Att konvertera från el till pellet och sol

Anpassa systemlösning och reglerstrategi efter huset!

Ett sätt att konvertera eluppvärmda hus är att använda pelletkamin och solvärme. Men hur ska man utforma systemen för att spara så mycket elenergi som möjligt? Hustyp, systemtyp och brukarbeteende påverkar mest, men reglersystemet är också viktigt, skriver Tomas Persson. Han har gjort simuleringar på många olika system. Resultaten ger vägledning i hur systemen bör utformas och regleras i olika typer av hus.

De stigande elpriserna ökar motivationen hos människor med elvärmda hus att konvertera till pellet. Idag finns det över 30 olika modeller av pelletkaminer att välja bland, varav cirka sju stycken med vattenmantel. Solvärme kan fungera som ett årstidsmässigt bra komplement till pellet.

Ett tvärvetenskapligt projekt vid Högskolan Dalarna har studerat konvertering av elvärmda småhus till pellet och solvärme. Inom ett av delprojekten har vi gjort simuleringar för att undersöka hur olika systemlösningar, planlösningar, brukarbeteenden och reglerstrategier kan påverka elanvändningen.

Tre hustyper och fyra system

Studien har utgått från tre typiska direktelvärmda småhus. Ett av husen är byggt kring 1900. Där utgjordes det ursprungliga värmesystemet av kakelugnar och vedspisar. Senare har det kompletterats med direktverkande elradiatorer. Två typhus med direktelvärme byggda på 1970-talet ingår också i studien. Planlösningen för husen framgår av **figur 1,** där man även ser placering av pelletkamin och varmvattenberedare/ackumulatortank. Typhus 1 och 3 har en sluten planlösning, medan typhus 2 har en öppen planlösning där samtliga rum nås från vardagsrummet genom endast en dörröppning.

Öppna eller stängda innerdörrar betyder mycket för elanvändningen när pelletkaminer installeras. FOTO: BIRGITTA JOHANSSON

Fyra systemvarianter redovisas i **figur 2.** Systemen med vattenmantlade kaminer har simulerats både med kamin K2 där cirka 40 procent av värmen går till vattenkretsen och med kamin K3 där cirka 75 procent av värmen går till vattenkretsen. (Gäller vid konstant drift på full effekt. Vid normal drift blir andelen till vattnet lägre; **se tabell 1.**) System S1 är en pelletkamin utan vattenmantel med ett separat solvärmt tappvattensystem. Som tillsatsvärmekälla används befintliga elradiatorer (elektronisk reglering förutsätts). Solvärmesystemet är ett traditionellt tappvattensystem med en varmvattenberedare på 380 liter.

I system S2 är en vattenmantlad kamin ansluten till vattenradiatorer. Även här bibehålls elradiatorerna som tillsatsvärmekälla. System S3 liknar S2, men skillnaden är att pelletkaminen även ger värme till varmvattenberedaren via en värmeväxlare som är placerad i varmvattenberedarens övre del. I system S4 är pelletkamin, solfångare, vattenradiatorer och tappvattenkrets anslutna till en ackumulatortank på 330 liter där en elpatron utgör tillsatsvärmekälla. På så sätt kan elradiatorerna demonteras.

Tomas Persson är doktorand och arbetar på Centrum för solenergiforskning, SERC, vid Högskolan Dalarna.

Simuleringsmodellen

Byggnader, kaminer, värmelager, distributionssystem och reglersystem har simulerats i detalj för Stockholmsklimat. Husen är uppdelade i upp till tio olika zoner, och värmeöverföring mellan zonerna i dörröppningar simuleras. Simuleringen tar hänsyn till solinstrålning genom fönster och interna värmetillskott (gratisvärme). Pelletkaminer, vattenradiatorer med termostater, ackumulatortankar, elradiatorer, varmvattenberedare, solfångare och reglersystem simuleras i detalj.

Tre olika kamintyper simuleras (K1, K2 och K3). Kaminerna K2 och K3 är vattenmantlade kaminer, där värmeavgivningen till vattenkretsen är cirka 40 procent för K2 och cirka 75 procent för K3. Datormodellerna för kaminerna har tagits fram med hjälp av mätningar på väl injusterade pelletkaminer. Reglersystemet är inställt så att en rumstemperatur av lägst 21 °C uppnås i vardagsrummet där kaminen är placerad. I badrummen är tempe-

Pelletkaminer kan användas om man vill konvertera från direktverkande el, gärna i kombination med solvärme. Pelletkaminens mysfaktor gör att investeringen inte bara blir en ekonomisk fråga.

raturkravet 22 °C, i kök och hall 20 °C, och i sovrum 19 °C.

Innerdörrarna betyder mycket

Simuleringarna visar som väntat att byggnadens utformning liksom systemvalet har kraftig inverkan på elanvändningen. Brukarnas beteende, det vill säga om innerdörrarna hålls öppna eller stängda, betyder också mycket, även om vattenmantlade kaminer används. Simulerade resultat framgår av **figur 3** som visar el, pellet och solvärmetillskott för de olika systemen och hustyperna.

Inverkan på elanvändningen beroende på öppna och stängda innerdörrar är stor för de flesta systemen. Bara för kombinationen med öppen planlösning (typhus 2) och vattenmantlad kamin med hög värmeavgivning till vattenkretsen blir inverkan av öppna och stängda dörrar mindre. En vattenmantlad kamin ger inte automatiskt minskad inverkan av öppna eller stängda innerdörrar. Det kan också vara tvärtom. Inverkan är också generellt mindre i typhus 3 beroende på planlösningen; det finns inga dörrar i direkt anslutning till vardagsrummet där pelletkaminen är placerad.

Av simuleringsresultaten i **figur 3** framgår också att en vanlig kamin utan vattenmantel upprätthåller komforten med låg elanvändning om planlösningen är öppen (typhus 2). Däremot krävs vattenmantlade pelletkaminer med hög värmeavgivning till vattenmanteln för att uppnå låg elanvändning i husen med sluten planlösning (typhus 1 och 3). Sol och pelletkaminer är tekniskt sett väl anpassade till varandra. Eftersom pelletkaminen inte kan köras sommartid kommer solvärmen att ersätta i huvudsak elvärme.

Systemdesign och styrsystem

För systemen med vattenmantlad kamin kopplad till vattenradiatorer (S2 och S3) styrs kaminen lämpligen på rumstemperaturen. Därför ska termostatventiler på vattenradiatorerna undvikas så att inte kaminen riskerar att överhettas. För system S4 med vattenmantlad kamin kopplad till en ackumulatortank rekommenderas att en kamin med hög värmeavgivning till vattenkretsen används och att kaminen styrs på tanktemperaturen.

I simuleringarna konstaterade vi att det krävs en kamin med mycket hög andel värme till vattenkretsen för att inte rumstemperaturen ska bli för hög där kaminen är placerad. För att upprätthålla komforten i rummet och säkerställa att inte rumstemperaturen blir för hög styrdes kaminen på både rumstemperatur och tanktemperatur. I tanken används två givare, där kaminen startas på den övre givaren och stoppas på den undre givaren.

Problem med cirkulationspump

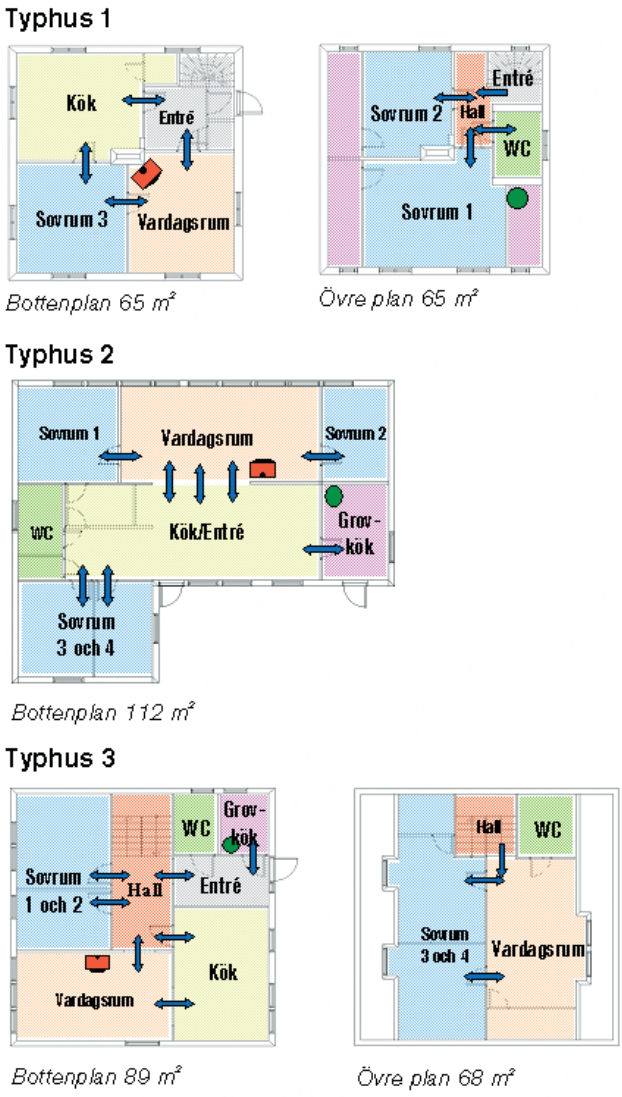
Pumpen som är placerad i kaminkretsen för de vattenmantlade kaminerna styrs vanligtvis på en i kaminen inbyggd termostat. Under mätning av system S4 i mätlabbet fick vi problem med att cirkulationspumpen inte stannade när kaminen stannade, utan i stället började kyla ackumulatortanken via kaminen.

Det här inträffade när ackumulatortanken var fulladdad och returvattentemperaturen från tanken till kaminen var högre än pumpens termostatinställning. En översyn av den här reglerfunktionen är nödvändig, speciellt då varken installatör eller brukare kan tänkas upptäcka felfunktionen som kan leda till att skorstensförlusterna ökar. Eventuellt bör en ny reglercentral utvecklas som styr alla ingående funktioner och som minskar risken för felfunktioner.

Kaminens reglerstrategi

Dagens pelletkaminer styrs vanligtvis med on/off-reglering (strategi A), alternativt en reglerprincip som innebär att kaminen växlar mellan drifteffekt och underhållsfyr (strategi B). Det finns även någon enstaka kamin på marknaden utan vattenmantel som har variabel effektstyrning, där förbränningseffekten varieras mellan min och max för att upprätthålla en konstant rumstemperatur (strategi C).

Systemsimuleringarna som redovisas i **figur 3** har utförts med strategi A, men för att visa inverkan av de andra båda strategierna simulerades även dessa för system S1 och S4 med typhus 2. För strategi A startar kaminen vid en rumstemperatur på 21 °C och stannar vid 23 °C. För strategi B går kaminen på ▶



Figur 1. Planlösningar och zonindelning samt placering av pelletkamin och varmvattenberedare/ackumulatortank för de simulerade hustyperna. Pilar anger simulerade självcirkulationsflöden i dörröppningar. Typhus 1 är från omkring 1900. Typhus 2 och 3 är byggda på 1970-talet.

underhållsfyr tills rumstemperaturen understiger 21 °C, då den växlar till 75 procent av maximal effekt. Vid 23 °C växlar kaminen åter till underhållsfyr. För att upprätthålla komfortnivån i simuleringarna stannar kaminen helt om rumstemperaturen överstiger 23,5 °C trots att kaminen går på underhållsfyr. Kaminen återstartar sedan då rumstemperaturen understiger 21 °C. Med strategi C hålls rumstemperaturen vid 22 °C, men kaminen stannar om rumstemperaturen överstiger 23 °C, trots att kaminen går på underhållsfyr. Kaminen återstartar sedan vid 21 °C.

System Kamintyp	Reglerstrategi	N_{start} per år	CO (g/MJ)	η (%)	F (%)	El (kWh/år)
System S1 Kamin K1	A	4 570	0,49	89	–	4 370
	B	278	0,33	90	–	4 590
	C	684	0,35	90	–	4 130
System S4 Kamin K2	A	3 902	0,64	80	30	3 720
	B	178	0,46	91	24	3 430
	C	295	0,47	91	25	3 350
System S4 Kamin K3	A	1 842	0,51	82	65	2 740
	B	684	0,48	87	59	4 390
	C	407	0,47	88	60	2 790

Tabell 1. Resultat från simuleringar av system S1 och S4 i typhus 2 med öppna innerdörrar. Tre olika pelletkaminer (K1, K2 och K3) redovisas samt tre olika reglerstrategier (A, B och C). N_{start} är antal starter, CO avser utsläpp av kolmonoxid, η är kaminens årsverkningsgrad, F är andel av kaminens nyttiga värme som avges till vattenkretsen, och El är husets elanvändning för uppvärmning och cirkulationspumpar.

Ökad verkningsgrad och minskade CO-utsläpp

Simuleringsresultaten av olika reglerstrategier för kaminerna i typhus 2 **(tabell 1)** exemplifierar att årsverkningsgraden kan ökas kraftigt för de vattenmantlade kaminerna K2 och K3 genom att byta reglerstrategi från A till B eller C. Det beror framför allt på att dessa kaminer har höga skorstensförluster varje gång kaminen stannar, genom att förbränningsfläkten är i drift under närmare 45 minuter vid nedsläckningsfasen. I och med färre starter och stopp blir förlusterna mindre. Kamin K1 har varken höga förluster eller höga CO-utsläpp (kolmonoxid) vid nedsläckning. Förlusterna bör alltså kunna minimeras genom att drifttiden av förbränningsfläkten minskas.

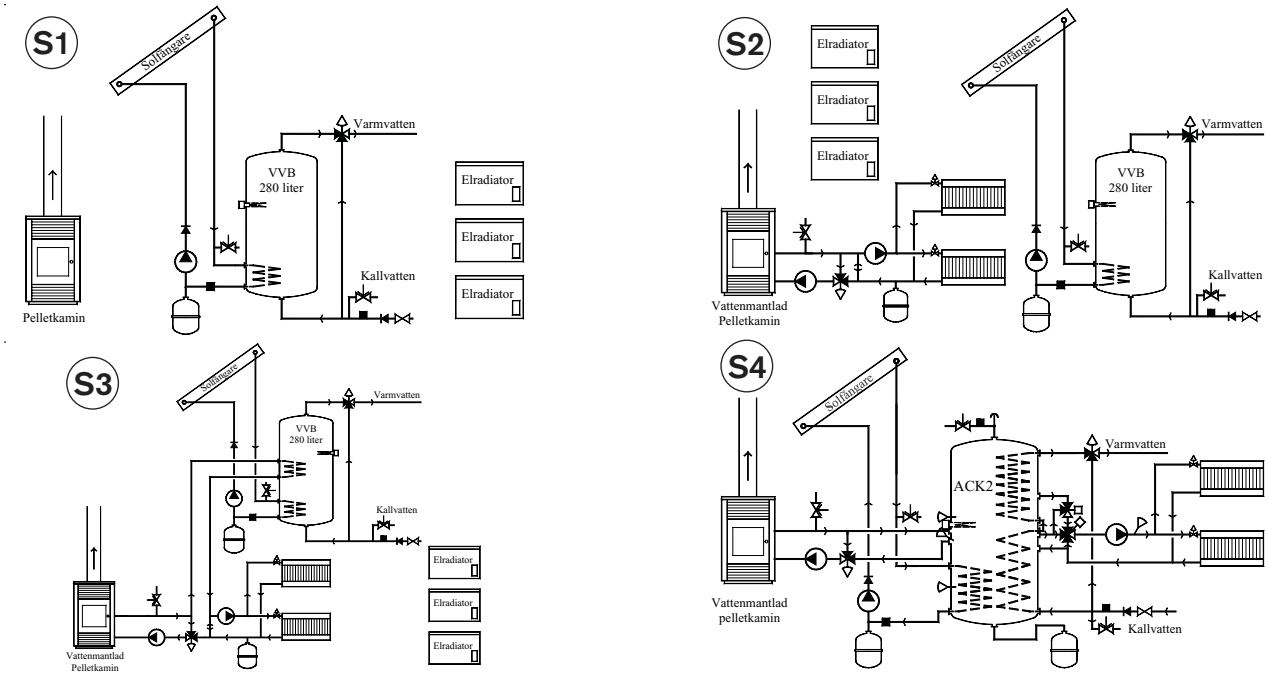
Resultaten visar också att kaminerna K1 och K2 får minskade CO-utsläpp genom att antalet starter och stopp minskar kraftigt. CO-utsläppen är en relativt bra indikator även på andra farliga utsläpp som kolväten och tjära som också bildas vid dålig förbränning. Antalet starter och stopp minskar inte lika mycket för kamin K3, och därigenom blir det inte heller någon nämnvärd reducering av CO-utsläppen. Om man ser till samtliga faktorer som verkningsgrad, CO-utsläpp, komfort och husets elanvändning är reglerstrategi C att föredra generellt sett. Det är viktigt att påpeka att de kaminer som legat till grund för datormodellen var mycket väl injusterade. Om kaminen i stället skulle vara dåligt injusterad är det inte alls säkert att samma positiva effekter kan uppnås.

Fler systemvarianter och fler simuleringsresultat redovisas i en licentiatavhandling där det dessutom görs en ekonomisk utvärdering som indikerar att system S1 och S4 med kamin K3 är de mest ekonomiskt intressanta systemen.

TOMAS PERSSON
tpe@du.se

Lästips

- Tomas Persson, Elbesparing med pelletkaminer och solvärme i direktelvärmda småhus (kan köpas från KTH Energiteknik eller laddas ner från KTH:s webbplats: http://media.lib.kth.se/licengrefhit.asp?licnr=1766)
- SERC:s webbplats: www.serc.se



Figur 2. Simulerade systemvarianter. S1 har en pelletkamin och ett separat solvärmt tappvattensystem samt befintliga elradiatorer som tillsatsvärme. S2 har en vattenmantlad kamin ansluten till vattenradiatorer, samt befintliga elradiatorer. S3 liknar S2, men pelletkaminen ger värme även till varmvattenberedaren. I S4 är pelletkamin, solfångare, vattenradiatorer och tappvattenkrets anslutna till en ackumulatortank (330 liter) med en elpatron; elradiatorerna har demonterats. Solfångarna är i samtliga system 5 m^2.

	Typhus 1		Typhus 2		Typhus 3	
	Stängda dörrar	Öppna dörrar	Stängda dörrar	Öppna dörrar	Stängda dörrar	Öppna dörrar
S1 K1	Sol 8 % 1 730 kWh Pellet 19 % 4 510 kWh η = 90 % El 73 % 17 180 kWh **ELBG = 23 %**	Sol 7 % 1 730 kWh Pellet 37 % 9 050 kWh η = 88 % El 56 % 13 770 kWh **ELBG = 38 %**	Sol 8 % 1 510 kWh Pellet 40 % 7 370 kWh η = 90 % El 52 % 9 450 kWh **ELBG = 43 %**	Sol 8 % 1 511 kWh Pellet 70 % 13 550 kWh η = 89 % El 22 % 4 370 kWh **ELBG = 74 %**	Sol 8 % 1 700 kWh Pellet 36 % 7 130 kWh η = 91 % El 56 % 11 150 kWh **ELBG = 39 %**	Sol 9 % 1 710 kWh Pellet 41 % 8 300 kWh η = 90 % El 50 % 10 080 kWh **ELBG = 45 %**
S2 K2	Sol 7 % 1 730 kWh Pellet 30 % 7 880 kWh η = 70 % El 63 % 16 500 kWh **ELBG = 26 %**	Sol 6 % 1 730 kWh Pellet 51 % 14 030 kWh η = 75 % El 43 % 11 980 kWh **ELBG = 46 %**	Sol 7 % 1 510 kWh Pellet 56 % 11 450 kWh η = 78 % El 37 % 7 490 kWh **ELBG = 55 %**	Sol 7 % 1 510 kWh Pellet 75 % 16 290 kWh η = 80 % El 18 % 3 790 kWh **ELBG = 77 %**	Sol 8 % 1 700 kWh Pellet 50 % 11 120 kWh η = 77 % El 42 % 9 500 kWh **ELBG = 48 %**	Sol 8 % 1 710 kWh Pellet 55 % 12 490 kWh η = 78 % El 37 % 8 310 kWh **ELBG = 55 %**
S3 K2	Sol 7 % 1 710 kWh Pellet 30 % 7 880 kWh η = 71 % El 63 % 16 500 kWh **ELBG = 26 %**	Sol 6 % 1 690 kWh Pellet 51 % 14 240 kWh η = 76 % El 43 % 11 820 kWh **ELBG = 47 %**	Sol 7 % 1 460 kWh Pellet 58 % 11 840 kWh η = 78 % El 35 % 7 200 kWh **ELBG = 57 %**	Sol 7 % 1 450 kWh Pellet 80 % 17 290 kWh η = 80 % El 13 % 2 940 kWh **ELBG = 82 %**	Sol 7 % 1 670 kWh Pellet 51 % 11 360 kWh η = 77 % El 42 % 9 310 kWh **ELBG = 49 %**	Sol 7 % 1 670 kWh Pellet 57 % 12 780 kWh η = 78 % El 36 % 8 080 kWh **ELBG = 56 %**
S4 K2	Sol 7 % 1 870 kWh Pellet 29 % 7 780 kWh η = 71 % El 64 % 17 230 kWh **ELBG = 22 %**	Sol 6 % 1 820 kWh Pellet 46 % 12 790 kWh η = 75 % El 48 % 13 440 kWh **ELBG = 40 %**	Sol 7 % 1 500 kWh Pellet 49 % 10 040 kWh η = 78 % El 44 % 8 910 kWh **ELBG = 46 %**	Sol 7 % 1 410 kWh Pellet 76 % 16 530 kWh η = 80 % El 17 % 3 720 kWh **ELBG = 78 %**	Sol 8 % 1 780 kWh Pellet 45 % 10 220 kWh η = 77 % El 47 % 10 640 kWh **ELBG = 42 %**	Sol 8 % 1 780 kWh Pellet 51 % 11 640 kWh η = 77 % El 41 % 9 210 kWh **ELBG = 50 %**
S2 K3	Sol 6 % 1 730 kWh Pellet 52 % 14 010 kWh η = 76 % El 42 % 11 350 kWh **ELBG = 49 %**	Sol 6 % 1 730 kWh Pellet 75 % 21 910 kWh η = 79 % El 19 % 5 660 kWh **ELBG = 75 %**	Sol 7 % 1 510 kWh Pellet 70 % 14 660 kWh η = 81 % El 23 % 4 820 kWh **ELBG = 71 %**	Sol 7 % 1 510 kWh Pellet 81 % 18 020 kWh η = 81 % El 12 % 2 620 kWh **ELBG = 84 %**	Sol 7 % 1 700 kWh Pellet 71 % 16 400 kWh η = 81 % El 22 % 5 150 kWh **ELBG = 72 %**	Sol 7 % 1 707 kWh Pellet 76 % 17 760 kWh η = 81 % El 17 % 4 082 kWh **ELBG = 78 %**
S3 K3	Sol 6 % 1 680 kWh Pellet 52 % 13 930 kWh η = 76 % El 42 % 11 440 kWh **ELBG = 48 %**	Sol 6 % 1 670 kWh Pellet 78 % 23 000 kWh η = 80 % El 16 % 4 690 kWh **ELBG = 79 %**	Sol 7 % 1 430 kWh Pellet 76 % 16 020 kWh η = 81 % El 17 % 3 660 kWh **ELBG = 78 %**	Sol 6 % 1 430 kWh Pellet 89 % 19 840 kWh η = 82 % El 5 % 1 050 kWh **ELBG = 94 %**	Sol 7 % 1 640 kWh Pellet 75 % 17 430 kWh η = 81 % El 18 % 4 260 kWh **ELBG = 77 %**	Sol 7 % 1 640 kWh Pellet 80 % 19 030 kWh η = 82 % El 13 % 2 960 kWh **ELBG = 84 %**
S4 K3	Sol 7 % 1 840 kWh Pellet 49 % 13 710 kWh η = 76 % El 44 % 12 140 kWh **ELBG = 45 %**	Sol 6 % 1 750 kWh Pellet 82 % 24 040 kWh η = 80 % El 12 % 3 690 kWh **ELBG = 83 %**	Sol 7 % 1 450 kWh Pellet 77 % 16 210 kWh η = 81 % El 16 % 3 480 kWh **ELBG = 79 %**	Sol 7 % 1 360 kWh Pellet 82 % 17 430 kWh η = 82 % El 11 % 2 380 kWh **ELBG = 86 %**	Sol 7 % 1 740 kWh Pellet 77 % 18 270 kWh η = 81 % El 16 % 3 750 kWh **ELBG = 80 %**	Sol 7 % 1 720 kWh Pellet 81 % 19 060 kWh η = 82 % El 12 % 2 740 kWh **ELBG = 85 %**

Figur 3. Simuleringsresultat för de olika systemtyperna. System S2, S3 och S4 simuleras med både kamin K2 och kamin K3. (ELBG = elbesparingsgrad)