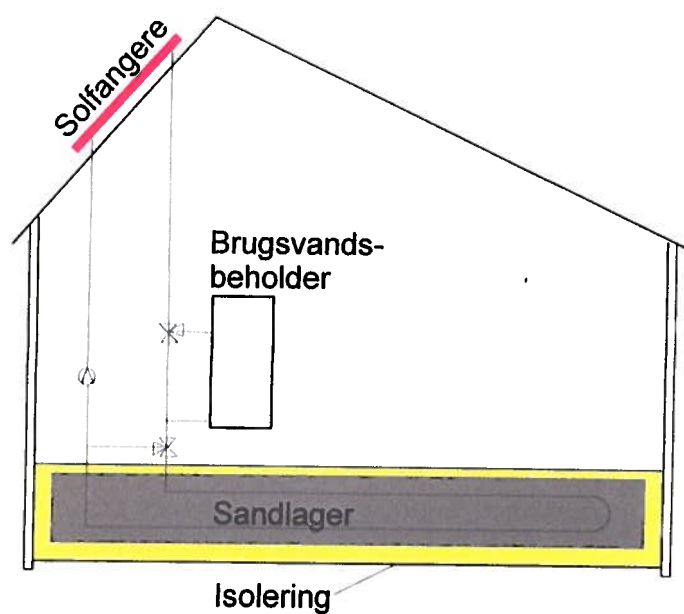


VEJLEDNING I UDFORMNING AF SANDLAGRE

Udført af

Karsten Duer, BYG • DTU
Torkil Forman, Aidt Miljø



SAGSRAPPORT

BYG • DTU SR-01-07

2001

ISSN 1396-402X

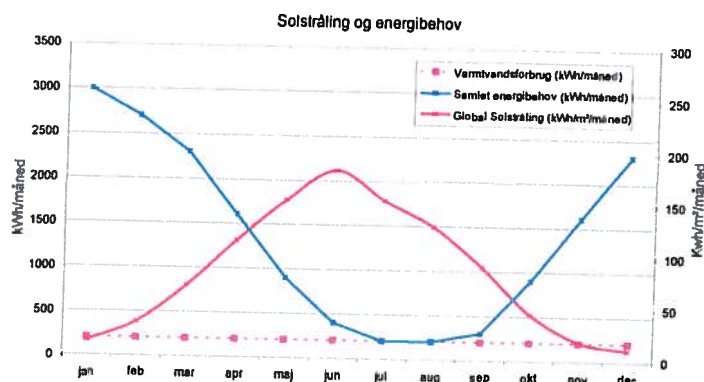
1 Forord

Nærværende rapport beskriver resultaterne af projektet "Vejledning i udformning af sandlagre". Projektet er finansieret af Energistyrelsens UVE-program, journal nr. 51181/98-0066. Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Aidt Miljø og SolEnergiCentret v. BYG•DTU på Danmarks Tekniske Universitet. Aidt Miljø har introduceret sandlagertechnikken i Danmark og har erfaringer fra medvirken til opførelsen af talrige anlæg. BYG•DTU har gennemført flere beregningsanalyser af ydelsen for solvarmeanlæg med sandlager og har i et tilfælde foretaget målinger på et opført anlæg. BYG•DTU har således udfærdiget afsnittet om opsamling af resultater fra beregningsanalyser og målinger (kapitel 2). Aidt Miljø har udfærdiget afsnittet om de praktiske vejledninger i udformning af sandlagre (kapitel 3).

2 Resultater fra beregningsanalyser og målinger, BYG•DTU

2.1 Indledning

Hvorfor interessere sig for lagring af varme i bygninger? Hvis aktiv solvarme skal udnyttes til at dække en del af en bygnings opvarmningsbehov, er det nødvendigt at kunne lagre solvarmen minimum på dags- eller ugebasis. Det skyldes, at der normalt ikke er sammenfald mellem de tidspunkter, hvor der er meget sol, og tidspunkter med behov for opvarmning af bygningen. Dette forhold gælder både over døgnet og især over hele året. I Figur 1 nedenfor er vist dels en bygnings energiforbrug (i alt ca. 16000 kWh/år) og det globale solindfald fordelt over årets 12 måneder. (Duer et al. 2000). Et tilsvarende billede kan tegnes op over kortere perioder, specielt i forår og efterår, hvor solrige perioder uden væsentligt opvarmningsbehov kan efterfølges af koldere perioder uden solstråling og med udtalt opvarmningsbehov. Hvis energi absorberet af solfangere kan overføres fra de solrige og varme perioder til koldere og solfattige perioder vha. et varmelagre kan en større del af bygningers opvarmningsbehov dækkes ved forureningsfri solvarme.



Figur 1 Fordeling af energi til opvarmning, til varmt brugsvands og i solindstråling over året i Danmark (Duer et al. 2000).

Generelt kan velisolerede bygningers opvarmningsbehov gøres beskedent når solen skinner, da en fornuftig passiv udnyttelse af solen giver et betydeligt energitilskud. Det betyder, at en effektiv passiv udnyttelse af solen til en vis grad overflødiggør en direkte anvendelse af aktiv solvarme til rumopvarmning når solen skinner, men stadig giver rum for lagret solvarme. Hvis passiv udnyttelse af solenergi ikke skønnes at give tilstrækkelig direkte udnyttelse af solen til at dække opvarmningsbehovet når solen skinner er en direkte udnyttelse af aktiv solvarme relevant. I forbindelse med et sandlager kan aktiv solvarme udnyttes direkte via en gulvvarmekreds, der pga. gulvets termiske træghed også vil virke som et korttidslager.

Varmelagring i sand har i tidligere projekter været genstand for interesse (Olesen 1993, Møller og Vieira 1994, Heller 1996, Duer et al. 2000 og Weitzmann 2001) og frem for alt

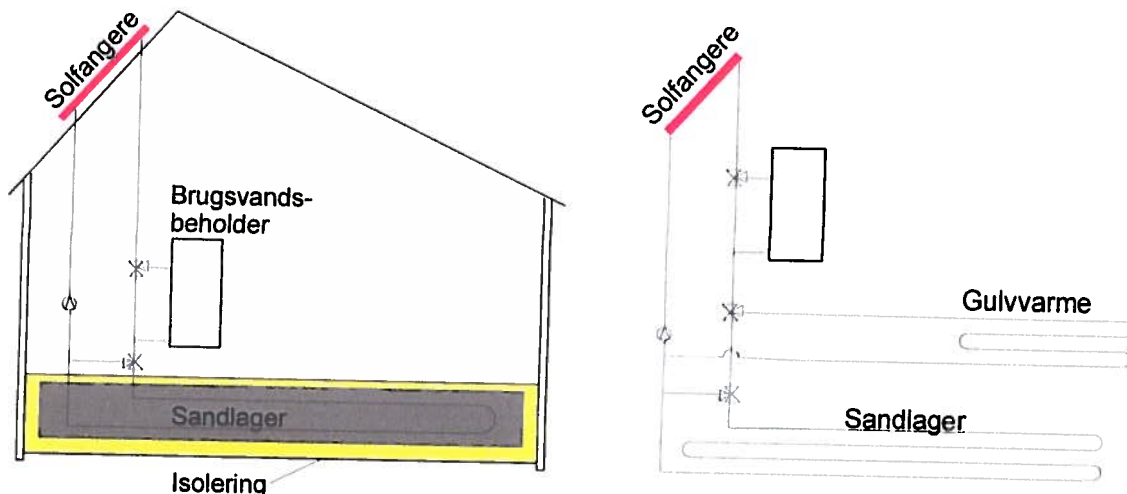
har der vist sig en relativ stor interesse blandt private bygningsejere for at få oplysninger om de praktiske forhold i forbindelse med etablering af sandlagre til lagring af solvarme.

Formål

Formålet med denne rapport er at give en vejledning som gør fremtidige bygherrer af sandlagre i stand til at etablere et lagersystem som fungerer hensigtsmæssigt. Dette er sket ved at samle og bearbejde de informationer vedrørende sandlagre, der i Danmark er samlet hos Aids Miljø og på BYG•DTU på Danmarks Tekniske Universitet.

2.2 Hvad er et sandlager?

I Figur 2 er vist to eksempler på en bygning forsynet med et solvarmeanlæg med varmelagring i et sandlager. Udover sandlageret er anlægget forsynet med en varmtvandsbeholder til varmt brugsvand. Sandlageret er kraftigt isoleret på sider og bund og mindre isoleret på toppen mod bygningen. Anlægget vist til højre er forsynet med en gulvvarmekreds.



Figur 2 Eksempler på solvarmeanlæg med sandlager

Væskebåren varme lagres i et velisoleret komprimeret sand- eller jordvolumen placeret under bygningens terrændæk. Varmen overføres fra væske til lager via slanger eller rør, der således fungerer som varmevekslere. Varmen afgives hovedsageligt passivt fra lageret til bygningen op gennem lagerets topisolering samt som tab til de øvrige omgivelser. Ud over at virke som aktivt/passivt lager, der tilfører bygningen varme, reducerer lageret transmissionstabt mod jord. Ved at føre en koldtvandsledning gennem sandlageret kan lageret endvidere medvirke til forvarmning af varmt brugsvand.

Hvor længe kan varmen lagres

Lagring af solvarmen i længere tid har kun mening for enfamilieanlæg hvis der etableres en solfanger, der er stor nok til at kunne give en sommerproduktion der kan række hen i vinteren. For enfamiliehuse f.eks. mellem 30 og 100 m² solfanger. Der stilles dernæst uhyre store krav til lageret, idet volumen skal være meget stort og særdeles velisoleret.

Sæsonlagring ses derfor kun for store anlæg for mange (mere end 1000) huse, hvor dels anlægsudgifterne pr. m³ lager bliver væsentligt mindre og hvor isoleringsgraden kan være meget mindre da forholdet mellem overflade af lager (varmetab) og volumen (lagerkapacitet) er mindre for store lagre end for små.

Lagringsperioden afhænger således af lagerets isoleringsgrad og udformning. Relativt lange lagringstider (måned) kan opnås ved meget kraftig isolering af lageret, men da den enkle passive afladning af lageret derved forhindres/hæmmes, er lageret mere velegnet til lagring over kortere tid (dage/uger). Lagerets primære funktionsperioder er i overgangsperioderne forår og efterår og lageret kan dermed forkorte fyringssæsonen. Da der typisk vil være et relativt stort solfangerareal koblet til lageret vil en meget stor del af årets energiforbrug til opvarmning af varmt brugsvand være dækket af solvarme.

2.3 Teoretiske analyser

I dette afsnit præsenteres resultater af en række undersøgelser af sandlagres energimæssige egenskaber udført af BYG•DTU. Resultaterne baserer sig primært på analyser foretaget vha. forskellige beregningsmodeller og skønt beregningerne er udført under anvendelse af forskellige beregningsværktøjer og af forskellige personer ligger de vigtigste konklusioner i fin tråd. Endelig er resultater af målinger på et enkelt hus udstyret med solvarmeanlæg og sandlager benyttet til så vidt muligt at kvalitetssikre beregningsresultaterne.

Indledningsvis kan det være nyttigt at beskrive varmekapacitet og varmeledningsevne for en række materialer, se Tabel 1. Specifik varmekapacitet er et udtryk for hvor meget varme, der kan lagres i et kg materiale for hver grad materialets temperatur stiger [kJ/kgK]. Da det ofte er varmelagringskapaciteten pr. volumenenhed af materialet, der er interessant, udtrykkes varmekapaciteten ofte i forhold til materialet volumen [kJ/m³K]. Varmeledningsevnen er som navnet siger et udtryk for et materiales evne til at lede varme. Ud fra et rent varmeteknisk synspunkt vil et godt lagringsmedie være et materiale, der dels har en høj varmekapacitet pr. volumenenhed og dels er i stand til at fordele varme i materialet hurtigt. For faste materialer sker varmefordelingen ved ledning og her er det fordelagtigt med en høj varmeledningsevne. For væsker sker varmefordelingen primært ved bevægelser i væsken (konvektion) og denne varmeoverføringsform er som regel særdeles effektiv.

Tabel 1 Materialeverdier for udvalgte materialer, der kan anvendes til varmelagring
Kilde: Introduction to Heat Transfer, Incropera & de Witt, John Wiley and Sons, 2nd ed., 1990

Materiale	Densitet (masse- fylde) [kg/m ³]	Varme- kapacitet [kJ/kg·K]	Varmelagringskapacitet pr. volumenenhed [kJ/m ³ ·K]	Varmelednings- evne [W/m·K]
vand (20°C)	1002	4,18	4190	0,60
sand, tørt	1515	0,80	1212	0,27
sten (granit)	2630	0,78	2038	2,79
sten (sandsten)	2150	0,75	1602	2,90
ler, tørt	1460	0,88	1285	1,3

beton	2300	0,88	2024	1,4
træ	400-550	2,3-2,8	1100-1300	0,10-0,17

Anvendt litteratur

I (Olesen 1993, Møller og Vieira 1994, Heller 1996, Duer et al. 2000 og Weitzmann 2001) er der foretaget analyser af ydelsen af et solvarmeanlæg med lagring i sandlager, svarende til illustrationen i Figur 2 og i Heller, A, 1996 er der desuden rapporteret resultater af målinger på et hus udstyret med solvarmeanlæg og sandlager.

I (Duer et al. 2000) er der indsamlet driftserfaringer fra anlæg opført i Danmark. 28 anlægsejere er blevet kontaktet og deraf har ca. 1/3 givet brugbar respons. Mange anlæg er relativt nye og ejerne har derfor ikke haft reelle driftserfaringer. Af de indkomne svar fremgår det, at ejerne generelt er tilfredse med deres anlæg, der har stort set ikke været driftstop eller udgifter til vedligeholdelse. Til gengæld ved kun få hvad anlægget reelt yder, ligesom ejerne ikke på forhånd har haft klare forventninger til ydelsen. Det skal bemærkes, at de fem kilder ovenfor til en vis grad krydsrefererer, dvs. oplysninger fra de ældre kilder i et vist omfang er medtaget i de nyere kilder.

I de fem nævnte kilder er der undersøgt ydelser af solvarmeanlæg med vamelagring i sandlager installeret i en-familiehuse. Overalt er lageret forudsat at være udformet med ensartet tykkelse og at udstrække sig under hele husets stueplan. Lagerets volumen er således afhængigt af husets bebyggede areal og lagerets tykkelse. Huse med grundplan på 100-130 m² og med lagertykkelser mellem 20 og 90 cm er undersøgt.

I det følgende er der fra de ovenstående rapporter uddraget en række resultater vedrørende lagerudformningens indflydelse på anlægsydelsen. Der er ligeledes medtaget oplysninger om styringsstrategier og ydelser ved forskellige udformninger af solfangerne.

Lagervolumen

Beregningseksemplerne tyder på, at et sandlager med en udstrækning svarende til hele det bebyggede areal og i en tykkelse på ca. 20-30 cm har tilstrækkelig varmekapacitet. I (Møller og Vieira 1994) er der for et 115 m² velisoleret enfamiliehus foretaget en beregningsmæssig variation af lagerkapaciteten svarende til en sandtykkelse på mellem 0,75 m og 0,2 m. For hvert undersøgt lagervolumen blev solfangerarealet varieret mellem 10 og 30 m². Der blev ikke fundet nævneværdig reduktion i ydelsen for det lille lager i forhold til det store uanset det anvendte solfangerareal. I (Weitzmann 2000), er der for et tilsvarende lager foretaget variationer af lagerets tykkelse og lagringsmaterialet (beton og sand). Konklusionen her er, at ydelsen af anlægget ikke i nævneværdig grad afhænger af lagerets tykkelse indenfor det undersøgte interval – for beton er varieret mellem 10 og 30 cm, for sand er kun beregnet en lagtykkelse på 30 cm. Det skal nævnes at da beton har en varmekapacitet, der er næsten dobbelt så stor som sands svarer de 10 cm beton til knap 20 cm sand. For et solfangerareal på 20 m² svarer et 25 cm tykt lager til ca 0,7 m³ sand pr. m² solfanger for det undersøgte hus (115 m²). Mere detaljerede undersøgelser af solvarmeanlæg med vandbaserede lagre har peget på et lager på ca 50-100 l/m² solfanger altså ca 1/10 af sandlager-eksemplet. Imidlertid er sands varmekapacitet ca 1/3 af vands, temperaturspændet for et sandlager er højst 2/3 af et vandlagers og tages der endvidere

højde for den vanskeligere varmeoverføring til/fra sandlageret samt sandlagerets større varmetab synes forholdet $0,7 \text{ m}^3/\text{m}^2$ af den rigtige størrelsesorden.

Man skal være opmærksom på, at for et givent solfangerareal vil et lille lager opnå højere temperaturer om sommeren end et stort lager og dette kan medføre øget varmetilførsel fra lager til bygningen i sommerperioden og dermed øgede overtemperaturproblemer.

Overskudsvarme

Et solvarmeanlæg som skitseret i Figur 2 vil typisk have et relativt stort solfangerareal og om sommeren vil varmeproduktionen være stor i forhold til forbruget til brugsvandsopvarmning og rumopvarmning. Varmen skal enten afsættes andetsteds f.eks. i sandlageret eller "afblæses" til omgivelserne. Alternativt kan solvarmeanlægget tømmes for at undgå kogning i anlægget.

Svarene fra en brugerundersøgelse i (Duer et al. 2000) viser, at ca. halvdelen af brugerne ikke har oplevet problemer med ukomfortabelt høje rumtemperaturer om sommeren, medens den anden halvdel af brugerne har haft gener pga. lagerets varmeafgivelse om sommeren. Generne bliver reduceret ved kraftig ventilation ved åbning af vinduer mv.

Opvarmningsbehovet er beskedent i sommerperioden og der vil ikke være nogen energimæssig grund til at opvarme sandlageret til en temperatur over ca. 35°C i sommerperioden – tværtimod kan der i et moderne velisoleret hus med høj udnyttelse af passiv solvarme opstå høje rumtemperaturer om sommeren som følge af høj temperatur i lageret (Weitzmann). Ydelsesmæssigt er der således ingen grund til, at lagerets temperatur om sommeren bliver høj – først når sommeren går på hæld er det energimæssigt fornuftigt at lagre maksimalt. Som før nævnt kan det forventes, at et relativt lille lager vil medføre højere lagertemperaturer om sommeren end et stort lager, mens der ydelsesmæssigt ikke vil være forskel. Det kan overvejes hvordan det bedst (mest økonomisk) kan undgås at lagerets temperatur om sommeren medfører høje rumtemperaturer. En mulighed kan være at sætte solfangerne i drift om natten og derved afkøle lageret, hvis lagertemperaturen om sommeren bliver højere end ønsket. Det skal bemærkes, at der ved en nats køling kan afsættes i størrelsesordenen $1/5$ af den energi, der kan optages på en solrig sommerdag.

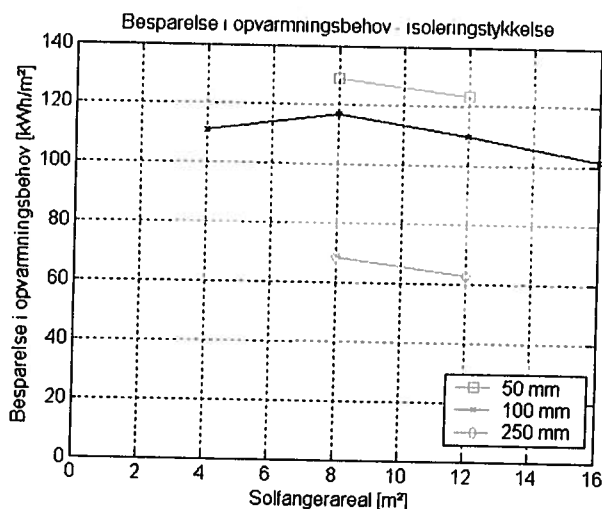
Sommeropvarmning

I mange bygninger med gulvvarme i f.eks. klinkegulve og i badeværelser viser erfaringerne, at der er et opvarmningsforbrug også om sommeren (Weitzmann 2001, Radisch 2001). Forbruget størrelse er ikke undersøgt nærmere i nærværende arbejde, men det kan konkluderes, at sommerforbruget helt kan dækkes af solvarme med et anlæg som illustreret i Figur 2.

Isolering mellem lager og gulv

Weitzmann har undersøgt betydningen af varierende isoleringslag mellem lageret og den overliggende gulvkonstruktion og det er fundet, at en høj isoleringsgrad her medfører dårlig anlægsydelse. Omvendt betyder en relativ lille isoleringsgrad, at anlægsydelsen

stiger. Isoleringstykkelse på ca 50 mm anbefales, se Figur 3. Det skal bemærkes, at i Weitzmanns analyse er den samlede tykkelse af isolering over og under lageret regnet konstant lig 300 mm. Det betyder, at når isoleringsgraden mellem lager og gulv er stor er isoleringsgraden mellem lager og underliggende terræn tilsvarende lille. Der er ikke foretaget undersøgelser med konstant isolering mellem lager og underliggende terræn.

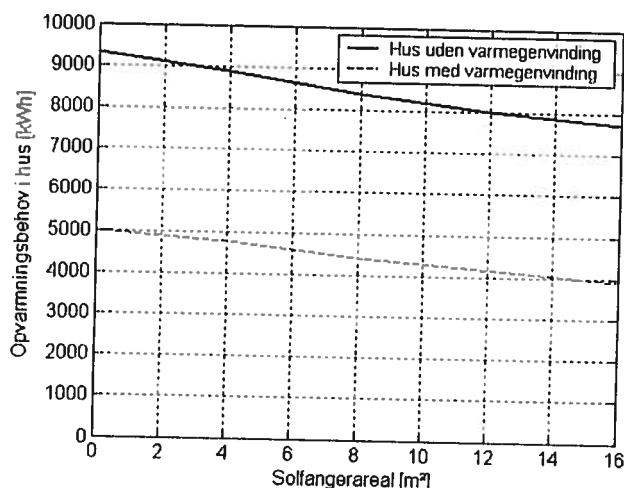


Figur 3 Besparelse i opvarmningsbehov pr. m² solfanger installeret. Der er undersøgt varierende isoleringsgrader mellem lager og gulvkonstruktion. Bemærk, at den samlede isoleringstykkelse af isolering over og under lageret i alle tilfælde er 300 mm. Dvs. for øverste kurve (50 mm) er der 250 mm isolering mellem lager og underliggende terræn. (Weitzmann 2001)

Det skal bemærkes, at isoleringstykkelsen har indflydelse på varmeafgivelsen til rummet også om sommeren – lille isoleringsgrad betyder stor varmeafgivelse og dermed risiko for problemer med overtemperaturer i rummet. Ydelsesmæssigt er det altså en fordel med en tynd isolering mellem lager og gulvkonstruktion, men ifølge Weitzmann betyder en tynd isolering også, at der potentielt bliver flere problemer med høje rumtemperaturer om sommeren. Det kan altså være en fordel at adskille funktionerne i anlægget således, at der anvendes et relativt lille lager med tynd isolering op mod gulvet og at lagertemperaturer om sommeren holdes nede ved f.eks. natkøling.

Solfangerareal

I (Weitzmann 2001) er rumopvarmningsbehovet for et hus forsynet med solvarmeanlæg og sandlager beregnet for forskellige udformninger af sandlager og for varierende solfangerareal mv. Solvarmens dækning af brugsvandsopvarmning er altså ikke medtaget. Som solfanger er anvendt en gennemsnitssolfanger på det danske marked. I Figur 4 er vist rumopvarmningsbehovet som funktion af solfangerarealet. Bemærk at den undersøgte lagerudformning er med 100 mm isolering mellem lager og gulv. En reduktion til f.eks. 50 mm vil give en ydelsesstigning, se Figur 3.



Figur 4 Beregnet årligt opvarmningsbehov for et moderne velisoleret en-familiehus ved varierende solfangerareal. Øverste kurve repræsenterer en bygning uden varmegenvinding i ventilationsanlægget, nederste kurve er for en bygning med varmegenvinding. Anvendt lagerudformning er ikke energimæssigt optimal, da der er regnet med 100 mm isolering mellem lager og overliggende gulv. (Weitzmann 2001)

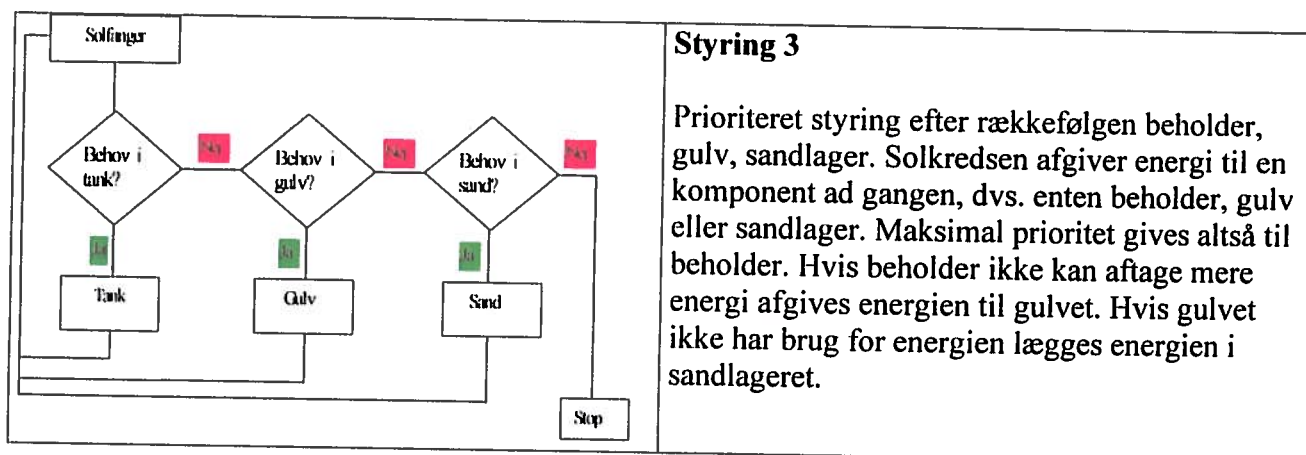
Solfangerhældning

I (Troels og Marcos) er effekten af varierende solfangerhældning undersøgt. Solfangerne var orienteret mod syd og solfangerarealet blev varieret mellem 10 og 30 m² og deres hældning blev varieret mellem 45° og 80°. Konklusionen blev, at en hældning på ca 60° er optimal. Det skal bemærkes, at ydelsen for de undersøgte hældninger varierede maksimalt 5%.

Styring

Generelt bør styringen indrettes, så den producerede varme afsættes, hvor der hurtigst er varmebehov – en lagring betyder altid tab. Der er teoretisk undersøgt tre styringsstrategier for et anlæg med sandlager og gulvvarmekreds (se figuren nedenfor) (Møller og Vieira 1994).

<pre> graph TD Solfanger[Solfanger] --> Tank{Behov i tank?} Tank -- Ja --> Tank Tank -- Nej --> Gulv{Behov i gulv?} Gulv -- Ja --> Gulv Gulv -- Nej --> Sand{Behov i sand?} Sand -- Ja --> Sand Sand -- Nej --> Stop[Stop] Sand --> Solfanger </pre>	Styring 1 Styring uden prioritering mellem varmtvandsbeholder, gulv og sandlager. Varmtvandsbeholderen arbejder derfor oftest i serie med enten gulv eller lager. Hvis både beholder og gulv kalder på varme arbejder beholder og gulv i serie med solfangerne. Hvis gulvet ikke kan aftage energi vil sandlageret blive tilkoblet, hvis der kan afsættes energi her. Beholder og sandlager arbejder i serie. Kun i de tilfælde hvor hverken gulv eller sandlager kan modtage energi, arbejder solkredsen alene på varmtvandsbeholderen.
<pre> graph TD Solfanger[Solfanger] --> Tank{Behov i tank?} Solfanger --> Gulv{Behov i gulv?} Tank -- Ja --> Tank Tank -- Nej --> Sand{Behov i sand?} Gulv -- Ja --> Gulv Gulv -- Nej --> Sand Sand -- Ja --> Sand Sand -- Nej --> Stop[Stop] Sand --> Solfanger </pre>	Styring 2 Der er lige høj prioritering af varmtvandsbeholder og gulvvarme. Sandlageret tilkobles hvis hverken beholder eller gulv kan aftage energi. Hvis både beholder og gulv kalder på energi, arbejder beholder og gulv i serie med solfangeren. Hvis gulvet ikke kan aftage energi arbejder solkredsen kun på beholderen. Omvendt arbejder solkredsen kun på gulvet, hvis der ikke kan afsættes energi i beholderen. Hvis hverken gulv eller beholder kan aftage energi tilkobles sandlageret.



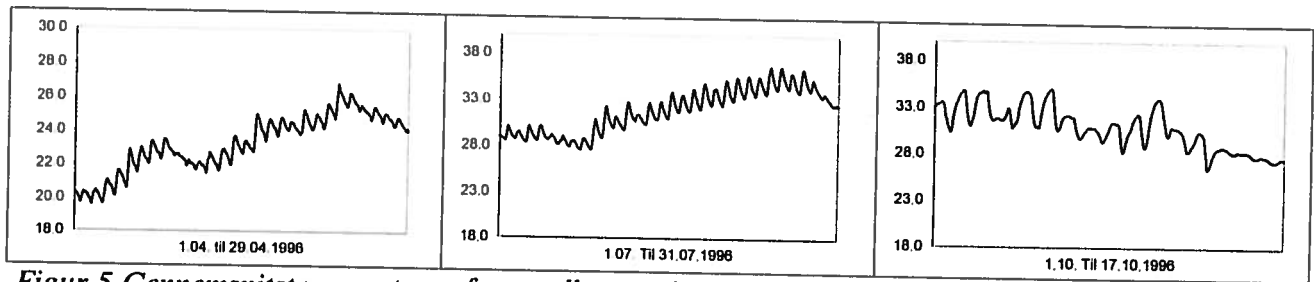
De gennemførte beregninger resulterede i en anbefaling af styringsstrategi nr. 2, da den gav 5-10% højere ydelse end strategi 1, som igen gav 5-10% højere ydelse end strategi 3.

Slangetyper og -afstand

Varmen overføres mellem solfangervæske og lager vha. slanger eller rør, der er indbygget i sandlageret. Slangerne skal udføres af varme- og trykbestandigt materiale og der er gode erfaringer med 16 mm ribberør af polypropylen samt med PEX-rør. Antallet af slanger har bl.a. betydning for lagerets samlede omkostninger og det er i (Troels og Marcos + Weitzmann) undersøgt hvorledes anlægges ydelse afhænger af afstanden mellem slangerne i lageret. Ifølge (Troels og Marcos) er ydelsen ikke er videre følsom overfor variationer af rørafstand indenfor intervallet 15 – 60 cm. Der er stort set ingen ydelsesreduktion ved at øge rørafstanden fra 15 til 30 cm, medens der er beregnet et mindre fald ved at øge afstanden til 60 cm. En rørafstand mellem 30 og 60 cm forventes således at være et økonomisk og termisk fornuftigt valg. I (Weitzmann) er der undersøgt en rørafstand på hhv. 30 og 50 cm og der er beregnet en ydelsesnedgang på ca 5% ved at øge rørafstanden fra 30 til 50 cm. Ydelsesberegningerne relaterer sig kun til opvarmningsbehov – varmt brugsvand er holdt udenfor beregningerne.

Erfaringer

Der er i Danmark opført en del solvarmeanlæg med sandlager, men der er kun i beskedent omfang rapporteret uvildige undersøgelser af anlæggenes ydelser. Der er foretaget målinger på et system (Heller 1996) med 18 m² solfangere og ca. 90 m³ sand i et 0,65 m tykt lag under en 135 m² stor bygning. Lageret er isoleret med 100 mm polystyren. Solfangerne kan levere varme til brugsvandsopvarmning, direkte rumopvarmning i gulvvarmekreds og til sandlageret og systemet er bygget med mulighed for aktivt at trække varme fra sandlageret til gulvvarmekredsen. Der gennemførtes i april til november 1996 målinger af temperaturen i sandlageret. De gennemsnitlige lagertemperaturer er optegnet for april, juli og oktober måned:



Figur 5 Gennemsnitstemperaturer for sandlageret i april, juli og første halvdel af oktober måned 1996. (Heller 1996)

I (Heller 1996) blev det konkluderet, at

- anlægget virker
- de beregnede resultater for lager og jord giver realistiske resultater i forhold til de gennemførte målinger, hovedsageligt i form af temperaturmålinger
- der var ikke nævneværdig aktiv tilførsel af varme fra sandlager til gulvvarmekreds
- der synes muligheder for at forbedre anlæggets økonomi men dette kræver undersøgelser som endnu ikke er iværksat.

Referencer

- Duer, K.; Jacobsen, T.D.; Ellehauge, K.: *Status for aktiv varmelagring i mindre bygninger*. www.solenergi.dk 2000
- Heller, A.: *Undersøgelse af solvarme med bygningsintegreret sandlager*, IBE-rapport R-006, ISSN 1396-4011, Institut for Bygninger og Energi, DTU. 1996
- Møller, T.K.; Vieira, M.: *Solvarmeanlæg med Bygningsintegreret varmelager*, eksamensprojekt, Institut for Bygninger og Energi, DTU. 1994
- Olesen, O.: *Varmeteknisk vurdering af solvarmeanlæg med sandlager*, LfV-rapport 93-22, ISSN 0905-1511, Institut for Bygninger og Energi, DTU. 1993
- Radisch, N.: *Vurdering af varmeforbrug i nyere huse med gulvvarme*, Teknologisk Institut, 2001
- Weitzmann, P.: *Bygningsintegreret varmelagring af solvarme i terrændæk*. BYG•DTU, Danmarks Tekniske Universitet. Rapport R-006. ISBN 87-7877-061-0

3 Opførelse af et sandlager i praksis, Aidt Miljø

Rent praktisk anbefaler Aidt Miljø at anvende 2 lag ribberør i lageret. Det er først og fremmest af sikkerhedsmæssige årsager.

Når først lageret er etableret er det besværligt og dyrt at skulle reparere eventuelle fejl. Altså en slags reserve hjul. Hvis det efter nedlægning af rørene og etablering af gulv senere skulle vise sig, at der pga. sandkorn eller lignende er opstået en utæthed i en slange kan denne kreds blot lukkes af. Rummet ovenpå den del af lageret vil stadig blive påvirket af sandlageret.

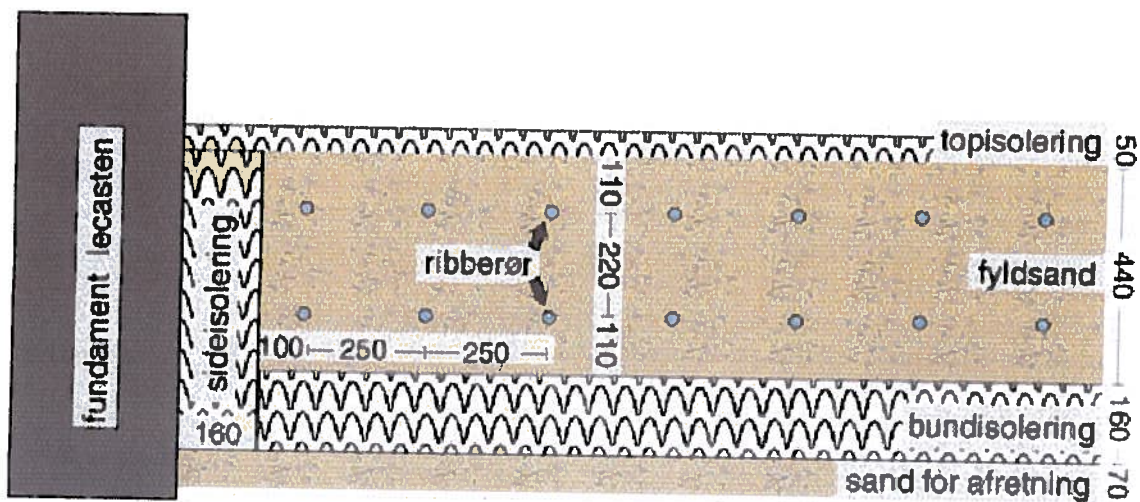
Vejledninger vedrørende etablering af sandlager er under konstant udvikling. Således kunne det i fremtiden komme på tale at anvende 25 mm PP ribberør og lægge dem i en afstand af 50 cm men stadig i 2 lag. Desuden kunne det overvejes at placere top isoleringen indenfor sideisoleringen således at lag af fyldsand bliver 390 mm istedet for 440 mm.

Også af praktiske grunde vælges disse afstande, idet der er tale om standard komponenter som er lige til at sætte ned uden yderligere bearbejdning.

Desuden vil en større lagermængde give en lidt mindre overtemperatur om sommeren. Problemet med overtemperatur om sommeren er af nuværende brugere for det meste blevet løst ved at åbne vinduer eller stue-døre. Det koster ikke noget og giver en forbindelse til naturen udenfor. Og så giver det frisk luft. Især i forbindelse med kølige og regnfulde sommerdage er det behageligt med varme gulve og en god temperatur inde. Gratis komfort og fråds uden brug af miljøødelæggende energi og kontakt med omgivelserne udenfor er bare fantastisk. Temperaturene i stuen kan godt komme op på 23-27 gr og denne temperatur på badeværelsets gulv ikke mindst på en klam sommerdag giver liv i sålerne!

Sandlager fra bund til top

En byggevejledning



Aidt Miljø A/S
Kongensbrovej, Aidt
DK-8881 Thorsø
Fax 86966955
Tlf. 86966700
aidt@email.dk
www.aidt.dk



Indhold

Sand til afretning	2
Isolering af sider og bund	3
Placering af fordelerblok	4
Sand på isolering	5
Tilslutning af rør til fordelerblok	6
Første rørføring	7
Sand på første rørføring	8
Trykprøvning af ribberør	9
Anden rørføring	10
Sand på anden rørføring	10
Topisolering	11
Appendiks	12

Sand til afretning



I bunden udlægges først et lag sand til afretning (5-10 cm).

Evt. vibrering afhængig af sandlagets tykkelse.

Bedst er en tung bakkesand uden for store og skarpe sten. Gerne med ler og silt.

Isolering af sider og bund



Placering af 160 mm kapillarbrydende isoleringsplader hele vejen rundt langs fundamentets inderside.

Vær opmærksom på at samle isoleringspladerne så fer og not passer i hak med hinanden.



Placering af 160 mm kapillarbrydende isoleringsplader ovenpå det afrettede sand.

Placering af fordelerblok



Som regel placeres fordelerblok i brygers ved siden af solvarmebeholderen.

Fordelerblokken sættes hensigtsmæssigt, så det er nemt at montere fordelerblokken, når muren senere opføres.

Skal man tillige have gulvvarme, kan fordeleren til gulvvarmen med fordel placeres i nærhed af fordelerblokken til sandlageret. Eksempelvis oven over sandlagrets fordelerblok.



Senere i arbejdet, når alle rør er monteret, vil fordelerblokken se således ud.

Sand på isolering



Ovenpå isoleringen udlægges ca. 11 cm fyld-sand/bakkesand. Læg gerne lidt ekstra sand ud, da sandet ofte falder sammen under vibre-
ringen.

Ved hjælp af rendegraver, gravemaskine eller grab på en lastbil lægges sandet ind på isoleringen.



Sandet udjævnes med skovl og rive/ rager.



Derefter vibreres sandet.

Tilslutning af rør til fordelerblok

Læs også appendix

- Udlægning af ribberør
- Rørføring i forskellige rum



Ribberøret monteres i nederste fordeler.



Omløber løsnes og placeres på røret ved 3. ribbe. Kobberring skubbes ind til omløber. O-ring placeres imellem 2 og 3. ribbe. Støttebøsning skubbes ind i røret.

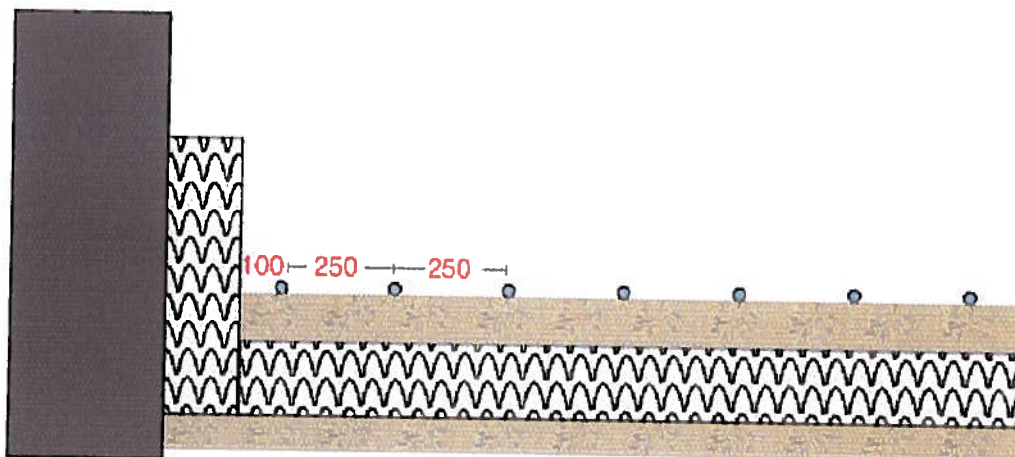


Ribberøret med omløber skubbes op i messing-fittings. Derefter skrues omløberen løs til med fingrene.



Billedet viser fordelerblokken (FB) monteret med de første 3 slanger.

Første rørføring



Når røret er monteret i nederste fordeler, rulles ribberøret ud i længder af 66 m. Denne længde dækker et areal på ca. 15 m².

I de enkelte rum udlægges ribberørene i spiralform med 25 cm imellem rørene. Når ribberøret er udlagt i rummet, rulles det tilbage og monteres i "øverste" fordeler.

Dette gentages for alle rørene i laget.

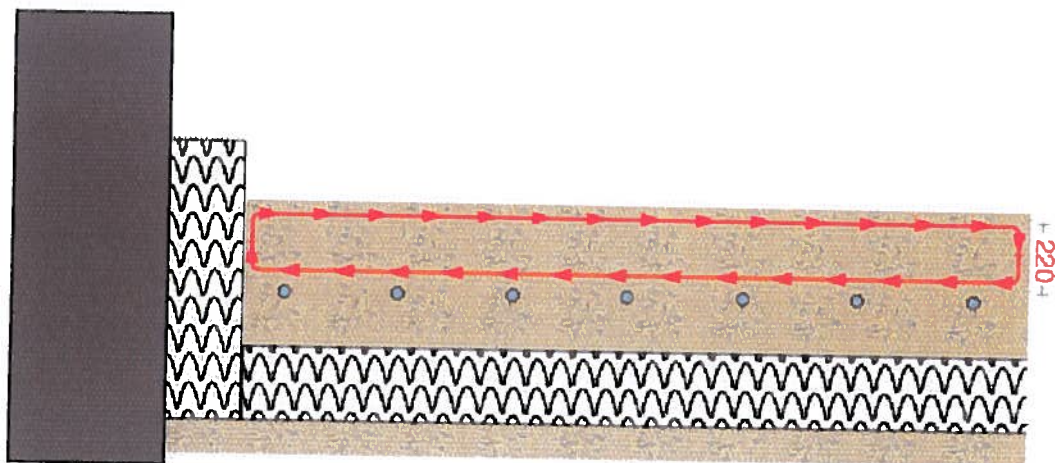


Udlægning kan ske ved at én ruller ribberør ud, mens den anden lægger en skovlfuld sand på for hver ca 2 m.

Det vil være nyttigt at give ribberørene numre og notere beliggenheden på en skitse.

Fjern skarpe sten omkring røret og vær opmærksom på at skovlen under udlægning ikke beskadiger røret.

Sand på første rørføring



Udlægning af 22 cm fyldsand ovenpå nederste lag af ribberør, med efterfølgende vibrering af sandet.

Trykprøvning af ribberør



Trykprøvning af rør efter de er dækket med sand inden næste lag rør udlægges.

Rørene kan trykprøves med vand fra en vandslange.

Røret i nederste fordelerrør trækkes ud og monteres med en blindprop og den anden rør ende monteres med trykprøvestyret.

Der sættes vandtryk på op til minimum 1,5 atm tryk, hvorefter der lukkes for vandet.

På grund af luft i ribberøret vil trykket ændre sig.



Derfor åbnes igen for vandet 3-5 gange indtil vandtrykket er konstant.

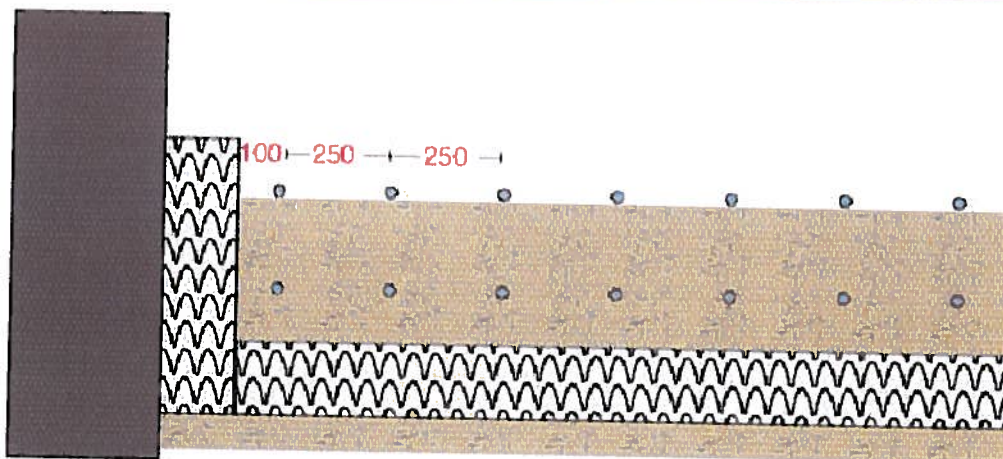
Manometeret aflæses og trykket skal forblive konstant i 2 minutter.

Derefter monteres slangen tilbage på fordelerrøret og denne gang strammes omløberen til med en lille svensknøgle.

Næste slange samme omgang.

Under vibreringen af sandet kan det ske at en skarp sten kan blive trykket ind i røret om end det er yderst sjældent. Hvis der er opstået en lækage og denne findes, skæres røret over ved utætheden og en plastsamlemuffe monteres før end røret igen dækkes med sand og eftervibreres. Derpå kan arbejdet fortsættes.

Anden rørføring



Andet lag ribberør lægges på samme måde som første lag rørføring.

Sand på anden rørføring



Udlægning af 11 cm fyldsand ovenpå øverste lag af ribberør, med efterfølgende vibrering af sandet.
Dernæst trykprøves som tidligere slangerne.

Topisolering

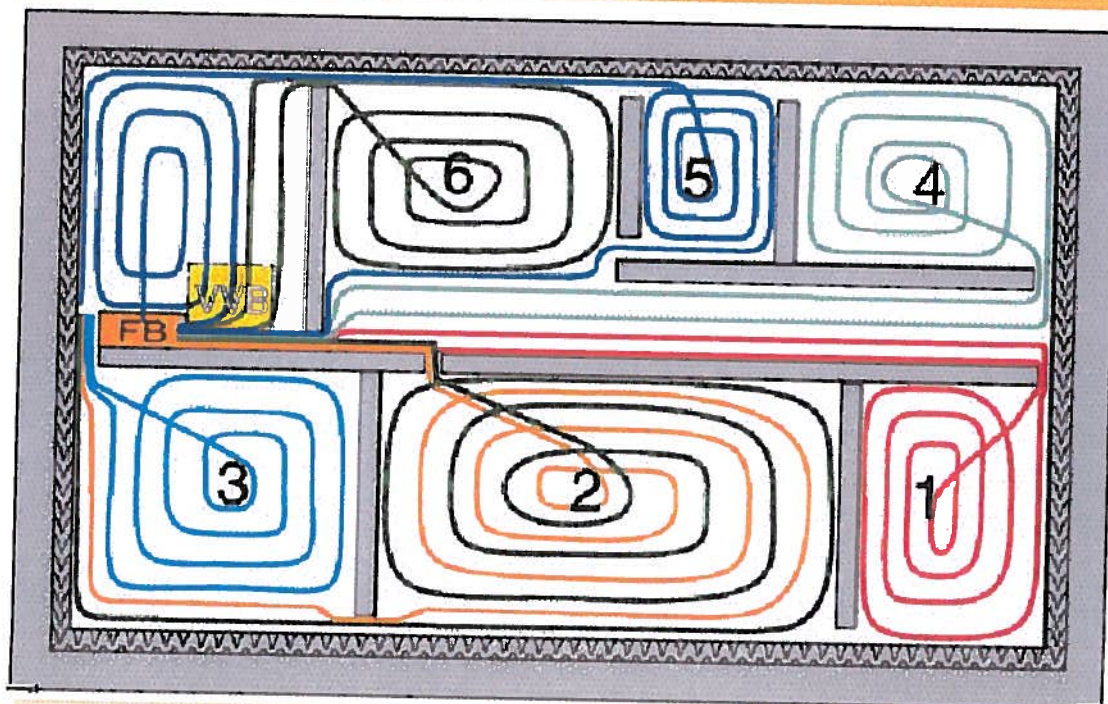


Det vibrerede sand afrettes med en rager, så det er helt jævnt før topisoleringen (50 mm.) lukker for sandlageret.

Ovenpå topisoleringen kan der etableres gulvvarme

Appendiks:

- **Udlægning af ribberør**
- **Rørføring i forskellige rum**



Monter røret i nederste fordelerrør.

Start med at rulle hen til **rum 1**. Start med at lægge røret i rummets yderkant og rul i spiral ind mod midten. Anbefalet afstand imellem rørene 25 cm. Vær opmærksom på at der er rør nok til at komme tilbage til fordelerblokken. Ved fordelerblokken monteres den anden ende til fordeleren. Der skal være rør nok, ellers bliver ribberøret unødigt stramt efterhånden som der fyldes sand på sandlageret.

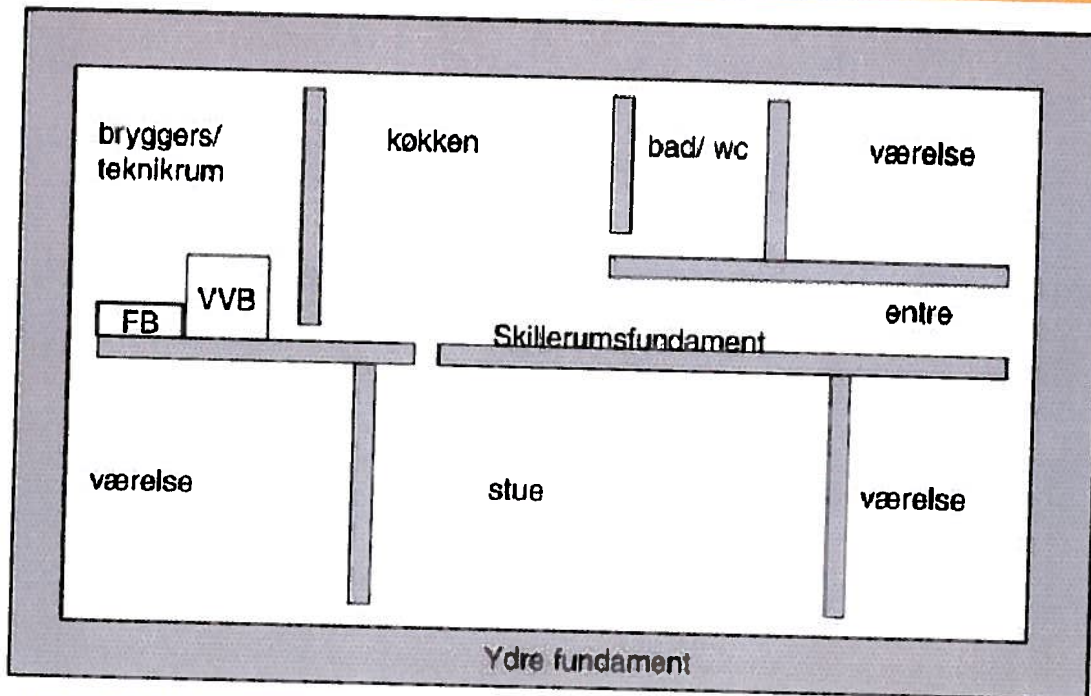
Fortsæt derefter med nyt ribberør **rum 2**. Her lægges 2 spiraler parallelt ved siden af hinanden. Det første ribberør rulles igennem rum 3 langs med isoleringen. I rum 2 laves en spiral med 50 cm mellemrum, således at der herimellem kan rulles et rør mere ud. Derefter rulles ud i **rum 3** osv.

Er der overskydende rør når fordelerblokken nås, kan røret fordeles i bryggers.

Badeværelse (rum 5) er som regel et mindre rum. Hvis der ønskes ekstra varme i badeværelset kan ribberørs-afstanden her gøres mindre. "Overskud" af rør fordeles f.eks i bryggers.

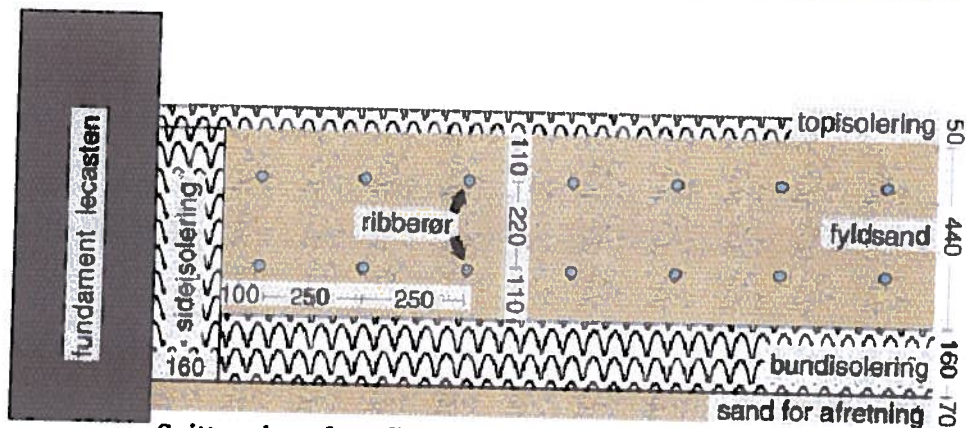
Det er en god ide at opmærke rørene og notere, hvor de er monteret i sandlageret.

Planlægning af Sandlager



På baggrund af grundplan over hus tegnes en fundaments plan.

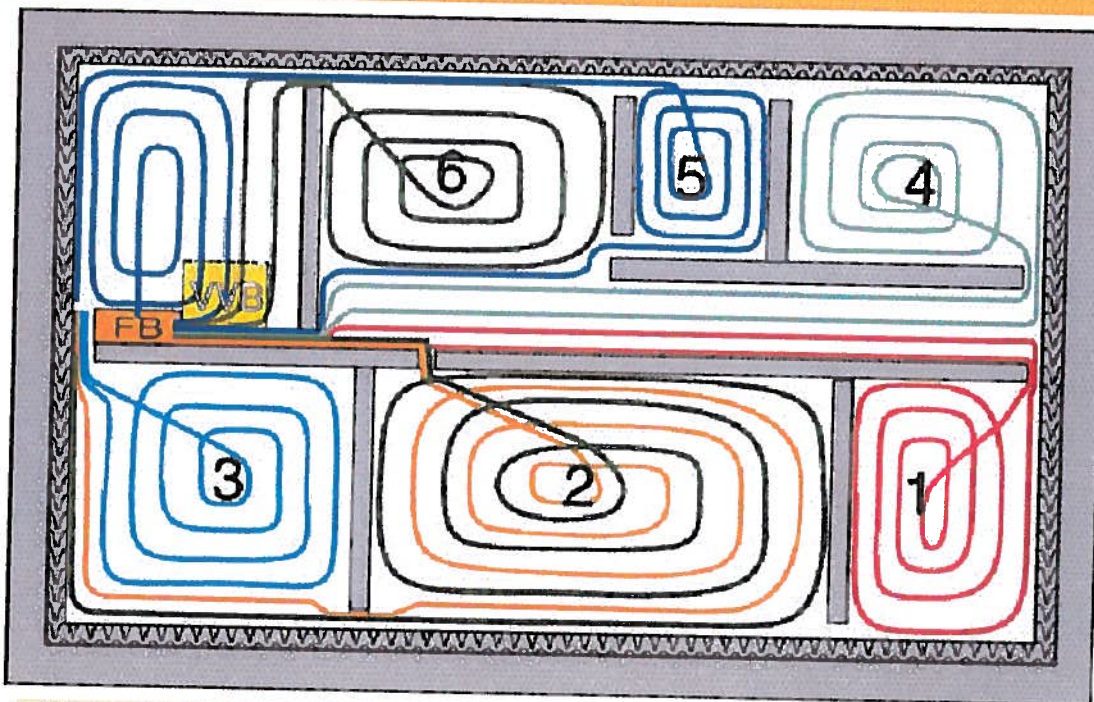
Der skal være plads til isolering langs indersiden af yderfundament og plads til rørføring mellem teknik rum og de enkelte rum i huset. Derfor anbefales **afstand mellem yderfundament og skillerumsfundament at være mindst 200 mm.** (Se næste side).



Snittegning af sandlager.

Ovenover topisolering kan indtegnes gulvvarme.

Rørføring i forskellige rum



Ribberørene udlægges i længder a ca. 66 m med en indbyrdes afstand af ca. 25 cm. (spiraler i rummene). Det betyder at en længde dækker ca. 15 m² areal afhængigt af hvor mange meter rør, der anvendes i frem og tilbage til det pågældende rum (frem- og tilbageløbet vil også aflevere energi og vil således dække en del af de arealer, som gennemløbes i forbindelse med føringen til et rum).

Som det ses er stuen 2 så stor at der ligger 2 spiraler parallelt for at opnå dækning. Badeværelset 5 har "overskydende" rør som så anvendes til at dække bryggers; rør i badeværelse kan lægges med en mindre indbyrdes afstand for at få større dækning. Entre og gang dækkes via frem og retur til 1 og 4. Værelse 3 dækkes lidt på grund af returen fra stuen. Bryggers dækkes i øvrigt af at rørføringen til og fra fordelerblok udgår herfra.

Ved siden af fordelerblok (FB) anbringes senere solvarmebeholderen (VVB). Til denne skal der gå koldt vand. Det varme vand udgår også herfra og der skal være afløb fra bunden af beholderen. (se tegning af solvarmebeholder)
Tilslutning af suppleringsvarme til varmtvandsbeholderens topspiral fra anden varmekilde (masseovn, biobrændsel, gas- eller oliefyr) bør overvejes.
Ovenover FB kan fordeler for gulvvarme anbringes.
Overvejelser over anden rørføring i sandlageret skal gøres.

På baggrund af ovennævnte foretages en endelig fundamentstegning - et eksempel ses på foregående side.