů na CNG si vyžádalo celkem několik milionů EUR a bylo z části podpořeno programem EU pro vědu a výzkum Thermie, francouzskou národní energetickou agenturou ADEME a Regionálním koncillem North Pas du Calais. Investiční náklady na výstavbu odpadového centra vč. bioplynové stanice a garážového depa v oblasti Sequedin činily pak celkem 90 mil. EUR (výstavba centra stála 70 mil. EUR, depa pak 20 mil. EUR) a část nákladů byla financována projektem TRENDSETTER, do nějž se město zapojilo a který byl podpořen z 5. rámcového programu EU pro vědu a výzkum. Zatím poslední fáze, tj. rozšíření počtu autobusů na stlačený (zemní) plyn a výstavba další potřebné infrastruktury pro výrobu biometanu na ČOV Wattreloss a jeho plnění do autobusů v místě si vyžádá další významné investice, na jejichž částečném financování se bude podílet tentokrát projekt BIOGASMAX, kterého se město v současnosti účastní a který byl podpořen z 6. rámcového programu EU. Financování a provoz výroby biometanu je přitom ideově koncipován tak, aby provozovateli autobusové MHD byl biometan dodáván ve stejné ceně, za jakou musí jinak nakupovat zemní plyn (aktuálně okolo 0,025 EUR/kWh).

Získané zkušenosti

Zkušenosti, které byly od počátku až do současnosti získány, jsou v případě Lille mimořádné. Ať už po technické stránce výroby biometanu a jeho dodávky do vozidel, tak i po stránce organizační a ekonomické. Zapojení do evropských podpůrných programů se ukázalo jako klíčový prostředek pro definici jasné strategie rozvoje a pro získání partnerů, se kterými bylo možné celý záměr realizovat. Propojení veřejných služeb v oblasti čištění odpadních vod, nakládání s (bio)odpady a veřejné dopravy přináší nakonec obyvatelům města čistší prostředí ve městě a méně hluku. V rozsahu a způsobem, který je zatím v Evropě výjimečným. Město chce však jít dál a hodlá v budoucnosti pro bioplyn respektive biometan hledat i další možnosti využití než jen v dopravě.

Hlavní údaje

Bioplynová stanice	ČOV Marquette	BPS Sequedin
Rok výstavby	< 2007	2007
Produkce bioplynu	750 Nm ³ /h	700 Nm ³ /h
Vstupní suroviny	kaly ČOV za přídavku bioodpadů	komunální bioodpady (100 tis. tun/rok)
Výroba biometanu		
V provozu od r.	2007	2007
Použitá technologie	tlaková vypírka vodou	tlaková vypírka vodou
Kapacita výroby biometanu	100 Nm ³ /h	480 Nm ³ /h
Způsob distribuce a využití	přímé zásobování plnicích stanic, využito primárně autobusy MHD, v budoucnu i jinými typy vozidel na CNG (odpadářské vozy, osobní automobily)	
Kontaktní údaje	www.cudl-lille.fr, www.biogasmax.eu	

SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A ZKRATEK

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Parametry energetických systémů (Zdroj: ewz).....	37
Tabulka 2:	Statistiky produkce a termické úpravy a konečného zneškodnění v členění na jednotlivé oblasti kantonu Bern (stav v roce 2006)	47
Tabulka 3:	Bilance hlavních energ. vstupů a výstupů v ČOV ARA Bern v roce 2008	49
Tabulka 4:	Bilance výroby a spotřeby elektřiny v ČOV ARA Bern v roce 2008	49
Tabulka 5:	Bilance výroby a spotřeby bioplynu v roce 2008	49
Tabulka 6:	Vliv směsného spalování uhlí s kalem na emise zneč. látek ve spalínách.....	60

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Hodnotící osy projektu Smart Cities Ranking	5
Obrázek 2:	Letecký pohled na Londýn.....	10
Obrázek 3:	Newham University Hospital.....	11
Obrázek 4:	Sídlo BEA.....	12
Obrázek 5:	Budova Německé opery v Berlíně	12
Obrázek 6:	Hammarby Sjostad před revitalizací	13
Obrázek 7:	Hammarby Sjostad po revitalizaci.....	13
Obrázek 8:	Letecký pohled na Hammarby Sjostad.....	14
Obrázek 9:	Letecký pohled na HafenCity.....	14
Obrázek 10:	HafenCity po revitalizaci.....	15
Obrázek 11:	Letecký pohled na Tokio.....	16
Obrázek 12:	Rozdělení podzemních staveb typu tunelů dle míry využitelných tepelných zisků (Zdroj: ARUP)	18
Obrázek 13:	Schéma využití tepla získaného z konstrukce podzemního tunelu Lainzer	19

Obrázek 14:	Simulace energetické bilance (vytápění, chlazení) v průběhu roku pro stanici U2/1 Schottenring	20
Obrázek 15:	Vlevo - Mapa rozšíření trasy U2, červeně vyznačeny stanice, v nichž se využívá geotermální energie; vpravo - záběr na kolektory položené do betonových základů stanic	20
Obrázek 16:	Nahoře vlevo - Kolektor v základové desce; nahoře vpravo - instalace kolektoru do ocelové výztuže pilotů; dole – řez typickým provedením stanice	21
Obrázek 17:	Nahoře – trasa nově budované železnice, dole - detail části trasy, která bude osazena kolektorem a rovněž místa propojovacího vrtu a konečného místa umístění tepelného čerpadla	22
Obrázek 18:	Ukázka segmentů, ze kterých je tunel s integrovanými kolektory tvořen	22
Obrázek 19:	Fotografie výztuže segmentů s kolektorovými trubkami	23
Obrázek 20:	Fotografie přístupového místa do tunelu (vrtu) a poté vedení primárního okruhu ve výkopu do místa instalace tepelného čerpadla (sídla Jenbach utility)	23
Obrázek 21:	Foto stanice Rambuteau	24
Obrázek 22:	Schéma systému – maximální výkony a roční bilance pro chlazení a vytápění s využitím TČ a přímé vytápění	25
Obrázek 23:	Schéma systému kolektorů; spouštění vrtací techniky do podzemí; technická místnost s oběhovými čerpadly, sběrači a rozdělovači smyček kolektorů	25
Obrázek 24:	Průměrná teplota v prostředí stanic metra v závislosti na venkovní teplotě prostředí	26
Obrázek 25:	Vizualizace navržené tzv. staniční vzduchotechnické jednotky (výměník vzduch/voda) zajišťující dochlazování prostor metra.	26
Obrázek 26:	Možnosti provedení kolektoru/tepelného výměníku ve ventilační šachtě; výslednou volbu ovlivňují mimo jiné i místní provozní či legislativní předpisy	27
Obrázek 27:	Vlevo: Teploty odpadních vod na vstupu do ČOV (Zurich), Vpravo: Denní rozdíly teplot odpadních vod vstupujících a vystupujících z ČOV (Zurich)(Zdroj: EAWAG 2006)	28
Obrázek 28:	Principiální možnosti využití energie odpadních vod (Zdroj: SwissEnergy 2005)	29
Obrázek 29:	Instalace s výměníkem tepla na dně kanalizační stoky (Zdroj: SwissEnergy 2005)	30
Obrázek 30:	Instalace s externím výměníkem tepla a čerpáním filtrované odpadní vody (Zdroj: Huber CS)	30
Obrázek 31:	Vlevo: Schéma hlavní kanalizační sítě v Oslu; Vpravo: technická specifikace TČ (Zdroj: Friothersm)	31

Obrázek 32:	Vlevo: Podzemní instalace tepelných čerpadel pro využití odpadních vod, Sandvika, Oslo; Vpravo: potrubí centrálního zásobování tepla a chladu (Zdroj: Friotherm)	32
Obrázek 33:	Vlevo: Instalace výměníku tepla na dně kanalizační stoky z Wässerwiesenu; Vpravo: obytná zástavby čtvrti Wässerwiesen (Zdroj: EBM)	32
Obrázek 34:	Vlevo decentralní systém výroby tepla z vyčištěné odpadní vody, vpravo centrální systém (Zdroj: Felix Schmid, SwissEnergy).....	33
Obrázek 35:	Technická data stanice Katri Valan (Zdroj: Friotherm).....	34
Obrázek 36:	Výměník tepla v ČOV v Bernu (Zdroj: Huber CS)	34
Obrázek 37:	Zjednodušené schéma funkce systému CZT a centrálního zásobování chladem ze stanice Katri Valan (Zdroj: Friotherm).....	35
Obrázek 38:	Schematické znázornění energetické sítě ve městě Schlieren (Zdroj: ewz)	36
Obrázek 39:	Koncept vytápění a chlazení ve městě Schlieren (Zdroj: ewz)	36
Obrázek 40:	Vlevo: Energetická bilance systému Vpravo: Energetická bilance potenciálního konvenčního energetického systému (Zdroj: ewz)	37
Obrázek 42:	Principiální schéma dálkového chladicího systému	38
Obrázek 43:	Centrální chladicí systémy v Paříži	39
Obrázek 44:	Chl. centrum Place du Canada	40
Obrázek 45:	Nárůst využití systému dálkového chlazení v Paříži	40
Obrázek 46:	Principiální schéma přímého chlazení.....	41
Obrázek 47:	Konstrukce nasávacího prvku a čerpací stanice Serono	41
Obrázek 48:	Schéma sítě rozvodu jezerní vody	42
Obrázek 49:	Typické napojení jezerní vody na chladicí systém budovy pro přímé chlazení.....	42
Obrázek 50:	Varianta napojení jezerní vody na chladicí systém budovy včetně chlazení kondenzátorů	43
Obrázek 51:	Vývoj v produkci čistírenských kalů a způsobu jejich zneškodnění mezi lety 1997 až 2006 (vpravo jen zobrazen rok 2006, KVA označuje dedikované spalovny na kal, SVA spalovny komunálního odpadu).....	46
Obrázek 52:	Systém nakládání s kaly v regionu Bern s vyznačením míst sušení kalu a jeho konečného zneškodnění (stav v roce 2006).....	46
Obrázek 53:	Oblasti napojené na ČOV Bern	47

Obrázek 54:	Vývoj v produkci sušeného kalu na ČOV ARA Bern v letech 2004 až 2008	48
Obrázek 55:	Energetická bilance ČOV Ara Bern za rok 2008 (v podobě Sankeyova diagramu)	50
Obrázek 56:	Fotografie exteriéru a interiéru sušárny v Bewervijk (Nizozemí)	52
Obrázek 57:	Typické schéma sušárny se zdrojem tepla v podobě termoolejového kotle (uplatněn v sušárně v nizozemském Susteren)	53
Obrázek 58:	Vykládka kalu v elektrárně Heilbronn	56
Obrázek 59:	Schéma dopravy a skladování kalu do mlýnů pro smíchání s uhlím	58
Obrázek 60:	Krajina v okolí Bernu	61
Obrázek 61:	Autobus na CNG	62
Obrázek 62:	Plnicí stanice na biometan	65
Obrázek 63:	Autobus na stlačený plyn	65
Obrázek 64:	Vozový park SMT	67
Obrázek 65:	Autobus MHD na biometan	69

Seznam zkratek

APUEK	akční plán územní energetické koncepce
AZE	alternativní zdroje energie
ATEM	ATEM - Ateliér ekologických modelů, s. r. o.
INTER	automatizované klimatické stanice
AIM	automatizovaný imisní monitoring
BRKO	biologicky rozložitelná část komunálního odpadu
BRO	biologicky rozložitelný odpad
BPS	bioplynová stanice
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CZT	centrální zásobování teplem
CDV	Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
COP	topný faktor (z angl. <i>Coefficient Of Performance</i>)
ČSVE	Česká společnost pro větrnou energii
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSÚ	Český statistický úřad
DCF	diskontovaný cash-flow
DPP	Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
EMĚ	Elektrárna Mělník
GHG	emise skleníkových plynů

EK	energetická koncepce
ERÚ	Energetický regulační úřad
EŠOB	energetický štítek obálky budovy
EC	energetický kontrakt (z angl. <i>Energy Contracting</i>)
EPC	metoda realizace energeticky úsporných opatření s garantovaným výsledkem (z angl. <i>Energy Performance Contracting</i>)
ESCO	poskytovatel energetických služeb (z angl. <i>Energy Services Company</i>)
EGS	pokročilý geotermální systém (z angl. <i>Edvanced Geothermal System</i>)
EPS	expandovaný polystyren
XPS	extrudovaný polystyren
FVE	fotovoltaická elektrárna
GIS	geografický informační systém
GTE	geotermální elektrárna
HPKJ	hlavní půdně klimatická jednotka
HPJ	hlavní půdní jednotka
HD	hospodařící domácnost
HDR	suché teplo hornin (z angl. <i>Hot Dry Rock</i>)
IT	informační technologie (z angl. <i>Information Technology</i>)
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečištění (z angl. <i>Integrated Pollution Prevention and Control</i>)
JI	flexibilní mechanismus společné implementace (z angl. <i>Joint Implementation</i>)
NACE	klasifikace ekonomických činností
KR	klimatické regiony
KGJ	kogenerační jednotka
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
KCE	konstrukce
KZS	kontaktní zateplovací systém
KÚ	Krajský úřad
LPIS	Systém identifikace zemědělských parcel (z angl. <i>Land Parcel Identification System</i>)
LTO	lehký topný olej
LHP	lesní hospodářské plány
MHMP	Magistrát hl. m. Prahy
MVE	malá vodní elektrárna
MSJ	malé spalovací jednotky výkon 5 – 50 kW
MO	maloodběr elektřiny
MOO	maloodběr elektřiny obyvatelstvo
MOP	maloodběr elektřiny podnikatelé
VAS	metoda pro simulaci a tvorbu větrné mapy
MW(h)	megawatt(hodiny)
NP	nadzemní podlaží
BAT	nejlepší dostupná technika (z angl. <i>Best Available Technology</i>)
NPV	čistá současná hodnota (z angl. <i>Net Present Value</i>)
NN	nízké napětí (do 1 kV)
NERD	nízkoenergetický rodinný dům
NT	nízký tarif

NTL	nízký tlak (pro plynovodní potrubí)
OZE	obnovitelné zdroje energie
OP	operační program
ORC	organický Rankinův cyklus (z angl. <i>Organic Rankine Cycle</i>)
PE	parní elektrárny
PPS	pěnový polystyren
PP	podzemní podlaží
PÚR	politika územního rozvoje
PRE	Pražská energetika, a. s.
PID	Pražská integrovaná doprava
PPD	Pražská plynárenská Distribuce, a. s.
PT	Pražská teplárenská a.s.
PTS	Pražská teplárenská soustava
PS	Pražské služby, a. s.
PVS	Pražská vodohospodářská společnost a. s.
PREdi	PREdistribuce, a. s.
PEZ	primární energetické zdroje
NZÚ	Program Nová zelená úsporám
PD	projektová dokumentace/pasivní dům
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší
RD	rodinný dům
RRD	rychle rostoucí dřeviny
SKO	směsný komunální odpad
SLT	soubor lesních typů
CNG	stlačený zemní plyn (z angl. <i>Compressed Natural Gas</i>)
SET	strategické energetické technologie (z angl. <i>Strategic Energy Technology</i>)
SSJ	střední spalovací jednotky výkon 50 – 200 kW
SCZT	systém centrálního zásobování teplem
SEK ČR	Státní energetická koncepce České republiky
TSK	Technická správa komunikací hlavního města Prahy
TZB	technické zařízení budov
TI	tepelná izolace
TČ	tepelné čerpadlo
TV	teplá voda
TMA	Teplárna Malešice
TMI	Teplárna Michle
TCO	celkové náklady za dobu vlastnictví, resp. životnosti (z angl. <i>Total Costs of Ownership</i>)
TTP	trvalé travní porosty
TKO	tuhý komunální odpad
UDI	Ústav dopravního inženýrství hl. m. Prahy
ÚFA	Ústav fyziky atmosféry AV ČR
ÚČOV	Ústřední čistírna odpadních vod v Praze
ÚT	ústřední vytápění

ÚPD	územně plánovací dokumentace
UEK	územní energetická koncepce
VSI	velké spalovací jednotky (výkon nad 200 kW)
VO	velkoodběr elektřiny
VVN	velmi vysoké napětí (nad 52 kV)
VN	vysoké napětí (od 1 kV do 52 kV)
VT	vysoký tarif
VTL	vysoký tlak (pro plynovodní potrubí)
VVTL	velmi vysoký tlak (pro plynovodní potrubí)
VYT	vytápění
VÚKOZ	Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.
VÚZT	Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.
VZT	vzduchotechnika
ZEVO	zařízení na energetické využití odpadu
ZT	zdroj tepla
ZP	zemní plyn