

Passiv gjenvinning av varme fra avløpsvann.

Vegard Heide

Essay i faget Concepts and strategies in Sustainable Architecture
NTNU Nov 2010.

Sammendrag

Studie av faglitteratur og produsenters nettsider viser at teknologien for å gjenvinne varme fra avløpsvann har kommet langt allerede. I Kanada, USA og Nederland er tusenvis av gjenvinnere i drift allerede. I USA er "Gravity Film heat exchanger (GFX)" den vanligste typen. Denne består av en spiral av tynne kobberør som er tvinna rundt et avløpsrør i samme materiale og lodda mer eller mindre fast. Avløpsvannet går ned i midten og kaldvannet forvarmes motstrøms i røra på utsida. Den Nederlandske typen ligner, men her er det et dobbelt rør, der kaldvannet går oppover i mellomrommet. Måling dokumenterer at disse varmevekslerne har en virkningsgrad på 40-70%, men er bare effektive når det tappes varmvann samtidig som det går varmt avløpsvann ned avløpet (dusjing). Det fins også flate varmevekslere som monteres under dusj eller dusjkabinett. I løpet av et år vil man spare 10 - 45% av den totale energien som brukes til vannoppvarming. Dette vil innebære nedbetalingstid på 3-10 år. Systemene er enkle, robuste og tilnærma vedlikeholdsfrie.

"Avlopsvarmevekslere av den här typen borde som standard finnas inbyggda i alla duschkabiner", uttalte Roland Jonsson, energieksperter i HSB Riksförbundet etter å ha testa en slik varmeveksler.

Innhold

Sammendrag

Innledning

Metode

Oversikt over ulike tekniske løsninger:

Med lager-tank

Simultan-virkende

GFX-typen (Gravity Film heat eXchanger).

Platevarmevekslere

Sildre-varmevekslere (direkte i eller under dusjen)

Tilkobling, systemoppbygging

Balanced flow

Hvilke avløp kobles til gjenvinneren og hvor skal det forvarma kaldvatnet?

Virkningsgrad

Temp.virkningsgrad, systemvirkningsgrad, gjenvinningsgrad

Virkningsgrad varmeveksler

Tap i avløpsrør før gjenvinner

Tap i starten av tapping

Årsvirkningsgrad, gjenvinningsgrad over året.

Svenske felt-målinger

Temperatur på inntaksvannet

Kombinasjon med solfanger

Tilstopping, begroing, vedlikehold

Trykktap

Helsefare

Lekkasje fra avløp til drikkevatt.

Legionella

Tungmetaller

Forbruk / potensiale

Lønnsomhet / nedbetalingstid

Tilskudd

Organisasjon

Prosjekter og målinger i Norge

Konklusjon

Referanser

Innledning

Det går med mye energi til oppvarming av varmt tappevann. Denne andelen vil øke relativt, etter hvert som bygninger blir bedre og bedre isolert og elektrisk utstyr blir mer energieffektivt. Derfor er det interessant å se på løsninger for å redusere denne delen av energiforbruket. Her har gjenvinning av varme fra avløpsvann et stort potensial.

Termodynamisk sett er dette kjente prinsipper, å overføre varmen fra utgående til inngående vann med varmevekslere. Utfordringen er å gjøre det på en effektiv, driftsikker og lønnsom måte. Av en eller annen grunn har det vært fokusert lite på disse mulighetene i Norge. De lave strømprisene er nok en del av årsaken, men er neppe hele forklaringa. I mange passivhus har en gjerne økt isolasjonen i taket opp til 50 cm for å redusere energi-lekkasjen, men pussig nok uten å gjøre noe for å redusere energi-lekkasjen ned i avløpet.

Dette er et forsøk på å gi en oversikt over teknologien som fins i dag, både konkrete varmevekslere og systemløsninger. I dette inngår drøfting av noen aktuelle problemstillinger og muligheter.

Jeg begrenser meg til passive systemer, dvs. uten bevegelige deler, pumper og varmpumper. Jeg vil i hovedsak fokusere på løsninger for eneboliger fordi det har skjedd minst på det området, og delvis for å begrense oppgaven. Dette dreier seg om enkle, små varmevekslere som tar varme fra avløpsvann og overfører til forvarming av varmt tappevann eller til kaldtvannet i dusj og andre kraner.

Metode

Oppgaven er i hovedsak basert på litteraturstudier. Det var lite info å finne i det etablerte fagmiljøet, derfor ble søking på internett løsningen. Mangel på kjennskap til fagterminologi i andre land var et problem: wastewater, drainwater, greywater, spillvatten, gråvatten, spildevann osv. Google Scholar viste seg å være det mest effektive for å leite opp publikasjoner om dette temaet.

Det meste som er gjort på dette feltet har skjedd såpass seint at det er elektronisk tilgjengelig. Det har vært en stor fordel med den korte tida tilgjengelig.

Det virker som om utviklinga har vært drevet vel så mye av kreative enkeltpersoner og kommersielle aktører, som av vitenskapelig personale (institusjonelt baserte fagfolk) og dermed er mye viktig informasjon å finne hos produsenter av gjenvinnere. Siden denne informasjon kan være svært subjektiv må den absolutt vurderes kritisk.

Oversikt over ulike tekniske løsninger:

Med lager-tank

Norske OSO har utvikla en gjenvinner (ES120) der gråvannet ledes til en tank på 120 liter. Oppi tanken er det en spiral av rustfri duplex stålrør der kaldvannet forvarmes. Det er en viss motstrøms-effekt, kaldvannet går nedenfra og opp, og gråvannet kommer inn oppe. Og de hevder det blir god temperaturskifting (David Zijdemans, pers. med.) Tanken er isolert. Denne ble opprinnelig utvikla på 70-tallet, da var det ikke noe marked for slike, men nå er den satt i produksjon igjen.

På New Zealand er det utvikla en liknende tank med varmeveksler, beregna på store melkings-anlegg. Her brukes store mengder (2-400 liter) vann på 80 grader en gang i

døgnet. Tanken er stor nok til å samle opp alt gråvannet og inneholder varmevekslere i spesielle sylindere. Når tanken er fylt med varmt gråvann blir kaldvann sirkulert for forvarming i 45 minutter. Før spylinga tar til neste dag tømmes tanken helt. Denne fører til 30% reduksjon i strømforbruket til vannoppvarming (Energy Efficiency and Conservation Authority, 2007).

(Det skal visstnok også være noen systemer i USA der gråvannet renner gjennom en varmeveksler i en tank med reint vann og avgir varme. Kaldt vann til berederen forvarmes i en annen spole inni tanken. Systemet skal visstnok være utformet slik at det ikke mister særlig mye lagret energi når kaldt avløpsvann går gjennom systemet, men kan være utsatt for groing).

Simultan-virkende (effektive bare når det tappes varmtvann samtidig som man slipper ut varmtvann)

GFX-typen (Gravity Film heat eXchanger).

Disse motstrøms varmevekslerne består av en spiral av tynne kobberør som tvinna rundt et avløpsrør i samme materiale og lodda mer eller mindre fast. Her utnyttes vannets evne til å klistre seg til veggen, og dermed få god kontakt med hele røroverflata, derav navnet "gravity film". Kaldvannet som forvarmes går oppover på utsida (motstrøms). Denne typen er utvikla i USA og er mye brukt i Kanada og USA. Disse produseres i ulike lengder og dimensjoner som standardenheter som erstatter en seksjon av det vanlige avløpsrøret. Det er viktig at de monteres helt loddrett. Spiralløra er mer eller mindre flatklemt / firkanta. Disse selges under navn som: PowerPipe, GFX, ReTherm, ThermoDrain, WaterCycles, m.fl. Uttrykket GFX brukes både om typen og om et fabrikk produsert av Waterfilm Energy Inc.

I Nederland er det utvikla lignende veksler med et helt ytter-rør, slik at kald-vannet går i mellomrommet mellom inner-røret og ytter-røret. Disse utnytter også "gravity film"-prinsippet, men det er mulig GFX-begrepet er så innarbeidd på de amerikanske modellene at vi ikke bør bruke det. Disse produseres av Hei-tech (Recoh-vert) og av Bries Energiteknik (Bries Douche Booster). Den sistnevnte har enkel vegg mellom avløpsvann og kaldvann. Innerrøret er av 316L rustfritt stål (med svært høyt nikkel- og molybdeninnhold) og ytterrør og koblinger er laget av PVC trykkrør. Øverst på røret er det noen bend som setter i gang en spiral-bevegelse på vatnet, som de mener øker virkningsgraden. (<http://www.bries.nl/>)



PowerPipe (Ref: www.renewability.com)

Bries Douche Booster (Ref: www.bries.nl)

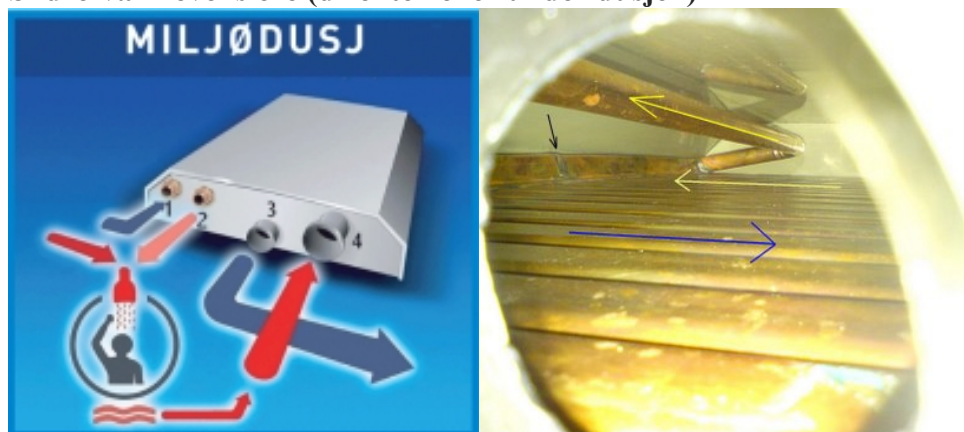
Systemet er enkelt å installere, men det krever at en har plass til den loddrette veksleren i et nivå uder dusj (og evt. annet avløp). I mange bygg med kjeller passer dette veldig bra (I lavenergihuset i Trosa har en laga en egen brønn til vekselen).

Platevarmevekslere

Denne typen er antakelig mindre i bruk pga større fare for tilgroing, men det fins noen: EcoDrain er ganske ny på markedet i Canada. Denne modellen er det meninga å installere direkte under dusjen. EcoDrain hevder å redusere energibruken til varmvassstanken med 25% -40% men det er ingen uavhengige studier tilgjengelig for å bekrefte denne påstanden. EcoDrain bruker et non-stick belegg og større plateavstand enn konvensjonelle platevarmevekslere for å unngå begroing. Større plateavstand, reduserer imidlertid varmeoverføringa. (Bartowiak,Fisk...2009).

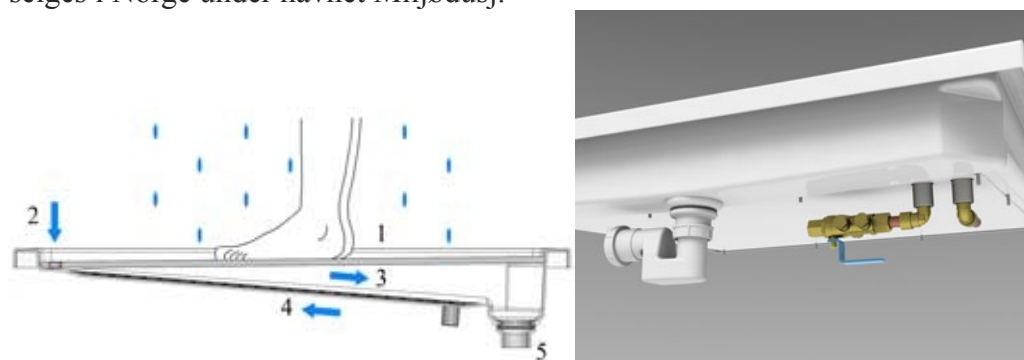
Hotshot er en platevarmeveksler i rustfritt stål som kan monteres i avløpsrøret, og ikke trenger stort plass. Den er videreutvikla som studentarbeid i USA, bla. med et effektivt filter med bypass-system. Virkningsgraden var mellom 10 og 80% ved dusjing (Bartowiak,Fisk...2009).

Sildre-varmevekslere (direkte i eller under dusjen)



(Ref: miljodusj.no)

SUP-technolgy i Tjekkia har utvikla en modell som monteres direkte under et dusjkabinett (eller badekar). Avløpsvannet føres inn i ene enden av veksleren og sildrer over ei skrå flate som er laga av sammenloddade flate kobberrør der kaldvannet går. Avløpsvannet ledes videre til sluk i golvet. Ytterdelen av veksleren er i plast. Denne selges i Norge under navnet Miljødusj.



Bries Douchebak WTW (Ref: www.bries.nl)

I Nederland er det utvikla modeller som danner sjølve bunnen i dusjen eller

dusjkabinettet. Gråvannet sildrer over en omvendt ståltallerken eller stålplate med stålrør lodda fast på undersida. Øverst er det en plattform av plast som man står på, og som kan løftes opp for reingjøring. Disse produseres av Hei-tech (Recoh-tray) og Bries Energiteknik (Bries douchebak WTW).

Det blir ofte anbefalt å la sildre-varmevekslerne bare forvarme kaldvann til dusjen, men det er bare for å gjøre koblinga enkel og billig. Også disse får større gjenvinningsgrad om de i tillegg forvarmer vann til varmvassstank.

Det fins også større varmevekslere for avløpsvann, både platevarmevekslere, og en type med horisontalt avløpsrør med mange parallelle kaldvannsrør motstrøms på utsida. Disse brukes i blokker og leilighetskompleks, og i vaskerier, badeanlegg o.l. (Berggrén J, 1999),(Warfinge C, 2005).

Man kan også få kjøpt oppvaskmaskiner til storkjøkken med innebygd varmegjenvinner for avløpsvannet: Hobart AMX Hettmaskin. (<http://www.bergdahl.no/produkter.asp?meny=9,47>)

Tilkobling, systemoppbygging

Balanced flow

Det er generell enighet om at en gjenvinner mest varme når gjenvinneren leverer vann både til varmvassstank og kaldvasskrana i dusjen, det som amerikanerne kaller "balanced flow". Med slik kobling øker kaldvannsgjennomstrømningen gjennom veksleren slik at det kan tas opp mer varme før temperaturforskjellen har blitt for liten.

Litt overraskende viser flere studier at det blir mindre gjenvinning ved å forvarma bare til varmvassstanken, enn ved å forvarme bare til kaldvasskrana (Picard, Delisle m.fl. 2004), (US Dep of Energy 2001).

Dersom veksleren bare forvarmer kaldvatn til dusjen, reduseres gjenvinningsgraden med ca 15% (fra ca 57% ved balanced flow), ifølge Dutch Solar Systems. Dersom veksleren bare forvarmer vann til varmvassstanken, reduseres gjenvinningsgraden med ca 25%. Ifølge Ecoinnovations er denne reduksjonen henholdsvis 11% og 21% for deres ThermoDrain TD340.

Hvilke avløp kobles til gjenvinneren og hvor skal det forvarma kaldvatnet?

Alt avløp kan ledes gjennom varmeveksleren, men med en lagerfri gjenvinner vil systemet ha lav eller ingen effekt dersom det ikke er et tappevannsbehov samtidig. Helmfridsson og Mangold (2009), mener det er bedre å gjenvinne før en samler gråvann og svartvann, fordi gråvann har en snittemp på 32°, og svartvann er vesentlig kaldere, men så enkelt tror jeg ikke det er.

Renewability Energy (prod. PowerPipe) anbefaler at både gråvann og svartvann går til gjenvinneren, og at mest mulig av kaldvatn forvarmes. I lavenergihuset i Trosa (Ekologiska byggvaruhuset, 2010) går også svartvannet til gjenvinneren. Med en gjenvinner uten lagertank avhenger effekten av timinga: Er det lenge sida toalettet er brukt vil temperaturen på avløpsvannet være nær romtemperaturen, og kan bidra med varme. Det vil nå strømme kaldtvann gjennom gjenvinneren på vei til cisterna og

håndvask på toalettet. Dersom vannklosettet nylig er brukt, er temperaturen nær temp. på kaldvassinntaket. Da vil ikke avløpsvannet bidra med varme. Dersom det tilfeldigvis står forvarma vatn i varmeveksleren (stort sett under en liter) vil derimot dette kjøles ned. I de fleste tilfeller tror jeg det vil bidra positivt å koble avløpet fra vannklosett til gjenvinning. Et annet spørsmål er om dopapiret kan bidra til å redusere groing på innsida røret?

Det virker som en får gjenvunnet mer varme dess fler avløp en kobler til, og dess fler kraner en leverer til. En kan gjøre unntak for kjøkkenet, om en vil være sikra kaldt drikkevann til enhver tid. Spørsmålet er om det er dyrere å inkludere mange punkter, og om det er verdt det. Men det trenger ikke være dyrere med mange punkter (koble veksleren før røra forgreines). Skal en først koble et punkt til systemet, virker det fornuftig å koble til både tilførsel og avløp, for å få strøm begge veier i veksleren.

Et annet spørsmål er om klosett, oppvaskmaskin mm. fører til mer gjengroing og dermed effekt-tap i veksleren. Både Bries energiteknik og Hei-tech (Recoh-vert), anbefaler å sende avløpsvannet bare fra dusjen, gjennom varmeveksleren. Hei-Tech (2009), anbefaler ikke å føre avløp fra servant til Recoh-vert, fordi barberskum og tannpasta er svært klebrig og kan feste seg på veggen. Her har altså nederlenderne og amerikanerne ulike meninger, sjøl om innsida av røra er svært like.

Vaskemaskin og oppvaskmaskin tapper og tømmer stort sett ikke samtidig, dermed får vi lite gjenvinning herfra. Men etter hvert vil kanskje en del brukere justere tappemønsteret for å øke gjenvinningsgraden: Dersom vaskemaskinen mottar vann som forvarmes fra en gjenvinner uten lagertank, kan en sette i gang vaskemaskinen når en tapper ut av badekaret.

En tank-gjenvinner bør ikke få svartvann, da det vil øke tilgroinga, det samme gjelder nok vann fra oppvaskmaskin. OSO (nettside) anbefaler å koble til dusj, badekar, vaskemaskin og servant. De anbefaler å levere vatn bare til varmvassstank (pga. legionella).

Dersom kaldvannet til vaskemaskinen blir forvarma, vaskemaskinen bare tar inn kaldvatn, og man bruker en gjenvinner med lagertank; vil noe varme bli gjenvunnet når en kjører vaskemaskinen. Strømforbruket til vaskemaskinen blir noe redusert, men strømforbruket til varmvassstanken blir ikke redusert.

Virkningsgrad

Temp.virkningsgrad, systemvirkningsgrad, gjenvinningsgrad

For å vurdere en gjenvinner, eller et system, for gjenvinning av avløpsvarme, kan vi ha nytte av å vite virkningsgraden til gjenvinneren i en gitt situasjon, mer nytte av å vite systemvirkningsgraden ved dusjing, og aller best er det om vi vet systemvirkningsgraden i forhold til totalt varmvannsforbruk.

Men hvordan definerer vi virkningsgrad?

Både Picard m.fl.(2004) og Zaloum, Lafrance og Gusdorf (2007), definerer virkningsgrad (effectiveness) som:

Temp.heving på kaldvannet / temp.diff. mellom gråvann på vei inn- og kaldvann på vei inn i veksleren.

Men dette gir et riktig bilde bare dersom vannstrømmen er like stor i begge retninger og burde kalles **temperaturvirkningsgrad**.

Dette vil jeg illustrere med et eksempel:

I en varmegjenvinner går 100 liter gråvann /min. med start-temp. 30°. Kaldvannstrømmen er bare på 1 liter/min. Den starter på 10° og heves til 28°.

Da er virkningsgraden 18° / 20°, dvs. 0,9.

Men temperaturen på gråvannet synker med mindre enn 1°, og temp.differansen er 20°, slik at mindre enn 1/20 av energien blir gjenvunnet. Vi kan si at gjenvinningsgraden er på under 5%. Virkningsgrad definert på den måten kan altså være svært misvisende, dersom man ikke sammenholder det med "coil / drain flow ratio". Ifølge figur hos Picard m.fl.(2004) vil virkningsgraden eksempelvis endres fra 0,5 til 0,68 når "coil / drain flow ratio" endres fra 1 til 0,3.

Det vi er mest interessert i er hvor stor andel av den totale varmeenergien i avløpsvannet som overføres til ferskvannet, og da må vi regne med produkt av temperatur og vannmengde. Kanskje det er avklarende å bruke begrepet varme-gjenvinningsgrad, eller bare gjenvinningsgrad. Hewitt og Henderson (2001), bruker begrepa; "percentage energy saved" og "Percentage Recovered Heat". Det er vanskelig å holde oversikt over hvordan virkningsgrad er definert i ulike sammenhenger, men i de fleste målinger er det "balanced flow", og "coil / drain flow ratio" på 1, eller omkring 0,5.

Virkningsgrad varmeveksler

Det er gjort en rekke målinger og beregninger av virkningsgrad og gjenvinningsgrad på ulike gjenvinnere. Det er utvikla teststandarder i Amerika, og Nederland (beskrevet i NPR 5129 V2.1.), men jeg har ikke fått klarhet i om de er synkronisert.

Zaloum, Lafrance og Gusdorf (2007), undersøkte virkningsgrad på ulike GFX-modeller i dusj-situasjonen. De korrigererte ikke for oppstart-tap. De fant at virkningsgraden sank når vannstrømmen i dusjen økte. Ved økning fra 6,5 l/min til 9,2 l/min kunne det dreie seg om et fall i virkningsgrad fra 55% til 48%. Antall prosentpoeng fall var relativt uavhengig av virkningsgrad. Virkningsgraden var relativt uavhengig av dusjtemperatur. Som venta økte den med lengden på gjenvinneren, og med avtakende grensenytte etter hvert som lengden økte. De utvikla også en standardisert testmetode og en "Sparekalkulator", et program tilgjengelig for forbrukere for å beregne spart energi og penger med ulike GFX-modeller (lagt inn kanadiske energipriser o.l.). Hewitt og Henderson (2001) fant derimot at ved stor vannføring økte gjenvinningsgraden hos en GFX noe ved økende dusjtemperatur. Ved mindre vannføring sank gjenvinningsgraden med økende dusjtemperatur. Denne tendensen trodde de ville reduseres ved å isolere utenpå gjenvinneren.

Modell	Flow l/min	Virkn.g rad %	Trykktap kPa	Pris	Testa av	Dato
Recoh-vert V3	9,2 12,5	65,4 62,2	37 62	725 pund	Kiwa Gastec * Nederland	7-4-10
Bries Douchebooster	6,7 8,3 9,2 12,5	74 71,2 68,0 64,7	23 35 73 96	390 euro	Kiwa Gastec * Nederland	Juni 2010
PowerPipe R3 60		55		830 dollar	**	2007
GFX 60		51		634 dollar	**	2007
ReTherm SC60		45		715 dollar	**	2007
ThermoDrain34 0	9,5	46,2		490 dollar	***	
PowerPipe R3 42	9,5	42,4		482 dollar	***	
PowerPipe R3 48	9,5	47,3		611 dollar	***	
Watercycles303 6		37		484 dollar	Produsenten	
Watercycles305 8		42		687	Produsenten	
OSO ES120		48		9000 kr	Oslo Lysverker	70-tallet
EcoDrain		25-40			Produsenten	
Miljodusj	5 10	36 29,5		3500 kr	Roland Jonnsson/ VVS-forum	2009
Recoh-tray V1	5,5 7,5	52,6 46,9			Kiwa Gastec * Nederland	18/12/07
Bries Douchebak WTW verie2	7,5 9,2 12,5 15,0	47,9 44 40,7 39,5			Kiwa Gastec * Nederland	15/4/10

**Tabell: Sammenstilte måleresultater for ulike varmegjenvinnere i dusj-situasjon.
Stort sett balanced flow.**

*De nederlandske vekslerne er testa av Kiwa Gastec i tråd med testmetode beskrevet i NPR 5129 V2.1.

**Testa av Canadian Centre for Housing Technology.

***Henta fra Saving analyses DWHR residential , fra Ecoinnovations 2008.

OSO har gjort målinger med sin ES120, og virkningsgraden avhenger mye av tappemønsteret og graden av tilsmussing. Med mye småtapping (ikke større volum enn at gråvannet får plass i tanken) har de vært helt oppe i 65%, men når de følger en standard for tappeprofil blir det ca 50%. For å ta høyde for tilsmussing og andre tap pleier de å oppgi virkningsgrad på 40-45%. De anbefaler å bare forvarme til varmvassstanken, så antakelig blir gjenvinningsgraden noe lavere. Men jeg har ikke fått klarhet i "coil / drain flow ratio" i disse beregningene av virkningsgrad.

Tester utført på oppdrag fra Oslo Lysverker på 70-tallet viste en besparelse på 48 %.
(Høystad 2006).

Tap i avløpsrør før gjenvinner

Beregninger av virkningsgrad for **gjenvinner** bruker temperatur på avløpsvannet når det går inn i gjenvinneren. For å komme til systemvirkningsgrad for dusj-situasjon må vi korrigere for varmetap i sjølve dusjen (avhenger av lufttemperaturen), og tap i avløpsrøret fram til gjenvinneren (avhengig av rørmateriale, lengde på rør, om røret er isolert mm). Dersom man må føre avløpet horisontalt før det når gjenvinneren, vil det økte varmetapet føre til ca 1% reduksjon i virkningsgrad pr meter, ifølge Dutch Solar Systems. Raffnsøe (2009), regner med 10% reduksjon i systemvirkningsgrad fordi gråvannet kjøles fra 40 til 37 grader fra dusj til gjenvinner.

Flere rapporter anbefaler å isolere avløpsrøra fram til varmeveksleren (Hewitt og Henderson 2001), (US Dep of Energy 2001).

Tap i starten av tapping

For å finne virkningsgraden på en hel dusj-seanse (eller annen tapping), må en korrigere for tap i startfasen mens rør og gjenvinner blir oppvarma. Hewitt og Henderson (2001) fant at det tok 1 - 1½ min til temperaturen stabiliserte seg for en GFX, (men da starta de på kaldvassstemperatur). GFX har relativt mye masse som skal varmes opp, en Miljødusj eller Bries Doucepipj som har mindre masse vil nok ha noe raskere start.

Enheter montert rett under dusjen har korte rørføringer og får rask start pga. det. Enkle målinger gjort på en miljødusj (Svein Medhus, 2008) indikerer imidlertid ca 2min til temperaturen er stabilisert. Warmit, hevder at det bare tar sekunder før forvarminga er effektiv, men det virker utrolig.

Den gjennomsnittlige virkningsgraden er altså høyere for lange dusjer enn for korte. Da blir gjenvinningsgraden dårligere jo kortere tid man pleier å dusje (start-tapet er relativt større). Men vi får håpe det ikke blir et påskudd for å ta lange dusjer.

Årsvirkningsgrad, gjenvinningsgrad over året.

Dette kommer an på hvor stor andel av varmvassforbruket som er dusjing, hvor lange de ulike varmvanns-tappingene er, om det er tapping og avløp samtidig eller om det er tapping-lagring-avløp som i badekar og vaskemaskin.

Raffnsøe (2009) har beregna potensiell energisparing for Recoh-vert og Recoh-tray i boliger. Det ble regna med at vannforbruket til dusjing utgjør 75% av varmvannet, og at systemvirkningsgraden ved dusjing var 10% lavere enn gjenvinnerens virkningsgrad fordi gråvannet kjøles fra 40° til 37° fra dusj til avløp:

"Varmeveksleren Recoh-vert har en målt effektivitet på 61% ved en strømningshastighed på 7,5 l/min. Ved høyere strømningshastighed falder effektiviteten mens det ved lavere stiger.

Den totale genvindingseffektivitet beregnes ved:

$61 \% (\text{effektivitet}) \times 0,90 (\text{afkøling}) \times 0,75 (\text{brusebads andel}) = 41\%$

Energibesparelsen udgør altså 41% af det totale varmtvandsforbrug i boligen.

Varmeveksleren Recoh-tray har en målt effektivitet på 47% ved en strømningshastighed på 7,5 l/min. Ved højere strømningshastighed falder effektiviteten mens det ved lavere stiger.

Den totale genvindingseffektivitet beregnes ved:

$47 \% (\text{effektivitet}) \times 0,90 (\text{afkøling}) \times 0,75 (\text{brusebads andel}) = 32\%$

Energibesparelsen udgør altså 32% af det totale varmtvandsforbrug i boligen."

En mer komplisert beregning er gjort av Picard, Delisle, Bernier og Kummert (2004).

De simulerte varmvannstappingene i en Kanadisk enebolig gjennom et helt år så realistisk som mulig, både type tapping, varighet og tidspunkt (for å få eventuell gevinst

ved tilfeldig samtidighet). Dette ble simulert med en GFX (PowerPipe). De brukte en dusj-andel på bare 40%, og regna med en gradvis økning til full virkningsgrad over 1min (dvs. trakk fra de første 30 sek). De kom til at GFXen over året førte til en reduksjon av totalt energiforbruk til vannoppvarming på 17%.

Svenske felt-målinger

En enkel måling i en fungerende bolig ble gjort av Nordemo (2009). Det var i en lavenergibolig i Trosa i Sverige, med en 137cm lang GFX (PowerPipe), 110mm innerør. Med 8° inntaksvann, 38° i dusjmunnstykket og 5 l/min ble temperaturøkningen 10°. Det ble en gjenvinningsgrad på 33%, men vi må redusere noe for start-tap. Når vannmengden ble økt til 10 liter sank temp.differansen til 9°.

Han gjorde tilsvarende målinger på en Miljødusj, som forvarma kaldvatn til blandebatteriet i dusjen. Her ble temperaturøkningen 8° ved 5 l/min, ca 19% gjenvinning. Med vannmengde 10 liter 6,5° temp.økning, ca 16% gjenvinning.

(Nordemo tenkte ikke over at det er større vannstrøm på vei ned gjennom gjenvinneren enn på vei opp, når man bare forvarmer **kaldtvann** til dusjen. Derfor fikk han litt for høye tall på virkningsgrad. Tallene over er korrigert for dette).

Temperatur på inntaksvannet

Dess lavere temperatur på kaldvannet, dess større temperaturdifferanse og dess mer energi blir gjenvunnet. Derfor blir det gjenvunnet mer energi om vinteren når vannet er kaldere (Picard, Delisle, Bernier, Kummert 2004). Nå er energiforbruket til vannoppvarming også tilsvarende større om vinteren, men gjenvinningsgraden blir faktisk **litt** større, fordi tap i dusj og avløpsrør blir en relativt mindre del. Derfor kan vi få litegrann høyere gjenvinningsgrad i Norge enn i Nederland, pga. lavere årsgjennomsnitt på kaldvannet.

Kombinasjon med solfanger

Picard, Delisle, Bernier og Kummert (2004) studerte hvordan en GFX fungerte i kombinasjon med solfanger til oppvarming av tappevann for en enebolig i Montreal. De fant ut at gjenvinneren reduserte mengden energi levert av solfangeren, men at dette ikke var noe negativt fordi det førte til redusert strømforbruk til pumpedrift i solfangersystemet. De sommermånedene solfangeren kunne levere rikelig mengde varmtvann var det lite gevinst fra gjenvinning (bare redusert pumpeenergi). Konklusjonen var at disse systemene fungerte ypperlig sammen, og at total fornybar andel energi til vannoppvarming var 56% med bare solfanger, og 69% med begge deler (embodied energi ikke medregna, el-kraft regna som ikke-fornybar).

Tilstopping, begroing, vedlikehold

SUP technology som produserer "Miljødusjen" anbefaler rengjøring av veksleren hvert halvår, bare med å helle kjemiske eller biologiske vaskemidler direkte i vannlåsen i dusjkabinettet. Dette vil drepe bakterier og løse opp den tynne biofilmen som dannes, som senere blir spylt bort av dusjvannet. (<http://www.sakal-ovt.cz/eng/shower.htm>,) Hei-tech hevder på si nettsida at Recoh-vert er vedlikeholdsfri.

Medhus (2008) mener det nødvendigvis må avleire seg noe på kobberrøra med tida. Imidlertid renner nesten alt vannet ut av miljødusjen hver gang den brukes, så den blir tørr, så han mener det ikke burde bli mer avleiring der enn på golvet i dusjkabinettet.

Kelly (2010) monterte en OSO120ES i 2008. Han har erfart at det blir masse bunnslam,

og at en bør innrette seg slik at det blir enkelt å få ut dette: ha tanken i et rom med sluk, monter kuleventil på avtappings-stussen under, med slange til sluket. Dessuten bør det ikke være for trangt rundt tanken. Han har også hatt noe lukt-problemer. "en må faktisk akseptere at det vil innebære en del grisarbeid for å holde den i god stand."

OSO sier de har laga bedre pakning på det store topplokket og et bedre inspeksjonslokk nå (Pers.med. David Zijdemans). De mener det skal være nok å spyle tanken innvendig. Eventuelt kan en bare ta av lokket og løfte ut hele vekslercoilen for å gjøre grundig reint. Det sistnevnte høres tungvint og grisete ut.

Trykktap

Trykktapet gjennom de fleste varmegjenvinnere er så lavt at det har betydning bare i bygninger med lavt vanntrykk (egen brønn og pumpe). (Zaloum, Lafrance og Gusdorf, 2007). Noen modeller er spesielt utvikla for å gi lite trykkfall for å kunne fungere i forhold til fossefall-dusj (motsatte av spareusj). Se også tabell.

Helsefare

Lekkasje fra avløp til drikkevann.

Det er viktig å gardere seg mot at avløpsvann lekker inn i det kalde bruksvannet (drikkevannet). Derfor krever helsemyndighetene i flere land at disse separeres av en dobbel vegg. Nå er jo trykket i kaldvassrøret mange ganger større enn i avløpsrøret, slik at en evt. lekkasje ville gå fra reint til skittent vann. Derfor kan dette kravet virke noe overdrevet.

Alle rørsjpiral-løsningene har jo dobbel vegg. På RecoH-vert er innerrøret dobbelt, og laga slik at evt. lekkasjevann dreneres ut og kan oppdages.

Douchebooster fra Bries Energiteknik har bare enkel vegg mellom avløp og kaldvann. Men produsenten mener det ikke er noen fare for forurensning av drikkevann, primært pga den høye kvaliteten på røret (316L rustfritt stål), dessuten pga trykkforskjellen mellom drikkevann og avløpsvann. Som en ekstra sikkerhet har de en kontrollerbar tilbakeslagsventil med avløpsventil (i tilfelle det skulle bli lekkasje mens vanntrykket er borte.

For å imøtekomme EU-direktivet EN 1717 (noe de hevder ikke er lovpålagt), har de også en veksler med dobbel innervegg.

Miljødusjen og OSO ES120 har bare enkel vegg.

Legionella

Det kan virke som om legionella-fare også er en relevant problemstilling. Flere produsenter presiserer at deres modell ikke har lommer der det blir stående vann, og at det er turbulent strøm, dessuten at vannvolumet (på vei inn) som står i veksleren er lite. Dessuten vil de ikke ha noe isolering utenpå gjenvinneren. Gjenvinner under dusjkabinett må ikke plasseres på golv med golvvarme, og GFXer ikke monteres steder det kan være over 25 grader (Hei-tech 2009)

Risikoen for å få oppblomstring av legionella i dusjvannet må imidlertid være mange ganger større med en varmeveksler med lagertank, slik som Oso ES120. Tanken er isolert, og har såpass stort volum at det tar lang tid før den kjøles ned, dersom det ikke

tappes noe vann. I slike tilfeller kan vannet på vei til dusjen bli stående på 35-30-20 grader i lang tid.

Derfor anbefaler OSO at vann fra gjenvinneren bare går til varmvassstanken, og ikke til kaldvannet til dusjen. I tanken blir vannet varmere enn legionella tåler. (Pers.med. David Zijdemans) Han mente TEK og Bygningsloven er lite konkrete og bare krever at ting skal være trygge, dvs. den krever at vannet i kaldvasskran skal være under 20 grader etter 2min. tapping. I Danmark er de mye mindre bekymra, der anbefaler produsenter av varmvassstanker å stille termostaten på 50 grader for å redusere varmetapet. Han opplyste videre at duplex-stålet i OSOs gjenvinnercoil får lite begroing, og dessuten vil spyles ganske godt ved hver tapping, slik at det neppe ble noe belegg i det hele tatt, og dermed ingen legionellafare. Han trodde egentlig faren var overdrevet, men de kunne av formelle grunner ikke anbefale kobling til både varmvannstank og kaldvann (balanced flow).

Tungmetaller

Blant GFX-produsenter i Amerika er det diskusjon om bly- og tinn-innholdet i kobberet som brukes i røra. Noen billig-produsenter blir anklaga for å bruke kobber med helseskadelig innhold av disse metallene (WaterFilm Energy Inc. Nettside).

Forbruk / potensiale

Perlman og Mills (1985) opererer med et forbruk på 240 liter, 60 graders vatn i døgnet, i en vanlig bolig.

Picard, Delisle, Bernier og Kummert (2004) mener omtrent 40% av varmvannet går til dusjing, i en Kanadisk bolig. De opererer med 96 liter 60 graders vatn til dusjing i døgnet, i en bolig (163 liter dusj-temperert vann). I amerika varmer ikke vaskemaskinene opp vann, det kommer fra varmvassstanken (eller vasker med kaldt) Dermed øker årlig mengde DHW, og dusjandelen blir mindre.

Ifølge Miljøministeriet i Danmark (2008) går 75-80 % af varmtvassforbruket i boliger til dusjing.

Om vi regner med at 100 000 husstander i Norge (ca 10%) gjenvinner avløpsvarme, og hver gjenvinner 1000 kWh i året, blir det tilsammen 100 000 000 kWh, eller 100 GWh.

Lønnsomhet / nedbetalingstid

Dette avhenger **helt** av hvor mye varmvatn som brukes, og for lagerfrie gjennvinnere; av hvor mye dusjing det er (eller annen samtidig (inn/ut) tapping). Ved større dusjanlegg som idrettshaller og badeanlegg er det ekstremt kort nedbetalingstid, i en bolig med mange personer (og tenåringer som dusjer mye!) er nedbetalingstida kort. I et hus med 1 beboer som dusjer kort er det **mye** mindre å hente.

I rapporten far US Dep. of Energy (2001) regner de med nedbetalingstid på 2-5år for en GFX i enebolig. Da regna de total investering på 500\$ og strømsparing på 800-2300kWh/år avhengig av dusjomfang.

Hvis vi grovt regner med 50% høyere investeringskostnad i Norge (import og mindre salgsvolum), og noe lavere strømpriser, kan vi anslå at vi får dobbelt så lang nedbetalingstid her, altså 4-10 år.

I en vanlig norsk familie går det ca 3000 kWh til varmtvann pr. år. Med en effektivt

system kan vi gjenvinne 30-40% av dette, altså ca 1000 kWh/år.
Med strømpris på 1 kr blir det 1000 kr spart pr år.
Med en investering på 5-10000 kr blir dette nedbetalt på 6-12 år.

Raffnsøe (2009) har beregna sparepotensialet og lønnsomhet med Recoh-vert og Recoh-tray i danske boliger: *"Det gjennomsnittlige varmtvandsforbrug er 40 l/per per dag. For en gjennomsnittsfamilie på fire personer giver det en besparelse på ca. 1300 kWh per år for Recov-vert og 1100 kWh for Recoh-tray"*.

"Varmvandsforbruget udgør normalt op til 14-18% af den totale energi- ramme for boliger. Brug af Recoh-vert eller Recoh-tray reducerer henholdsvis 6 % eller 4,5 % af det totale energibehov i henhold til energirammen."

En energibesparelse på 4,5 - 6 % svarer i flg. en analyse fra SBI4 til den energibesparelse der kan opnås med ca. 50 mm ekstra isolering i ydervægge eller ved at skifte fra vinduer med 2-lags energiruder til 3- lags energiruder".

Tilskudd

Det kanadiske systemet for energiklassifisering av bygninger (LEED) gir uttelling for montering av GFX. Ifølge nettsida til Ecoinnovation Technologies, gir sentrale myndigheter i Kanada tilskudd på \$260 for å montere ThermoDrain (GFX). (Dette må godkjennes av en enøk-rådgiver). I Quebec får kundene hos Gaz Metro tilskudd på 400\$ for å montere ThermoDrain.

Myndighetene i flere delstater i USA gir også tilskudd for å montere GFX.

Organisasjon

I Amerika er det faktisk danna en egen organisasjon: Drain Water Heat Recovery Manufactures Association (DWHRMA).

Prosjekter og målinger i Norge

Huset på haugen, enebolig med utleie-enhet, Lier kommune, bygd 2008. Her prøves en original løsning for gjenvinning av varme fra gråvann. Avløpsvann fra dusj og servant er lagt i rør lagt i kurver gjennom ei massiv betongblokk på ca 2m³. Varmen avgis til betongen og inntaksvann i rør forvarmes av betongmassen før varmtvannsbereder. Det avsettes ventil i begynnelse og slutt for renhold av avleiringer i avløpsrør.

Enkel, praktisk og rimelig konstruksjon, usikker på effektnivå, Effektnivå skal måles og evalueres (Michaelsen 2008). Det forgår måling nå, men det foreligger ikke resultater enda (pers.med. Georg Orvedal).

Miljødusjen. Svein Medhus (2008), har gjort noen enkle målinger på sin Miljødusj montert under dusjkabinettet som forvarmer kaldvatn til blandbatteriet i dusjen. Han fikk en temperaturstigning på 11 grader, men tror stigningen i realiteten er litt større fordi kaldvassinntaket ble målt på utsida av røret, og viste dermed litt for høy temperatur.

GFX. Sondre Danielsen har laga sin egen doble parallellkoble GFX og foretatt enkle målinger på den. Den forvarmer bare til varmvasstanken, og han får temperaturstigning på 20 grader med 10 liter dusjvatn i min. Han kommer da til en gjenvinningsgrad på

34% av energien, og over året 900kWh (10 liter i minuttet, 2 dusjer a 10 minutter, 365 dager).

Huseby amfi. 56 lavenergiboliger i Stjørdal, bygd 2005. Ut fra en totalvurdering har løsningen med varmegjenvinning/varmepumpe på gråvannet blitt valgt. Her er det separat isolert gråvannsavløp fra hver leilighet, og oppsamling i en felles gråvannstank. Tappevannet varmes til 60 grader av ei varmepumpe som utnytter varmen i gråvannet. Det brukes bare sentrale tanker/beredere og distribusjon av varmtvann ut til hver leilighet derfra, dvs. det er ikke bereder i hver leilighet. Gråvanns-systemet har en system-varmefaktor (COP) på ca. 5.0, der det også tas hensyn til sirkulasjonspumper i tillegg til kompressoren. Med et årlig tappevannsbehov på ca. 135 000 kWh, er elforbruk til kompressor og sirkulasjonspumper kalkulert til 27 000 kWh og spart energibehov til 108 000 kWh/år. Målinger fra prosjektet foreligger ikke ennå. (Dokka, Mahlum 2003).

Sørlandsbadet i Lyngdal. Her er det et system med varmegjenvinning av gråvann med varmepumpe. Dette er levert av Menerga A/S, de har levert flere større system med varmepumpe. (<http://www.menerga.no/artikler/Artikkel-Sorlandsbadet>).

LowHeat: Lowheat var navnet på et Eu-prosjekt som skulle: "Develop a low grade heat exchanger for use in the domestic sector to recover over 40% of the heat energy from this waste water to supplement domestic boilers. In so doing we aim to reduce the overall energy consumption of domestic dwellings by 7%". Teknologisk institutt var med i prosjektet, men i følge Øystein Luktvaslimo (pers. med.) kom de med ganske sent, og deltok bare med noen målinger. Prosjektet varte fra 2004-2007.

I løpet av prosjektet konkluderte de med at nedbetalingstida for en gjenvinner for eneboliger ville bli for lang. Derfor endra de målet til i første omgang å satsa på utvikling av gjennvinnere for et mer industrielt / kommersielt marked, fordi det her er bedre lønnsomhet pga større vannvolum. Utvikling av en gjenvinner for enebolig-markedet ville evt. komme i en seinere fase. (Skagen Breum, 2007)

Resultatet fra prosjektet utvikles videre under navnet Warmit. Det er en flat sak beregna for montering under dusjkabinett eller badekar. Produsenten hevder å ha oppnådd en varmegjenvinning på 40% i testing, med bare noen få sekunder oppvarmingstid før gjenvinninga er effektiv. Den blir visstnok lansert i løpet av det kommende året. (<http://www.warmit.com/>)

Konklusjon

I Kanada, USA og Nederland er det allerede utstrakt gjenvinning av varme fra avløpsvann, i boliger. Hei-tech har i Nederland solgt mer enn 16.000 små varmevekslere fra 2005. Teknologien har kommet langt og det fins en rekke produsenter og modeller på markedet. Det er grundig dokumentert, at gjenvinning av varme fra avløpsvann er et effektivt og lønnsomt enøktiltak.

Vertikale, gjennvinnere uten lagertank er enkle, robuste, driftsikre og tilnærma vedlikeholdsfrie system med lang levetid. Disse er å foretrekke der romplanen ligger til rette for det. Flate vekslere for montering under dusj har noe lavere virkningsgrad, men kan anvendes flere steder. Gjennvinnere med tank krever noe arbeid med rengjøring.

Lønnsomheten er bedre enn med vannoppvarming med solfanger, og med varmepumpe, og potensialet for å bidra til energisparing på landsbasis er svært stort, ikke minst fordi ettermontering i eksisterende bygg mange er enkelt og rimelig i mange tilfeller.

Gjenvinning av avløpsvarme bør prioriteres vel så høyt som en rekke andre enøktiltak. Det virker som om årsaken til at denne teknologien i så liten grad er tatt i bruk her i landet er at den er lite kjent. Både fagmiljøene innenfor enøk og VVS-bransjen har sovet i timen.

Enova bør gi tilskudd til gjenvinning av varme fra avløpsvann , til teknologien blir allment kjent og folk forstår at det er lønnsomt.

I den nye passivhus-standarden (NS 3700) er det angitt maksimalverdier for energilekkasjen ut gjennom bygningskroppen. Dette kommer til uttrykk gjennom et maksimalt varmeapstall. Her har en også tatt med energitap med den lufta som slippes ut fra bygningen: ventilasjonsluft. (Med energigjenvinning på denne lufta blir sjølsagt dette tapet mindre). Logisk sett skulle en også tatt med energitapet med avløpsvannet som slippes ut gjennom bygningskroppen i dette varmetapstallet.

Slik Standarden nå er, premieres ikke gjenvinning av varme fra avløpsvann sjøl om det kan være mer robust og økonomisk, og mindre kontroversielt, enn mye av det som nå premieres.

Referanser.

Bartkowiak S, Fisk R, Funk A, Hair J, 2009. Hotshot Drain Water Heat Recovery System. ME 450 21 April 2009

Berggrén J, 1999. Värmeåtervinning ur spillvatten - flerbostadshus. Mätning och uppföljning av erfarenheterna från två fastigheter. LIP-kansliet. ATON Teknik Konsult.

Bries Energietechnik (<http://www.bries.nl>)

Christer Nordemo, 2009. Duscha var tredje minut gratis. VVS-Forum 5/2009. (<http://www.vvsforum.se/index.php3?use=publisher&id=4750>)

Christer Nordemo, 2009. Enkel løsning for varmvattenbasparing. VVS-Forum 5/2009. (<http://www.vvsforum.se/index.php3?use=publisher&id=4750>)

Danielsen S, <http://www.sondred.info/varmegjenvinner.htm> Sondre Danielsen

Dokka T, Mahlum G, 2003. Valgte tekniske løsninger og simulering av energibruk og innneklima ved Husby Amfi. SINTEF Rapport STF22 A03508

Dutch Solar Systems <http://www.dutchsolarsystems.com/index.html> (2-11-2010, kl 1115).

Eberbach, K.F. 1977. Heat Recovery from Waste Water in Domestic Buildings. Energy use.

EcoInnovation technologies inc, 2008. Savings analysis DWHR residential, ThermoDrain TD340 installation in residential housing. (<http://www.ecoinnovation.ca/imagesdocs/SavingsAnalysisTD340General2.pdf>)

Ekologiska byggvaruhuset 2010. Laverengihuset i Trosa, Sverige.
(<http://www.ekologiskabyggvaruhuset.se/Page.aspx?PageID=259>)

Ekologiska byggvaruhuset 2010. Avloppsvärmeväxlare, Allmän beskrivning.
(<http://www.ekologiskabyggvaruhuset.se/Page.aspx?PageID=272>)

Energy Efficiency and Conservation Authority, New Zealand, 2007.
www.eecabusiness.govt.nz

Hei-tech energiesystemen, 2009. Installation instructions. (<http://www.hei-tech.nl/en/pdf-en/InstallatievoorschriftRecovertE.pdf>)

Helmfridsson J, Mangold M, 2009. Genom jorden, Arkitektur och ingenjörskonst i samverkan. Examensarbete inom master programmet Design for Sustainable Development. Institutionen Arkitektur, och Bygg- och Miljöteknik - Byggnadsteknologi. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

Hewitt, N.J., Henderson, P. 2001. Drainwater Heat recovery System - An Energy conservation Project. (<http://gfxtechnology.com/Gfx-uk.pdf>)

Høystad D, 2006. Innspill til nye tema i Byggforskriften. Krav til tilkoblingsmuligheter for alternative varmekilder. Utstyr for forsyning, distribusjon og gjenvinning av varmtvann.
(http://naturvern.imaker.no/data/f/0/93/35/1_2401_0/06.09.12.dah.vedlegg_horing_byggforskrift.pdf)

Kelly G, 2010. Sv: Varmegjenvinning fra gråvann. På diskusjonsforumet Bygge Bolig.no 31-1-2010: (<http://www.byggebolig.no/index.php?topic=755.50>)

Medhus S, 2008. Measuring the cold water temperature increase of Miljødusj. Bloggen: The urge for less energy use. -Or what your family can do to save energy.
<http://urge4lessenergy.blogspot.com/2008/11/mesuring-cold-water-temperature.html>

Michalsen B, 2008. Huset på Haugen, Planlegging og bygging av passivhus i Lierbyen. Experiences from design and construction of passive houses, PassivhusNorden08, Session 4.

Miljøministeriet (Danmark), 2008. Beregningsforudsætninger for CO2-beregner.

OSO Hotwater Norge, v/ David Zijdemans.

Picard D, Delisle V, Bernier M, Kummert M, 2006. On the combined effect of wastewater heat recovery and solar domestic hot water heating, Canadian Solar Building Conference, Concordia University, Montreal. paper M06- M1a-2.

Raffnsøe L, 2009. Spildevand varmegenvinding. Beregningsmetode for varmegenvinding af spildevand fra brusebad. NIRAS A/S Sortemosevej 2 DK-3450 Allerød 14. maj 2009

Renewability Energy inc, Selection and Installation Guide.

(http://www.renewability.com/uploads/documents/en/home_retrofit.pdf)

Sandberg E, 2009. Energirelaterade godhetstal för flerbostadshus - förstudie. ATON teknikkonsult AB

SUP technology, Tjekkia. (<http://www.sakal-ovt.cz/eng/index.htm>).

U.S. Department of Energy, 2001. Heat Recovery from Wastewater Using Gravity-Film Heat Exchanger DOE/EE-0247 May 2001.

Warfinge C, 2005, Kv Jöns Ols i Lund – energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik, WSP Environmental Byggnadsfysik Malmö, Pnr 12800-1 Statens Energimyndighet.

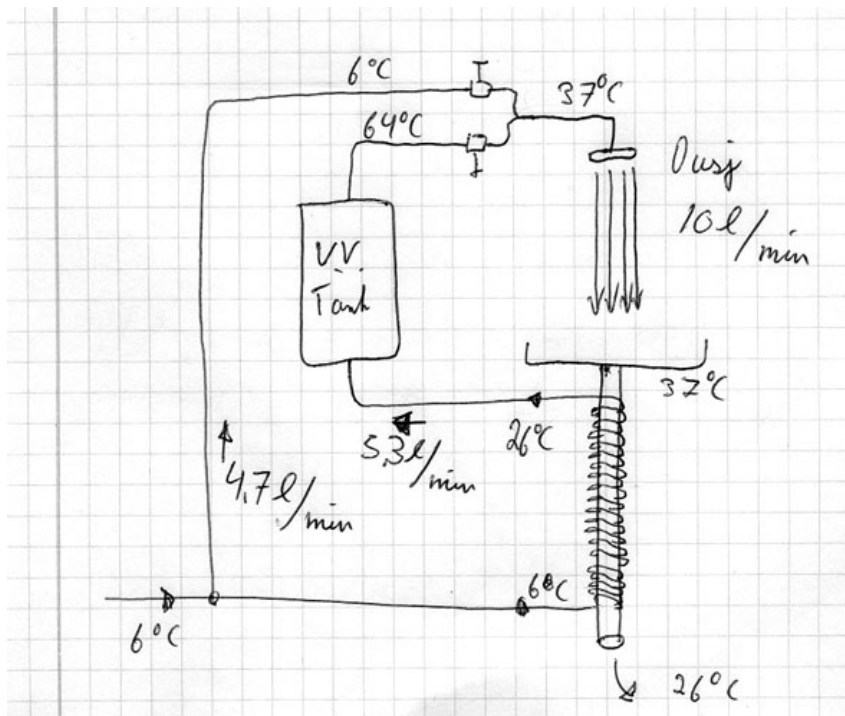
WaterFilm Energy Inc. (<http://www.gfxtechnology.com/EEA.html>)

Zaloum C, Lafrance M, Gusdorf J, 2007. Drain Water Heat Recovery Characterization and Modeling, Final report. Sustainable Buildings and Communities Natural Resources Canada, Ottawa

Vedlegg:



Sondre Danielsens enkle målinger på sin heimelaga GFX. Den forvarmer bare til varmvassstanken, men likevel får han temperaturstigning på 20 grader med 10 liter dusjvatn i min. Han kommer da til en gjenvinningsgrad på 34% av energien.



Lenker til produsenter og forhandlere:

- Renewability (PowerPipe) <http://www.renewability.com/>
- PowerPipe selges i Sverige av Økologiska Byggvaruhuset:
(<http://www.ekologiskabyggvaruhuset.se>)
- Hei-tech (Recoh-vert, Recoh-tray) <http://www.hei-tech.nl/>
- Engelsk Recoh-vert <http://www.hei-tech.nl/en/index-en.html>
- Dansk Recoh-vert, <http://www.hei-tech.dk/>
- Svenske Recoh-vert <http://www.hei-tech.nl/se/index-se.shtml>
- Watercycles <http://www.watercycles.ca/>
- WaterFilm Energy inc. <http://gfxtechnology.com/>
- Ecoinnovation <http://www.ecoinnovation.ca/>
- Bries Energietechnik (<http://www.bries.nl>)
- Miljødusj, Norge <http://www.miljodusj.no/nor>
- OSO Hotwater Norge (ES120) <http://www.osohotwater.no/>
- SUP-technolgy. (<http://www.sakal-ovt.cz/eng/index.htm>)
- Power products, Sverige (større vekslere) <http://www.powerproductseurope.se/>