



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Avdelningen för miljövetenskaplig programutbildning

GÖTEBORG UNIVERSITY

Department of Environmental Sciences Program

Miljöanpassning av befintlig bebyggelse

Ett exempel från stadsdelen Majorna i Göteborg

John Peterson

Januari 2003

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	2
SUMMARY	3
INLEDNING	4
<i>Syfte och arbetsbeskrivning</i>	5
METOD	6
OMRÅDESBESKRIVNING	7
HÅLLBAR UTVECKLING	9
ELEFFEKTIVITET	10
<i>Hållbarhet i elsystemet</i>	10
<i>Elproduktion idag</i>	11
<i>Elanvändning idag</i>	12
<i>Hållbar el i kvarteret</i>	13
<i>Solceller och bränsleceller</i>	16
VÄRME	19
<i>Hållbarhet i värmesystemet</i>	19
<i>Värmeproduktion och förbrukning idag</i>	20
<i>Energisnålhet i det hållbara kvarteret</i>	22
<i>Energiförluster i kvarteret</i>	23
<i>Minimering av förluster</i>	24
<i>Solvärme</i>	27
<i>Värmetillskott från bränslecell</i>	29
<i>Summering</i>	29
NÄRINGSÄMNINGEN	30
<i>Urin</i>	32
<i>Urinseparering i det hållbara kvarteret</i>	32
VATTENFÖRBRUKNING	35
DISKUSSION	37
REFERENSER	40

Sammanfattning

Arbetet har gjorts i anslutning till projektet GÖTEBORG 2050 och delprojektet "Hållbart kvarter". Målet i delprojektet är att genomföra en ombyggnad och en omställning av kvarteret till ett ekologiskt hållbart kvarter. Det hållbara kvarteret ska sedan fungera som ett demonstrationsprojekt för att driva på samhällsutveckling mot hållbarhet. Hushållningen med energi är central i projektet. Avsikten är att dra nytta av erfarenheterna från det redan genomförda projektet "hus utan värmesystem".

Syftet med detta examensarbete var att utföra tre saker:

- Att inom utvalda områden beskriva dagens flöden av energi och material i ett kvarter.
- Belysa möjligheter att minska/omforma flöden av energi och material inom dessa områden, allt för att minska kvarterets miljöbelastning.
- Med ledning av antaganden om åtgärder för att uppnå hållbarhet beskriva hur dessa flöden har förändrats i ett ombyggt hållbart kvarter i nutid samt i ett hållbart kvarter år 2050.

De områden som undersökts är el, uppvärmning, vattenförbrukning samt kretsloppshantering av näringsämnen. Ett verkligt kvarter i stadsdelen Majorna har valts ut och data har hämtats därifrån. Kvarteret består av landshövdingehus som ägs och förvaltas av bostadsbolaget Familjebostäder.

Ett antal praktiska tillämpningar för minskad miljöbelastning har valts ut för att minska/omforma energi- och materialflödena i kvarteret. Dessa har studerats utifrån litteratur för att sedan anpassas till kvarteret. De två alternativen "Hållbart kvarter 2050" och "Hållbart kvarter 2001" har används för att särskilja ett nutida hållbart kvarter från ett framtida hållbart kvarter.

Uppskattningsvis kan värmeförlusterna minskas till 1/3 av dagens vid en ombyggnad. Mängden förbrukad inköpt fjärrvärme har uppskattats till att kunna begränsas till att i stort sett motsvara värmeenergi för uppvärmning av varmvatten vintertid.

Den inköpta elenergin från elnätet kan minskas med ca 45 % i alternativet "Hållbart Kvarter 2001" och drygt 80 % i alternativet "Hållbart Kvarteret 2050". Reducering har skett genom antaganden om en lokal produktion av el och effektiviseringar i användningen.

Näringsämnen från kvarteret motsvarande 763 kg kväve (78%), 85 kg fosfor (67%) och 191 kg kalium (69%) kan enligt beräkningar återföras till åkermark som gödsel. En vattenbesparing på ca 50 % anses vara möjlig i kvarteret.

Summary

This work has been carried out in association with the project GÖTEBORG 2050 and within the sub-project "Sustainable Neighbourhood". The main goal of the project Sustainable Neighbourhood is to accomplish a rebuilding and other adaptations of a neighbourhood, with the intention of creating an ecologically sustainable neighbourhood. The sustainable neighbourhood shall function as a demonstration project that has the purpose of driving the development towards a sustainable development. One of the main goals in the project is to economize the use of energy in the neighbourhood. The project is to gain experiences from an already accomplished project called "House without heating-system".

The purpose of this report was to do three things:

- To describe the present flows of energy and materials in the neighbourhood.
- To illustrate possibilities of reducing / converting the flows to be more environmentally friendly.
- With guidance of assumed measurements for attaining sustainability describe how these flows has changed in a rebuilt sustainable neighbourhood of today and in a sustainable neighbourhood in the year 2050.

The areas that has been examined is electricity, heating, consumption of water and recycling of nutrients. Input data has been taken from an existing neighbourhood in the district Majorna in Göteborg. The houses in the neighbourhood are part of settlements unique for the town of Göteborg and are owned by the company Familjebostäder.

Some practical applications of reducing environmental problems has been studied and adjusted to the neighbourhood. Two alternatives has been used to separate between and to describe a sustainable neighbourhood today and one in the future. The alternatives has been called "Sustainable neighbourhood 2001" and "Sustainable neighbourhood 2050".

The loss of heat from the buildings in the neighbourhood can approximately be reduced to $\frac{1}{3}$ of the losses today after a rebuilding of the neighbourhood. The heat bought from district heating can approximately be reduced to correspond to the heat used today for hot water during winter.

The bought electric energy can be reduced by a local production and by a more effective use by 45 % in the alternative "Sustainable neighbourhood 2001" and by approximately 80 % in alternative "Sustainable neighbourhood 2050". Approximately 763 kg (78%) of nitrogen, 85 kg (67%) of phosphorus and 191 kg (69%) of potassium can be recycled back to arable land by urine separation in the neighbourhood. The use of water in the neighbourhood can be reduced by approximately 50 %.

Inledning

Arbetet har gjorts i anslutning till projektet GÖTEBORG 2050 [14]. Projektet startade 2001 och avser att arbeta fram och utveckla visioner i form av framtidsbilder av ett hållbart Göteborg i en hållbar omvärld. Målsättningen för projektet är att öka förståelsen för hur ett framtida hållbart samhälle skulle kunna se ut och därigenom stimulera en snabbare utveckling mot hållbarhet. Ett delprojekt i huvudprojektet GÖTEBORG 2050 är projektet *"Hållbart kvarter"*. Syftet med delprojektet är att genomföra en ombyggnad och en omställning av kvarteret till ett ekologiskt hållbart kvarter. Det hållbara kvarteret kan sedan fungera som ett demonstrationsprojekt som kan efterföljas, allt för att driva på samhällsutveckling mot hållbarhet. Hushållning med energi är centralt i projektet och avsikten är att dra nytta av erfarenheterna från projektet *"hus utan värmesystem"*, vilket resulterade i att energisnåla hus utan värmesystem byggdes i Lindås utanför Göteborg. Dock är en ombyggnad/upprustning av befintlig bebyggelse en mycket mer komplex process jämfört med att bygga nya hus samt kräver även stort hänsynstagande till både bevarandevärden i bebyggelsen samt till de boende i kvarteret. Avsikten med projektet är att de boendes ekonomi inte ska påverkas. Målet med projektet är att verksamheterna och de befintliga husen i kvarteret inte ska ge något tillskott av växthusgaser. Vidare också att sammanföra teoretisk och empirisk kunskap om resurshushållning och energihushållning i ombyggnad och renovering av befintlig bebyggelse.

Detta arbete har sin utgångspunkt i ett lokalområde, ett kvarter i staden. Det finns många anledningar till detta. Den viktigaste är Agenda 21 – dokumentet från FN:s konferens om miljö och utveckling 1992. Det finns dessutom många andra dokument och offentliga utredningar på nationell nivå i Sverige som har betonat att det är viktigt med förankring av miljöfrågorna på den lokala nivån. Dessa har även betonat vikten av att en utveckling mot hållbarhet ska ske genom demokratiska processer samt att frivilliga åtaganden och deltagande är viktigt [12].

Vidare finns det fördelar med att ha lokalområdet som utgångspunkt. Målen kan konkretiseras och förverkligas på ett sätt som verkligen leder till en hållbar utveckling. Det är ju i mångt och mycket i hem- och vardagsmiljöerna som ett hållbart och miljöanpassat handlingsmönster kan förverkligas. I denna miljö kan också relationen mellan människan och naturen fördjupas, då man kan omsätta kunskaper i praktiska tillämpningar, där sambanden blir mer synliga. Stora delar av vårt sätt att organisera vårt vardagliga liv utgår från den lokala hemmiljön. Det är till en stor del i våra vardagliga beslut vi kan bygga ett hållbart samhälle, då vi beslutar om hur vi ska bo, vad vi ska äta, hur vi ska resa och vad vi ska göra på vår fritid. Dessutom står hushållens konsumtion för 50 % av samhällets totala resursanvändning och miljöbelastning [12]. Utifrån detta är hem- och vardagsmiljön en adekvat utgångspunkt för studier om hållbar utveckling.

Syfte och arbetsbeskrivning

Detta examensarbete är en del av en förstudie till projektet *hållbart kvarter*. Syftet med arbetet är att utföra tre saker:

- Att inom utvalda områden beskriva dagens flöden av energi och material i ett kvarter.
- Belysa möjligheter att minska/omforma flödena av energi och material inom dessa områden, allt för att minska kvarterets miljöbelastning.
- Med ledning av antaganden om åtgärder för att uppnå hållbarhet beskriva hur dessa flöden har förändrats i en framtidsbild av ett ombyggt hållbart kvarter i nutid samt i ett hållbart kvarter år 2050.

De områden som kommer att undersökas är el, uppvärmning, vattenförbrukning samt näringsämnen. Arbetet har koncentrerats till att behandla de områden som påverkas av en ombyggnad av kvarteret, vilka är av stort intresse och som kan påverkas av förvaltaren.

Objektet för studien är ett kvarter beläget i stadsdelen Majorna i Göteborg. Husen i kvarteret är av typen landshövdingehus och är byggda mellan 1930 och 1933. De är kulturhistoriskt värdefulla och är en bebyggelse som är unik för Göteborg.

Metod

Ett verkligt kvarter i stadsdelen Majorna har valts ut och data har hämtats därifrån. Kvarteret består av landshövdingehus som ägs och förvaltas av bostadsbolaget Familjebostäder. För att beskriva dagens flöden av energi och material i kvarteret har data omfattande fjärrvärme, vattenanvändning och elanvändningen inhämtats från fastighetsägaren och elleverantören. Så långt som möjligt bygger arbetet på verkliga data från Familjebostäders kvarter. Då data har saknats har dessa tagits från litteratur. Vissa data har varit givna i projektet och har inhämtats från projektet Göteborg 2050. Ett antal praktiska tillämpningar för minskad miljöbelastning har valts ut för att minska/omforma energi- och materialflödena i kvarteret. Dessa har studerats utifrån litteratur för att sedan anpassas till kvarteret. I ett försök att kvantifiera hållbarhet för de olika energi- och materialflödena har ett resonemang förts kring hållbarhet utifrån litteratur och allmänna tankar om ett hållbart samhälle. En tolkning har sedan gjorts utifrån detta, varefter åtgärder har belysts på lokal nivå i kvarteret.

Eftersom arbetets syfte är att beskriva hur flödena har förändrats dels i en framtidsbild av ett hållbart kvarter i nutid dels i ett hållbart kvarter år 2050, har två olika alternativ i vissa fall behandlats. Ett beskriver flöden i ett hållbart kvarter år 2050 och ett beskriver flöden i ett kvarter i nutid efter att projektet hållbart kvarter har genomförts i kvarteret. De två alternativen har benämnts enligt följande:

- "Hållbart kvarter 2050"
- "Hållbart kvarter 2001"

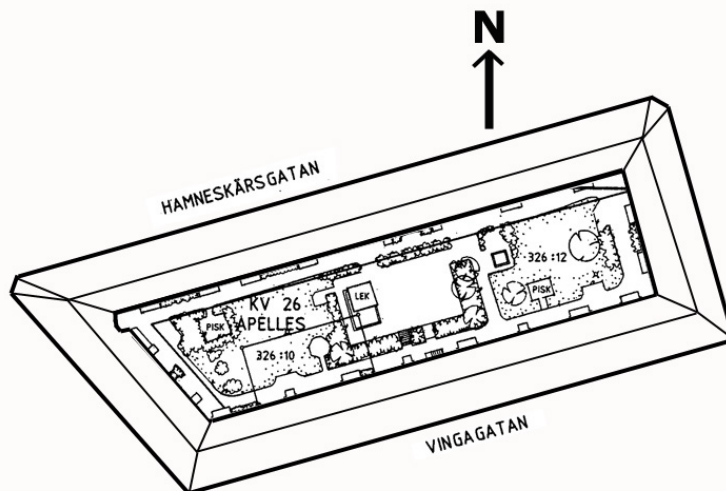
I fall där en uppdelning på två alternativ inte varit nödvändig har de båda alternativen behandlats tillsammans under benämningen "Hållbart kvarter".

Antaganden av framtida förlopp har inspirerats av det synsätt som används i studier där *backcasting* utgör metoden. Backcasting innebär att ett samhälle eller del av samhället undersöks, och en bild skapas av hur detta samhälle eller del av samhället kan tänkas se ut i framtiden. Bilderna är mer av typen möjliga än typen troliga och har som syfte att användas som en "input" i samhällsdebatten. Då bilderna anses attraktiva av samhället blir de visioner för samhället. Metoden används när problemet är komplext, när en stor förändring krävs och när tidshorizonten är lång nog för att mer fria val ska vara möjliga. Detta gör att backcasting lämpar sig mycket bra till studier om hållbarhet [18].

Områdesbeskrivning

Det studerade kvarteret ligger i Majorna i Göteborg och byggnaderna i kvarteret är av typen landshövdingehus. Majorna är en stadsdel som växt upp kring hamnområdet och verksamheten där. Under sin tillkomst befolkades Majorna främst av arbetare såsom sjömän, timmermän, båtbyggare och repslagare m.fl. som bosatte sig nära hamnen och sina arbetsplatser. Det var arbetarnas stadsdel och den växte upp utan någon stadsplan. Husen var låga och boendet var trångt. Industrialiseringen och befolkningsökningen medförde en mer kompakt och planerad bebyggelse i Majorna och 1875 började man bygga landshövdingehus. Det speciella med husen är att de har en bottenvåning av tegel och två övervåningar av trä. Skälet till att de är byggda på detta sätt är att länsstyrelsen medgav att kringgå byggnadsordningen från 1874, där trähus inte fick uppföras i mer än två våningar. Den tegelmurade bottenvåningen betraktades då som kallare. Under 1970 – talet renoverades många av landshövdingehusen. Det installerades toaletter, hygienutrymmen, centralvärme och köksutrustning. Detta skedde många gånger på ett okänsligt och storskaligt sätt genom att en del hus försågs med plåtfasader, nya innerdörrar, nya golv och väggar.

Husen i kvarteret är byggda i en sammanhängande länga runt en gemensam innergård och avgränsas av fyra gator runt om, se figur 1. Husen är drygt 10 m djupa och huslängorna är byggda i sammanhängande sektioner som har individuella variationer och olika färger, se figur 2. Kvarteret domineras av bostäder, men i bottenvåningen finns även en servicebutik och tre andra mindre lokaler. Lägenhetstyperna i husen domineras av tvåor och treor. Det bor i genomsnitt ca 2 personer per hushåll i kvarteret. Taken i kvarteret är tegelbeklädda och har en lutning på ca 30°. Fasaden består av träpanel som varierar något i utseende mellan de olika hussektionerna. Vissa av lägenheterna har balkonger ut mot gatan, se figur 2 och 3.



Figur 1 Kvarteret Apelles från ovan.



Figur 2 Kvarteret sett från korsningen Såggatan – Hamneskärsgatan.



Figur 3 Kvarteret sett från korsningen Såggatan – Vingagatan.

Kvarteret ägs av bostadsbolaget Familjebostäder, som är ett kommunalt bostadsbolag. Familjebostäder äger och förvaltar 7000 lägenheter i Majorna och de flesta är av typen landshövdingehus. Landshövdingehusen står idag inför ett behov av en ny genomgripande renovering. Familjebostäders avsikt är att upprustningen ska stå sig och vara något att bygga vidare på i framtiden. En aspekt blir då att anpassa åtgärderna utifrån ett hållbarhetsperspektiv, samtidigt som de ska anpassas efter dagens krav på boende och de boendes ekonomi.

Hållbar utveckling

Begreppet hållbar utveckling definierades i Bruntlandrapporten som "en utveckling vilken tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjlighet att tillgodose sina behov" [28]. Med den ökade medvetenheten om hur vi påverkar miljön runt omkring oss har begreppet blivit allt mer aktuellt. Frågor om hur vi ur ett miljöperspektiv ska anpassa vårt samhälle för att utvecklingen ska vara hållbar har vuxit fram utifrån detta begrepp. Begreppet har både globalt och lokalt perspektiv. Det ger en rättighet för nu levande och framtida generationer att utvecklas socialt och ekonomiskt, samtidigt som det i ett globalt perspektiv innebär att resurserna på jorden ska vara rättvist fördelade inom gränserna för ekosystemets bärkraft. Det handlar alltså om att utveckla livskvalitet för alla människor inom de ramar som jordens ekosystem sätter. I begreppet hållbar utveckling ingår etiska, sociala, miljömässiga och ekonomiska dimensioner. Tillsammans verkar de till att begreppet utgår från komplexa relationer mellan människa, samhälle och natur. I arbetet mot en hållbar utveckling är visioner en viktig del. Dels för att konkretisera målen, men också för att sporra aktörerna i samhället till att ta steg mot en hållbar utveckling.

I detta arbete har grunddragen för hållbar utveckling tolkats till att kunna beskrivas utifrån två begrepp: bärkraftighet och rättvist miljöutrymme. Bärkraftighet kan förklaras utifrån att det finns en gräns för hur mycket mänsklig aktivitet jordens ekosystem klarar av i fysiska termer. Detta medför att vi i vår generation måste hålla oss inom denna gräns med tanke på framtida generationer och deras behov. Vi måste hålla oss inom bärkraftigheten i ekosystemet.

I begreppet rättvist miljöutrymme innefattas rättvisepincipen och miljöutrymmesprincipen. Rättvisepincipen bygger på att alla människor på jorden skall ha möjlighet till samma resursanvändning, idag och i framtiden. Miljöutrymmesprincipen definieras som den totala mängd energi, icke-förnybara resurser, mark, skog och vatten som kan tas i anspråk per capita, globalt sett, utan att äventyra ekosystemets fortbestånd. Ett rättvist miljöutrymme innebär alltså att alla människor idag och i framtiden har rätt till att utnyttja ett lika stort miljöutrymme, utan att gå utanför de ramar som ekosystemet sätter.

Beräkningar av vad ett rättvist miljöutrymme verkligen är i siffror är inte helt oproblematiske. Exempelvis kan det diskuteras hur varierande naturgivna förutsättningar såsom klimat skall vägas in samt hur hänsyn skall tas till kulturella skillnader.

Det finns försök gjorda att ta fram siffror på storleksordningen på ett rättvist miljöutrymme. De visar på att en minskning av resursanvändningen i Europa med 80 – 90 procent jämfört med dagens nivå motsvarar ett rättvist miljöutrymme [11]. Det finns således ett gap mellan resursanvändningen idag och det rättvisa miljöutrymmet. Detta gap kallas för hållbarhetsgapet.

Arbetet för en hållbar utveckling består i att utarbeta strategier för att undanröja hållbarhetsgapet.

Eleffektivitet

I detta avsnitt beskrivs och behandlas elsystemet i och utanför kvarteret, ur ett hållbarhetsperspektiv.

Hållbarhet i elsystemet

För att uppnå långsiktig hållbarhet i elproduktionssystemet krävs en omställning. Det kan antas att kärnkraft och fossila bränslen måste ersättas av andra hållbara alternativ. Kärnkraften genererar ett farligt avfall som behöver lagras avskilt från människor och natur i hundratusentals år. Idag finns ingen säkert sätt för slutförvaring av avfallet under så lång tid. Framtida generationer belastas med risken att drabbas av läckande radioaktivitet. Avfallet har genererats, men kunskaper om hur det ska tas om hand, finns inte. Andra risker förknippade med kärnkraftverk är riskerna för härdsmälta. Sannolikheten för större olyckor är inte stor, men den finns där. Följderna av ett storskaligt läckage av radioaktiva ämnen vid en härdsmälta skulle ha fullständigt förödande konsekvenser för människor, djur och växter. I Sverige är ca 50 % av all använd el producerad i kärnkraftsverk [10]. Produktion av fossilkraft ger upphov till utsläpp av koldioxid, som på grund av sitt fossila ursprung förstärker växthuseffekten [4].

I tabell 1 återges elanvändningen per invånare fördelat på kraftslag. Kärnkraftselen per capita och år i Sverige är 8263 kWh, vilket gör Sverige till det kärnkraftstötaste landet i världen [10]. Användningen av fossilbaserad el i Sverige är betydligt mindre, 742 kWh per invånare och år, eller drygt 4 % av den totala användningen. Totalt står kärnkraften och fossilkraften i Sverige för ca 54% av elproduktionen [10].

Elanvändningen i Sverige per invånare fördelat på kraftslag, 1999

Tabell 1 Elanvändningen i Sverige per invånare fördelat på kraftslag, 1999 [10].

Kraftslag	kWh/invånare	% av total användning
Vattenkraft	8133	49
Kärnkraft	8263	50
Fossil kraft	742	4
Biobränsle och avfall	388	2
Import – Export	-858	-5
Total elanvändning	16667	100

Hållbarhet innebär en framtid där kärnkraften och fossilkraften är avvecklad. För att kompensera för detta kan kärn- och fossilkraften ersättas av elproduktion från biobränslen, vind och sol. En annan åtgärd är att minska andelen el som används till uppvärmning, eftersom elen bör användas på ett effektivt sätt och där den verkligen gör nytta. Dock anses el för uppvärmning, då den används för att driva värmepumpar, vara tänkbar 2050. Användningen av biobränslen i kraftvärmeverk är ett effektivt sätt att framställa el och värme från förnyelsebara råvaror. Det finns studier där scenarier över elanvändningen 2050 har tagits fram [2], [25]. Ett exempel på detta är Azar & Lindgrens studie "Energiläget 2050" [2]. I ett av scenarierna i denna studie har elanvändning 2050 i sektorn service och bostäder (exkl el för uppvärmning) beräknats till 35 TWh/år. En effektivisering med 40 % har då antagits i den specifika elanvändningen. Denna nivå har används som mål för hur omfattande effektiviseringarna som bör göras i kvarteret för att det ska anses hållbart. Effektiviseringar i användarledet är en av de åtgärder som krävs för att fasa ut fossil- och kärnkraften. Kvarteret har här en viktig roll eftersom effektiviseringar kan göras i elanvändningen i kvarteret. En tolkning har gjorts av hur mycket el som bör effektiviseras bort i kvarteret och i avsnittet hållbar el i kvarteret har två olika alternativ studerats.

Elproduktion idag

Elproduktionen i Sverige under år 2000 uppgick till 141,8 TWh [9]. Vattenkraften stod för 55 %, kärnkraften för 39 %, fossil- och biobaserad elproduktionen för 6 % och vindkraften för 0,3 % [10].

Göteborg producerar egen el i kraftvärmeverken Rosenlund, Högsbo/Sisjön och Lindholmen [16]. I tabell 2 presenteras tillförsel av el till Göteborg. Den egenproducerade elen motsvarar ca 4 % av total tillförsel. I Göteborg finns också elva vindkraftverk som tillsammans producerar ca 10 GWh/år vilket ungefär motsvarar ca 2 promille av tillförseln.

En mycket stor del av den el som Göteborgarna använder är tillfört utifrån och består av vattenkraft (48 %) och kärnkraft (48 %).

Självproducerad och extern tillförsel av el i Göteborg 1998

Tabell 2 Självproducerad och extern tillförsel av el i Göteborg 1998 [16], [19].

	Energi (GWh)	Andel (%)
Vindkraft	9	0,2
Rosenlundsverket	131	3
Högsbo/Sisjön	21	0,5
Lindholm	1,5	0,03
El från vattenkraft	2113	48
El från kärnkraft	2114	48
Summa Totalt	4390	100

Elanvändning idag

Elanvändningen per invånare i Sverige är hög i jämförelse med andra länder. Sverige kommer på fjärde plats i världen efter Norge, Island och Kanada. Elanvändningen i Sverige är i stort sett uppdelad på två stora sektorer:

- Industri
- Bostäder, service mm

Tillsammans står de för ca 94 % av elanvändningen i Sverige. Sektorn bostäder och service mm står ensam för ca 52 % [10].

Största delen, ca 2/3 av elförbrukningen i kvarteret används i hushållen. Den resterande tredjedelen utgörs av elanvändning i lokaler samt i övriga fastigheten såsom tvättstuga mm. I tabell 3 redovisas dagens elförbrukningen i kvarteret. Den totala elförbrukningen uppgår till ca. 328 MWh/år. Utslaget på bostads- och lokalytan i kvarteret uppgår förbrukningen till 48 kWh/m².

Elförbrukning i kvarteret

Tabell 3. Elförbrukning i kvarteret. Med enheten kWh/m² avses kWh per bostads- och lokalyta i kvarteret enligt uppgifter från Göteborg Energi och Familjebostäder i Göteborg AB

	MWh	Yta	kWh/hushåll	kWh/m ²	kWh/person
Total elförbrukning i kvarteret 2001	328	6801	3252	48	1549

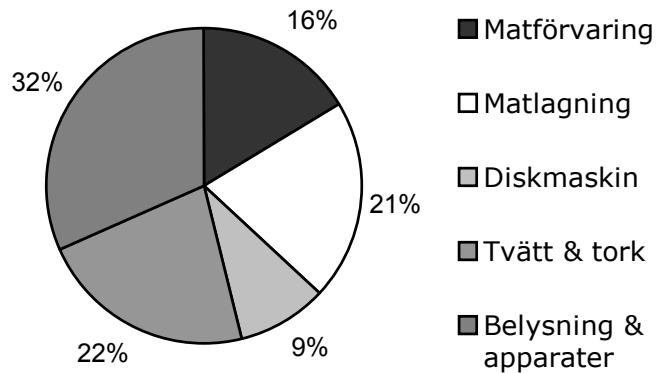
Hållbar el i kvarteret

I kvarteret består elanvändningen till största delen av el som används för att utföra tjänster förknippade med hushållet. Mindre områden är elanvändning i en servicebutik i bottenplan samt belysning med mera i allmänna utrymmen. Elanvändningen i kvarteret har behandlats utifrån en fördelning på antalet hushåll i kvarteret. Detta har gjorts för att kunna jämföra med effektiviseringspotentialer från andra rapporter där jämförelser utgående från elanvändningen per hushåll är vanliga.

En allmänt vedertagen siffra på elförbrukningen i ett hushåll är 4 – 6 000 kWh per år. Hushållet antas då bestå av en standardfamilj på två vuxna och två barn. Denna siffra kan minskas genom nya elsnåla apparater, lågenergilampor och ändrade handlingsmönster. Lågenergilamporna drar ca 80 % mindre el än en vanlig glödlampa och har dessutom en livslängd som är 8 gånger längre än en konventionell glödlampa. De ger en bibehållen belysningsstandard och livslängden påverkas inte av att de tänds och släcks inom korta intervall. Med A-klassade energisnåla hushållsapparater är det inte ovanligt att förbrukningen kan minskas till hälften av dagens genomsnittliga förbrukning och detta gäller kyl, frys och diskmaskin såväl som tvättmaskiner och torktumlare. Även om stora besparingar kan göras genom att välja elsnåla apparater och lampor så har också handlingsmönster och vanor i hushållet stor inverkan på elförbrukningen. El kan här sparas genom att diska med full maskin, använda vattenkokare istället för att värma vatten på spisen, låta tvätten lufttorka eller torka i torktumlare istället för i torkskåp, anpassa kastrullens storlek till plattans storlek, frosta av frysen i tid, hålla baksidan av kyl och frys fria från damm, låta varm mat svalna innan den ställs in i kylan och låta fryst mat tina i kylan etc.

Elförbrukningen per hushåll i kvarteret är låg i jämförelse med andra undersökningar i litteraturen. Detta beror på att undersökningar av denna typ oftast är baserade på ett standardhushåll på 4 personer (två barn och två vuxna). I kvarteret bor det i genomsnitt ca 2 personer per hushåll och standardhushåll är därför ovanliga. I figur 4 illustreras en fördelning av elförbrukningen på användningsområde.

Fördelning av elanvändningen i ett hushåll



Figur 4 Fördelning av elanvändningen uppdelat på område [23].

Fördelningen antas gälla i kvarteret och har också använts i tabell 4 där elanvändning i kvarteret redovisas tillsammans med resultat av besparingsåtgärder. Utgångspunkten för besparingsåtgärderna har varit Löveheds rapport Villa '95 [23]. Nuteks mätningar från 1993 har fått representera dagens förbrukning av el i ett standardhushåll och Villa '95 står för den elsnåla förbrukningen. En uppskattning av elsnålhet för scenariot "Hållbart kvarter 2050" har gjorts utgående från storleksordningen på effektiviseringar mellan elsnåla Villa '95 undersökningen och dagens användning enligt mätningar utförda av Nutek 1994.

Elförbrukning uppdelad på aktivitet

Tabell 4 Elförbrukning uppdelad på aktivitet.

Aktivitet	Dagens standard hushåll ¹ kWh	Villa '95 ² kWh (%)	Kvarteret Idag ³ kWh (%)	"Hållbart kvarter 2050" ⁴ kWh (%)	"Hållbart Kvarter 2001" ⁵ kWh (%)
Matförvaring	1678	457 (16)	537 (16)	255 (16)	537 (23)
Matlagning	609	568 (21)	667 (21)	317 (21)	667 (29)
Diskmaskin	185	250 (9)	294 (9)	139 (9)	294 (13)
Tvätt & tork	794	621 (22)	729 (22)	346 (22)	346 (14)
Belysning & apparater	2569	874 (32)	1026 (32)	487 (32)	487 (21)
Totalt:	5835	2770 (100)	3252 (100)	1544 (100)	2331 (100)

- 1) Dagens elanvändning i ett standardhushåll i Sverige enligt mätningar utförda av Nutek 1994.
- 2) Elanvändning i ett standardhushåll efter att åtgärder för elsnålhet har vidtagits [23].
- 3) Här har en fördelning av elanvändningen på aktivitet antagits för elanvändningen i kvarteret idag. Utgår från den procentuella fördelningen i [23].
- 4) Här har åtgärder för elsnålhet vidtagits i kvarteret utgående från [23].
- 5) Här har åtgärder för elsnålhet vidtagits endast inom aktiviteterna tvätt & tork och belysning & apparater. Dessa aktiviteter anses kunna påverkas om en ombyggnad av kvarteret till ett hållbart kvarter skulle ske i dagens läge. Eventuellt skulle ytterligare elsnålhet kunna uppskattas här genom information och tips till de boende av typen som nämnts i början på avsnittet hållbar el i kvarteret.

I tabell 5 redovisas elförbrukningen i kvarteret 2001 jämfört med förbrukningen år 2050. Elförbrukningen per hushåll uppgår år 2050 till 1544 kWh. Utslaget på bostads- och lokalytan i kvarteret uppgår elförbrukningen år 2050 till 23 kWh/m². Effektiviseringarna ger en besparing med ca 50 % år 2050 jämfört med kvarteret 2001. Värt att tillägga är att besparingen varit möjlig med teknik som redan finns tillgänglig på marknaden idag, och att det är troligt att det år 2050 kommer att finnas ännu mer energieffektiva hushållsapparater. Idag går dock trenden mot en ökad användning av elkrävande produkter i hemmen. Denna trend antas hålla i sig till 2050 och äta upp vinsten av effektiviseringarna. Förbrukningen 1544 kWh/hushåll i kvarteret anses utifrån detta vara ett rimligt antagande.

Elförbrukning i kvarteret 2001 och 2050

Tabell 5 Elförbrukning i kvarteret 2001 och 2050. Med enheten kWh/m² avses kWh per bostads- och lokalyta i kvarteret.

	MWh	Yta	KWh/hushåll	kWh/m ²	kWh/person
Total elförbrukning i kvarteret 2001	328	6801	3252	48	1549
Total elförbrukning "Hållbart kvarter 2001"	235	6801	2331	34	1110
Total elförbrukning "Hållbart kvarteret 2050"	156	6801	1544	23	736

Solceller och bränsleceller

Vätgas är en framtida energibärare som ofta diskuteras. Den kan framställas på många olika sätt bl.a. från biomassa och genom elektrolys av vatten.

Vätgasen kan sedan generera el i en bränslecell. En ur miljöbelastningssynpunkt attraktiv lösning är att producera el från solenergi med hjälp av solceller och sedan använda elen till elektrolys av vatten till vätgas. Av vätgasen kan sedan el produceras i en bränslecell. Denna lösning har undersökts vidare i detta avsnitt. Verkningsgraden för denna process är dock låg i dagsläget. Fördelar med tekniken är att elen kan genereras på vintern då det idag ofta krävs tillskott av fossilbaserad el. Bränslecellen genererar också en del värme som kan tas till vara. Med en högre verkningsgrad i de olika stegen från solinstrålning till vätgas kan tekniken bli mer attraktiv i framtiden.

För att elen som används i kvarteret ska vara förnyelsebar och kunna ingå i ett hållbart samhälle har en lokal elproduktion med hjälp solceller och bränslecell beaktats. Solceller kan monteras på taken i kvarteret som har en lutning på 30°. Det finns uppskattningsvis ca 1283 m² takyta i kvarteret som lämpar sig för tillvaratagande av solenergi. Av denna takyta upptas enligt samma beräkningar ca 210 m² av solvärmepaneler vilka behandlas i avsnittet solvärme. Den kvarvarande ytan på ca 1075 m² kan användas för solceller. I dag finns det solceller som i laboratorieförsök omvandlar solenergi till elektricitet med en verkningsgrad på 17 %. För kiselbaserade solceller är den teoretiska verkningsgraden 20 - 25 % [22]. För solceller som består av flera lager s.k. multi - junction celler är den teoretiska verkningsgraden upp till 66% [5]. Utifrån detta har en verkningsgrad på 20 % antagits i alternativet "Hållbart kvarter 2050". Solcellerna i kvarteret antas uppskattningsvis kunna ge ca 203 kWh/m² solcellsytan då solinstrålningen i Göteborg är ca 1010 kWh/m² [6]. Totalt kan 218 MWh el genereras från solceller monterade på taken i kvarteret. Utslaget på den totala bostads- och lokalytan i fastigheterna uppgår den producerade solelen till 32 kWh/m² i alternativet "Hållbart kvarter 2050". I alternativ "Hållbart kvarter 2001" har en verkningsgrad på 10% antagits för solcellerna och produktionen blir hälften av den i "Hållbart kvarter 2050".

Genom elektrolys av vatten kan vätgas produceras från solen. Vätgasen kan sedan driva en bränslecell för elproduktion på vintern. Elen som produceras genom att vätgas har lagrats har benämnts "H₂-solel". Verkningsgraderna för de olika stegen återges tillsammans med den producerade elen per kvadratmeter solcellsytta i tabell 6.

Från solinstrålning till H₂-solel i "Hållbart kvarter 2050"

Tabell 6 Möjlig producerad el och verkningsgrader i de olika stegen från solinstrålning till el från bränslecell. Med enheten kWh/m² avses kWh per bostads- och lokalyta i kvarteret. I alternativet "Hållbart kvarter 2001" har en verkningsgrad på 10 % antagits i solcellerna.

	"Hållbart kvarter 2001" (kWh/m ²)	"Hållbart kvarter 2050" (kWh/m ²)
Instrålning i Göteborg	1014	1014
Solel genom solceller η=10% alt η=20%	101	203
Som vätgas efter elektrolys η=50%	51	101
Som el efter bränslecell η=55%	28	56

I tabell 7 presenteras olika alternativ med kombinationer av producerad solel och H₂-solel i "Hållbart kvarter 2050".

Producerad el i olika kombinationer av direkt använd solel och lagrad H₂-solel i "Hållbart kvarter 2050"

Tabell 7 Producerad el i olika kombinationer av direkt använd solel och lagrad solel i kvarteret 2050.

	100 % solel	1/3 H ₂ -solel 2/3 Solel ¹	1/2 H ₂ -solel 1/2 Solel ¹	2/3 H ₂ -solel 1/3 Solel ¹	100 % H ₂ -solel
Direkt använd solel (MWh)	218	145	109	73	0
Direkt använd solel (kWh/m²)	32	21	16	11	0
Solel för vinterbruk (MWh)	0	20	30	40	60
Solel för vinterbruk (kWh/m²)	0	3	4	6	9

1) Delarna som anges är delar av solcellsytan. T.ex. i kolumnen "1/3 vinterel 2/3 solel" används 1/3 av solcellsytan för att producera vinterel genom lagring av vätgas och resten (2/3) används för att producera solel som används direkt. Enheten kWh/m² i tabellen anger den producerade elen från solcellerna utslaget på bostads- och lokalyta i kvarteret.

Alternativet "2/3 H₂-solel 1/3 Solel" kommer att användas i fortsättningen. Då vätgasen driver bränslecellen och el genereras bildas också värme. Värmen antas kunna tas tillvara på lämpligt sätt, kanske genom värmewäxling eller absorptionsvärmepump. Tillskottet till uppvärmningen från bränslecellsdriften har utslagets på bostads- och lokalytan uppskattats till 3 kWh/m² i alternativet "Hållbart kvarter 2050".

I tabell 8 redovisas en sammanfattning av eltillförseln till kvarteret 2001 och 2050. Värmetillskottet från bränslecellen redovisas i motsvarande tabell för uppvärmning i avsnittet *Värme* sidan 24.

Tillförseln av el till kvarteret 2001 samt i alternativen "Hållbart kvarter 2001" och "Hållbart kvarter 2050"

I tabell 8 jämförs eltillförseln i tre fall.

Tabell 8 Eltillförsel i kvarteret 2001 samt i alternativen "Hållbart kvarter 2001" och "Hållbart kvarter 2050". Med enheten kWh/m² avses kWh per bostads- och lokalyta i kvarteret.

	Kvarteret Idag (kWh/m ²)	"Hållbart kvarter 2001" (kWh/m ²)	"Kvarteret 2050" (kWh/m ²)
El från nätet	48	25,5	6
Solel	0	5,5	11
Vinterel	0	3	6
Summa:	48	34	23

Idag är el producerad i solceller inte ekonomiskt gångbar. Men mycket kan hända inom detta område fram till 2050. Teknikutvecklingen är avgörande och redan idag finns det tekniker som kan reducera kostnaderna för solel. En sådan teknik är PV/T hybrider. De fungerar både som solfångare och solceller och ger således både el och värme. Genom att använda reflektorer kan solcellsytan begränsas och därmed kostnaderna. I solcellerna blir solstrålningen koncentrerad och värme kan utvinnas genom att vattenkyla dem [17].

Potentialen för solel är stor även i Sverige. I teorin skulle Sverige kunna klara hela sin energiförsörjning på solceller och H₂-solel. Med en omvandlingseffektivitet på 5 % från solenergi till vätgas kan 300 TWh vätgas produceras per år på en area motsvarande 1,5 % av den svenska arealen [2]. Om denna teknik skulle användas i större skala år 2050 skulle det på grund av den låga solinstrålningen per kvadratmeter i Sverige troligtvis bli billigare att importera vätgasen från områden där solinstrålningen är högre [2].

Värme

Ett av målen för det hållbara kvarteret är att bebyggelsen ska vara energisnål, eftersom minskad energianvändning i bebyggelsen är en viktig miljöfråga. Målet är att mängden tillförd uppvärmningsenergi i kvarteret ska minimeras. I kapitlets början beskrivs dagens kvarter utifrån insamlade data. Senare beskrivs åtgärder för energisnålhet i kvarteret och vilka besparingar som kan göras utifrån dessa åtgärder.

Hållbarhet i värmesystemet

För att uppskatta vad hållbarhetsbegreppet innebär för kvarteret inom området uppvärmning har tre olika parametrar som påverkar hållbarheten identifierats:

- Tillgången till fjärrvärme i ett framtida hållbart Göteborg.
- Ökningen av uppvärmd yta fram till år 2050.
- Värdet av att i ett långsiktigt perspektiv ha en mycket energisnål bebyggelse.

I en hållbar framtid kommer den del av fjärrvärmeproduktionen som baseras på fossila bränslen inte att finnas kvar. Det är troligt att viss tillgång till spillvärme ändå kan finnas år 2050 från processer som baseras på förnyelsebara bränslen. Fjärrvärmesystem som idag fås från befintlig naturgasbaserad kraftvärme kommer sannolikt också att kunna finnas kvar men den kommer då att vara baserad på ett biobränsle. Fjärrvärmeproduktion från centrala värmepumpsanläggningar anses inte vara tillräckligt effektivt för att finnas kvar i ett hållbart Göteborg år 2050. Dessa har istället ersatts av lokala värmeväxlare för utgående avlopp. Tillgången till fjärrvärme kan också komma att begränsas av att alla delar i samhället blir mer effektiva. Detta eftersom fjärrvärmesystem till stor del bygger på att ta till vara på värmeenergi i processer där produktionen av värmeenergi inte är det huvudsakliga målet.

En ökning av uppvärmd yta fram till år 2050 är sannolik. Enligt Energimyndighetens rapport "Ett uthålligt energisystem – energianvändningsnivåer år 2050" [13] kommer den uppvärmda ytan att öka fram till år 2050 med 34 % i flerbostadshus, 17 % i småbostadshus och 103 % i lokaler. Detta medför att mer fjärrvärme kommer att behövas för att värma upp en större yta.

I ett långsiktigt perspektiv anses värdet av att ha en mycket energisnål bebyggelse att vara stort eftersom det leder till att bebyggelsens miljöbelastning minskar. Möjligheter att göra större systemändringar i energiproduktionen i samhället kan främjas då bebyggelsen inte har ett lika

stort värmeenergibehov som idag. Detta beror på att bebyggelsen idag står för en mycket stor del av energianvändningen i samhället och att den därmed har en del i en tröghet som motverkar en hållbar utveckling inom energiområdet. Denna tröghet anses vara en viktig parameter och leder till att ambitionen med projektet Hållbart kvarter är att kvarteret ska vara mycket energisnålt.

Värmeproduktion och förbrukning idag

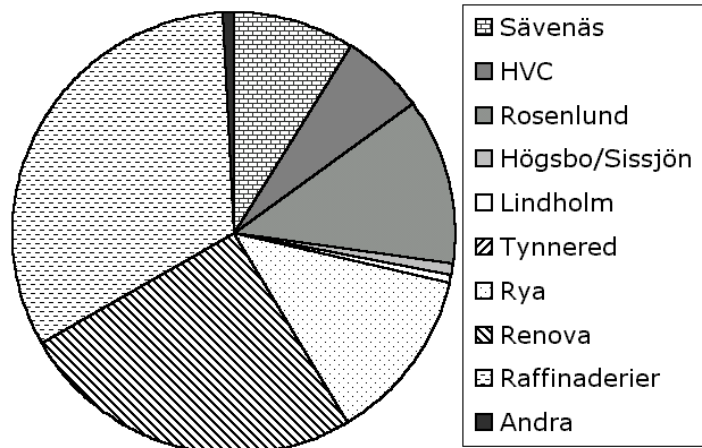
I kvarteret utnyttjas idag fjärrvärme för att värma upp fastigheterna. Den används både till uppvärmning av bostäderna och till varmvattenberedning. Fjärrvärmesystemet kan beskrivas utifrån en uppdelning av tre delsystem:

- Produktionsanläggningar
- Distributionsledningar
- Abonnentcentraler

I produktionsanläggningarna omvandlas den tillförda energiråvaran till värme i form av hett vatten eller ånga med högt tryck och hög temperatur. I Göteborg produceras fjärrvärmerna i stora anläggningar runt om i staden, främst genom att ta vara på spillvärmerna i industriprocesser. Vilka anläggningar som producerar fjärrvärme i Göteborg kan utläsas av figur 5. De två största är raffinaderier och Renovas avfallsförbränningsanläggning.

Fjärrvärmeproduktion i Göteborg 1998

	(GWh)
Sävenäs	330
HVC	226
Rosenlund	465
Högsbo/Sissjön	31
Lindholm	16
Tynnered	0,1
Rya	476
Renova	947
Raffinaderier	1222
Andra	28
Summa	3741

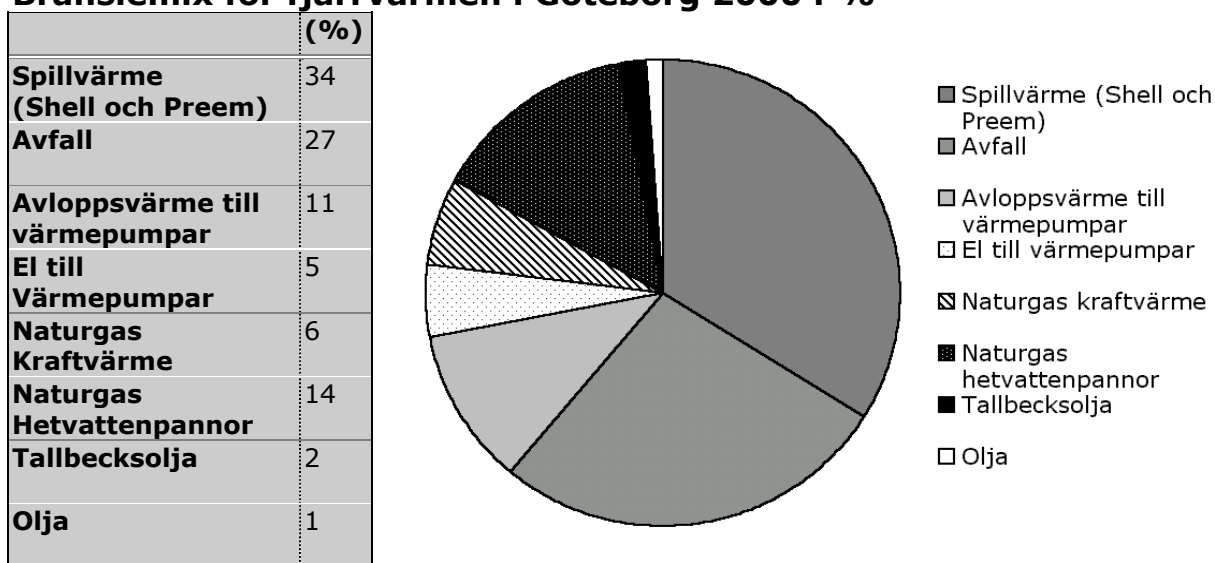


Figur 5 Fjärrvärmeproduktion i Göteborg 1998 i GWh [19].

Från produktionsanläggningarna överförs värmen till distributionsnätet för att slutligen ledas fram till abonnentcentralen. I abonnentcentralen överförs

värmen från fjärrvärmenätet till kunden genom att värmen från nätet värmes ut med mediefloeden i abonnentens värmesystem. Värmen används sedan till att värma varmvatten och för att värma upp lokalerna i byggnaden. Fjärrvärmen i Göteborg har en energimix enligt figur 6 där spillvärmen står för en stor del.

Bränslemix för fjärrvärmen i Göteborg 2000 i %



Figur 6 Bränslemix för fjärrvärmen i Göteborg 2000 i % [15].

Utsläppen av växthusgaser per år från fjärrvärmeproduktion uppgår till 79 g/kWh, varav 76 g/kWh är koldioxid [15]. Enligt Miljöförvaltningen i Göteborg kan fjärrvärmen till ca en tredjedel räknas som fossilbaserad. Värt att notera från tabell 10 och figur 6 är den stora del av fjärrvärmen som produceras från spillvärme från oljeraffinaderier. Om spillvärmen från raffinaderierna omräknas till oljeekvivalenter blir koldioxidutsläppen från fjärrvärmeproduktionen ca dubbelt så stor.

Dagens förbrukning av fjärrvärme i kvarteret uppgår till ca 1203 MWh/år. Utslaget på boyta och lokaler uppgår fjärrvärmeanvändningen i kvarteret till ca 177 kWh/m². Fjärrvärmen används dels till att värma upp lokaler och lägenheter i kvarteret dels till varmvattenberedning.

Varmvattenförbrukningen har beräknats utifrån att den är $\frac{1}{3}$ av kallvattenförbrukningen och beräknas stå för ca 25 kWh/m². Till uppvärmning av husen i kvarteret åtgår resterande 152 kWh/m².

Energisnålhet i det hållbara kvarteret

Sverige har en stark tradition i att bygga med hänsyn till energianvändningen. Redan på 1930 - talet fanns bestämmelser om att det skulle hushållas med energi i bebyggelsen. Internationellt sett var dessa bestämmelser dåtidens strängaste när det gäller hushållning med energi i byggnader. Idag är Sverige i ett internationellt perspektiv fortfarande ganska framgångsrikt inom detta område men, tendenser i utvecklingen tyder på att mindre hänsyn tas till frågor om energihushållning och långsiktighet. Byggnader kyls på sommaren och värms på vintern. Idag finns billig och lättillgänglig energi, och därför råder en annan inställning. Bebyggelsen står idag för 40 % av Sveriges totala energianvändning samt för en stor del av övrig resursanvändning. Även om många av aktörerna inom byggbranschen är överens om att miljöpåverkan från branschen bör minskas, så står inte frågorna om energieffektivisering i centrum på samma sätt som de gjorde för 70 år sedan. Steget från att bygga energisnålt till att bygga mycket energisnålt eller till och med bygga hus utan särskilt värmesystem är dock inte så stort. Det ligger dessutom i linje med de åtgärder som förväntas av ett land med goda traditioner i energisnålt byggande och som är ett föregångsland inom miljöområdet.

Idag finns det hus i Sverige som fungerar utan värmesystem. Husen har uppförts av Egnahemsbolaget och finns i Lindås i Göteborg. De har utvecklats utifrån en princip som är central då energisnålt byggande diskuteras:

"Att först och främst minimera energiförlusterna innan tillförsel av energi diskuteras."

Principen torde vara ett naturligt angreppssätt på problemet eftersom värmesystemets enda uppgift i praktiken är att kompensera för husets värmeförluster. Med minimerade värmeförluster behövdes inget värmesystem i husen i Lindås. Förlusterna har minimerats främst genom bättre isolering, bättre fönster och en effektiv ventilationsvärmväxlare. Den bästa tillgängliga tekniken har används tillsammans med ett omsorgsfullt projekteringsarbete. Detta har lett fram till att värmeförlusterna är så små att personvärme, instrålad solenergi och värme från belysning och hushållsapparater räcker för att värma husen, även under kalla vinterdagar. Extrakostnaderna för de förlustminimerande åtgärderna har "betalts" av det insparade värmesystemet. Avsikten med projektet "Hållbart kvarter" är att dra nytta av de erfarenheter som genererats i detta projekt, som resulterade i hus utan värmesystem [7].

Energiförluster i kvarteret

Energiförlusterna från fastigheterna i kvarteret kan delas upp på tre slag:

- Transmissionsförluster
- Ventilationsförluster
- Avloppsförluster

Med transmissionsförluster eller ledningsförluster menas de värmeförluster som uppkommer då värmen går igenom byggnadens omslutande yta, dess ytterskal. Denna typ av förluster är svåra att undvika i befintlig bebyggelse eftersom det ofta finns genomföringar av bärande konstruktioner, t.ex. balkonger. Genomföringarna kan fungera som köldbryggor som leder in kylan och leder ut värmen.

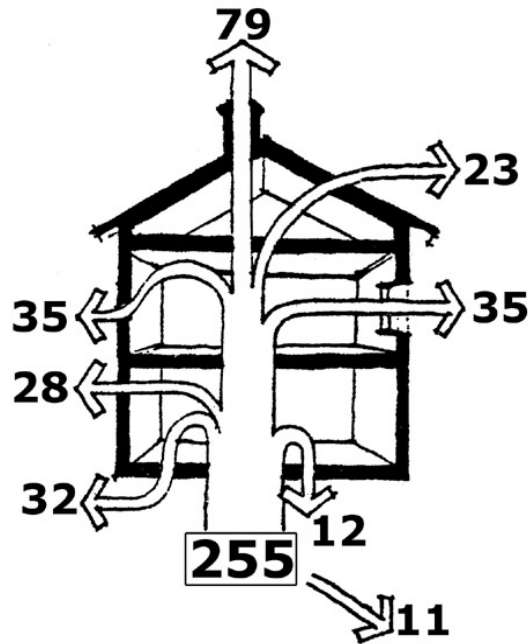
Ventilationsförluster utgör en stor del av värmeförlusterna från en byggnad. De uppkommer då uppvärmd rumstempererad inomhusluft ventileras ut och byts ut mot ny kall luft som måste värmas upp till rumstemperatur. Enligt svensk byggnorm föreskrivs ca en halv luftomsättning per timme. Med avloppsförluster avses de förluster av energi som uppkommer då uppvärmt vatten spolas ut i avloppet. I tabell 11 och figur 7 ges en uppskattning av värmeförluster i kvarteret idag.

Storleksordningar på värmeförluster i kvarteret idag

Värmeförlusterna i kvarteret idag visas i tabell 11 och figur 7.

Tabell 11 och figur 7 Storleksordningar på värmeförluster i kvarteret i dag. Fördelningen av förlusterna har varit givna från delprojektet "Hållbart kvarter" [7]. Med enheten kWh/m² avses kWh per bostads- och lokalyta i kvarteret.

Värmeförluster:	kWh/m ² idag
Värmesystem	11
Yttertak	23
Ytterväggar	35
Bottenbjälklag och källare	12
Fönster och dörrar	35
Ventilation	79
Infiltration (läckor)	28
Avloppsvatten	32
Summa:	255



Minimering av förluster

För att energisnålhet ska uppnås bör energiförlusterna minimeras. Detta kan i befintlig bebyggelse göras med olika åtgärder beroende på vilka förluster som avses.

Transmissionsförlusterna kan minskas genom:

- Tilläggsisolering av husets väggar invändigt och/eller utvändigt.
- Tilläggsisolering av vindsbjälklagen.
- Byta ut befintlig isolering i väggarna.
- Användning av nya isolermaterial, t.ex. vacuum-aerogel
- Byte av fönster eller tilläggsisolering av gamla fönster.

Energiförlusterna genom ytterväggarna är ca 14 % av de totala energiförlusterna från huset. När den här typen av åtgärder diskuteras är det särskilt viktigt att lyfta fram att huset har viktiga kulturhistoriska värden som ska bevaras.

För att minska ventilationsförlusterna måste energiinnehållet i den bortventilerade luften tas till vara. Detta kan göras genom att värmeväxla den varma bortventilerade luften antingen med den friska luften som tas in eller med ett annat medium. För luft – luft värmeväxling krävs mekanisk ventilation medan värmeväxling från luft till annat medium kräver en värmepump.

Avloppsförlusterna kan minskas genom värmeväxling av utgående avloppsvattnet med ingående kallvatten. Tekniken är enkel och består i att ca 10 m av avloppsröret ligger inuti ett rör med ingående kallvatten. Det ingående kallvattnet kan då förvärmas till 20°C och kan sedan ledas in i varmvattenberedaren där energibesparingar uppnås då 20 gradigt vatten bereds istället för 8 – 11 gradigt. Genom att dubblera färskvattensystemet i fastigheterna kan det förvärmade vattnet anslutas till den vanliga kranen och en liten kompletterande kran användas för att tappa upp kallt dricksvatten. Det förvärmade vattnet kan användas till allt annat, t.ex. för att skala potatis i, tvätta händerna i samt som spolvatten i toaletterna etc. Tekniken kräver ett jämt flöde av avloppsvatten för att fungerar bra. På grund av detta fungerar den inte bra i mindre system. Det krävs att ett större antal hushåll är anslutna till avloppet för att åstadkomma ett jämnare flöde. De 101 lägenheterna i kvarteret bör räcka för att åstadkomma ett tillräckligt jämt flöde av avloppsvatten.

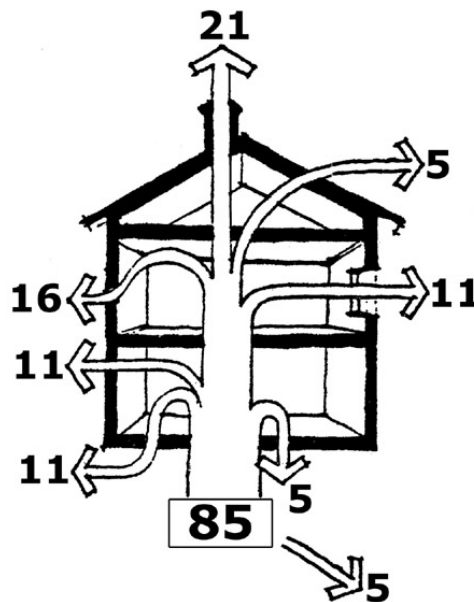
I tabell 12 och figur 8 redovisas storleksordningarna på de olika energiförlusterna idag i fastigheterna samt hur de förändras efter att dessa åtgärder vidtagits.

Energiförluster i kvarteret efter ombyggnad

Värmeförlusterna i kvarteret efter ombyggnad visas i tabell 12 och figur 8.

Tabell 12 och Figur 8 Energiförluster i kvarteret efter ombyggnad och förändringar jämfört med dagens kvarter. Relativa storlekar på förlusterna har varit givna från delprojektet "Hållbart kvarter" [7]. Med enheten kWh/m² avses kWh per bostads- och lokalyta i kvarteret.

	kWh/m ² 2050	kWh/m ² förändring
Värmesystem	5 ¹	-6
Yttertak	5 ²	-18
Ytterväggar	16 ³	-19
Bottenbjälklag och Källare	5 ⁴	-7
Fönster och dörrar	11 ⁵	-24
Ventilation	21 ⁶	-58
Infiltration (läckor)	11 ⁷	-17
Avloppsvatten	11 ⁸	-21
Summa	85	-170

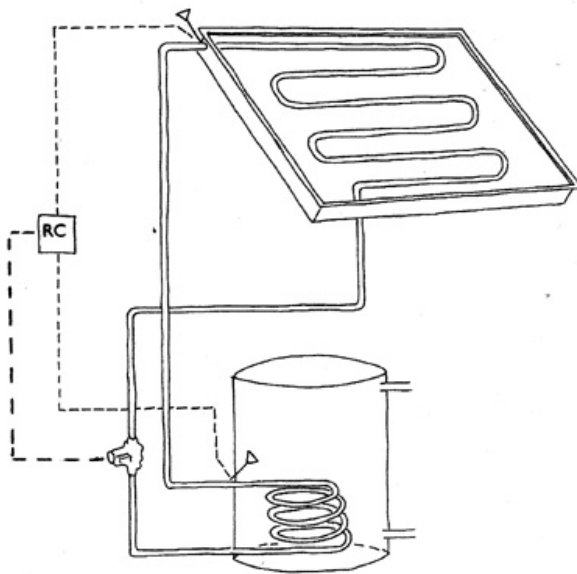


- 1) Effektivisering av fjärrvärme överföringen
- 2) Tilläggsisolering
- 3) Insida + utsida 30 mm isolering
- 4) Tilläggsisolering och tätning
- 5) Extra isolerruta och tätning av dörrar i trapphus
- 6) Värmeväxling av ventilationsluft
- 7) Tätning
- 8) Värmeväxling av avloppsvattnet

Solvärme

Genom installation av ett solvärmesystem kan ca 50 % av uppvärmningsenergin för tappvarmvatten sparas in [7]. Principen för termiska solfångare är enkel och består i att ett medium i en sluten krets värms upp av solen i en solfångaren och kopplas till en ackumulatortank eller till en varmvattenberedare, där den "fångade" värmeenergin kan tas till vara. Mediet är vanligtvis glykolblandat vatten eller en speciell olja. Den slutna kretsen regleras via automatik som startar en cirkulationspump när temperaturen i solfångaren är högre än i vattenlagret, se figur 9.

Principskiss över ett solfångarsystem



Figur 9 Principskiss över ett solfångarsystem. Reglercentralen (RC) har två givare som styr solvärmesystemet. En cirkulationspump startas när temperaturen i solfångaren är högre än i vattenlagret [1].

Placeringen av solfångare bör vara i söder-, sydväst- eller sydostläge. Hur solfångarnas effektivitet påverkas av lutning och riktning kan utläsas av tabell 13 som utgår ifrån den optimala placeringen och riktningen 45° lutning i riktning söderläge.

Riktningen och lutningens påverkan på solfångarens effektivitet

I tabell 13 redovisas hur solfångarens effektivitet är beroende av lutning och riktning.

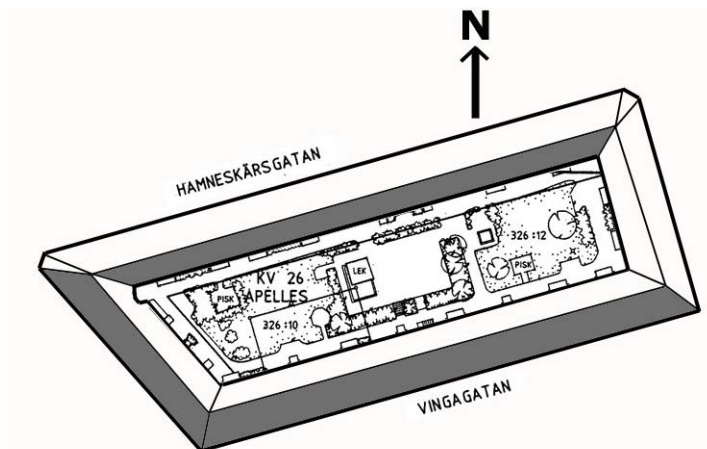
Tabell 13 Riktningen och lutningens påverkan på solfångarens effektivitet [1].

Lutning	15°	30°	45°	65°
Riktning				
S	0,91	0,99	1	0,96
SV,SO	0,87	0,92	0,93	0,89
V,O	0,79	0,78	0,75	0,69

Lutningen på taken i kvarteret är 30°, vilket är acceptabelt eftersom lutningen inte har så stor inverkan på utbytet. All takyta i kvarteret lämpar sig dock inte för placering av solvärmepaneler, eftersom vissa ytor ligger i västligt, östligt eller nordligt läge. I figur 10 har den aktuella ytan markerats med grått. Endast två långsidor och en kortsida av taket kan användas. Den totala takytan som lämpar sig för utvinning av solvärme är 1283 m². Enligt beräkningar behöver 208 m² av takytan (ca 1/6) täckas med solvärmepaneler för att täcka 50 % av varmvattenbehovet.

Varmvattenförbrukningen i kvarteret motsvarar en energiförbrukning på ca 166 MWh/år och varje kvadratmeter solfångare kan ge 400 kWh/år [1]. Dimensioneringen av ackumulatortanken bör vara 50 – 75 liter lagringsvolym per m² solfångare [1]. Storleken på ackumulatortanken i kvarteret blir då ca 10 – 16 m³. Utslaget på bostads- och lokalytan i kvarteret blir bidraget från solvärmens 12 kWh/m².

Total takyta som lämpar sig för utvinning av solenergi.



Figur 10 Total takyta som lämpar sig för utvinning av solenergi, grå markering. Ytan är ca 1283 m² och 208 m² (ca 1/6) behöver täckas av solvärmepaneler för att täcka 50 % av varmvattenförbrukningen.

Värmetillskott från bränslecell

I avsnittet som behandlar elförsörjning har en lösning med solceller och bränslecell studerats. Värmetillskottet från bränslecellen i alternativet "Hållbart kvarter 2050" har uppskattats till 3 kWh per m² bostads- och lokalyta i kvarteret.

Summering

I tabell 14 redovisas behovet av energi för uppvärmning idag, samt i de två alternativen utgående från de minskade förlusterna. Tabellen ger en grov uppskattning och visar på uppskattade storleksordningar på energiförluster och besparingar.

Värmeförluster och Värmetillförsel i kvarteret idag, samt i alternativen "Hållbart kvarter 2001" och "Hållbart kvarter 2050"

I tabell 14 redovisas värmeförluster och värmetillförsel i kvarteret idag och i alternativen "Hållbart kvarter 2001" och "Hållbart kvarter 2050".

Tabell 14 Värmeförluster och värmetillförsel i kvarteret idag samt i alternativen "Hållbart kvarter 2001" och "Hållbart kvarter 2050". Tabellen ska ses som grova uppskattningar på hur mycket energi som kan sparas. Storleken på de minskade förlusterna, värmetillskottet från solinstrålning och internbelastning idag har varit givna från delprojektet "Hållbart kvarter". Med enheten kWh/m² avses kWh per bostads- och lokalyta i kvarteret.

Värmeförluster:	idag (kWh/m ²)	"Hållbart kvarter 2001" (kWh/m ²)	"Hållbart kvarter 2050" (kWh/m ²)
Summa:	255	85	85
Värmetillskott:	idag (kWh/m ²)	"Hållbart kvarter 2001" (kWh/m ²)	"Hållbart kvarter 2050" (kWh/m ²)
Uppvärmning	152	0	7 (4) ²
Varmvatten	25	13	25 (13) ²
Solvärme	0	12	0 (12) ²
Solinstrålning	30	30	30 (30) ²
Bidrag från bränslecell	0	1,5	0 (3) ²
Internbelastning	48	28,5 ¹	23 ^{1,2} (20) ^{1,2,3}
Summa:	255	85	85

1) I posten internbelastning innefattas värmetillskott från personvärme, hushållsel och varmvatten.

2) Den minskade internbelastningen beror på minskad elanvändning.

3) Siffror inom parentes anger storleken på vämetillskott i det hållbara kvarteret år 2050 för en mer lokalt baserad produktion av värme likt den i kolumnen "Hållbart kvarter 2001".

Näringsämnen

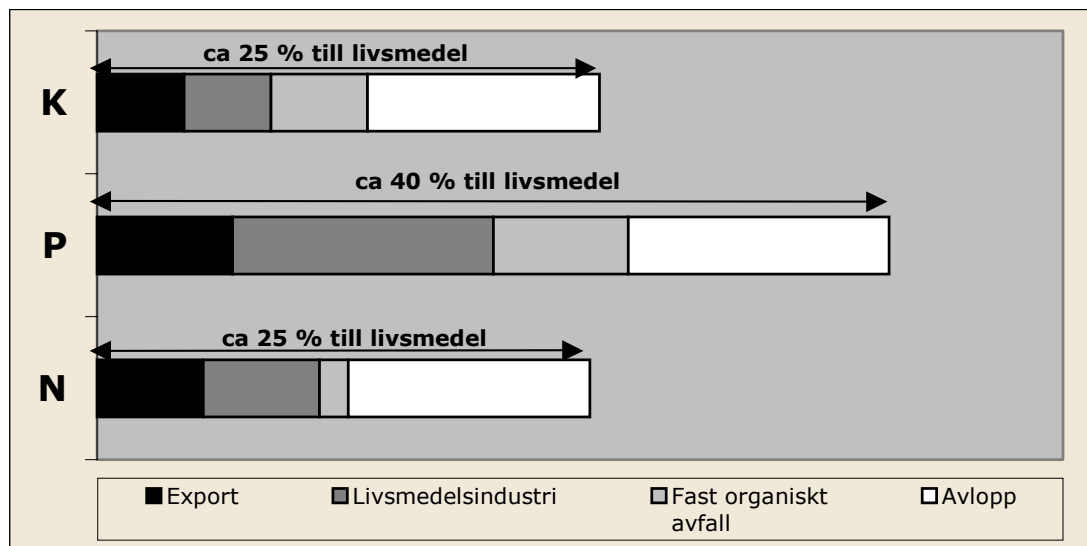
En förutsättning för ett hållbart samhälle är att kretsloppen av näringsämnen är relativt slutna. Detta är viktigt för att kunna hushålla med ändliga resurser, effektivisera energianvändningen samt motverka miljöproblem såsom övergödning. Idag har Sverige ett VA-system som inte möter morgondagens krav på effektivitet och tillvaratagande på resurser. Övergödningen i våra vatten betraktas som ett av de mest allvarliga miljöhoten. I samhället har problemet med övergödning i stor utsträckning betraktats som ett utsläppsproblem och idag läggs det ner stora summor pengar på att rena avloppsvatten från näringsämnen i reningsverken. I andra änden har jordbruket behov av att tillsätta konstgödsel för att kompensera för de förluster av näringsämnen som uppkommer då näringsämnen har sin slutstation i reningsverket. Näringsämnen från "folkgödsel" återförs således inte till jordbruket. Utöver detta tas stora delar näringsinnehållet i stallgödseln inte heller tillvara utan kompenseras också med konstgödsel. Detta beror på specialiseringar i jordbruket där djurhållning och foderproduktion sker i skilda regioner av landet.

Således finns det idag uteblivna länkar i kretsloppet av näringsämnen mellan staden och landet samt mellan de som sysslar med djurhållning och de som producerar foder. Oförmågan att ta tillvara på näringsämnen har lett till ett behov av att hela tiden tillföra industriellt producerade näringsämnen i form av handelsgödsel. Varje år tillförs 170 000 ton handelsgödselkväve till det svenska jordbruket, och 25 % av detta hamnar i livsmedel [21]. Av dessa 25 % hamnar hälften i reningsverken och försvinner därmed ut ur systemet [21]. Handelsgödselkväve tillförs för att kompensera för dessa och andra förluster. Detta skapar ett nettoflöde av kväve till systemet. För fosfor finns liknande problem eftersom en tillförsel av 19 000 ton handelsgödsel fosfor sker till svensk åkermark varje år [21]. Ungefär 40 % hamnar i livsmedelsprodukter varav ca. $\frac{1}{3}$ spolats ut i avloppet och samlas upp i reningsverken, vilket kan utläsas av figur 11. Denna del försvinner ut ur systemet och bidrar till att kretsloppet bryts. Förlusterna måste kompenseras genom tillförsel av nyutvunnet jungfruligt fosfor. I figur 11 redovisas den del av de tillförda näringsämnena som binds upp i livsmedel tillsammans med förluster av dessa till export, livsmedelsindustri, fast organiskt material och avlopp.

Andel av tillfört N, P och K till jordbruksmark som binds upp i livsmedel totalt, samt förluster från livsmedel.

I figur 11 redovisas procentandel av tillförda näringsämnen som binds upp i livsmedel. Samt inom vilka områden förlusterna av näringsämnen från livsmedel sedan sker.

Figur 11 Procentandel av tillförda näringsämnen till åkermark som binds upp i livsmedel. Andelar av förluster av näringsämnen från livsmedel i livsmedelskedjan. Förlusterna från livsmedel uppdelade på områdena Export, Livsmedelsindustri, Fast organiskt avfall samt Avlopp. [21]



Om kretsloppet skulle slutas mellan stad och jordbruk genom att näringsresursen från hushållen skulle kunna återföras till jordbruket skulle behovet av konstgödsel minska med 35 - 45 % [3]. Med enbart återföring av näringsämnen från urin skulle samma siffra vara 20 - 25 % [3].

Det är inom bostadssektorn möjligt att återvinna näring från avloppet. Kvarterets roll i det hållbara näringsämnessystemet vid ombyggnad av kvarteret till ett hållbart kvarter blir att återvinna den del av näringen som idag går förlorad via avloppet. Det hållbara kvarteret spelar här en viktig roll, eftersom det representerar staden och har som syfte att på ett hållbart sätt hushålla med näringsämnen. Det gäller att återvinna näringsämnen för att sedan återföra dem in i foderproduktion där de kan ersätta konstgödsel. I stadsmiljö och i större skala som i fallet med det hållbara kvarteret är det bäst att återvinna näringsämnen från urinen och inte från fekalier, på grund av följande tre orsaker:

- En mycket stor del av näringen finns i urinen. Detta gäller såväl kväve, fosfor som kalium (se tabell 15).

- Det finns bra fungerade teknik redan idag för urinseparering och lagring.
- Det är i större system och i stadsmiljö förenat med många komplikationer att återvinna näringsämnen från fekalier idag.

Avsnitt kommer utgående från detta i fortsättningen att behandla möjligheten att återvinna näringsämnen från urin.

Näringsinnehåll i humangödsel

I tabell 15 redovisas näringsinnehållet i humangödsel från en vuxen person per år.

Tabell 15 Näringsinnehåll i humangödsel för en vuxen person per år. Med justering för ålderssammansättningen hos befolkningen [26].

	Kväve, (kg/år)	Fosfor, (kg/år)	Kalium, (kg/år)
Urin, 365 l/person och år	4,0	0,4	0,9
Fekalier, 36,5 l/ person och år	0,6	0,2	0,4
Summa Urin + Fekalier:	4,6	0,6	1,3

Urin

Urin är en komplex vattenlösning och innehåller 82 % av de näringsämnen som totalt återfinns i urin och fekalier. Kvävet i urinet förekommer främst som urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (80%), ammoniak (7%), creatinine (6%) och den resterande delen uppbyggda i fria aminosyror och korta peptider [27]. Fosfor förekommer främst som fosfater. Andra komponenter i jonform som är vanligt förekommande är t.ex. natrium (Na^+), kalcium (Ca^{2+}) och sulfat (SO_4^{2-}). Kalium i urin förekommer främst som fria joner.

Urinseparering i det hållbara kvarteret

Urinseparering är idag en beprövad teknik som har hunnit utvecklas under ett antal år. Det kan ses som ett sätt att källsortera flytande avfall. Vinsterna består i att fraktionen innehållande näringsämnen kan tas om hand och användas samt att pengar och energi sparas in genom minskat behov av rening i reningsverken. Urinseparering genomförs med hjälp av urinseparerande toaletter, vilka finns i ett flertal varianter på marknaden. Med dessa kan urin separeras direkt för att sedan lagras i en större tank. Toaletterna är dessutom snålspolande vilket ger en lägre vattenförbrukning, se vidare i avsnittet vattenförbrukning.

I urin som har samlats upp sker biokemiska reaktioner där urea och peptider omvandlas till ammonium och koldioxid av mikroorganismer och enzymatisk aktivitet. Dessa reaktioner sker snabbt och ger en kraftig höjning av pH upp till över 9. Urinen är korrosivt och på grund av detta bör rören som leder bort urinen inte innehålla några metaller, eftersom de kan avges till urinen. Urinen leds till en tank som beräknas tömmas två gånger per år. Lagringstanken i kvarteret beräknas utifrån detta behöva rymma ca 40 m³ kubikmeter. I lagringstanken bör en minimal luftväxling eftersträvas på grund av risken för kväveavgång till luften i form av ammoniak. Om tanken konstrueras rätt kan förlusterna av ammoniak hållas under 0,5 % av totalkväve [21]. Minimal luftväxling bör av samma anledning eftersträvas vid tömning och transport.

Om näringsämnen i urin skulle tas till vara från invånarna i en stad av Göteborgs storlek skulle det genomsnittliga transportavståndet bli ca 30 km [21]. Eftersom Göteborg är en kuststad finns det ingen åkermark västerut vilket ökar transportavståndet något. Vid spridning av urin på åkermark är det viktigt att minimera ammoniakavgången till luften. Samma typ av spridningsteknik bör användas som vid spridning av andra flytande gödseltyper. Ammoniakavgången kan då begränsas till under 5 % av totalkvävet [21]. De totala förlusterna kväve under spridning och lagring av urin antas var ca 10 % av totalkväve. Mängden urin som beräknas kunna tas till vara i kvarteret per år är ca 77 m³. Mängden näringsämnen som beräknas kunna tas tillvara i kvarteret redovisas i tabell 16.

Mängden näringsämnen som beräknas kunna tas tillvara för spridning på åkermark från kvarteret i alternativet

I tabell 16 redovisas mängden näringsämnen som kan tas tillvara från kvarteret och som antas kunna spridas på åkermark.

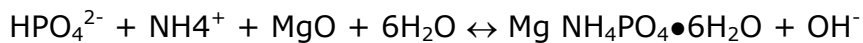
Tabell 16 Mängden näringsämnen som beräknas kunna tas tillvara för odling från kvarteret i kg per år.

	kg/år
Kväve	763
Fosfor	85
Kalium	191

Transporten av urinfractionen från kvarteret utgör en miljöbelastning om bränslet är diesel. En biogasdriven tankbil kan vara en lösning.

För att gödsla åkermark med urin behövs stora mängder urin vilket ger problem under transport, förvaring och spridning. Detta ger upphov till en låg systemeffektivitet [20]. En metod som delvis kan reducera mängden urin för transport och spridning är tekniker där fällnings- och jonbytarprocesser utnyttjas för att få en mer koncentrerad produkt. Denna typ av teknik anses

främsta vara lämplig i alternativet "Hållbart Kvarter 2050". Mindre transporter krävs då, eftersom mängden som behöver transporteras minskar. Tanken är att ett pulver ska erhållas innehållande näringsämnen vilka sedan kan spridas direkt på åkern. Tekniken håller på att utvecklas och går ut på att mineralet struvit ($\text{Mg}(\text{NH}_4)(\text{PO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) fälls ut från urinet genom tillsats av magnesiumoxid. Humanurin har ett normalt pH mellan 5,6 och 6,8 vilket medför att fosfaten förekommer främst i formerna H_2PO_4^- och HPO_4^{2-} . Då MgO tillsätts ökar pH och fosfatjämvikten skjuts mot PO_4^{3-} och struvitkristallisering kan ske enligt följande förhållande. [3]



En tänkbar framtida teknik för återvinning av kväve är absorption av ammoniak i en jonbytarmassa av typen zeolit. Också denna teknik är på utvecklingsstadiet. De två teknikerna för fosfor respektive kväve skulle i kombination kunna användas i framtida system. Genom att filtrera struvitfällningen och den mättade jonbytarmassan kan ett pulver fås som kan återföras till åkermark. Vattenfasen kan gå till övrigt avlopp. Uppenbara miljövinster finns i detta genom att en mindre och mer koncentrerad produkt transporteras till åkermarken för spridning [3].

Vattenförbrukning

Generellt sett håller sig Sverige på en hållbar nivå då det gäller färskvattenanvändning. Det årliga uttaget motsvarar mindre än 2 % av avrinningen till Östersjön och Nordsjön [11]. Ett argument för att ändå hushålla med vattenförbrukningen i det hållbara kvarteret är att energi åtgår till att värma och transportera vattnet. Dessutom är elsnåla hushållsapparater, urinsepareringstoiletter och ny armatur som används i tidigare avsnittet ofta också vattensnåla varpå den reducerade vattenförbrukningen fås på köpet då andra förändringar görs. I de snålspolande urinseparerande toaletterna går endast några deciliter vatten åt för rengöring av toalettskålen. Som exempel kan modellen "mini flush" nämnas som använder 0,8 l/spolning [24]. Detta kan jämföras med en konventionell toalett kräver 4 -9 liter vatten vid varje spolning [23]. Eftersom konventionell hantering av fekalier sker även efter installation av urinseparerande toiletter har en vattenförbrukning på 4 liter per spolning antagits i ett ombyggt kvarter med urinseparering. I tabell 18 redovisas vattenförbrukningen idag uppdelad på användningsområde. Uppdelningen har gjorts utifrån i Li Löveheds rapport Villa '95 [23].

Vattenförbrukning fördelat på användningsområde idag i kvarteret

I tabell 18 redovisas vattenförbrukningen idag i kvarteret.

Tabell 18 Vattenförbrukning fördelat på användningsområde idag i kvarteret [23].
Enheten lpd = liter per dygn per person.

	%	lpd	m ³ /år
Bad&Dusch	24	40	3124
WC	19	32	2473
Disk	24	40	3124
Tvätt	14	24	1822
Övrigt	19	32	2473
Summa	100	168	13015

Li Löveheds rapport Villa '95 har används för att uppskatta hur mycket vattenförbrukningen kan reduceras. Vattenförbrukningen kan främst påverkas inom områdena WC, Disk och Tvätt.

Om en energi- och vattensnål tvättmaskin används förbrukas 19 liter vatten per kilo tvätt. Om varje person tvättar 208 kg tvätt varje år blir vattenförbrukningen ca 11 lpd. Om hushållen i kvarteret antas diska sin disk i en energi- och vattensnål diskmaskin som förbrukar 19,5 liter vatten per disk och kör denna fyra gånger i veckan blir vattenförbrukningen ca 5 lpd. Om toaletterna i kvarteret antas förbruka 4 liter vatten per spolning och dagens toiletter antas kräva 8 liter per spolning blir förbrukning 16 lpd istället för 32 lpd.

Inom områdena "Bad & Dusch" och "Övrigt" har en besparing på 10 lpd antagits. Besparingar anses kunna göras genom att använda blandare med strypta alternativ luftinblandade vattenflöden, använda engreppsblandare där kallt vatten erhålls i positionen rakt fram och varmvatteninblandning sker då blandaren vrid åt vänster, samt att beteenden har ändrats.

Vattenförbrukning i kvarteret med den vattensnåla tekniken

I tabell 19 redovisas de besparingar av vattenförbrukningen som kan göras med den vattensnåla tekniken.

Tabell 19 Vattenförbrukning i kvarteret med den vattensnåla tekniken [23]. Enheten lpd = liter per dygn per person.

	Lpd Bästa möjliga	Förbrukning Bästa möjliga (m ³ /år)	Besparing Bästa möjliga (m ³ /år)
Bad&Dusch	30	2321	802
WC	16	1238	1235
Disk	5	387	2737
Tvätt	11	851	971
Övrigt	30	2321	151
Summa	92	7119	5896

Totalt i kvarteret kan vattenanvändningen nästan halveras om den vattensnåla tekniken används. Besparingarna antas gälla kallvatten till en mycket stor del. I viss mån gäller dock besparingarna även varmvatten. Vid en uppskattning av att det för varje sparad liter kallvatten också sparas 0,5 liter varmvatten och att den allmänna regeln att ca. $\frac{1}{3}$ av total vattenförbrukning är varmvatten gäller idag kan en besparing på ca 770 m³ varmvatten vara möjlig. Värmeenergin som sparats är ca 29 MWh eller ca 4,3 kWh/m² bostads- och lokalyta i kvarteret. Besparing antas endast kunna gälla i alternativet "Hållbart Kvarter 2050", eftersom det kräver utbyte av hushållsapparater m.m. i hushållen. Uppskattningen av besparingarna av värmeenergi har inte behandlats vidare och används inte i några beräkningar p.g.a. osäkerheter i de antaganden som uppskattningen bygger på.

Diskussion

Det finns enligt avsnitten Värme och eleffektivitet stora möjligheter att spara energi i befintlig bebyggelse. Detta gäller främst värmeenergi men även elenergi. Betydande miljövinster kan göras genom att återvinna näringsämnen. Värmeförlusterna i kvarteret kan uppskattningsvis minskas till $\frac{1}{3}$ av dagens. Mängden förbrukad fjärrvärme har uppskattats till att kunna begränsas till att i stort sett endast omfatta uppvärmning av varmvatten vintertid, på grund av minskade värmeförluster och en lokal solvärmeanläggning enligt tabell 14.

Den inköpta elenergin från elnätet har uppskattats till att kunna minskas med ca 45 % i alternativet "Hållbart Kvarter" och drygt 80 % i alternativet "Hållbart Kvarter 2050". Reducering har skett genom utnyttjande av en lokal produktion av el och effektiviseringar i användningen.

Näringsämnen från kvarteret motsvarande 763 kg kväve, 85 kg fosfor och 191 kg kalium har enligt beräkningar kunnat återföras som gödsel på åkermark.

Det är förenat med en viss osäkerhet att uppskatta vilket miljöutrymme som kvarteret kan beräknas få ta i ett framtida hållbart samhälle inom de studerade områdena. Svårigheten ligger i att överföra allmänna resonemang om hållbarhet till en lokal nivå. Betydande miljövinster kan med säkerhet göras i samband med en ombyggnad av kvarteret. Dessa vinster är ett viktigt steg på vägen mot att anpassa den befintliga bebyggelsen till en hållbar framtid.

I rapporten har långt ifrån alla miljöbelastande områden behandlats. En avgränsning har gjorts till att behandla områdena uppvärmning, el, näringsämnen och vattenförbrukning. Andra områden som är av betydelse att studera utifrån frågor om hållbarhet och med perspektivet 2050 är t.ex. transporter, matvanor, avfallshantering och konsumtionsmönster. De problem som finns inom dessa områden väger i vissa fall tyngre än de problem som belyses i rapporten. På grund av den begränsade tidsperioden för detta arbete kunde inte alla områden behandlas. Här finns utomordentligt goda förutsättningar för vidare studier. Intressanta kopplingar mellan områden kunde studeras. Åtgärder inom ett område kunde påvisas ha en positiv inverkan på andra områden. T.ex. kan kopplingar sägas finnas mellan områdena transporter – matvanor, matvanor – näringsämnen och konsumtionsmönster – avfallshantering.

Många av de områden som inte studerats i detta arbete är av den typ att de påverkas mycket av den enskilda individens beteenden. Det gäller till viss del även inom de områden som behandlats i detta arbete. Förändringar av beteendemönster hos individerna i kvarteret är förstås mycket svåra att få till stånd enbart genom en ombyggnad av kvarteret. Det kan vara svårt att påverka dessa i alternativet "Hållbart kvarter 2001". Dock kan

beteendemönster förväntas att förändras i stor utsträckning då perspektivet är år 2050, men det är svårt att uppskatta storleken på dessa förändringar.

Beteendemönster spelar en viktig roll i en omställning till ett hållbart samhälle och de beror till stor del på graden av miljömedvetenhet, trender i samhället och viljan att handla. Frågor om beteendemönstrens inverkan antas ha en komplex karaktär och är således också något som skulle kunna studeras ytterligare.

I ett större sammanhang skulle genomförandet av projektet "Hållbart kvarter" vara av stor betydelse för arbetet mot ett hållbart samhälle i stort. Kvarteret skulle efter en ombyggnad vara ett kvarter som kunde efterliknas i bebyggelsen i övriga staden. Ett väl genomfört projekt av denna typ skulle sannolikt också kunna hjälpa till att driva på utveckling i regionen mot hållbarhet på ett unikt och effektivt sätt. Det skulle kunna engagera människor i frågor om hållbar utveckling och öka deras förståelse för naturen och kretsloppen. En hållbar utveckling i samhället skulle kunna påskyndas genom att människor i sin hemmiljö på ett positivt sätt kom i kontakt med miljöfrågor. Hushållens energi- och resursanvändning skulle kunna bli mycket lägre, genom att den lokala hemmiljön på ett positivt sätt präglats av miljömedvetenhet.

Det är mycket viktigt att denna typ av projekt verkligen genomförs på ett bra sätt. Ett misslyckat projekt skulle förstås skada miljöarbetet i stort, men också minska människors förtroende för denna typ av projekt. Det skulle vara olyckligt, eftersom denna typ av projekt är ett värdefullt hjälpmedel i arbetet mot ett hållbart samhälle.

I ett svenskt perspektiv skulle ett lyckat projekt med en ombyggnad av kvarteret kunna stärka Sveriges profil av att vara ett föregångsland internationellt inom miljöområdet och energihushållningsområdet. Sverige skulle med lyckade projekt av denna typ verkligen befästa sin ställning internationellt som ett miljömedvetet land som kämpar för en hållbar utveckling på miljöområdet.

Tackord

Jag vill i detta avsnitt uttrycka min tacksamhet till de personer som har hjälpt mig under arbetets gång.

Tack till:

- Mina två handledare Sten Karlsson på avdelningen för fysisk resursteori vid Chalmers/GU och Hans Eek (biträdande handledare), projektansvarig för projektet Göteborg 2050.
- Det kommunala bostadsbolaget Familjebostäder i Göteborg AB. Speciellt tack till Lena Karlsson, miljöprojektledare och Ulrika Palmblad, projektledare.

Referenser

- [1] Andrén L. (1995) Solvärmeboken; AB Svensk Byggtjänst; Solna
- [2] Azar, C., Lindgren, K. (1998) Energiläget 2050; Naturvårdsverket, Rapport nr. 4894; Stockholm
- [3] Bán Z., Bydén, S., Lind, B., (1999) Concentration, crystallisation and mineral adsorption processes for nutrient recovery and reuse from human urine; Managing the Wastewater Resource - 4th International Conference of Ecological Engineering for Wastewater Treatment, June 7-11, 1999 at Ås, Norway)
- [4] Bernes, C. (2001) Låker tiden alla sår? Om spåren efter människans miljöpåverkan; Naturvårdsverkets förlag; Stockholm/Uppsala
- [5] Boyle G. (2000) Renewable energy: Power for a sustainable future; Oxford University; Oxford
- [6] Eek, Hans; Göteborg Energi; projekt ansvarig Göteborg 2050; tel. 031-626950; muntlig referens
- [7] Eek H. (2001) Hus utan värmesystem finns redan nu! Befintlig och ny bebyggelse i ett hållbart samhälle; Göteborg
- [8] Eek H. (1982) Spara mera: ideér till ytterligare energibesparingar i befintlig bebyggelse; Stadsbyggnadskontoret; Göteborg
- [9] Energimyndigheten (2001) Energiläget 2001; Stockholm
- [10] Energimyndigheten (2001) Energiläget i siffror 2001; Stockholm
- [11] Eriksson, B. (1998) Mål och beräkningar för ett hållbart Sverige: Ställ om för rättvist miljöutrymme; Miljöförbundet Jordens Vänner; Göteborg
- [12] Falkheden, L (1999) Lokalområdet som strategi för en hållbar stadsutveckling: fallstudie av tre danska exempel, Institutionen för stadsbyggnad, Doktorsavhandling nr. 1527, Chalmers tekniska högskola; Göteborg
- [13] Gustavsson, L., Karlsson Å., (1998) Ett uthålligt energisystem: energianvändningsnivåer år 2050; Energimyndigheten ER 1:1998; Eskilstuna
- [14] Göteborg 2050 website: www.goteborg2050.nu
- [15] Göteborg Energi (2000) Fjärrvärme från Göteborg Energi 2000 - En certifierad miljödeklaration; EPD deklaration nr. S-P-00024; Göteborg

- [16] Göteborgs Miljöförvaltning (2001) Miljörapport för 2000 en beskrivning av miljötillståndet i Göteborg; Göteborg
- [17] <http://hermes.material.uu.se/~mabr/pvthermal.html>
- [18] Hunhammar, S. (1999) Exploring sustainable development with backcasting, Stockholms Universitet; Stockholm
- [19] Larsson, A. (2000) Supplying input to lifestyle scenarios: The energy system in Göteborg today and 2050, Avdelningen för fysisk resursteori, Chalmers Tekniska Högskola / Göteborgs Universitet; Göteborg
- [20] Lind, B., Bán, Z., Bydén, S., (2000) Nutrient recovery from human urine by struvite crystallization with ammonia adsorption on zeolite and wollastonite. *Bioresource Technology* 73:169 - 174
- [21] Linderson T., Schönbeck A., Westberg L. (1998) Övergödda vatten – undernärda åkrar; Bokskogen och Agenda 21 i väst; Göteborg
- [22] Lindgren B., Föreläsning 011127, Elteknik, Chalmers Tekniska Högskola; Göteborg
- [23] Lövehed, L. (1995) Villa '95: ett yt- och energisnålt enfamiljshus; Rapport TABK—95/3029, Installationsteknik; Lunds Tekniska Högskola; Lund
- [24] Malmén, L. (1999) Kretsloppsanpassning av hushållens avlopp och organiska köksavfall på Vätö; Jordbrukstekniska institutet, Rapport nr. 20; Uppsala
- [25] Naturvårdsverket och SAME-projektet (1999) Hållbar energiframtid? : långsiktiga miljömål med systemlösningar för el och värme : slutrapport från SAME-projektet - Samarbete för ett uthålligt energisystem - Energimyndigheten (fram till 1/1 1998 Nutek), Fjärrvärmeföreningen, Kraftverksföreningen, Naturvårdsverket; Stockholm
- [26] Sundberg K. (1995) Vad innehåller avlopp från hushåll? Näring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt-, bad- & duschvatten; Naturvårdsverket, Rapport nr. 4425; Solna
- [27] Vinnerås, B. (2001) Faecal separation and urine diversion for nutrient management of household biodegradable waste and wastewater; rapport nr. 244; Institutionen för lantbruksteknik; Sveriges Lantbruksuniversitet; Uppsala
- [28] World Commission on environment and development (1987) Vår gemensamma framtid : [rapport från] Världskommissionen för miljö och utveckling under ordförandeskap av Gro Harlem Brundtland; Prisma Tiden; Stockholm