



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **332707**

(13) **B1**

NORGE

(51) **Int Cl.**

F28D 1/02 (2006.01)

F28D 15/00 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20110839	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2011.06.09	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2011.06.09	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2012.12.10		
(45)	Meddelt	2012.12.17		
(73)	Innehaver	NEST AS, Olav Brunborgsvei 4, 1396 BILLINGSTAD, Norge		
(72)	Oppfinner	Pål Bergan, Ridder Flemmings vei 38, 1397 NESØYA, Norge		
(74)	Fullmektig	Protector Intellectual Property Consultants AS, Oscarsgate 20, 0352 OSLO, Norge		

(54)	Benevnelse	Termisk energilager og -anlegg, fremgangsmåte og bruk derav		
(56)	Anførte publikasjoner	DE 102009036550 A1 DE 10211598 A1 US 4219074 A US 3381113 A		
(57)	Sammendrag			

Oppfinnelsen tilveiebringer en termisk energilagring og varmevekslerenhet, omfattende et termisk lagringsmateriale i fast tilstand, et varmeoverføringsfluid og midler for energiinnang og –utgang, som skiller seg ut ved at :

lageret omfatter minst en varmeoverføringsbeholder, det termiske lagringsmaterialet i fast tilstand anordnes rundt varmeoverføringsbeholderen, og varmeoverføringsbeholderen inneholder varmeoverføringsfluidet og midlene for energiinnang og –utgang, slik at all varmeoverførende konveksjon og ledning av varmeoverføringsfluidet finner sted innenfor de respektive varmeoverføringshulrommene. Fremgangsmåte for å bygge det termiske energilageret, anlegg omfattende lageret, fremgangsmåten med anvendelse av anlegget, samt anvendelse av lageret og anlegget.

TERMISK ENERGILAGER OG –ANLEGG, FREMGANGSMÅTE OG BRUK DERAV

Område for oppfinnelsen

- 5 Den foreliggende oppfinnelsen vedrører energilagring. Mer spesifikt vedrører oppfinnelsen et termisk energilager og en framgangsmåte for å bygge det, et anlegg for energiproduksjon, en framgangsmåte for energiproduksjon og anvendelse av det termiske energilageret. Det termiske energilageret omfatter en hovedlagringsdel i tilstand som fast stoff.

10

Bakgrunn for oppfinnelsen og tidligere teknikk

Termiske energilager kan brukes til å lagre varme når varme er lett tilgjengelig og for å levere varme i perioder når det er etterspørsel etter dette.

- 15 Flere lager i fast tilstand er kjent fra tidligere, hvor det brukes betong eller naturlige bergarter som lagringsmedium. Imidlertid, et typisk problem ved termiske lagringer i fast tilstand, er at de er ineffektive eller bruker upraktiske midler for inn- og utlading av varme.
- 20 I patentpublikasjon DE 10 2009 036 550 A1 er det beskrevet et termisk lager i fast tilstand, hvilket har en første del A og en andre del B. Det er anordnet et rørsystem for å mate inn eller ta ut varme gjennom den første delen A, for inn- eller utlading av varme ved å la et arbeidsmedium strømme gjennom rørsystemet. Den andre delen B innbefatter et lagringsmedium i fast tilstand, som kan være betong, og som er oppladet
- 25 eller utladet med termisk energi, dvs. varme. Ved drift strømmer et varmeoverføringsfluid motstrøms med arbeidsfluidet i den første delen A for å lade opp eller lade ut varme, og varmeoverføringsfluidet strømmer videre i separate kanaler som er anordnet gjennom den andre delen B for å lade opp eller lade ut varme, og dermed overføre varme mellom den første delen A og den andre delen B. Den andre delen B
- 30 inneholder et antall kanaler som er anordnet for strømning av varmeoverføringsfluidet, og kanalene er adskilte fra og anordnet med en avstand vekk fra den første delen A. Varmeoverføringsfluidet strømmer ved hjelp av tvungen eller naturlig konveksjon. Kanalene gir økt kompleksitet, og reduserer nivå og omfang av spenninger og tøyninger

som kan håndteres, hvilket derved begrenser maksimumstemperatur og temperaturområde, så vel som begrenser trykket for fluidet som er i kanalene.

Andre tidligere kjente varmelager i fast tilstand er beskrevet i patentpublikasjoner DE 5 10211598, EP 0049669, EP 1544562, EP 2273225, US3381113, US 4219074 og CN 100578133. Nevnte publikasjoner beskriver termisk lagring uten separat varmeoverføringsfluid som kan strømme ved naturlig konveksjon for å overføre varme.

Nærmestliggende tidligere kjent teknikk, DE 10 2009 036 550 A1, er beskrevet i en 10 artikkel i "CSP-today" 12. mars 2010, hvor det beskrives en arbeidstemperatur på opp til 400 °C. Videre, betong er beskrevet som kostnadseffektiv for termisk varmelagring, men alle andre elementer, rør inkludert, gir økte kostnader, hvilket fører til en kostnad for store anlegg som bare er så vidt billigere enn konkurrerende teknologi. Å oppnå en 15 mer kostnadseffektiv varmelagring er fremsatt som en hovedutfordring, mens en annen utfordring er raskere inn- og utlading.

Formålet med den foreliggende oppfinnelsen er å tilveiebringe en termisk energilagring som er gunstig i forhold til ovennevnte teknologi med hensyn til de emnene som er nevnt. Videre bør den termiske lagringen fortrinnsvis være:

- 20 • Gjennomførbar for drift ved høyere temperatur og høyere fluidtrykk, for derved å kunne tillate mer effektiv produksjon av elektrisitet i en turbingenerator
- Mindre kompleks og mer kompakt
- Tilrettelagt for vedlikehold og erstatning av deler
- Lettere å skalere opp eller ned til en hvilken som helst lagringsstørrelse
- 25 • Mer allsidig, som legger til rette for direkte kopling til varmeproduserende energianlegg så som kullkraftverk, kjernekraftverk, konsentrert solvarme og avfallsforbrenningsanlegg, så vel som elektriske nett og elektrisitetsproduserende kraftverk så som fotovoltaiske solkraftanlegg, vindkraftanlegg og vannkraftverk
- 30 • Sikker mot eksplosjoner og miljøet
- Gjennomførbar for drift ved -70 til +700 °C
- Mulig å bruke praktisk talt hvor som helst og i en hvilken som helst topografi

- Raskere i responsen for inn- og utlading av energi
- Gi anledning til å spare på toppproduksjon som ellers ville overbelaste nettet eller gå til spille, og tillate levering når den tilkoplete kilden har utilstrekkelig produksjon eller når energiprisen er høy, i løpet av en dag, uke eller sesong,
- 5 hvilket jevner ut kraftforsyning til kraftetterspørsel
- Gi anledning til et nedskalert nett og mer optimale driftsparametere for nettet, innbefattet reduksjon av nettinvesteringer for toppproduksjon og infrastruktur for overføring mellom regioner og land
- Gi økt kraftsikkerhet og –kvalitet.

10

Oppsummering av oppfinnelsen

Den foreliggende oppfinnelsen er fordelaktig med hensyn til alle ovennevnte emner.

Oppfinnelsen tilveiebringer et termisk energilager, omfattende et termisk

15 lagringsmateriale i fast tilstand, et varmeoverføringsfluid og midler for energiinnngang og –utgang. Lageret er særpreget ved at det

omfatter minst en varmeoverføringsbeholder,

det termiske lagringsmaterialet i fast tilstand er anordnet rundt

varmeoverføringsbeholderen, og

20 varmeoverføringsbeholderen inneholder varmeoverføringsfluidet og midlene for energiinnngang og –utgang, slik at all varmeoverførende konveksjon og ledning av varmeoverføringsfluidet finner sted innenfor de respektive varmeoverføringsbeholderne.

25 Materialet i fast tilstand kan være et hvilket som helst fast materiale eller kombinasjoner av faste materialer, som har tilstrekkelig varmelagringskapasitet og styrke ved de tiltenkte driftsbetingelsene, slike som naturlige bergarter, metaller og legeringer, substrater, betong, mørtel og annet. Varmeoverføringsfluidet kan være en hvilken som helst væske eller gass. Imidlertid er det foretrukket at det er stabilt og lav-viskøst ved

30 driftsbetingelsene, ikke-giftig og at det har høy varmekapasitet og evne til høy varmeoverføringshastighet ved konvensjon, så som termisk olje eller smeltede salter. Termiske oljer, spesielt syntetiske oljer, men også mineralske oljer, er kommersielt

tilgjengelige som sådan, og som olje for transformatorer eller motorer. Gjeldende termiske oljer er tilgjengelig for temperaturer opp til omtrent 400 °C for drift ved atmosfærisk trykk. Imidlertid, dersom trykket økes over varmeoverføringsfluidet økes også den maksimale driftstemperaturen. Oljer som kan prestere enda bedre er under utvikling, og vil bli foretrukket når de er tilgjengelige. Smeltede salter, enten de er naturlige eller syntetiske, eller metaller eller legeringer er for tiden gjennomførbare og tilgjengelige for temperaturer i området av 400 til 700 °C eller mer, dersom kilder for høyere temperaturer er tilgjengelige. Varmeoverføringsbeholderen kan ta en hvilken som helst form og orientering, men fortrinnsvis har den form og orientering av en stående sylinder eller et rør hvor det kan anordnes en seksjon av en rørkrets for energiinnngang og –utgang, så vel som elektriske oppvarmingsmidler for energiinnngang, mens naturlig konveksjon over en lang avstand tillates langsmed midlene for energiinnngang og –utgang og veggene i varmeoverføringsbeholderen for å maksimere varmeoverføringshastigheten. En varmeoverføringsbeholder i denne konteksten betyr et enkelt tomrom, volum, hulrom eller rom uten separate deler, grener eller kanaler utenfor den innvendige overflaten eller sentervolumet av denne, så som det innvendige av en sylinder, rør, eller et hulrom eller et volum direkte i en betongblokk, en bergart eller annet fast materiale, som er åpen eller lukket men i stand til å inneholde varmeoverføringsfluidet. Dette er i motsetning til lærdommen av DE 10 2009 036 550 A1. Selv om varmeoverføringsbeholderen er det innvendige volumet av en sylinder, rør, tomrom, eller et hvilket som helst gjennomførbart volum i lagringen uten grener, vil varmeoverføringsbeholderen i denne konteksten, av klarhetshensyn, også bli beskrevet med bare henvisning til ordene sylinder, rør, eller seksjoner av disse. Varmeoverføring finner sted i de respektive beholderne, hvilket betyr at varme overføres mellom midlene for energiinnngang og -utgang og det omgivende termiske lagringsmaterialet i fast tilstand via varmeoverføringsbeholderne fylt opp med varmeoverføringsfluidet. Midlene for energiinnngang og –utgang, som er operativt anordnet inni varmeoverføringsbeholderen fylt opp med varmeoverføringsfluidet, fungerer som en effektiv men enkel varmeveksler. Alle deler av lagringen har sin egne termiske lagringskapasitet, som bidrar til varmelagringen. For foretrukne utførelsesformer forsterkes varmeoverføringseffektiviteten ved vesentlig varmeoverføring med konveksjon, som er en rask og effektiv varmeoverføringsmekanisme som kommer i

tillegg til langsommere ledning og stråling. Med løsning i henhold til den foreliggende oppfinnelsen oppnås det en effektiv opplading og utlading av energi, samtidig med at det oppnås en enkel, allsidig og lett skalerbar konstruksjon. Med den termiske energilagringen i henhold til oppfinnelsen, finner all varmeoverføring mellom midlene for energiinn- og -utgang og det omgivende termiske lagringsmaterialet i fast tilstand sted i de respektive varmeoverføringsbeholderne. Eller, med andre ord, opplading og utlading av varme er ved varmeoverføring i den varmeoverføringsfluidfylte varmeoverføringsbeholderen mellom midlene for energiinn- og -utgang og det omgivende termiske lagringsmaterialet i fast tilstand.

10

Den enkleste utførelsesformen av oppfinnelsen er en naturlig bergart eller en betongblokk som direkte i det faste materialet har et enkelt hulrom som varmeoverføringsbeholder, i hvilket hulrom varmeoverføringsfluid har blitt fylt inn og et rørkretssegment har blitt anordnet som midlet for energiinn- og -utgang. Termisk energi lagres således i en naturlig bergart eller en betongblokk, hvor hulrommet som er fylt opp med varmeoverføringsfluidet forsterker hastigheten for opplading og utlading av termisk energi, til eller fra rørkretssegmentet, ved å øke varmeoverføringshastigheten ved å tilveiebringe vesentlig varmeoverføring ved konveksjon i varmeoverføringsfluidet, hvor varmeoverføring ved konveksjon kommer i tillegg til varmeledning og eventuell stråling.

20

Den enkleste konstruksjonen av lagringen, uten noen krav om ytterligere kanaler eller rør innenfor de varmelagringsdelene i fast tilstand som er utenfor varmeoverføringsbeholderne, legger til rette for produksjon, sammenstilling, opp- og nedskalering og allsidighet, så vel som vedlikehold, erstatning av ødelagte rør, og evne til å stå i mot høy temperatur og høye temperaturgradienter uten at det oppstår forringelse.

25

Lagringen omfatter en rekke foretrukne utførelsesformer og særtrekk, hvorav noen av disse er beskrevet nedenfor.

30

Midlene for energiinnngang og –utgang omfatter fortrinnsvis rør som er anordnet for strømming av fluid som er varmere enn lagringstemperaturen for varmeenergiinnngang eller fluid som er kaldere enn lagringstemperaturen for varmeenergiutgangen. Rør for varmeenergiinnngang kan være de samme rørene som de som brukes til

- 5 varmeenergiutgang, eller det kan tilveiebringes forskjellige rørkretssløyfer eller-segenter for energiinnngang og –utgang, som er hensiktsmessig dersom forskjellige fluider brukes som varmbærere for energiinnngang og –utgang. Elektriske oppvarmingsmidler, så som varmekabler og varmeelementer, kan anordnes som et middel for energiinnngang, enten alene eller i kombinasjon med rør som frakter fluid.

10

Fortrinnsvis omfatter midlene for energiinnngang og –utgang et rør brakt inn i varmeoverføringsbeholderen fra toppen til bunn og tilbake til topp, hvor de nedadgående og oppadgående rørseksjonene fortrinnsvis anordnes med en avstand fra hverandre, i motsetning til tett inntil hverandre, for å lade inn eller lade ut varme

15 langsmed den fulle lengden som er senket ned i varmeoverføringsfluidet. Røret kan ha korrugeringer eller en annen struktur som øker overflatearealet som anordnes i langsgående retning langsmed partier av dette, og eventuelt en skillevegg mellom et parti av de oppadgående og nedadgående rørseksjonene for å forsterke konveksjonen og derved varmeoverføringshastigheten. Alternativt bringes rør inn ved toppen og ut ved

20

bunnen av hulrommene. Å bringe røret inn og ut ved hver ende av varmeoverføringsbeholderen er et alternativt arrangement. Alternativt omfatter midlene for energiinnngang og –utgang et utvendig rør brakt inn i varmeoverføringsbeholderen fra topp til bunn, hvor det er lukket, og et innvendig rør tilbake fra i nærheten av den nedre enden av det utvendige røret, hvor det er åpent, til toppen, og konsentrisk

25

anordnet i en sylindrisk varmeoverføringsbeholder som et konsentrisk rør i rørrangement. En konsentrisk konstruksjon kan være gunstig med hensyn til en jevn radiell avstand for konveksjon og mulighet for å ha en fullstendig konsentrisk utførelsesform med en enkelt konsentrisk varmeoverføringsbeholder, som fortrinnsvis kan være for de høyeste temperaturene på grunn av perfekte sirkulære symmetriske

30

temperaturprofiler uten anomalier.

Midlene for energiinnngang og –utgang omfatter fortrinnsvis rør som bærer superkritisk vann, damp, vann eller syntetisk termisk olje eller smeltet salt. En særlig fordel ved den foreliggende oppfinnelsen er at systemet direkte kan tilkoples for å bruke det typisk oppvarmede fluidet tilveiebrakt i kraftverk, så som oppvarmet vann, damp og

5 superkritisk vann. Moderne kullkraftverk vil kunne tilveiebringe superkritisk vann ved 375 - 700 °C, som er foretrukket der hvor dette er tilgjengelig. Kjernekraftverk tilveiebringer typisk damp eller vann ved 150 - 300 °C, som er foretrukket når dette er lett tilgjengelig. Avfallsforbrenningsanlegg og grønn-energi anlegg tilveiebringer damp eller vann ved forskjellige temperaturer og trykk, avhengig av teknologien som brukes.

10 Termiske solenergi-anlegg vil kunne tilveiebringe smeltede salter ved den øvre enden av temperaturområdet, eller elektrisitet. Rør som lar seg gjennomføre for høy temperatur og høyt trykk er lett tilgjengelige. Direkte tilkopling av superkritisk vann eller varm høytrykksdamp er effektivt, siden det ikke er påkrevet med noen energi-

15 transformasjon for opplading eller utlading av termisk energi, og de høyere temperatur- og trykkområdene for termisk varmeinnngang, som er tilgjengelig fra moderne kull- og kjernekraftverk, kan brukes til å drive turbiner som driver elektriske generatorer. Elektriske varmeelementer eller -anordninger så som varmestaver eller-kabler er fortrinnsvis inkludert for utførelsesformer med smeltet salt eller metaller i inngangs- og utgangsrør, eller i varmeoverføringshulrom, for å opprettholde nevnte materialer i

20 fluidtilstand for tilfellet av en langvarig nedstenging, og i tillegg eller alternativt kan lagringsbeholdere, hvor slike fluider trygt kan størkne, operativt tilkoples for lagring av slikt salt eller slike smelter.

Fortrinnsvis er varmeoverføringsbeholderen en vertikalt stående sylinder eller et rør

25 med en topp som strekker seg opp ved toppsiden av lagringen og med en flens, et lokk, et deksel eller lignende på enden av toppen, gjennom hvilke midlene for energiinnngang og –utgang, i form av høytrykksrør med liten diameter, anordnes.

Varmeoverføringsbeholderen fylles med en termisk olje eller et annet varmeoverføringsfluid, opp til minst et nivå som tilsvarende det omgivende faste

30 materialet, eller høyere, og den øverste delen eller et ekspansjonskammer fylles med gass og har fortrinnsvis sensorer og midler for lekkasjedeteksjon og håndtering som anordnes for å detektere og håndtere eventuell lekkasje fra midlene for energiinnngang

og –utgang. Den nedre beholderen eller rørende kan også omfatte en flens, et lokk, deksel eller lignende. Fortrinnsvis anordnes gjennomganger og gjennomføringer i nevnte flenser for gjennomføring av høytrykksrør og eventuelle andre midler for energiinn- og –utgang, og dessuten instrumentering. Beholderen eller røret fylles med termisk olje og holdes ved et trykk som er mindre enn 8 bar, og da fortrinnsvis ved atmosfærisk trykk, og sensormidlene overvåker trykk eller andre parametere som indikerer lekkasje fra høytrykksrørene.

Det termiske lagringsmaterialet i fast tilstand omfatter fortrinnsvis spesialmørtel og betong, hvor betongen danner en grunnleggende lagringsenhet og omfatter et eller flere vertikalt orienterte hulrom eller kanaler som hver seg inneholder en varmeoverføringsbeholder i form av en sylinder eller et rør, eller en seksjon av dette, rundt hvilken spesialmørtel, slik som gysemørtel anordnes, hvor gysemørtelen fyller opp volumet mellom sylinder- eller beholderoverflate og betong. Det valgte antall kanaler og varmeoverføringsbeholdere som anordnes innenfor en enhet avhenger av den ønskede ytelse for opplading og ekstraksjon av varme, så vel som de spesifikke dimensjonene og den fysiske konstruksjonen for hver enkelt varmeoverføringsbeholder. Gysemørtel er en mørtel med høy kvalitet og høy styrke, eller en betongpasta som sørger for høyere styrke også ved høye temperaturer og store temperaturvariasjoner, mens det samtidig sørges for direkte kontakt uten noe gap mellom røret og betongen, som gir både bedre mekanisk styrke og termisk ledningsevne. Lagringen omfatter fortrinnsvis høyfast fiberforsterket gysemørtel mellom varmeoverføringsbeholderne og høyfast fiber med høy tetthet eller armeringsstang-forsterket betong, hvor betongen fortrinnsvis omfatter en prefabrikkert forsterkningsstruktur. Fibrene er for eksempel av typen stål-, karbon- eller basaltfibre. Armeringsstengene vil tilsvarende kunne være laget av stål eller buntet karbon eller basaltfibre. Fortrinnsvis inneholder lagringen ingen aggregater som er ugunstige for tjeneste ved høye temperaturer, så som SiO₂. Imidlertid er basalt og olivin eksempler på bergartsaggregater som kan være akseptable for drift ved svært høye temperaturer.

30

Fortrinnsvis anordnes et antall betongenheter oppå hverandre, hvor hulrommene eller kanalene er innrettet i linje, og strekker seg fra toppoverflaten av den øverste enheten til

i det minste en nedre del av den nederste enheten. Øvre rørender med lokk, det vil si varmeoverføringsbeholdere, strekker seg opp til minst øverste kant av betongen. Antallet betongenheter danner en stabel av betongenheter, og flere stabler anordnes side om side innenfor termiske isolasjonsvegger, -gulv og –tak. De øvre rørendene er

5 imidlertid lett tilgjengelige fra toppen ved å løfte opp isolasjonen, eventuelt anordnes isolasjonen mellom stablene eller stabelgruppene for å kunne tilveiebringe forskjellige temperatursoner for lagringen. Imidlertid blir gap av egnet dimensjon, for å unngå kontakt, hensiktsmessig anordnet mellom stabler av betongenheter, som tar opp termisk utvidelse og krymping og gir en viss isolasjon. Innvendig isolasjon kan være nyttig av

10 forskjellige årsaker, og fortrinnsvis når en del av lagringen driftes ved en annen driftstemperatur, så som en høy driftstemperatur som kan være gjennomførbar for en særskilt turbinelektrisk generator. Lagringen vil typisk kunne være i en bygning eller dekket med en utvendig struktur og kan være koplet til flere kilder og flere brukere, som hver seg leverer eller bruker varme ved forskjellige temperaturer som kan ha tilsvarende

15 deler av lagringen allokert. I en annen foretrukket utførelsesform anordnes lagringen delvis eller fullstendig ned i bakken.

Fortrinnsvis tilpasses avstanden mellom energiinngang og –utgang og den indre veggen av den varmeoverføringsfluidfylte, vertikalt oppstilte, varmeoverføringsbeholderen til å

20 være et kompromiss mellom maksimum varmeoverføringshastighet ved konveksjon og ledning og tilhørende kostnader. Ved for kort avstand er varmeoverføring hovedsakelig ved konveksjon og muligens noe stråling. Ved en passende avstand blir konveksjon dominerende og forsterker varmeoverføringshastigheten. Men for store varmeoverføringshulrom betyr at dyrere termisk olje eller annet dyrt fluid må fylles inn

25 i ringrommet mellom de termisk energibærende rørene og den indre veggen i varmeoverføringsbeholderen. Numerisk simulering eller testing vil avsløre passende dimensjoner for relevante varmeoverføringsfluider, varmeoverføringsbeholderdimensjoner og driftstemperaturer i samsvar med målsatte driftsparametere for lagringen. Som et utgangspunkt, bør diameteren i den sylindriske

30 varmeoverføringsbeholderen være 2 – 5 ganger diameteren av rørene for energiinngang og –utgang. Fortrinnsvis velges dimensjonene slik at konveksjon er den dominerende

varmeoverføringsmekanismen, siden dette er avgjørende for rask inn- og utlading av energi.

Lagringen tilpasses fortrinnsvis til å drifte ved en temperatur i området av -70 til +700 °C, fortrinnsvis 400 til 700 °C, ved et dynamisk temperaturområde som kan være $\Delta T \geq 200$ °C. For lagring ved svært høy temperatur kan det dynamiske temperaturområdet være større enn 200 °C. Så vidt vi vet, finnes det ingen annen kjent sammenlignbar varmelagring som kan operere ved et slikt bredt temperaturområde uten at det oppstår oppsprekking, lekkasje og andre driftsproblemer. Imidlertid kan driftstemperatur og dynamisk temperaturområde ha stor variasjon i henhold til de tilkoblede kildene og brukerne, så som et temperaturområde på -70 til +700 °C, fortrinnsvis 300 til 700 °C, ved et dynamisk temperaturområde på $\Delta T \geq 100$ °C. Dette betyr at konstruksjonsparameterne velges deretter, avhengig av driftsparameterne definert ved type tilkoblede kilder og turbiner, som fører til passende valg med hensyn til materialer og form. Passende betong-, mørtel- og rørmaterialer er kommersielt tilgjengelige. Fortrinnsvis omfatter lagringen, eller er koplet til, rør og ventiler anordnet som samlerør/-tank og manifolder for at fluid skal strømme igjennom rørene for energiinnang og -utgang, i serie eller i parallell, som er regulerbar med ventiler. For stabler med flere varmeoverføringsbeholdere bør strømmene gjennom inn- og utgangsrør gjøres parallelle for å få til at oppvarming og avkjøling blir så jevn som mulig. Fortrinnsvis omfatter lagringen, eller er koplet til, midler for kondisjonering av varmeoverføringsfluid, så som en oljedampkondensator og en pumpe i en kondisjoneringssløyfe. Regulering av gasstrykk er avgjørende for sikkerheten. Tilsvarende anordninger kan også være påkrevet for det energibærende fluidet i rørene for energiinnang og -utgang, avhengig av valg av fluid og driftsparametere. Sikkerhetsventiler og -rør som leder eventuell lekkasje av varmt fluid til et trygt sted anordnes fortrinnsvis på lokkene eller flensene på toppen, eventuelt også i bunnen av varmeoverføringsbeholderne. Fortrinnsvis anordnes alle ventiler og pumper utenfor lokkene eller flensene på toppen av varmeoverføringsbeholderne, mens rørtilkoplinger anordnes på lokk eller flenser, for eksempel som gjengede gjennomføringer, og sensormidler anordnes i varmeoverføringsbeholderen men koplet til lokket eller flensen.

Dette er en enorm fordel siden tilgjengeligheten forbedres, hvilket fører til lettere drift og vedlikehold.

Oppfinnelsen tilveiebringer også en fremgangsmåte for bygging av et termisk energilager i henhold til oppfinnelsen, særpreget ved å anordne et antall vertikalt orienterte varmeoverføringsbeholdere fordelt over lagringsområdet, og å fylle mørtel inn i volumet utenfor nevnte beholdere opp til et nivå som er i nærheten av de øvre endene av nevnte beholdere. Fortrinnsvis fabrikeres først enhetsblokker av betong med vertikale kanaler fordelt mellom en topp- og bunnflate. Det anordnes en varmeoverføringsbeholder, som har en mindre diameter enn kanalene, inn i de respektive kanalene. Mørtel fylles inn i volumene mellom beholderne og betongkanaloverflatene, og midler for energiinnngang og –utgang og sensormidler bringes inn i beholderne, og nevnte midler anordnes på en løsbar og tetningsbar måte til et lokk i de respektive varmeoverføringsbeholderne.

Oppfinnelsen tilveiebringer også et anlegg for energiproduksjon, omfattende en energikilde og midler for levering, forbruk eller produksjon av energi, hvor kilden og midlene er operativt anordnet, særpreget ved at et termisk energilager er operativt anordnet mellom nevnte kilde og nevnte midler, lageret omfatter et termisk lagringsmateriale i fast tilstand, et varmeoverføringsfluid og midler for energiinnngang og –utgang, lageret omfatter videre minst en varmeoverføringsbeholder, det termiske lagringsmaterialet er anordnet rundt varmeoverføringsbeholderen som inneholder varmeoverføringsfluid og midlene for energiinnngang og –utgang, slik at all varmeoverførende konveksjon og ledning av varmeoverføringsfluidet finner sted innenfor de respektive varmeoverføringsbeholderne.

Anleggets energikilde er en termisk kilde eller en elektrisk kilde, eller begge deler i en kombinasjon. For eksempel, i en foretrukket utførelsesform tilkoples et antall kilder, nemlig termiske kilder, ved forskjellige leveringstemperaturer i forskjellige soner av disse, adskilt ved isolasjon. Og flere midler for levering, forbruk eller produksjon koples til, innbefattet turbin-elektriske generatorkombinasjoner for hvert fluid som brukes som

energiinnngang og –utgang, så som henholdsvis superkritisk vann og damp og røropplegg for distriktsoppvarming.

Oppfinnelsen tilveiebringer også en fremgangsmåte for energiproduksjon med et anlegg
5 ifølge oppfinnelsen, særpreget ved å lagre energi i perioder med toppproduksjon, lav
markedspris eller overskuddsproduksjon og å levere energi i perioder med lav
produksjon eller høy markedspris. I en foretrukket utførelsesform av fremgangsmåten,
hvormed et antall kilder koples til anlegget, har kildene sykluser som er ute av fase for
kraftleveranse og kostnader, hvormed det velges en lagringskilde når kilden er i en
10 modus av toppproduksjon, overskuddsproduksjon eller lav energipris.

Oppfinnelsen tilveiebringer videre anvendelse av et lager i henhold til oppfinnelsen, i en
hvilken som helst utførelsesform av denne, eller et anlegg i henhold til oppfinnelsen, i
en hvilken som helst utførelsesform av dette, for lagring av energi fra energikilder ved
15 perioder med topp- eller overskuddsproduksjon eller lav markedspris, for levering av
nevnte energi i perioder med utilstrekkelig produksjon eller høy markedspris.
Anvendelsen i henhold til oppfinnelsen fører til en eller flere av følgende fordeler: den
reducerer etterspørselen etter overføringskapasiteten for det elektriske energinettet,
sikkerheten ved energiforsyningen øker og det maksimale elektriske forbruket kan økes
20 uten å overbelaste nettet.

Oppfinnelsen vil også kunne tjene et viktig formål av å tilveiebringe
energiforsyningssikkerhet gjennom lagring i for flere typer av fornybare energikilder, så
som vind, bølger og sol, som vil kunne ha en svært uforutsigbar ytelse for
25 energilevering. Slike energilagringsevner ved oppfinnelsen vil kunne bli svært viktige i
fremtiden, ettersom det er forventet at en voksende andel av energiforsyningen vil
komme fra fornybare kilder.

Den termiske energilagringen i henhold til oppfinnelsen kan også med fordel bli brukt
30 som en kald lagring. I varme klimaer og rikt utviklede land går en meget betydelig del
av energiforbruket til avkjøling, og lagringen i henhold til oppfinnelsen vil kunne lagre

energi ved lave temperaturer, for levering av kaldt fluid for avkjølings- eller luftkondisjoneringsformål.

Figurer

- 5 Oppfinnelsen illustreres med 8 figurer, av hvilke:
- Fig. 1 illustrerer en utførelsesform for lagring i henhold til oppfinnelsen,
 Fig. 2 illustrerer en annen utførelsesform for lagring i henhold til oppfinnelsen,
 Fig. 3 illustrerer hvordan rør for energiinnngang og –utgang kan anordnes for en lagring i henhold til oppfinnelsen,
- 10 Fig. 4 illustrerer hvordan forsterkning kan anordnes i en betongblokk i en lagring i henhold til oppfinnelsen,
 Fig. 5 illustrerer en utførelsesform for lagring i henhold til oppfinnelsen,
 Fig. 6 illustrerer et anlegg av oppfinnelsen,
 Fig. 7 illustrerer en annen utførelsesform av et anlegg av oppfinnelsen, og
- 15 Fig. 8 illustrerer en ytterligere utførelsesform av et anlegg av oppfinnelsen.

Detaljert beskrivelse

- Det refereres til Fig. 1 som illustrerer en enkel, men effektiv utførelsesform for lagring i henhold til oppfinnelsen. En termisk energilagring- og varmevekslerenhet 1 illustreres i
- 20 langsgående snitt og tverrsnitt. Lagringen omfatter et termisk lagringsmateriale 2, 4 i fast tilstand, mer spesifikt betong 2 og mørtel 4 i den illustrerte utførelsesformen, et varmeoverføringsfluid 3 og midler for energiinnngang og –utgang 5, som er trykkør i den illustrerte utførelsesformen. Lagringen omfatter videre minst en
- varmeoverføringsbeholder 6, som er som en seksjon av en sylinder eller et rør i den
- 25 illustrerte utførelsesformen. Lagringsmaterialet i fast tilstand, mørtel 4 og betong 2, anordnes rundt varmeoverføringsbeholderen 6. Varmeoverføringsbeholderen 6 inneholder varmeoverføringsfluid 3 og midler for energiinnngang og –utgang 5, slik at all varmeoverførende konveksjon og ledning ved varmeoverføringsfluidet finner sted innenfor varmeoverføringsbeholderen 6, i motsetning til tidligere teknikks løsninger.
- 30 Inngangsdelen og utgangsdelen av røret 5, med henholdsvis nedadgående og oppadgående strømning, kan fortrinnsvis anordnes nærmere hverandre, men fortsatt med en avstand fra hverandre, for mer optimale konveksjonsbetingelser. Under drift vil

røret inneholde et fluid som er varmere eller kaldere enn det omgivende varmeoverføringsfluidet, avhengig av driftsmodusen, som er opplading eller utlading av varme. Alle emner eller deler av lagringen bidrar i varmelagringkapasiteten for lagringen. I den illustrerte utførelsesformen illustreres to betongblokker 7, med rør og varmeoverføringsbeholder som strekker seg gjennom blokkene, hvor blokkene er en del av en stabel med blokker.

I Fig. 2 illustreres en annen utførelsesform, nemlig heksagonale betongblokker 7 som de grunnleggende lagringsenhetene, anordnet som en stabel og med seks varmeoverføringsbeholdere 6 anordnet vertikalt gjennom blokkene.

Fig. 3 illustrerer en måte rørene 5 for energiinnngang og –utgang kan anordnes på, for inn- og utlading av varme. Flere andre løsninger kan brukes, med ventiler som tillater seriell eller parallell strømning mellom stabler eller enheter. Et rørsystem vil, for mange utførelsesformer, også kunne anordnes til varmeoverføringsbeholderne 6, og dessuten sensormidlene, for håndtering av damp og trykk og lekkasjekontroll. Imidlertid, av hensyn til klarhet, er slike rør og midler ikke illustrert. Et sikkerhetsdeksel 16 i søyle anordnes på toppen av stablene, men under ventiler og andre reguleringsanordninger som er under et isolasjonslag.

20

Fig. 4 illustrerer hvordan en forsterkningsstruktur med vertikal forsterkning 8 og sløyfeforsterkning 9 kan anordnes i en betongblokk 7.

Fig. 5 illustrerer en termisk lagring 1 av oppfinnelsen i tverrsnitt, slik som anordnet inn i en bygningsstruktur 10 med isolasjon 11, membran 12, bunnsåle 13, bunnplate 14 og operasjons- eller tilgangsrom 15. Komponenter, så som rør, flenser, ventiler og sensormidler er lett tilgjengelige fra operasjons- eller tilgangsrommet 15 for vedlikehold, reparasjon og drift. Taket og toppisolasjonen kan løftes vekk med en normal kran, likeledes individuelle betongblokker og varmeoverføringsbeholdere. På grunn av enkel konstruksjon er lagringen lett å skalere opp eller ned, og er lett å vedlikeholde eller reparere. Toppen av lagringen kan være i flukt med bakkenivået ved å bygge lagringen ned i bakken.

30

Som et eksempel, vil en lagring i henhold til oppfinnelsen kunne omfatte mange like stabler med 8 forsterkede betongenheter anordnet på toppen av hverandre, hvor hver enhet har en dimensjon på 180 cm ganger 180 cm i det horisontale planet og 200 cm i

5 høyden. Innen hver enhet er det en rekke av 3 ganger 3 vertikale, sylindriske hulrom eller kanaler med diameter på 25 cm, og plassert 60 cm fra hverandre, som tilveiebringer kontinuerlige kanaler for en total lagringshøyde på 16 meter. Innenfor hver kanal eller hulrom, og for den totale høyden, er det satt inn en sylindrisk varmeoverføringsbeholder med diameter på 15 cm som er fylt opp med

10 varmeoverføringsfluid. Midler for energiinnang og –utgang er også anordnet i beholderen, mer spesifikt et høytrykks sløyfeselement med liten rørdiameter. Det 5 cm store gapet mellom varmeoverføringsbeholderen og betongens hulromsvegger fylles opp med fiberforsterket høyfast gysebetong. De innstrømmende rørene med termisk fluid koples til på toppen gjennom et enkelt innløpsrør og en manifold som sikrer lik

15 varmeinnstrømming til alle varmeoverføringsbeholdere i stabelen. Likeledes koples alle utløpsrør sammen gjennom en manifold ved toppen av stabelen, som dermed tillater for et enkelt utløpsrør.

Figurer 6, 7 og 8 illustrerer utførelsesformer av et anlegg i henhold til oppfinnelsen, hvor hver utførelsesform innbefatter minst en lagerenhet 1 av oppfinnelsen. Mer

20 spesifikt illustrerer Fig. 6 et anlegg med en termisk kilde, så som et kullanlegg eller kjernekraftanlegg, ved anvendelse av en kilde med varmt fluidmedium direkte som varmebærende fluid for energiinnang. Fig. 7 illustrerer et anlegg med en kilde for elektrisk kraft eller en nettkilde, og Fig. 8 illustrerer et anlegg med en kilde for termisk

25 kraft eller en avfallsforbrenningsenhet. Utgangen blir elektrisk kraft for utførelsesformene illustrert i Figurer 6 og 7, og varme for forbrukere i utførelsesformen illustrert på Fig. 8. Et alternativt særtrekk, med en koker koplet til som en alternativ inngangskilde for elektrisk kilde, er illustrert i Fig. 7. Imidlertid er dette alternativet mindre effektivt enn den illustrerte direkte elektriske oppvarmingen innenfor

30 varmeoverføringsbeholderne.

Varmetapet for en stor termisk lagring i henhold til oppfinnelsen er overraskende lavt. I løpet av en uke, ved en gjennomsnittlig driftstemperatur på 400 °C, vil varmetapet typisk ved et anlegg med adekvat ytre isolering være mindre enn 0,5 % for den termiske lagringen av oppfinnelsen for 400 MWh lagringskapasitet.

5

Dagens kraftanlegg, spesielt de eldre versjonene, er rigide med hensyn til å tilpasse produksjonen til etterspørselen. I løpet av en dag kan variasjonene i energiprisen ha en faktor på 2 eller mer. Hovedkostnaden ved et kullkraftanlegg, kjernekraftanlegg, og generelt et hvilket som helst kraftanlegg, er investeringen. Men mangel på fleksibilitet med hensyn til tilbud og etterspørsel gjør det svært vanskelig å gi en fortjeneste på over 10 5 – 10 %. Den ekstra investeringen for å bruke en termisk lagring i kraftverk, i henhold til oppfinnelsen, er estimert til å gi en fortjeneste på typisk 30 %. Dette er mulig, siden mindre eller ingen produksjon vil bli sløst bort eller solgt ved laveste pris, mens mer produksjon vil bli solgt ved høyere pris, og i tillegg øker energiforsyningssikkerheten. 15 Samtidig øker kraftleveringssikkerheten, som også har en betydelig verdi.

Varmelagringen i henhold til oppfinnelsen vil kunne omfatte ethvert særtrekk slik som beskrevet eller illustrert i dette dokumentet, og enhver slik operativ kombinasjon er en utførelsesform av oppfinnelsen. Fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen vil kunne 20 omfatte ethvert særtrekk eller trinn slik som beskrevet eller illustrert i dette dokumentet, og enhver slik operativ kombinasjon er en utførelsesform av oppfinnelsen.

P a t e n t k r a v

1.

Termisk energilager (1), omfattende et termisk lagringsmateriale i fast tilstand (2,4), et varmeoverføringsfluid (3) og midler (5) for energiinnngang og –utgang,

5 karakterisert ved at:

lageret omfatter minst en varmeoverføringsbeholder (6),

det termiske lagringsmateriale i fast tilstand er anordnet rundt

varmeoverføringsbeholderen, og

varmeoverføringsbeholderen inneholder varmeoverføringsfluidet og

10 midlene for energiinnngang og –utgang, slik at all varmeoverførende konveksjon og ledning av varmeoverføringsfluidet finner sted innenfor de respektive varmeoverføringsbeholderne.

2.

15 Lager i henhold til krav 1, hvor midlene (5) for energiinnngang og –utgang omfatter rør som er anordnet for strøm av fluid som er varmere enn lagringstemperaturen for varmeenergiinnngang eller fluid som er kaldere enn lagringstemperaturen for varmeenergiutgang, og dessuten fortrinnsvis en elektrisk varmeanordning for energiinnngang ved kopling til en elektrisitetskilde.

20

3.

Lager i henhold til krav 1 eller 2, hvor varmeoverføringsbeholderen (6) er en vertikalt stående sylinder eller et rør med topp som strekker seg opp ved en toppside av lageret,

og med en flens eller tilsvarende ved enden av toppen, gjennom hvilken midlene for

25 energiinnngang og –utgang er anordnet, varmeoverføringsbeholderen er fylt med termisk olje opp til minst et nivå som er likt med det omgivende faste materialet, og den øverste delen er gassfylt og har anordnet sensorer og midler for lekkasjedeteksjon og -håndtering for å kunne detektere og håndtere eventuell lekkasje fra midlene for energiinnngang og –utgang.

30

4.

Lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 3, hvor hver varmeoverføringsbeholder (6) er en avlang stående sylindrisk beholder eller et rør som har en flens eller tilsvarende ved den øvre enden og dessuten ved den nedre enden, gjennomganger eller gjennomføringer er anordnet gjennom minst en av de nevnte flensene for mating gjennom høytrykksrør og eventuelle elektriske oppvarmingsmidler som midlene for energiinnngang og -utgang, og dessuten sensormidlene, beholderen eller røret er fylt med termisk olje og holdes ved et trykk på 1 – 8 bar, fortrinnsvis atmosfærisk trykk, sensormidlene overvåker trykk eller andre parametere som indikerer lekkasje fra høytrykksrørene.

5.

Lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 4, hvor det termiske lagringsmaterialet i fast tilstand omfatter mørtel (4) og betong (2), hvor betongen danner en grunnleggende lagringsenhet (2, 7) og omfatter en eller flere vertikalt orienterte hulrom eller kanaler som hver seg inneholder en varmeoverføringsbeholder i form av en sylinder eller et rør, eller en seksjon derav, rundt hvilke mørtel anordnes, hvor mørtelen fyller opp volumet mellom beholderen og betongen.

20 6.

Lager i henhold til krav 5, hvor et antall betongenheter anordnes oppå hverandre, og hulrommene eller kanalene er på linje og strekker seg fra toppflaten av den øverste enheten til minst en nedre del av den nederste enheten, varmeoverføringsbeholderne har øvre ender med flenser eller lokk som strekker seg opp over betongen, antallet betongenheter danner en stabel av betongenheter, og flere stabler anordnes side om side innenfor en termisk isolerende vegg, gulv eller tak, imidlertid er flensene eller lokkene lett tilgjengelige fra toppen ved å løfte opp isolasjon, eventuelt anordnes isolasjon mellom stabler eller grupper av stabler for å tilveiebringe forskjellige temperatursoner i lageret.

30

7.

Lager i henhold til krav 1 eller 2, hvor midlene (5) for energiinnngang og –utgang omfatter et rør brakt inn i varmeoverføringsbeholderen fra topp til bunn og tilbake til topp.

5

8.

Lager i henhold til krav 1 eller 2, hvor midlene (5) for energiinnngang og –utgang omfatter et ytre rør brakt inn i varmeoverføringsbeholderen fra topp til bunn, hvor den er lukket, og et indre rør tilbake fra i nærheten av den nedre enden av det ytre røret, hvor det er åpent, til topp, konsentrisk anordnet i en sylindrisk varmeoverføringsbeholder som et konsentrisk rør i rør arrangement.

10

9.

Lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 8, hvor midlene (5) for energiinnngang og –utgang omfatter rør som bærer superkritisk vann, varmt vann, damp eller syntetisk termisk olje eller smeltet salt.

15

10.

Lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 9, hvor avstanden mellom midlene for energiinnngang og –utgang og den innvendige veggen av en varmeoverføringsfluidfylt vertikalt orientert varmeoverføringsbeholder tilpasses til å være et kompromiss mellom maksimum varmeoverføringshastighet ved konveksjon og ledning og tilhørende kostnad.

20

11.

Lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 10, hvor lageret omfatter høyfast fiberforsterket mørtel utenfor varmeoverføringsbeholderne, men innenfor høyfast fiberforsterket betong, hvor betongen omfatter en prefabrikkert forsterkningsstruktur.

25

30

12.

Lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 11, hvor lageret er tilpasset for å operere ved en temperatur i området av -70 til $+700$ °C, fortrinnsvis 400 til 700 °C, ved et dynamisk temperaturområde som kan være $\Delta T \geq 200$ °C.

5

13.

Lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 12, hvor rør og ventiler er anordnet som samlør og manifolder for strømming av fluid gjennom rør for energiinnngang og –utgang, i serie eller parallell, og er regulerbar med ventiler.

10

14.

Lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 13, hvor lageret omfatter eller er koplet til midler for kondisjonering av varmeoverføringsfluid, så som en oljedamp-kondensator og en pumpe.

15

15.

Fremgangsmåte for bygging av et termisk energilager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 14, k a r a k t e r i s e r t v e d å anordne et antall vertikalt orienterte varmeoverføringsbeholdere fordelt over lagringsområdet, og å fylle mørtel inn i volumet utenfor nevnte beholdere opp til et nivå som er i nærheten av de øvre endene av nevnte beholdere.

20

16.

Fremgangsmåte i henhold til krav 15, hvorved betongenhetsblokker med vertikale kanaler fordelt mellom en topp- og en bunnflate fabrikkere først, en varmeoverføringsbeholder som har en mindre diameter enn kanalene anordnes inn i de respektive kanalene, gysemørtel fylles inn i volumene mellom beholderne og betongkanalflatene, å anordne midler for energiinnngang og –utgang og sensormidler inn i beholderne, og anordne nevnte midler til et lokk i respektive

30 varmeoverføringsbeholdere.

17.

Anlegg for energiproduksjon, omfattende en energikilde og midler for levering, forbruk eller produksjon av energi, hvor kilden og midlene er operativt anordnet, k a r a k t e r i s e r t v e d at et termisk energilager (1) er operativt anordnet mellom
5 nevnte kilde og nevnte midler, lageret omfatter et termisk lagringsmateriale i fast tilstand (2,4), et varmeoverføringsfluid (3) og midler (5) for energiinnngang og –utgang, lageret omfatter videre minst en varmeoverføringsbeholder (6), det termiske lagringsmaterialet er anordnet rundt varmeoverføringsbeholderen som inneholder varmeoverføringsfluid og midlene for energiinnngang og –utgang, slik at all
10 varmeoverførende konveksjon og ledning av varmeoverføringsfluidet finner sted innenfor de respektive varmeoverføringsbeholderne.

18.

Anlegg i henhold til krav 17, hvor kilden er en termisk kilde.

15

19.

Anlegg i henhold til krav 17 eller 18, hvor kilden er elektrisk.

20.

Anlegg i henhold til et hvilket som helst av kravene 17 til 19, hvor et antall kilder koples til, nemlig termiske kilder, med ulike lave leveringstemperaturer, og elektriske kilder, varmelageret tilpasses for å lagre varme ved forskjellige temperaturer i forskjellige soner derav, adskilt ved isolasjon, og flere midler for levering, forbruk eller produksjon koples til, innbefattet turbin-elektrisk generator kombinasjoner for hvert
25 fluid som anvendes til energiinnngang og –utgang, så som henholdsvis superkritisk vann og damp, og røropplegg for fjernvarme.

21.

Fremgangsmåte for energiproduksjon med et anlegg i henhold til et hvilket som helst av
30 kravene 17 til 20, k a r a k t e r i s e r t v e d å lagre energi i perioder med toppproduksjon, lav markedspris eller overskuddsproduksjon og å levere energi i perioder med lav produksjon eller høy markedspris.

22.

Fremgangsmåte i henhold til krav 21, hvor et antall kilder koples til anlegget, kildene har sykluser som er ute av fase for produksjon og kostnader, hvor en kilde velges for lagring når nevnte kilde er i en modus av toppproduksjon, overskuddsproduksjon eller lav energipris.

23.

Anvendelse av et lager i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 14 eller et anlegg i henhold et hvilket som helst av kravene 17 til 20, for lagring av energi fra energikilder i perioder med topp- eller overskuddsproduksjon eller lav markedspris, for levering av nevnte energi i perioder med lav produksjon eller høy markedspris.

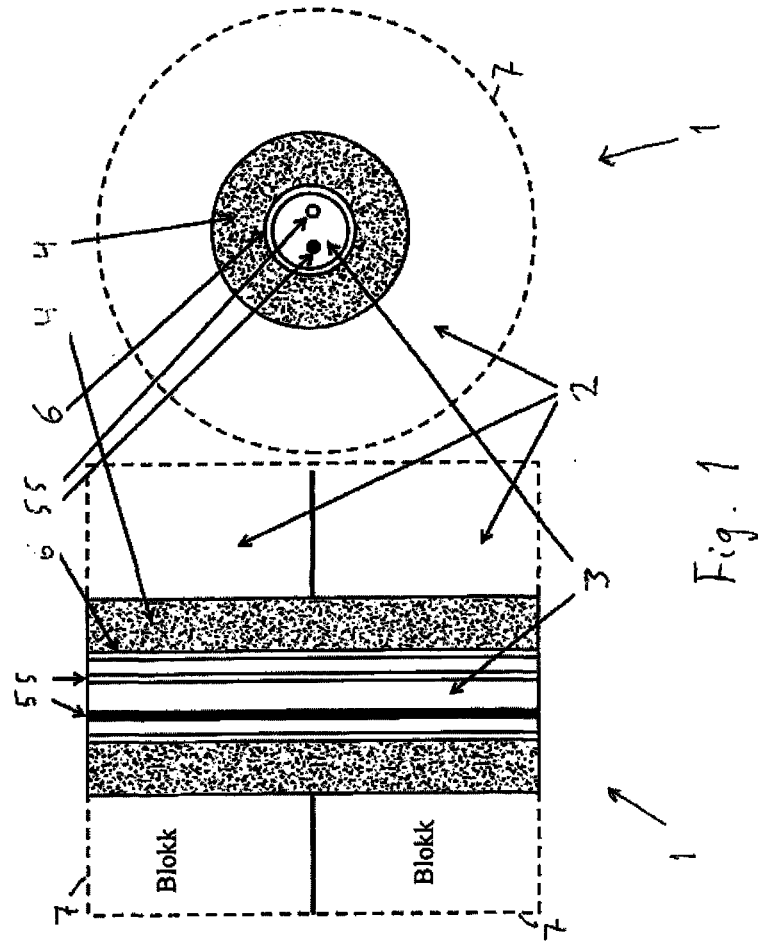


Fig. 1

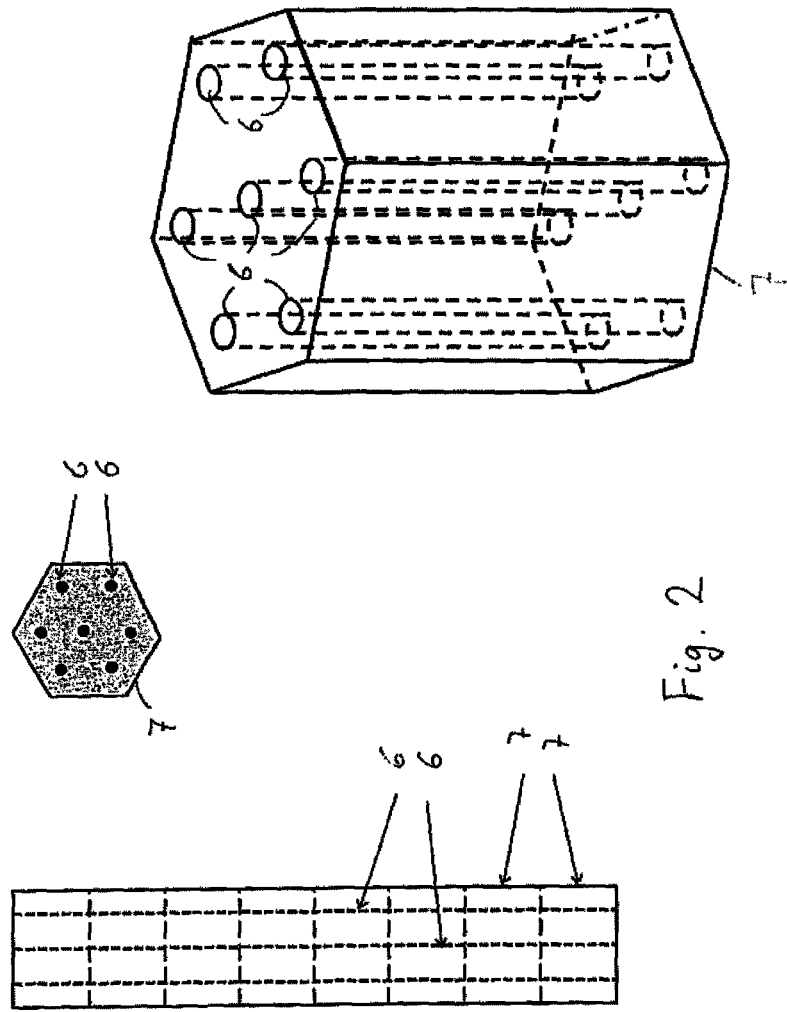


Fig. 2

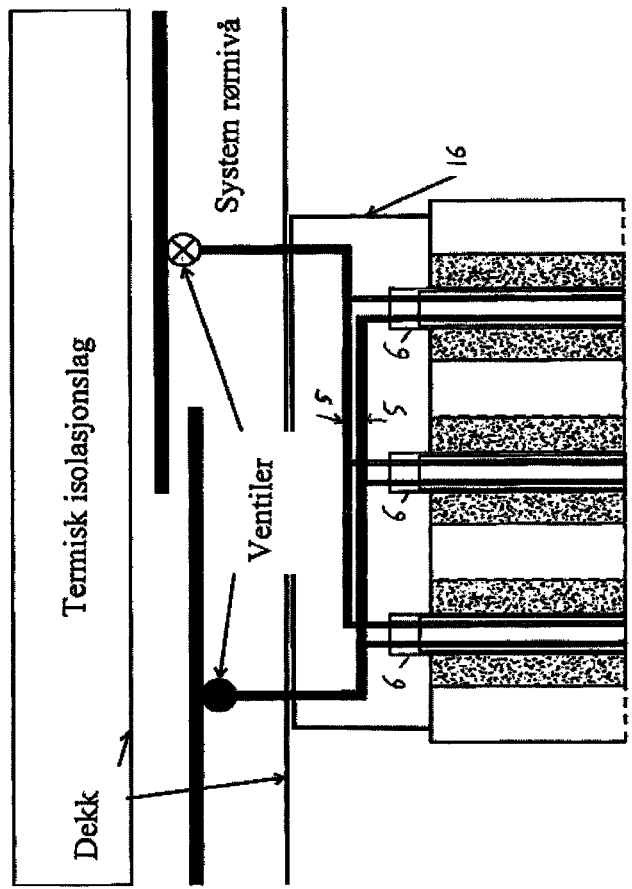


Fig. 3

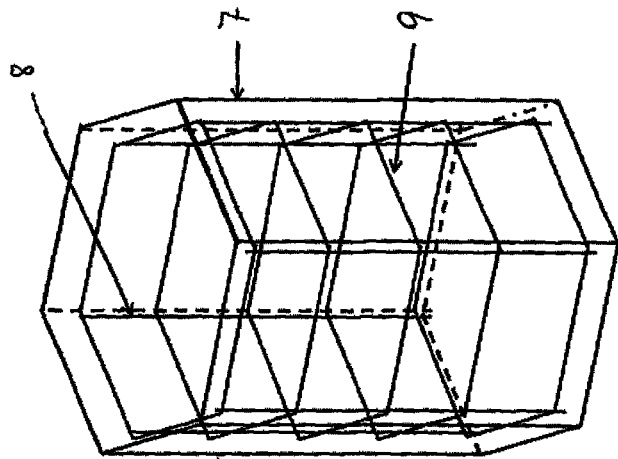


Fig. 4

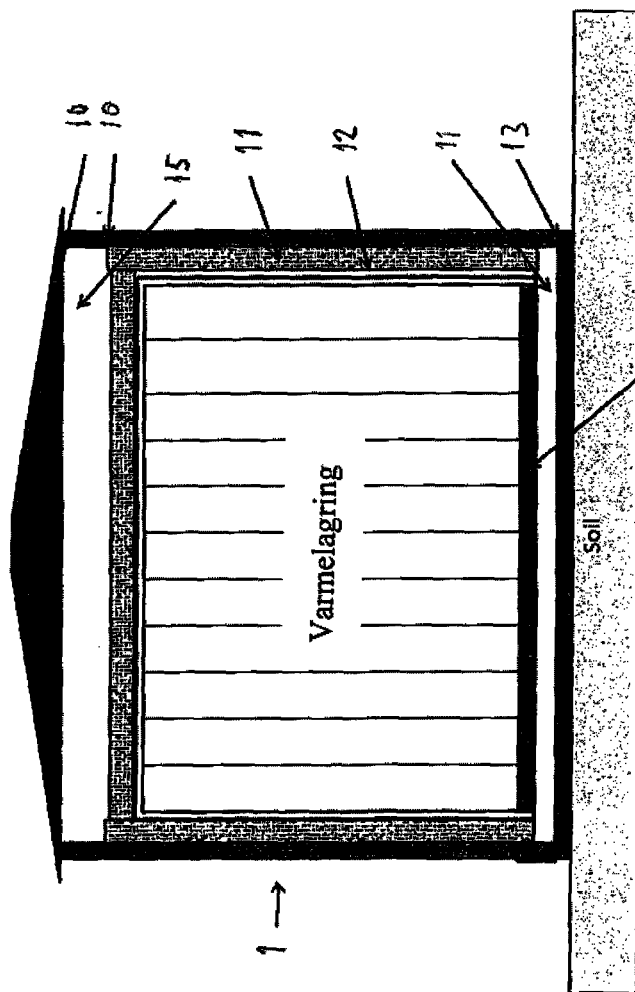


Fig. 5

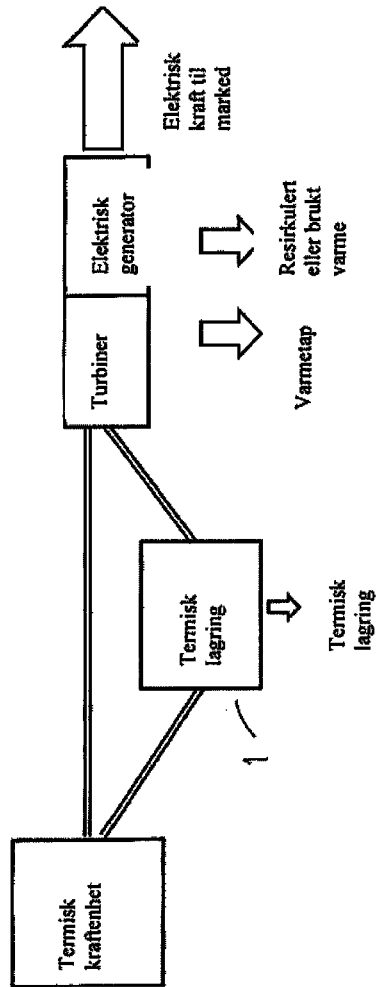
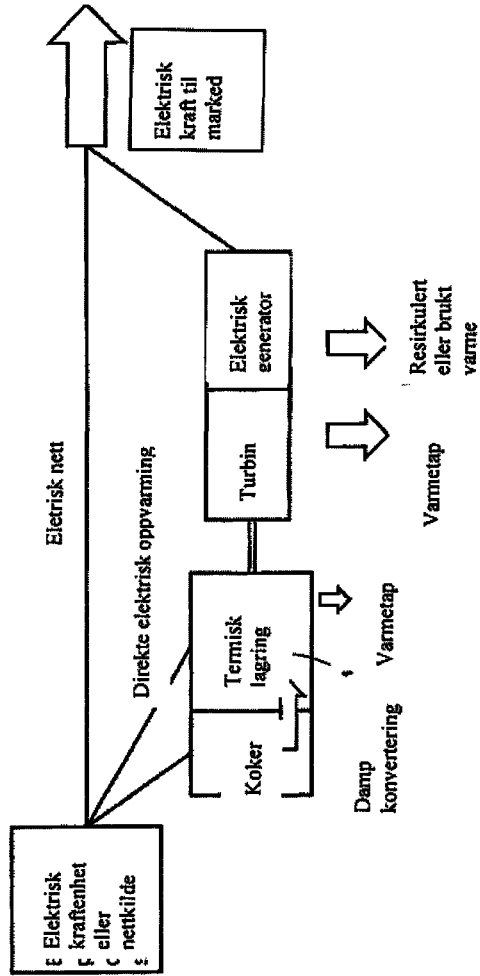


Fig. 6



8/8

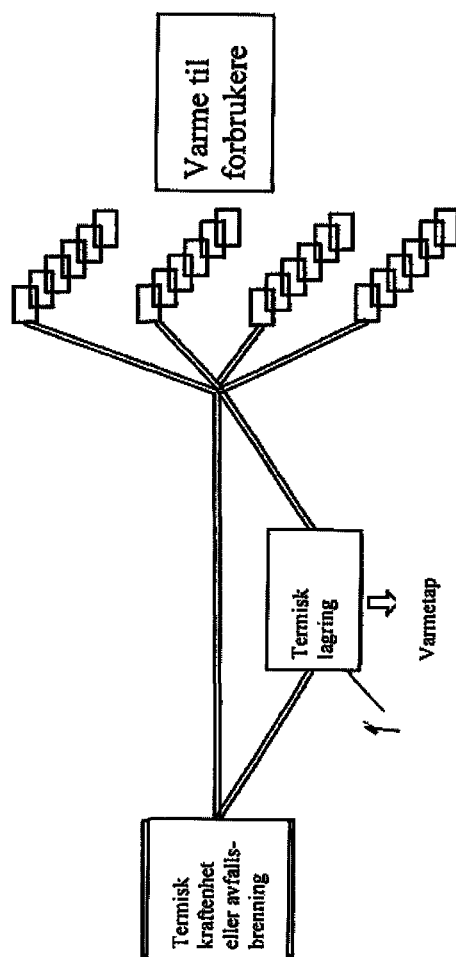


Fig. 8