

# Sezoninės þemės ðalëio saugyklos – didelis atsikurianëios energijos ðaltinis pastatams auðinti

**Alfonsas Skrinska,**

**Jolanta Èiuprinskienë,**

**Sabina Paulauskaitë,**

**Kàstutis Valanëius**

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Saulëtëkio al. 11-2411,  
LT-10223 Vilnius*

Pastaraisiais metais energijos sànaudos mechaniniam pastatø vësinimui nuolat didëjo. Poþeminø ðalëio saugyklø (angl. UTES) panaudojimas sudaro galimybes efektyviai spræsti pastatø vësinimo klausimus. Ðiame straipsnyje pateikiamos pagrindinës nuostatos, gautos vykdant ReKyl / Soil Cool projektà, kurà remia Europos Sàjungos SAVE komisija ir Ðiaurës ðaliø tyrimø programa. Ðio darbo autoriai yra COWI (Danija), Vilniaus Gedimino technikos universitetas (Lietuva), Inter consult ASA (Norvegija), Lundo universitetas (Ðvedija), Suomijos techninio tyrimø centras, Stuttgarto Saulës ir ðiluminës technikos institutas (Vokietija) ir Hjeltness COWI (Norvegija).

Straipsnio tikslas – pateikti UTES technologijø galimybes ir pritaikymø sritis. Pateikiamos svarbiausios vandeningo sluoksniu ðiluminës energijos saugyklø (ATES) sistemø taikymo schemas. Parodyta, kad UTES technologijø panaudojimas suteikia daug pranaðumø, palyginti su áprastomis vësinimo sistemomis. Naudojant ðias technologijas gali bûti sutaupyta iki 95% elektros energijos pastatams vësininti, panaudojant atsikurianëius energijos ðaltinius.

**Raktaþodþiai:** vësinimas, auðinimas, ðaldymas, ðildymas, UTES, pastatai, atsikuriantis energija

## 1. ÁVADAS

Pastaraisiais metais energijos poreikis pastatams auðinti nuolat didëja net ir Ðiaurës Europos klimato sàlygomis. Ðiandien daugeliui komerciniø ir kitokios paskirties patalpø árengiamas auðinimas. Tai daroma dël ðio prieþasëio:

- didëjantys reikalavimai mikroklimato kokybei;
- dël didesnio stiklinio fasadø ploto pastatuose daugiau ðilumos priteka á patalpas spinduliavimo bûdu;
- labiau naudojant informaciniø technologijø (IT) árangà daugiau ðilumos iðsiskiria patalpose;
- daugëjant ávairiø tuðëiø angø patalpose dël pakabinamø lubø ar IT kabeliams grindyse maþëja ðilumos akumuliacija pastato konstrukcijose;
- gausëjantys telekomunikacijø árenginiai ir ávairûs pramonës poreikiai didina auðinimo poreikius;
- gyventojai vis daugiau vartoja vaisiø ir darþoviø, kuriø sandëliavimo patalpos didþiàjà metø dalà turi bûti auðinamos;
- klimato kaita ðiltëjimo kryptimi.

Ðiuo metu patalpos auðinamos elektrà naudojanëiais árenginiais ir ðios sànaudos kai kuriose ðalyse

sudaro apie 10% visos elektros gamybos. Daugiau naudojant elektros energijos, labiau terðiama aplinka.

Patalpø auðinimo problemos aktualios ne tik pietinëms Europos valstybëms, bet ir Ðiaurës ðalims, tarp jø ir Lietuvai. Todël ðeði Ðiaurës Europos valstybiø (Danijos, Ðvedijos, Norvegijos, Suomijos, Vokietijos ir Lietuvos) partneriai sprendë ðias problemas, vykdydamos projektà, sutrumpintai pavadintà ReKyl / Soil Cool, kuris palaikomas Europos SAVE komisijos ir Ðiaurës ðaliø energetikos tyrimo programos. Atlikti darbai, vykdant ðià programà, parodë, kad poþeminio ðalëio saugyklø panaudojimas yra vienas efektyviausio sprendiniø maþinant energijos sànaudas ðiam tikslui.

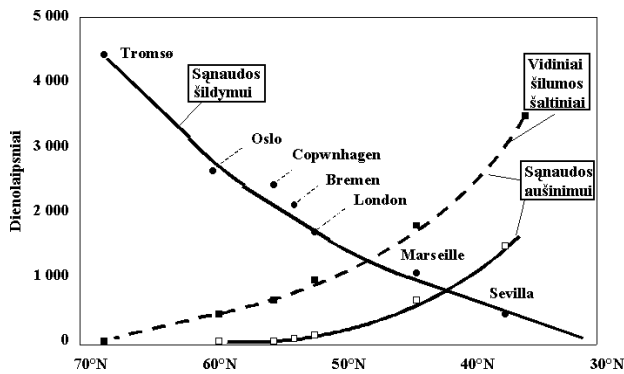
Poþeminës ðiluminës energijos saugyklos (angl. Underground Thermal Energy Storage UTES) sudaro galimybes spræsti ðià problemà tiek ekonomine, tiek aplinkosaugos prasme, nes maþinant elektros energijos sànaudas maþëja aplinkos tarða ðios energijos gamybos procese.

Ðiame straipsnyje apþvelgiami darbai, atlikto vykdant projektà ReKyl / Soil, kuriame dalyvavo ir ðio straipsnio autoriai, rezultatai. Dauguma ëia pristato-

mø pøþeminio ðalio saugyklø jau ágyvendintos ir eksploatuojamos Ðiaurės ðalyse. Lietuvoje panaðio árenginio dar nėra.

## 2. ÐEMĖS ENERGIJOS ÐALINIØ PANAUDOJIMO PASTATAMS AUÐINTI PAGRINDINIAI PRINCIPAI

Pastatø atitvarø ðilumos izoliacijos pagerinimas, padidėjas spindulinės energijos per stiklines atitvaras kiekis bei padidėjas patalpose iðsiskirianėios ðilumos kiekiai padidina energijos patalpoms auðinti poreikius net ir ðalto klimato kraštuose. Energijos ðildymui ir auðinimui poreikius esant  $< 15^{\circ}\text{C}$  ir  $> 15^{\circ}\text{C}$  nusako dienolaipsniø skaièius. Europai ðie skaièiai pateikiami 1 pav. Punktyrinė linija vaizduoja dienolaipsnius auðinimui, kai nuo vidinio ðaltinio temperatūra patalpoje pakyla  $5^{\circ}\text{C}$ . Taigi dėl padidėjusio vidinio ðilumos ðaltinio padidėja energijos patalpoms auðinti sąnaudos.



1 pav. Ðildymo ( $< 15^{\circ}\text{C}$ ) ir auðinimo ( $> 15^{\circ}\text{C}$ ) dienolaipsniø palyginimas skirtingose Europos vietovėse

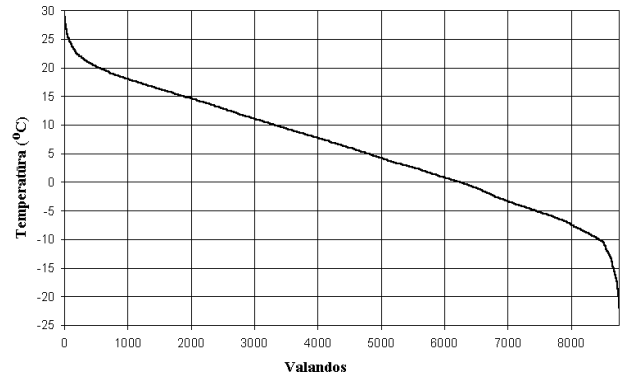
Energijos mechaniniam auðinimui sąnaudos gali būti sumaþintos panaudojant natūralius energijos ðaltinius, tokius kaip vėsus nakties oras, pøþeminės ðiluminės energijos saugyklos, naudojant pøþeminá vandená ar geologines ðilumos mainø sistemas ir panaðiai.

Pirmiausia natūralūs ðalio ðaltiniai gali būti panaudoti ðildymo–vėdinimo sistemose, skirtose vidutinėms temperatūroms, t. y. kai reikalingos aukðtos temperatūros auðinimui ir þemos temperatūros ðildymui.

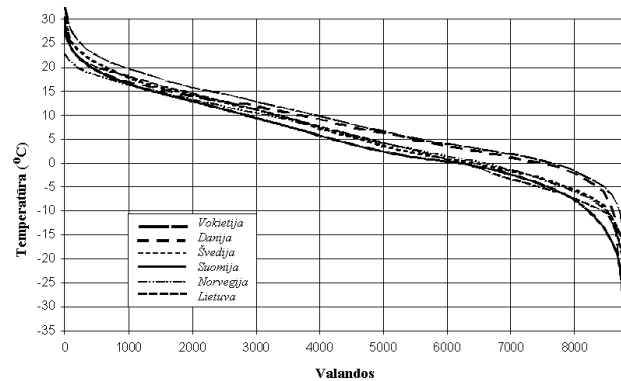
Pastatø auðinimui lemiamá átaká turi meteorologinės sálygos, ið kuriø svarbiausia yra aplinkos temperatūra. Ji kinta per pará ir metus, ðis kitimas priklauso nuo geografinės padėties. Vilniaus miesto aplinkos temperatūros kreivė pagal jos trukmá pateikiama 2 pav. Matyti, kad oro temperatūra Vilniuje, virðijanti  $15^{\circ}\text{C}$ , trunka tik 2000 val., o  $> 10^{\circ}\text{C}$  – 3200 val. Ávertinant tai, kad dėl saulės spinduliuotės á patalpas patenka daug ðilumos, galima teigti, kad auðinimo periodas Lietuvoje priklausomai nuo patalpø paskirties gali trukti 3–5 mėnesius. Specialios paskir-

ties patalpø, tokiø kaip vaisio ir darþoviø saugyklos ar telekomunikacijø patalpos, aktyvus auðinimas gali būti daug ilgesnis.

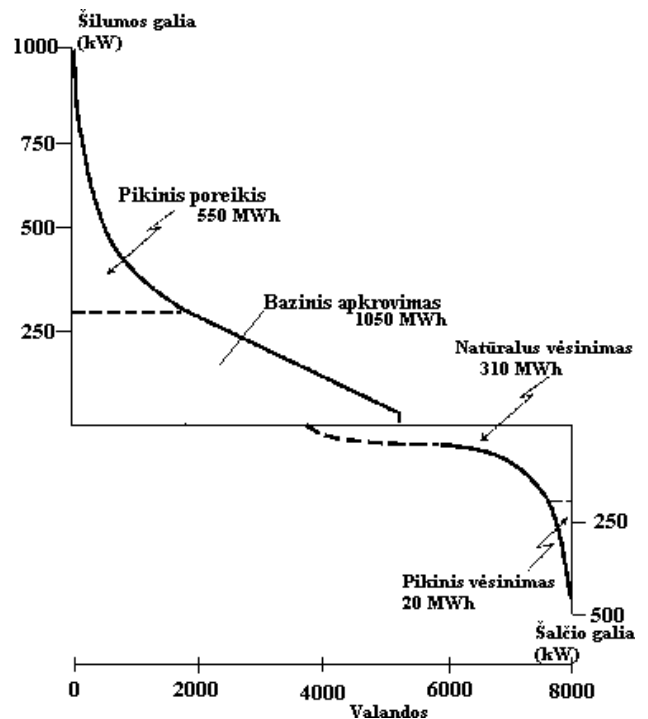
Palyginus valstybiø – projekto ReKyl / Soil dalyviø – aplinkos temperatūrø kreives (3 pav.) matyti,



2 pav. Vilniaus oro temperatūros kreivė pagal jos trukmá



3 pav. Projekte ReKyl / Soil dalyvavusio ðalio oro temperatūros kreivės pagal jos trukmá



4 pav. Tipiniai ðildymo ir vėsinimo poreikiai [4]

kad tarp jų nėra esminio skirtumo. Todėl galima teigti apie šio šilumos ir Lietuvos nagrinėjamos problemos panašumą. Visas metų periodas gali būti padalintas į šildymo ir vėsinimo laikotarpius. Tipinė šildymo–šaldymo kreivė parodyta 4 pav.

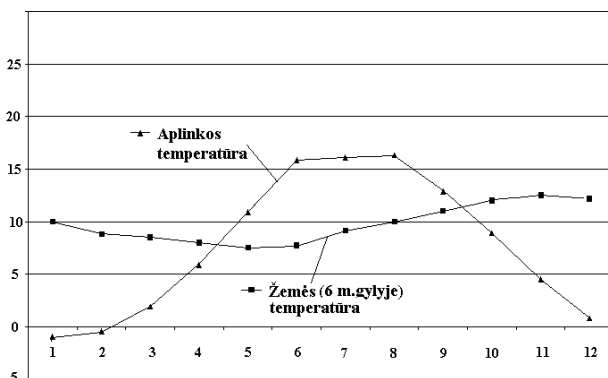
Skirtingoms paskirties patalpoms keliami skirtingi reikalavimai šilumnešio temperatūrai, kuri kinta nuo +6 iki +15°C. Toks temperatūrų intervalas priskirtinas ir centriniams šilumos tinklams.

Atskiras atvejis aušinimo temperatūra gali būti ir aukštesnė. Paprastai temperatūrų skirtumas tarp tiekiamo ir grąžtamo šilumos nešiklio būna 6°C. Juo aukštesnė aušinimo temperatūra, tuo sistema būna ekonomiškai efektyvesnė.

PagrindinėUTES savybė – saugoti šiluminę energiją tam tikram periodui ir šis energijos saugojimas yra sezoninio pobūdžio. Paprastai šilumos saugyklose kaupiamas šilumos metu, kai šiluma gali būti imama iš aplinkos oro ar paviršiaus vandens ir kaupiamas pošiluminiuose vandenyse ar uolienoje. Šilumos siurblių panaudojimas šioje schemoje yra efektyvus. Tai leidžia šilumos šaltinius panaudoti šildymo periodu, o vėsinti vasarą taip sutauptant daug elektros energijos. Šios sistemos gali būti panaudotos ir trumpesniam periodui, bet tokiu atveju pošiluminių saugyklos gali turėti santykinai didelį šilumos nuostolį.

Ruošiant šiluminę energijos saugyklą vieni svarbiausių faktorių, kurie turi būti atsižvelgti, – tai geologinės ir hidrogeologinės sąlygos. Šios sąlygos nulemia pošiluminių energijos saugyklų tipą.

Tyrimai rodo, kad žemiausia grunto temperatūra 6 m gylyje yra ne šilumos metu, o persislinkus į gegužės–birželio mėnesius (5 pav.). Tokia situacija palanki šilumos saugykloms įrengti.



5 pav. Vidutinių aplinkos ir grunto (6 m gylyje) temperatūrų pasiskirstymas per metus Danijoje

Pošiluminių šiluminę energijos saugyklų pasirinkimą nulemia energijos poreikio tipas: ar šios saugyklos reikalingos tik šilumos sezoniniams poreikiams, ar kombinuotam šiluminę energijos panaudojimui, t. y. pastatų vėsinimui ir šildymui. Tokios saugyklos gali būti naudojamos ir tik šildymui.

Pošiluminių sezoninės šiluminę energijos saugyklos skirstomos į du pagrindinius tipus:

- vandeningojo sluoksnio šiluminę energijos saugyklos (angl. Aquifer Thermal Energy Storage ATES), kuriose vanduo yra siurbiamas iš vandeningojo sluoksnio ir grąžinamas į jį, naudojant du šaltinius; šilumai;

- šiluminę energijos saugyklos iš grąžinimo (angl. Borehole Thermal Energy Storage BTES), kai vamzdynais energija perduodama iš geologinio sluoksnio ir į geologinius sluoksnius.

Naudojant ATES sistemas nėra jokių problemų patenkinti aušinimo poreikius žvairiems pastatams, nepriklausomai nuo jų struktūros ir paskirties. Naudojant BTES sistemas dažnai yra per brangu aprūpinti aušinimo pikus. Todėl siūloma pagrindinę krūvą padengti šilumos saugyklomis, o poreikių maksimumui tenkinti naudoti šilumos siurblius. Pastarųjų energetinis efektyvumas didėja mažėjant temperatūrų skirtumui (1 lentelė).

1 lentelė. Šilumos siurblių (vanduo–vanduo) naudingumo koeficientai [4]

Šilumos paskirstymo sistema (tiekiamo vandens/grąžtamo vandens temperatūra °C)	Naudingumo koeficientas
Grindų šildymas (40/35) žemės temperatūroje	4,0–5,0
radiatoriai (55/45)	3,0–4,0
Aprasti radiatoriai (80/60)	2,0–3,0

ATES sistemos dažniausiai sudaromos iš dviejų šiluminių arba dviejų šiluminių grupių, esančių pošiluminiuose sluoksniuose. Šildymo sezonu šiluma vanduo išsiurbiamas iš vieno šiluminio, aušinamas ir grąžinamas į šaltą šiluminę. Aušinimo periodu, atvirkščiai, šiluma vanduo ištraukiamas iš šilto šiluminio, pašildomas ir grąžinamas į šiltą šiluminę. Natūraliai šiluma yra kaupiamas šilumos metu, tuo pat metu išsiurbtas šilumas vanduo gali būti naudojamas patalpų šildymui. Vasarą sukauptas šiluma panaudojamas vėsinimui.

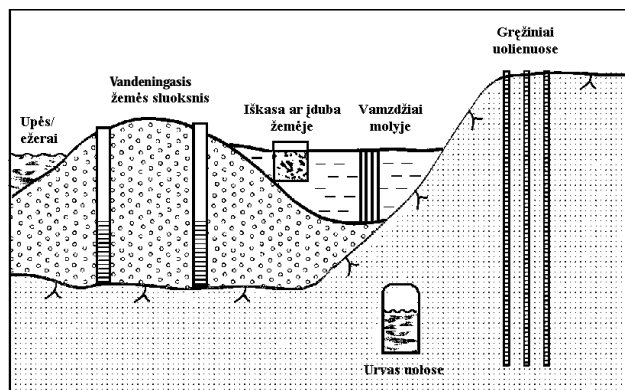
Vėsinimo sistemose šilumai perduoti iš pošiluminio vandens į aušinimo kontūrą naudojami šilumokaičiai. Dažnai ATES sistemos naudojamos kombinuotam šildymui ir aušinimui panaudojant šilumos siurblius tam, kad vieno šilumnešio, naudojamo aušinimui, temperatūra būtų pašildyta, o kito, naudojamo šildymui, temperatūra paaukštinta. Mūsų klimato sąlygomis šilumos siurbliais aprūpintos ATES sistemos galėtų dirbti 5–8°C temperatūrų skirtumu aušinimui ir 12–16°C – šildymui. Skirtingoms aušinimo–šildymo sistemoms reikalingi skirtingi temperatūrų šilumnešiai (2 lentelė). Mažesni temperatūrų skirtumai didina sistemos energetinį efektyvumą.

2 lentelė. Vandens temperatūros vėsinimo ir šildymo tiekimo sistemoms

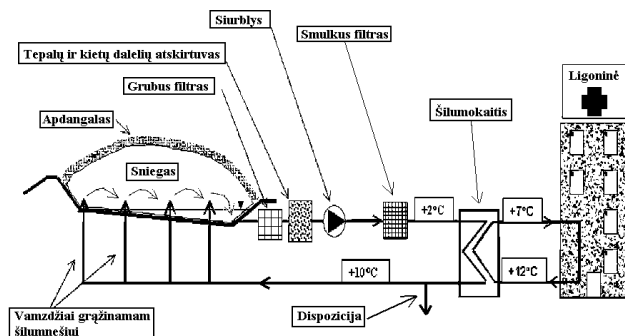
Pritaikymo sritis	Tiekiamo vandens temperatūra (°C)
<b>A. Vėsinimo sistemoms</b>	
* Patalpų vėsinimui	5–15
* Konstruktijų vėsinimui (sienos, perdangos ar stogas)	14–18
* Grindų vėsinimui	16–20
* Rajoniniam vėsinimui	5–10
<b>B. Šildymo sistemoms</b>	
* Aukštų temperatūrų radiatoriams	60–90
* Žemų temperatūrų radiatoriams	45–60
* Grindų šildymui	30–45
* Sienų ir stogų šildymui	30–35
* Šilumos tinklams	70–100

### 3. DALĖIO DALTINIAI

Požemines šiluminės energijos saugyklas dalėiu aprūpina gamta. Todėl jie daltiniai yra atsikuriantys, juos naudojant nesukeliama šiltnamio efekto ir neardomas ozono sluoksnis. Pagrindiniai dalėio daltiniai yra oras ir paviršiniai ar požeminiai vandenys (6 pav.), taip pat sniegas ar ledas, kuris dengia ežerus ir upes (7 pav.).



6 pav. Požeminių dalėio saugyklų tipai [5]



7 pav. Sniego dalėio saugyklos panaudojimo schema [5]

**Oras.** Oro temperatūros svyravimai per dieną ir sezoną sukuria galimybę panaudoti aplinkos orą kaip dalėio daltiną. Tačiau oro temperatūros skirtumas per parą drėgno klimato ir žemose vietovėse yra mažas ir tik aukštesnėse vietovėse bei mažose oro drėgmės zonose šis skirtumas gali būti didelis. Oro temperatūra per metus kinta (2 pav.) ir yra pakankama, kad požemines energijas saugyklos būtų aprūpintos žemos temperatūros dalėne.

Ore esanti drėgmė – svarbus faktorius nustatant reikalingus oro srautus. Naudojant aplinkos orą kaip šilumos daltiną, šilumos siurbliuose gali susidaryti kondensacijos reiškiniai, o dėl rasos formavimosi ant šilumokaičių mažėja jų efektyvumas. Šio reiškinio reikėtų vengti.

**Paviršiniai vandenys.** Upės, ežerai ir jūros vanduo – didelis energijos potencialas dalėio saugykloms. Be to, miestai ir gyvenvietės dažniausiai yra prie vandens daltinio. Šio vandens paviršiaus temperatūra susieta su aplinkos oro temperatūra, tačiau kartais tokio sąryšio nėra, ypač kai tirpsta sniegas ar ledas. Upių vandens temperatūra mažai kinta pagal gylį, o žiemos metu ji artima nuliui. Žiemos vandens temperatūra penkliai kinta priklausomai nuo gylio. Labai giliuose ežeruose vandens temperatūra prie dugno ir vasaros metu gali būti apie +4°C. Jūros vandens temperatūra prie dugno taip pat lieka žema ir vasaros metu.

**Požeminis vanduo** yra pastovios temperatūros, kuri artima vidutinei metinei aplinkos oro temperatūrai. Dažnai šis vanduo gali būti tiesiogiai naudojamas aušinimo procesuose. Tokios sistemos gali būti laikomos pasyviais dėl savo natūralios prigimties.

**Sniegas ir ledas.** Natūralus sniegas ar ledas – tinkamiausias dalėio daltinis. Nežvarus miestų gatvių sniegas gali būti surenkamas į dambas ir paskui panaudojamas ištirpęs vanduo, kurio temperatūra apie +2°C. Modernio natūralaus ledo panaudojimo technologijose šiuo metu pasigendama.

### 4. DALĖIO SAUGYKLŲ PANAUDOJIMO SRITYS

**Gyvenamosios patalpos.** Iki šiol gyvenamuosiuose namuose oro kondicionavimas labai retai buvo naudojamas. Patalpų šildymui pradėjus naudoti šilumos siurblių sistemas keli procentai šių sistemų naudojama ne tik šildymui, bet ir vėsinimui. Tikėtina, kad kombinuotose šildymo–vėsinimo sistemose kiekis, gerinant komforto sąlygas, didės.

**Komerciniai ir biuro pastatai.** Biurai, mokyklos, viešbučiai, ligoninės, prekybos centrai, kino teatrai, aviaros studijos, bibliotekos, teatrai, sporto kompleksai, oro uostai (kur renkasi daug žmonių) turi turėti komfortinį vėdinimą su oro vėsinimu. Tokiems pastatams turi būti suprojektuotos sistemos, kuriose tiekiamas oras būtų +6°C, o grąžinamas – +12°C temperatūros. Tačiau pastaraisiais metais yra tendencija panaudoti vėsinimui aukštesnių temperatūrų šilum-

neđa – iki +12/+18°C. Aukđtesnė temperatūra sàlygoja aukđtesnà vėsinimo sistemos efektyvumą.

**Centralizuotas vėsinimas.** Ėiaurės Europos ėalio patirtis rodo, kad tankiai apgyvendintø miestø centrø centralizuotas vėsinimas yra ekonomiđkesnis nei daug smulkio vėsinimo sistemø.

**Telekomunikacijø patalpos.** Telekomunikacijø árenginius reikia auđinti vienoda galia visus metus, nes ėilumos nuostoliai per sienas yra mađi, palyginti su elektronikos technikos išskiriamos šilumos kiekiu.

**Pramoniniai procesai.** Ėimos periodu pramonėje auđinimas nesudaro dideliø problemø. Taėiau pramonė vasarà reikalauja auđinimo. Priklausomai nuo gamybos proceso pobūdžio auđinimo temperatūra gali būti labai ávari, nuo keliø iki keliø ėimtø laipsniø.

Daugelyje pramonės ėakø, tokiø kaip chemijos ar popieriaus, auđinimo temperatūra yra apie +50°C. Taėiau daugelio sektoriø, tokiø kaip gumos, plastmasiø, maisto ar mechaninės gamybos, auđinimo temperatūra yra nuo +10 iki +30°C.

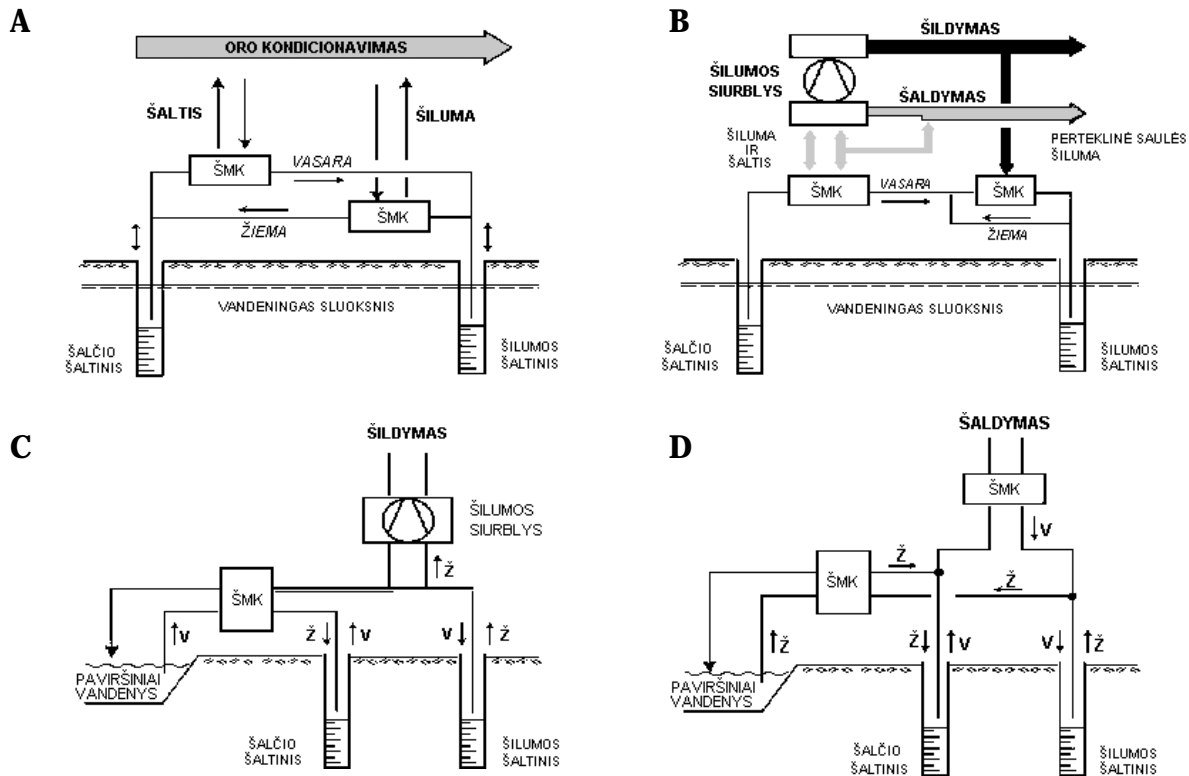
Temperatūrø diapazonai ávairioms vėsinimo ir auđinimo sritims pateikiami 3 lentelėje [5].

## 5. VĖSINIMO SISTEMØ TIPAI IR JØ DARBO REZULTATAI

Pagrindinės ATES sistemø schemas, kurios daugiau sia buvo panaudotos, pavaizduotos 8 pav. Tik viena (D) schema yra naudojama vėsinimui, o (A ir B) – kombinuotam ėildymui ir vėsinimui. Schema (C) naudojama tik ėildymui.

3 lentelė. Temperatūrø ribos ávairioms vėsinimo ir auđinimo sritims

Vėsinimo ir auđinimo sritys	Temperatūros										Pastabos
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	
<b>Komfortinis vėsinimas</b> (su oro kondicionavimu): Tiekiamas Galutiniam vartotojui					< = >						T. temp. 6–8°C / G. temp. 12–22°C
<b>Natūralus vėsinimas pastatuose</b>						< = >					T. temp. 14–18°C / G. temp. 18–22°C
<b>Centralizuotas vėsinimas</b> Tiekiamas Grąpinamas					< >	< >					T. temp. 6–8°C / G. temp. 14–16°C
<b>Gamybos procesø auđinimas</b>						< = = = =					Gali viršyti 100°C
<b>Maisto perdirbimas</b>	Šaldymas < = = >				< = >						Kartu su šaldymu
<b>Telekomunikacijø árauga</b>					< = = >						Árenginiø temperatūra turi būti ėemesnė kaip 30°C
<b>Informacinio technologijø árauga</b>					< = >						Árenginiø temperatūra turi būti ėemesnė kaip 25°C
<b>Elektros gamyba deginant kurà</b>					< = >						
<b>Maisto saugojimas</b>		Šaldymas < = = >			< = >						Vaisiams ir daržovėms 5–10°C
<b>Ėmės ūkio augalø auginimas</b>						< = >					Šiltadarpiuose
<b>Auđinimas ėuvø ūkyje</b>					< = >						Priklauso nuo rūđies



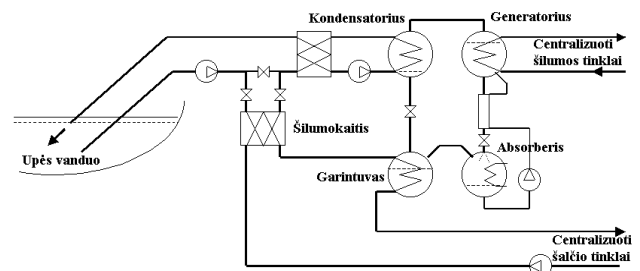
8 pav. Pagrindiniai ATEC sistemø schemø tipai [5]

Energijai perduoti iš poëminio vandens kontūro vartotojo kontūru naudojami ðilumokaiëiai. Ðiam tikslui gali bûti naudojami ir pavirðiniai vandenys. Toks bûdas naudojamas didelio galingumo sistemose. Galimas variantas, kai natûralus ðaltis imamas iš pavirðinio vandens ir tiesiogiai naudojamas pastatams auðinti. Tokia sistema keletà kartø efektyvesnë, nei naudojant poëminà vandenà. Kombinuojant ATEC sistemose ðaldymà ir ðildymà naudojami ðilumos siurbliai. Sistema (A), naudojama pastatams ðildyti ir auðinti, be ðilumos siurbliø yra efektyvi, taëiau esant ribotam ðilumos naudojimui retai naudotina.

Árengus natûralias sezonines ðalëio saugyklas elektros pastatams auðinti sànaudos gali bûti þenkliai sumaþintos. Kompresoriø, kurie veikia naudodami elektrà, ðalëio transformacijos koeficientas yra 3–4. Taigi norint gauti 3–4 kWh ðalëio, reikia sunaudoti 1 kWh elektros energijos. Naudojant poëmines ðalëio saugyklas ðis koeficientas yra 10–40. Tai reiðkia, kad su taupoma 70–95% elektros, praktiðkai tiek pat sumaþinama aplinkos tarða.

Naujai pastatyto Trondheim miesto (Norvegija) priemiesëio prekybos centras, restoranams ir biurams auðinti bei ðildyti buvo árengta nedidelë centralizuoto ðalëio ir ðilumos tiekimo ámonë. Principinë ðios ðalëio gamyklos schema pateikiama 9 pav. Be tradicinio ðilumneðio vandens, absorbcinei sistemai naudojamas ðilumneðis – liëio bromidas. Ði ámonë vasarà gamina ðaltà naudojant absorbciná ðaldytuvà, o kitu metu ðaltis gaminamas iš upës vandens, naudo-

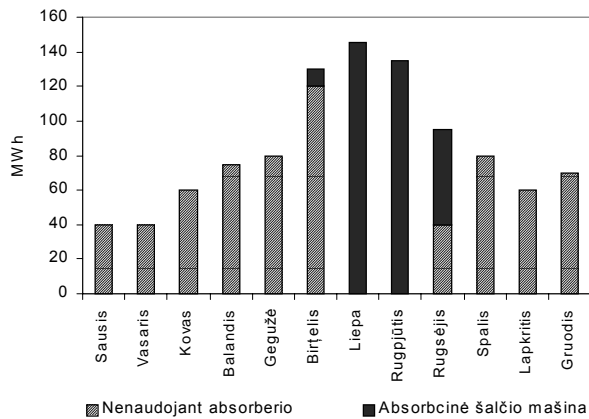
jant ðilumokaiëius. Vasarà imamo iš upës vandens temperatûra retai pakyla aukðëiau kaip 12°C. Rajoniniam ðildymui ëia naudojamas ðilumos generatorius. Kondensatoriui auðinti ëia naudojamas upës vanduo. Þemiausia temperatûra katilø yra apie 85°C, o iðgarinimo temperatûra apie 5°C, kai kondensacijos temperatûra 30–40°C. Didinant ðilumos tinkluose temperatûrà iki 105°C, ðaldymo galia padidëja 30–40%. Esant ðiai temperatûrai ðaldymo galia pasiekia 1500 kW.



9 pav. Ðalëio ruoðimo, naudojant ðilumokaiëius ir absorbciná ðaldytuvà, principinë schema

Ðios ámonës ðalëio gamyba parodyta 10 pav. Matyti, kad absorbcinis ðaldiklis reikalingas tiktai nuo birþelio pabaigos iki rugsëjo vidurio. Didþiàjà ðalëio dalà padengia natûralus ðaldymas.

Tipiniai ávairiø ATEC sistemø rezultatai pateikti 4 lentelëje. Ðie duomenys rodo, kad ATEC sistemø auðinimo efektyvumo koeficientas siekia net 50, tuo tar-



**10 pav.** Ðalëio gamyba per 2001 m. centralizuoto ðalëio ir ðilumos tiekimo ámonëje Trondheime

pu áprastø mechaniniø, elektros energijà naudojanëiø, ðaldikliø ðis koeficientas yra 3–4. Nëra didelës ir kapitalinës investicijos, sudaranëios vidutiniðkai 200 €/kW. Todël trumpas ðiø sistemø atsipirkimo laikas. Didëjant elektros energijos kainoms, tokiø sistemø atsiperkamumas trumpëja.

#### 4 lentelë. Tipiniai ATES sistemø duomenys

Vandens srautas iš šaltinio	20–100 m <sup>3</sup> /h
Grąþinio skersmuo	200–650 mm
Grąþinio gylis	10–100 m
Atstumas tarp tos paëios grupës grąþiniø	10–50 m
Atstumas tarp grupiø	250 m
Grąþinio galia, esant 50 m <sup>3</sup> /h ir $\Delta T = 10^{\circ}C$	582 kW
Maþiausia/didþiausia ðilumneðio temperatūra	3/30 °C
Auðinimo efektyvumo koeficientas	30–50
Tipinë ATES sistemos kaina	100–300 €/kW
Sistemos atsipirkimo laikas	1–4 metai
Pagaminto ðalëio kaina	4 €/MWh

## 6. IŠVADOS

1. Poþeminiø sezoniniø ðalëio saugyklø (UTES) panaudojimas pastatams auðinti suteikia dideles galimybes taupyti elektros energijà.

2. Iki 95% elektros energijos, naudojamø pastatø auðinimo reikmëms, gali bûti pakeista UTES energija.

3. Vandeningojo sluoksnio ðiluminës energijos saugyklos (ATES) efektyviai gali bûti panaudotos kombinuotai tiekti ðaltà ir ðilumà.

4. Vietos klimatas, geologija, energijos kainos bei ðalëio poreikiai yra pagrindiniai veiksniai, lemiantys ATES sistemø efektyvumà.

5. ATES árenginio eksploatacijos þvedijoje patirtis rodo, kad jø fondogrąþa trumpesnë nei 4 metai, o pagaminto ðalëio kaina yra apie 4 €/kWh.

## Literatūra

- Lorenzen K., Hummelshoj R. M. and Skrinska A. Underground thermal storage-large potentials for cooling of buildings // Proc. of 6th International Conference on Energy for Buildings, Oct. 7–8, 2004. Vilnius.
- Andersson O., Hellström G. and Nordell B. Recent UTES Development in Sweden // Proc. of 8th International Conference on Thermal Energy Storage, Terrastock 2000. Stuttgart, Germany, 2000.
- Andersson O., Hellström G. and Nordell B. Heating and Cooling with UTES in Sweden – current situation and potential market development // Proc. of 9th International Conference on Thermal Energy Storage, Futurestock, Sept. 1–4, 2003, Warsaw, Poland, 2003.
- Geir Eggen et al. Underground Cold Storage for Hybrid Cooling of buildings. Project no. 61–02. Nordic Energy Research, 2004.
- Andersson O., Hellström G. Underground storage for cooling. Working paper on usable types and configurations. Soil cool/Rekyl project, 2003.
- Geir Eggen. COWI & Gerdi Breembroek: Retrofitting with heat pumps in buildings. IEA Heat Pump Centre, Sittard Netherlands. Survey Report no. HPC-AR9. July 2001.
- Geir Eggen et al. District cooling by means of river water and district heating in Trondheim. Inter consult ASA. Trondheim, 2003.

**Alfonsas Skrinska, Jolanta Èiuprinskienë, Sabina Paulauskaitë, Kåstutis Valanëius**

## SEASONAL SOIL COLD STORAGE AS A LARGE RENEWABLE ENERGY SOURCE FOR COOLING OF BUILDINGS

### Summary

During the recent years, the demand of mechanical cooling of buildings has been constantly increasing. The use of Underground Thermal Storage (UTES) offers one of the most interesting solutions of the problem. This paper describes the main findings through the Rekyl / Soil Cool project supported by the EU Commission SAVE program and the Nordic Energy Research Program. The partners in the network are COWI (Denmark), Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania), Inter consult ASA (Norway), Lund University (Sweden), Technical Research Centre of Finland, Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (Germany), and Hjeltnes COWI (Norway). The paper aims at presenting the potentials of technology and addresses the limitations and dissimilarities of UTES. The main configurations for UTES systems are presented in the paper. The use of the UTES technologies for cooling offers major advantages compared to conventional cooling systems. It is shown that up to 95% of electricity for production of cold can be saved within the buildings.

**Key words:** cooling, UTES, buildings, renewable energy, heating

Аеиоїіпап Недеїнеа, Ёїеаїоа хойдеїнеаїа,  
Нааеїа ї аоеаонеаеоа, Ёппоооен Ааеаї-оп

НАÇІ І І ОА І І АÇАІ І ОА ОДАІ ЁЁЁУА  
ОІ ЁІ АА - ЁДОІ І ОЁ ЁНОІ ХІ ЁЁ  
АІ ÇІ АІ І АЁБП Û АЁЅБ YІ АДАЁЁ,  
ЁЅІ І ЁУÇОАІ І Ё АЁБ І ОЕААЕААІ ЁБ  
ÇААІ ЁЁ

**Daçþì à**

À iĩneaaiea aĩãũ à Ėeoaã, eãe ai aĩ,i  
Åadiiaeneii Ñiþça, iĩodaãeai ea yĩadaee aey  
iõeaãaiey çaaiee iĩnoi yĩii aĩçðãnoãã.  
Ī dei aĩ aĩ ea aĩçĩ aĩ iãeyþùeõny eñoi +ieei a  
yĩadaee aa,ò aĩçĩ iãeiĩnoũ ýõãeoeaĩ i ðãeou aĩiðiĩũ  
iõeaãaiey çaaiee. Ī aĩ ei eç eñoi +ieei a iĩãõ  
neõãeou iĩaçai iũã oðai eeeuã õieĩãã (UTES -  
aĩãe. Underground Thermal Energy Storage).

Å aai iie noãuia iðããnoãeai ù iĩiĩai uã aũaiãũ,  
iĩeo-aĩ iũã à õiãã ðããeçãoee iðiaeoã Re kyl / Soil  
Cool. Ī ðiaeo õei aĩ neði aaeny eiieñneae  
Åadiiaeneiaĩ Ñiþça SAVE e iãó+iĩ-

enñeaaĩãããeũneie iðiaðai iie Ñãããdi uõ noðai.  
Åãoiðai e iðiaeoã yaeyþõny: COWI (Åai ey),  
Åeeui þñnee e oãoi e-añee e oĩ eããðneoaõ ei.  
Åããei eiããã (Ėeoaã), Ėi oãðei iĩnoeũõ ASA (Ī iðãããey)  
Oĩ eããðneoaõ Ėeiãã (Oããoey), Oãĩ oð oãoi e-añeeõ  
enñeaaĩããiee (Oei eyi aey), Ėi noeõõõ Ñieĩõã e  
oãĩ ei oãoi eee (Åãdi aĩ ey) e Hjellnes COWI  
(Ī iðãããey).

Öãeũ noãõue - iĩðãããeõõu oãoi ieiãe-añeeã  
aĩçĩ iãeiĩnoe UTES e noãõũ eõ aĩãããai ey. Oãeãã  
iðããnoãeai ù iĩiĩai uã noãĩ ù aĩãããai ey neñõai  
oãĩ eiãũõ oðai eeeu yĩadaee aĩ aĩ iãĩ neĩy (ATES).  
Ī ieaçai i, +õi iĩodaãeai ea oãoi ieiãe UTES aa,ò  
iĩiãĩ iðãei õuañõã iĩ noããai aĩ eþ ñ iãũ+iũi e  
neñõai ài e iõeaããaiey. Ī dei aĩ aĩ ea ýoeõ  
oãoi ieiãe aey aĩçĩ aĩ iãeyþùeõny eñoi +ieei a  
yĩadaee iĩçãieyãõ nyeiĩi eõũ aĩ 95%  
yeãeõði yĩadaee, eñi iẽuçoai i e aey neñõai  
iõeaããaiey çaaiee.

**Ėep-ããuã neĩãã:** iõeaããaieã, iĩõũããaieã,  
iõieieãieã, UTES, çããiey, aĩçĩ aĩ iãeyþùeãny  
eñoi +iee