

Selvitys IT-ympäristön sähkönsäästökeinoista

Konesalipalvelujen energiatehokkuuden periaatteet

Motiva Oy

3.12.2010

Sisällys

1. Johdanto	3
1.1. Dokumentin tarkoitus ja kohderyhmä	3
1.2. Rajaukset ja reunaehdot	3
2. Konesalipalvelut pähkinänkuoressa	4
2.1. Konesalipalvelu	4
2.1.1. <i>Konesalipalvelun keskeiset ominaisuudet</i>	4
2.2. Laittekapasiteetti ja pilvipalvelut	5
2.2.1. <i>Asiakaskohtaisesti toteutettava kapasiteettipalvelu</i>	6
2.2.2. <i>Pilvi- ja kokonaispalvelut</i>	6
3. Energiätehokkaan konesalin keskeisiä periaatteita	6
3.1. Konesalin sähköä kuluttavat kohteet ja niiden merkitys	6
3.2. Konesalien energiatehokas jäähdytys	7
3.2.1. <i>Palvelinten sijoittelu</i>	8
3.2.2. <i>Jäähdytysilman kohdentaminen sekä jäähdytyksen lämpötilaeron kasvattaminen</i> .	9
3.2.3. <i>Keskitetty ja dynaaminen jäähdytysjärjestelmä</i>	9
3.2.4. <i>Vapaajäähdytys</i>	9
3.2.5. <i>Hukkalämmön hyötykäytön lisääminen</i>	11
3.2.6. <i>Nestejäähdytyksen hyödyntäminen</i>	11
3.3. Muut konesalien energiatehokkuuden kohteet.....	11
3.3.1. <i>Sähkönsyötön kehittäminen</i>	12
3.3.2. <i>Ilmankosteutta säättävien laitteiden hyötysuhteen parantaminen</i>	12
3.3.3. <i>Valaistuksen tehostaminen</i>	13
3.3.4. <i>Muut välilliset keinot</i>	13
3.4. Mittarit ja seuranta.....	13

1. Johdanto

1.1. Dokumentin tarkoitus ja kohderyhmä

Tässä dokumentissa kuvataan IT-laitteiden konesalipalveluiden energiatehokkuuteen liittyviä keskeisimpiä periaatteita. Tässä IT-laite terminä sisältää myös tietoliikenteen aktiivilaitteet.

Tämä dokumentti on tarkoitettu Motiva Oy:n ensimmäiseksi esiselvitykseksi konesalipalvelujen energiatehokkuudesta ja sitä tulee täydentää ja täsmentää jatkoselvityksissä.

Tämä dokumentti on tarkoitettu erityisesti seuraaville tahoille:

- IT-asiantuntijoille ja päätöksentekijöille, jotka suunnittelevat konesalipalveluiden hankintaa ulkoisilta palveluntarjoajilta
- IT-asiantuntijoille ja päätöksentekijöille, jotka suunnittelevat oman konesalin rakentamista tai päivittämistä
- Kaupallisille konesalipalveluntarjoajille yleisjohdannoksi aiheeseen
- Jatkotutkimuksen pohjaksi tarkemman konesalipalveluiden energiatehokkuus selvityksen laatijoille

1.2. Rajaukset ja reunaehdot

Tämän dokumentin keskeisin rajaus on:

Tässä dokumentissa kuvataan vain yleisellä esiselvitystasolla IT-laitteiden konesalipalveluiden energiatehokkuuden tekijöitä ja pääperiaatteita. Tämä dokumentti ei anna yksityiskohtaisella tasolla määrittäviä energiatehokkaiden konesalien toteuttamiseksi.

Muita tämän dokumentin rajoituksia ja siinä käsiteltävien asioiden reunaehtoja ovat:

- Dokumentissa ei käsitellä konesalien erilaisia käyttötarkoituksia esim. kokonaan tietoliikennepalveluiden tai kokonaan palvelinkäyttöön
- Selvityksessä ei oteta energiatehokkuuden lisäksi juurikaan kantaa konesalien muihin ominaisuuksiin – erityisesti turvallisuuteen

Varsinaisen konesalin energiatehokkuuden lisäksi palvelinalustan kokonaisenergiatehokkuuteen vaikuttavat palvelinympäristön teknologiset ratkaisut. Palvelinten energiatehokkuutta ja ns. virtualisointiratkaisujen vaikutusta IT-ympäristön energiatehokkuuteen on käsitelty erillisessä selvityksessä Selvitys IT-ympäristön sähkönsäästökeinoista.

2. Konesalipalvelut pähkinänkuoressa

2.1. Konesalipalvelu

Konesalilla tarkoitetaan erityisesti IT-palvelinlaitteille, tietoliikenteen aktiivilaitteille (reitittimet, runkokytkimet) sekä tallennus- ja varmistuslaitteille tarkoitettua ja niitä varten varustettua erityistä teknistä tilaa. Konesali on siis IT-laitetila, jossa sijaitsee operatiivisessa käytössä olevia tai näiden varalaitteina käytettäviä tietoteknisiä laitteita. Nämä laitteet toimivat sähköllä ja vaativat toimiakseen ympäristöltään muuttumattomat olosuhteet sekä suojauksen. Pienempiä konesaleja kutsutaan usein palvelinhuoneisiin (server room) ja suurempia tiloja, joihin voidaan sijoittaa suuri määrä erilaisia eri toimijoiden laitteita, kutsutaan datakeskuksiksi (data center).

Konesaleihin voidaan sijoittaa joko vain yhden toimijan laitteita (ns. oma konesali) tai tarjota sitä useammalle toimijalle (ns. yhteiskäyttöinen tai kaupallinen konesali / datakeskus).

2.1.1. Konesalipalvelun keskeiset ominaisuudet

Konesalipalvelun keskeisiä ominaisuuksia ovat:

Fyysinen turvallisuus

Fyysisen turvallisuuden avulla pyritään estämään organisaation tarvitsemien tietojen sekä fyysisen ja ei-fyysisen ominaisuuden tuhoutuminen, vahingoittuminen tai joutuminen väärin käsiin. Konesali on fyysisesti eristetty yleisistä tiloista ja muodostaa tietoturvallisuuden näkökulmasta oman suojavyöhykkeensä.

Tyypillisesti fyysinen turvallisuus kattaa lukituksen ja muun konesalin eristykseen muista tiloista lisäksi paloturvallisuuden sekä konesalin fyysisen kulunvalvonnan. Fyysistä turvallisuutta voidaan tarkastella useista näkökulmista, kuten:

- Konesalin rakenne ja kestävyys
- Valaistus
- Ovet ja lukitus
- Varkaus, kulunvalvonta, tunkeutuminen ja ilkivalta
- Tulipalo ja vesivahinko sekä näiden valvontajärjestelmät
- Pöly ja puhtaus sekä tärinä ja värähtely

Hallittu ympäristö

IT-laitteet kuluttavat merkittävän määrän sähköä ja tuottavat tätä kuluttaessaan tuottavat runsaasti lämpöä. Palvelimet ja tietoliikennelaitteet eivät toimi luotettavasti liian kuumassa, joten konesalit tarvitsevat runsaasti jäähdytystä. Konesalin ympäristötekijät on pystyttävä vakioimaan hallitsemalla seuraavia kohteita:

- Vakaa ja riittävä sähkönsyöttö
- Varavoima
- Jäähdytys

- Ilman kosteuden hallinta

Helppo valvottavuus ja hallittavuus

Konesalien keskeisiä ominaisuuksia ovat myös valvottavuus ja hallittavuus. Kaikkia keskeisiä konesalien fyysiseen turvallisuuteen ja ympäristön hallintaan liittyviä kohteita tulee pystyä valvomaan valvontajärjestelmillä, jotka raja-arvojen ylityessä hälyttävät vikatilanteesta.

Konesalin on myös oltava sellainen, että palvelimia ja muita laitteita voidaan asentaa ja kytkeä toisiinsa ja ulkoisiin verkkoihin helposti.

Konesalien luokitteluun on määritetty sekä niiden käytettävyyden että turvallisuuden näkökulmasta useita luokitusjärjestelmiä, kuten:

- Uptime Institute, Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology¹
- Viestintäviraston määräys 54/2008 M, Määräys viestintäverkkojen ja –palvelujen varmistamisesta² (tarkoitettu kansallisesti merkittävälle palveluntarjoajille, hyviä periaatteita löytyy myös kumotusta määräyksestä 48 A/2003)
- Valtionhallinnon tietoturvallisuuden johtoryhmä Vahti 1/2002 tietoteknisten laiteilojen turvallisuussuositus³

2.2. Laitekapasiteetti ja pilvipalvelut

Varsinaisen konesalitalan lisäksi kaupalliset palveluntarjoajat tarjoavat peruspalveluna asiakkaille laitekapasiteettipalveluita, kuten palvelin-, tallennus-, varmistus- ja tietokantakapasiteettia sekä tietoliikenteen kapasiteettipalveluita.

Peruspalveluita jalostetumpia ja tuotteistetumpia ovat ns. pilvi- ja kokonaispalvelut, joissa palveluntarjoaja tarjoaa edellä kuvattua kapasiteettia usean asiakkaan yhteiskäyttöisestä ratkaisusta tai jaettua vuokrasovellusta.

Kapasiteetti- ja pilvipalvelujen taustalla on aina palveluntarjoajan järjestämä konesalipalvelu. Vaikka konesalipalvelu ei suoraan asiakkaalle näissä palveluissa näykään, näiden taustalla olevan konesalipalvelun energiatehokkuus ja ekologisuus ovat merkittävässä roolissa kapasiteetti- ja pilvipalveluiden kokonaisekologisuudessa.

Asiakkaan tulisi aina muistaa kiinnittää myös kapasiteetti- ja pilvipalveluissa huomiota näiden taustalla olevan konesalipalvelun energiatehokkuuteen.

Varsinaisten konesalipalvelujen hankintojen esimerkkivaatimuksia ja kysymyksiä on koottu Motiva Oy:n raporttiin Energiatehokkuus IT-ympäristön hankinnoissa.

¹ http://professionalservices.uptimeinstitute.com/understand_tier.htm

² <http://www.ficora.fi/attachments/suomiry/5vB4GW4xt/Viestintavirasto542008M.pdf>

³

http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/01_julkaisut/05_valtionhallinnon_tietoturvallisuus/20020101Tietoturvallisuussuositus.pdf

2.2.1. Asiakaskohtaisesti toteutettava kapasiteettipalvelu

Palvelinkapasiteetilla tarkoitetaan yleensä asiakaskohtaista palveluntarjoajan asiakkaalle vuokraamaa palvelinkapasiteettia. Se voi olla joko ns. fyysinen palvelin tai virtuaalipalvelin. Olennaista on, että palveluntarjoaja tarjoaa sitä omassa hallinnassaan olevaan konesaliinsa vuokraperiaatteella.

Tallennuskapasiteettia voidaan tarjota joko kokonaan asiakkaalle tarjotulla tallennuslaitteistolla tai osana palveluntarjoajalla jo olevaa tallennuslaitteistoa. Yleinen tallennuskapasiteetti poikkeaa pilvipalveluista siten, että palveluntarjoaja hankkii tai asentaa vasta tilausvaiheessa asiakkaan tarvitseman tallennuskapasiteetin.

Varmistuskapasiteetti on periaatteeltaan samanlaista kuin tallennuskapasiteetti. Varmistuskapasiteettia voidaan tarjota asiakkaalle myös ns. etävarmistusperiaatteella siten, että varsinaiset varmistettavat palvelimet sijaitsevat asiakkaan hallinnoimissa konesalissa ja niissä oleva tieto varmistetaan tietoliikenneverkon läpi palveluntarjoajan konesalissa olevaan varmistuslaitteistoon.

Tietokantakapasiteettipalvelussa palveluntarjoaja tarjoaa asiakkaalle käyttöön tietokantatilaa (uusia instansseja) sen hallinnoimasta tietokannasta.

2.2.2. Pilvi- ja kokonaispalvelut

Pilvipalvelut ovat uusi trendikäs termi, jolla tarkoitetaan yleensä yhteiskäyttöistä, palveluntarjoajan jo ennalta rakentamaa kapasiteettipalvelua. Pilvipalvelulle ei ole aivan täsmällistä määritelmää, mutta tyypillisesti sen erottavat asiakaskohtaisesti toteutettavista kapasiteettipalveluista seuraavat tekijät:

- Yhteiskäyttöinen alusta
Pilvipalveluissa palveluntarjoaja suunnittelee palvelunsa jo alusta asti useamman asiakkaan käytettäväksi. Pilvipalveluiden tehokkuuden avain on siinä, että ne toteutetaan usealle asiakkaalle yhteisellä alustalla – joko palvelin- tai sovellusalustalla, tai molemmilla.
- Skaalautuvuus
Koska asiakkaan saamaa palvelua ei ole erikseen hankittu tätä varten vaan se toteutetaan laajemmalla, useamman asiakkaan alustalla, lisäkapasiteettia voidaan asiakkaan tarpeen mukaan nostaa hyvinkin nopeasti.

Pilvipalveluille on myös tyypillistä se, että asiakas voi tilata näitä palveluja itsepalveluna tehokkaasti ja nopeasti. Palvelun automatisointi ja yhteiskäyttöinen alusta mahdollistaa tehokkaan tuotannon ja palveluntarjoajasta riippuen asiakaskohtaisia ratkaisuja alhaisemman hinnoittelun.

3. Energiatehokkaan konesalin keskeisiä periaatteita

3.1. Konesalin sähköä kuluttavat kohteet ja niiden merkitys

Konesalissa sähköä kuluttavat erityisesti seuraavat kohteet:

- Keskitetyn sähkönsyötön ja varavoiman edellyttämä sähkö (varsinaisia sähkökuluttajia ovat itse IT-laitteet)
- Jäähdytyksen edellyttämä sähkö

- Ilman kosteutta säätelevät järjestelmät
- Valaistus
- Valvontalaitteistojen edellyttämä sähkö

Selvästi suurin osa sähkönkulutuksesta kohdistuu sähkönsyöttöjärjestelmiin, varavoimalaitteisiin ja jäähdytykseen.

Konesalien kasvava sähkönkulutus on muodostunut merkittäväksi haasteeksi koko IT-alalle ja sillä on koko ajan kasvava merkitys myös yhteiskunnallisesti.

IBM:n arvioiden mukaan konesalin investointikustannuksista jopa 60 prosenttia kohdistuu sähkötekniikkaan ja jatkuvista käyttökustannuksista jopa 75 prosenttia kohdistuu sähkönkulutukseen.

Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviranomaisen EPA:n (U.S. Environmental Protection Agency) vuoden 2007 arvion mukaan konesalien osuus Yhdysvaltojen sähkönkulutuksesta on lähes 1,5 prosenttia. Tämä tarkoittaa noin 60 terawattitunnin vuosittaista sähkönkulutusta, mikä vastaa n. kahta kolmasosaa Suomen koko sähkönkulutuksesta. Konesalien energiankulutusta arvioitaessa on otettava huomioon Suomen varsin pitkä lämmityskausi. Eri arvioiden mukaan Suomessa konesalien energiankulutus on noin 0,5–1,5 prosenttia kaikesta sähkönkulutuksesta. Erityisen haastavaksi tilanteen tekee se, että konesalien syömän sähkön määrä on viidessä vuodessa kaksinkertaistunut. Ellei erityistoimiin ryhdytä, energiankulutuksen odotetaan jatkuvan samaan tahtiin myös jatkossa.

Konesalien energiatehokkuutta voidaan kuvata The Green Grid –konsortion ns. PUE-luvun (Power Usage Effectiveness) avulla. Luku ilmaisee konesalin kokonaisenergiankulutuksen ja palvelinten kuluttaman energian välisen suhteen. On hyvä huomata, että palvelinten energiatehokkuuden kasvaessa, PUE-luku kasvaa, jos konesalien energiatehokkuutta ei pystytä parantamaan.

Konesalien energiatehokkuuteen tulee kiinnittää huomiota kaikilla osa-alueilla – mukaan lukien itse palvelimien energiatehokkuus. Seuraavaan lukuun on koottu varsinaisen konesalin energiatehokkuuteen merkittävimmin vaikuttavia kohteita.

Konesalien energiatehokkuuden parantamisella voidaan päästä jopa 40-50 % energiasäästöihin vuositasolla.

3.2. Konesalien energiatehokas jäähdytys

Jäähdytykseen kuluvan energian vähentämisellä ja hukkalämmön hyödyntämisellä on konesaleissa suuri merkitys. Tyypillisen konesalin energiakulutuksesta hieman yli 50 prosenttia muodostuu jäähdytyksestä ja hieman alle 50 prosenttia palvelinten energiankulutuksesta (PUE = 2).

Jäähdytyksen energiatehokkuutta merkittävimmin parantavat toimenpiteet ovat:

- Palvelinten optimaalinen sijoittelu
 - Kylmä-kuuma käytävät
 - Rivijäähdytys
 - Ilmavirtauksen kohdistaminen
 - Paluuilman hallinta

- Jäähdytysilman kohdentaminen sekä jäähdytyksen lämpötilaeron kasvattaminen
- Keskitetyn ja dynaamisen jäähdytysratkaisun hyödyntäminen
- Ns. vapaajäähdytyksen hyödyntäminen
 - Hyödynnetään konosalin ulkopuolisen ympäristön kylmävarantoja
- Hukkalämmön hyötykäytön lisääminen
- Nestejäähdytyksen hyödyntäminen

Osa edellisistä on rinnakkaisia menetelmiä, eikä niitä voida käyttää yhtä aikaa.

Jäähdytyksen energiatehokkuudessa keskeistä on tarkastella, miten jäähdytykseen tarvittava energia tuotetaan – saadaanko se esim. sivutuotteena muualta tai muuten tehokkaasti ja miten konosalin tuottama ylimääräinen lämpö voidaan mahdollisesti hyödyntää siellä, missä tarvitaan lämmitystä.

3.2.1. *Palvelinten sijoittelu*

Palvelinten sijoittelulla on suuri merkitys jäähdytyksen tehokkuuteen. Pääsääntöisesti lämpöä tuottavat kohteet tulee koota yhteen niin tiiviisti, että viilennettävä alue on kokonaisjäähdytystehoon nähden mahdollisimman pieni ja että jäähdytys voidaan kohdentaa niin, että se kohdistuu vain viilennettäviin kohteisiin, ei yleisten tilojen jäähdyttämiseen.

Peruseriaatteena palvelinten sijoittelussa konesaliin on, että ne sijoitetaan ns. kylmä-kuuma käytäviin. Tässä sijoitteluperiaatteessa tyypillisesti ne sijoitetaan laitekaappeihin riveittäin ”selät vastakkain”, siten että operointihenkilöt pääsevät ns. kylmä-käytävissä operoimaan palvelimia ja jäähdytysilma ohjataan alhaalta palvelinten eteen. Palvelinten tuottama kuuma ilma jää palvelinlaitteiden takapuolelle ns. kuumaan käytävään, josta se poistetaan tehokkaalla ja kohdennetulla jäähdytyksellä. Tarkoituksen on estää jäähdytysilman ja kuuman ilman sekoittuminen toisiinsa.

Toinen sijoitteluun vaikuttava asia on hyvin voimakkaasti lämpöä tuottavien palvelinkehikoiden oikea sijoittelu. Erityisesti ns. korttipalvelimissa laskentateho on pakattu hyvin pieneen tilaan ja yksittäinen korttipalvelinräkki tuottaa hyvin paljon lämpöä verrattuna perinteisempiin palvelinratkaisuihin. Jos nämä kaikki sijoitetaan samaan palvelinriviin, kyseisen rivin jäähdyttämiseen tarvitaan korkeaa jäähdytyksen huipputehoa. Koska jäähdytysjärjestelmien hyötysuhde ei koskaan ole 100 %, osa jäähdytystehosta kuluu hukkaan. Mitä korkeampi jäähdytyksen tarvitsema huipputeho tarvitaan, sitä enemmän jäähdytysenergiasta kuluu hukkaan.

Palvelinkaappien suunnittelulla ja takakoteloinnilla sekä kaapeloinnin selkeytyksellä parannetaan ilmapvirtausta palvelinten lähellä ja pystytään paremmin kohdentamaan jäähdytyskapasiteettia sinne, missä jäähdytystä tarvitaan - lähellä lämpöä tuottavia palvelimia.

3.2.2. Jäähdytysilman kohdentaminen sekä jäähdytyksen lämpötilaeron kasvattaminen

Toinen kaikkiin konesaleihin kohdistuva energiatehokkuusperiaate koskee jäähdytysilman kohdentamista ja riittävää ilmavirtausta sinne, missä jäähdytystä tarvitaan. Kuuman ilman poistaminen tehokkaasti välittömästi sen syntyessä, mahdollisimman lähellä palvelimia mahdollistaa mahdollisimman hyvän jäähdytyksen hyötysuhteen verrattuna tilanteeseen, jossa jäähdytettävä kuuma ilma pääsee sekoittumaan komponentteja jäähdyttävään ilmaan ennen sen jäähdytysvaikutusta varsinaiseen palvelimeen. On hyvä muistaa, että jäähdytyksen tarkoitus ei ole jäähdyttää syntyvää kuumaa ilmaa, vaan jäähdyttää itse lämpöä tuottavaa komponenttia ja tehokkaasti siirtää kuuma ilma pois lämpöä tuottavasta kohteesta.

Erityisen tärkeää on estää kuumaa ilmaa sekoittumasta konesalin ns. kylmäkäytäviin ja yleisiin tiloihin sekä palvelimille saapuvaan jäähdytysilmaan. Usein tämä voidaan estää siirtämällä kuumaa ilmaa imevät järjestelmät hyvin lähelle palvelinkaappien yläreunaa ja fyysisesti tukkimalla kuuman ilman vuoto muihin osiin konesalia.

Kuuman ilman ja jäähdytysilman lämpötilaeron kasvattaminen kasvattaa jäähdytyksen huippukapasiteettia ja mahdollistaa pienemmän jäähdytysjärjestelmän rakentamisen kyseiseen konesaliin. Konesalien ilmankiertoon tulee kiinnittää huomiota. Joidenkin tutkimusten mukaan jopa 50 prosenttia jäähdytysjärjestelmän tehosta voi mennä hukkaan vuotavien lattiarakojen, kuuma-kylmä – käytäväasettelun vuotojen, korotetun lattian alaisten vuotojen tai tukosten tai heikosti suunnitellun kuuman ilman poiston takia.

Huolellisen suunnittelun lisäksi ilmankierron optimointi edellyttää lämpötilojen mittausta konesalin eri osissa.

3.2.3. Keskitetty ja dynaaminen jäähdytysjärjestelmä

Energiatehokkaan jäähdytyksen edellytys on keskitetty, korkean hyötysuhteen ja käytettävyyden jäähdytysjärjestelmä – riippumatta siitä, mihin jäähdytystekniikkaan se perustuu. Keskitetyn jäähdytysjärjestelmän suorituskyky ja toimintavarmuus ovat parempia kuin usean pienen jäähdytysjärjestelmän. Keskitetyn jäähdytysratkaisun hyötysuhde erityisesti ns. osakuormalla on tyypillisesti selvästi hajautettua ratkaisua parempi.

Yleisesti keskitetyn jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde on myös hajautettuja ratkaisuja parempi ja sitä voidaan ohjata paremmin jäähdytystarpeen mukaan. Konesalin energiatehokkuus paraneekin dynaamisella jäähdytysjärjestelmällä, joka mukautuu akuuttiin jäähdytystarpeeseen. Ns. älykäs, dynaaminen jäähdytysjärjestelmä on kytketty konesalin ympäristövalvontaan ja se osaa aktiivisesti muuttaa ja kohdentaa jäähdytystä sinne, missä sitä tarvitaan. Se ohjaa jäähdytystehoja aktiivisesti kohteisiin, jotka edellyttävät voimakkaampaa jäähdytystä ja vähentää sitä kohteissa, jossa jäähdytystarve on väliaikaisesti tai pysyvämmän pienempi.

3.2.4. Vapaajäähdytys

Ehkä mielenkiintoisin ja energiatehokkain konesalin energiatehokkuutta parantava menetelmä on ns. vapaajäähdytyksen hyödyntäminen. Vapaajäähdytys tarkoittaa konesalin ulkoisen viileän ”lämpölähteen” hyödyntämistä konesalien jäähdytykseen. Vapaajäähdytys tarkoittaa sitä, että kylmän ulkoilman tai veden

jäähdytysvaikutus siirretään laitetiloihin, jolloin koneellisia jäähdyttimiä ei tarvitse vapaajäähdytyskautena käyttää. Näin säästetään merkittävästi energiaa.

Keskeisimmät vapaajäähdytyksen lähteet ovat:

- Kylmä ulkoilma
- Kylmä järvi- tai merivesi
- Geoterminen viilennys

Yksinkertaisimmillaan voidaan hyödyntää kylmää ulkoilmaa, esim. pakkasilmaa, jolloin palvelimille ohjattavaa jäähdytysilmaa ei tarvitse jäähdyttää lainkaan ja sähköä kuluu vain ilman kierrättämiseen. Vesikiertoisessa jäähdytyksessä periaate on sama, lämmennyt jäähdytysvesi viilennetään ulkoilmassa tai viileässä vesistöissä ja johdetaan kiertoon konesaliin, jossa se jäähdyttää palvelimia lämmönvaihtimien avulla.

Mikäli ”viileydenlähteen” lämpötila ei ole riittävän alhainen hyödynnetään yleensä ns. kompressoritekniikkaa (vrt. jääkaappi). Tämä perustuu aineen fysikaalisiin ominaisuuksiin, jonka mukaan korkeapaineisen nesteen paineen alentuessa samassa tilavuudessa, se höyrystyy ja tämä höyrystyminen sitoo runsaasti lämpöä. Lämmennyt höyry puristetaan kompressorissa taas korkeampaan paineeseen, jolloin höyry lämpenee ja tätä höyryä voidaan nyt jäähdyttää ulkoilmalla tai vedellä.

Suomi on maantieteellisen sijaintinsa takia erittäin mielenkiintoinen vapaajäähdytyksen hyödyntämisen mahdollisuuksien näkökulmasta. Suomessa on pitkät ja suhteellisen kylmät talvet ja yleisesti paljon konesaleiksi sopivia kiinteistöjä meren, joen tai järven äärellä. Kun tämän yhdistää vielä Suomen hyvään tietoliikenne ja sähköinfrastruktuuriin sekä vakaisiin yhteiskunnallisiin oloihin, Suomen mahdollisuudet menestyä globaalistikin konesalimarkkinoilla ovat hyvät.

Hyviä esimerkkejä Suomessa toteutetuista tai kehitettävistä konesaliratkaisuista, joissa hyödynnetään mm. vapaajäähdytystä, ovat⁴:

- Googlen konesali Haminaan Stora Enson entisille Summan tehtaille hyödyntää jäähdytyksessä kylmää merivettä.
- Yleisradio Oy:n uusi pääkonesalinsa jäähdytystä ja toteutti sen kaukokylmäntäytysratkaisulla. Vanhat jäähdytyskoneet jäivät varalaitteiksi.
- Academica Oy toteutti Helsingin keskustaan uuden kalliosuojassa olevan konesaliratkaisun, jossa hyödynnetään jäähdytykseen kaukokylmää.
- Tieteen Tietotekniikkakeskus CSC valitsi uuden konesalinsa sijoituspaikaksi Kajaanin ja UPM:n entisen tehdaskiinteistön. Konesali saa sähkönsä vesivoimalasta ja jäähdytysveden viereisestä joesta.
- Tieto Oyj toteuttaa Espooseen konesalia, joka perustuu kaukokylmään.
- Hewlett Packard on hyödyntänyt konesalissaan kylmän ilman vapaajäähdytystä.

⁴ Vastaavia ratkaisuja on merkittävästi lisää, tässä listatut toimivat esimerkkeinä tällaisista ratkaisuksista

Kaukokylmä toimii käänteisesti kaukolämpöön verrattuna. Jäähdytetty vesi menee jakeluverkoston kautta rakennusten sisäilman jäähdyttämiseen sekä prosessien jäähdyttämiseen ja lauhduttamiseen.

3.2.5. Hukkalämmön hyötykäytön lisääminen

Vaikka palvelinlaitteet eivät kovin suositeltavia lämmönlähteitä olekaan, konosalien hukkalämmön hyödyntäminen sellaisiin kohteisiin, joita joudutaan joka tapauksessa lämmittämään, on erittäin hyödyllistä.

Hukkalämpöä ei toistaiseksi ole pystytty hyödyntämään riittävästi. Nyt toteutettavissa uusimissa konesaleissa myös tähän on kiinnitetty huomiota. Kaukokylmään perustuvissa toteutuksissa lämmennyt lauhdutuslämpö yleensä johdetaan kaukolämpöverkkoon ja tätä pystytään hyödyntämään myös kiinteistöjen lämmitykseen. Esimerkiksi Academican, Yleisradion ja Tiedon uuden konesalin hukkalämpöä hyödynnetään pääkaupunkiseudun asukkaiden kaukolämmössä lämmitykseen. IBM puolestaan on hyödyntänyt konesalin hukkalämpöä pysäköintitilojen lämmittämiseen.

3.2.6. Nestejäähdytyksen hyödyntäminen

Yksi merkittävistä varsinaisen jäähdytystehon kasvattamisen keinoista on nestejäähdytyksen hyödyntäminen. Nestejäähdytyksessä periaatteena on siirtää hukkalämpö jäähdytysnesteeseen hyvin lähellä hukkalämmön lähdettä toisin kuin ilmajäähdytteisissä ratkaisuissa, joissa joudutaan siirtämään kuumaa ja kylmää ilmaa selvästi pidempiä matkoja. Nestejäähdytykseen on useita eri ratkaisumalleja. Yksi perustuu laiteräkkivalmistajien ratkaisuun, jossa nestejäähdytys on toteutettu suoraan laiteräkkiin. Vesijäähdytteiset laiteräkit soveltuvat hyvin kylmäkuuma –käytävien toteuttamisperiaatteeksi.

Nestejäähdytystä voidaan hyödyntää huomattavasti suurempiin ja lämpökapasiteetiltaan tiheämpiin kohteisiin kuin ilmajäähdytystä, sillä jäähdytysnesteiden lämmönjohtokyky on jopa 3500-kertainen ilmaan verrattuna. Se sopiikin hyvin juuri korkean käyttöasteen räkkipalvelimiin.

Vesijäähdytykseen perustuvan vapaajäähdytyksen hyötysuhde kasvaa merkittävästi nestejäähdytysratkaisuissa verrattuna ilmajäähdytykseen. Joka tapauksessa lämmön siirtäminen pienestä määrästä lämmönlähteen lähellä olevasta hyvin kuumasta ilmasta on selvästi tehokkaampaa kuin antamalla hyvin kuuman ilman sekoitusta suureen määrään keskilämmintä ilmaa ja jäähdyttämällä tätä suurta ilmamäärää.

Esimerkiksi Hewlett Packard Oy ja MTV3 Oy hyödyntävät konesaleissaan nestejäähdytystä.

Nestejäähdytystä suunniteltaessa ja toteutettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota mahdollisten vuotojen havaitsemiseen ja hallintaan.

3.3. Muut konesalien energiatehokkuuden kohteet

Muita konesalien energiatehokkuutta tehostavia toimenpiteitä ovat:

- Sähkönsyötön hyötysuhteen kehittäminen
- Ilmankosteutta säätevien laitteiden hyötysuhteen parantaminen

- Valaistuksen tehostaminen
- Muut välilliset keinot

3.3.1. Sähkönsyötön kehittäminen

Tietoteknisten laitteiden sähkönsyötön on oltava sekä hyvin tasalaatuista että varmaa. Palvelimien ja konesalin sähkönsyötön tulee pysyä tasalaatuisena ulkoisen sähköverkon jännitteen heilahdellessa ja varavoiman on kytkeydyttävä välittömästi päälle sähkökatkojen aikana.

Yleensä hyödynnetään laite- tai rakkikohtaisia vaihtovirtaan perustuvia virtalähteitä. Käyttämällä korkean hyötysuhteen virtalähteitä parannetaan virransyötön tehokkuutta ja samalla vähennetään itse virtalähteiden jäähdytystarvetta, koska niissä syntyy vähemmän hukkalämpöä.

Palvelinkohtaisten virtalähteiden tulisi täyttää alustavan palvelinten Energy Star-määrittysten virtalähteitä koskevat vaatimukset.

Keskeytymättömän sähkönsyötön varmistamiseksi konesaleissa käytetään ns. UPS-järjestelmiä (Uninterruptible Power Supply), jotka varmistavat keskeytymättömän ja tasalaatuisen sähkönsyötön laitteille. Osa sähkötehosta kuitenkin menee hukkaan UPS-järjestelmien sisäisen toiminnan takia esimerkiksi vaihtovirta-tasavirta -muunnoksiin. UPS-järjestelmien hyötysuhteen nostamisella voidaan parantaa konesalin energiatehokkuutta.

Siirtyminen konesalin sähkönsyötössä tasasähköön, voi vielä entisestään nostaa konesalien energiatehokkuutta. Tasasähköön perustuvien sähkönsyöttöjärjestelmien komponentit ovat yksinkertaisempia ja hyötysuhteeltaan parempia kuin vaihtosähköön perustuvat ratkaisut. Tasasähköön siirtyminen edellyttää luonnollisesti itse palvelinlaitteilta tukea tasasähkölle.

Älykäs sähkönsyöttöjärjestelmä mahdollistaa myös palvelinten kuluttaman energian reaaliaikaisen mittaamisen. Konesalipalvelutuottaja voi tämän avulla tarvittaessa kohdistaa energiakustannukset yksittäisille asiakkaille.

3.3.2. Ilmankosteutta säättävien laitteiden hyötysuhteen parantaminen

Konesaleissa on myös huolehdittava oikeasta ilmankosteudesta. Liian suuri ilmankosteus voi johtaa kondensoitumiseen ja komponenttien oikosulkuihin tai häiriöihin. Liian pieni ilmankosteus puolestaan aiheuttaa staattista sähköä, joka on vaarallista elektronisille laitteille. Erityisesti pakkasilmalla ulkoilma on hyvin kuivaa ja sitä pitää kosteuttaa.

Perinteisesti kosteutta on kontrolloitu ilmankuivaimilla ja höyryä tuottavilla ilmankostuttimilla hajautetusti. Tämä kuluttaa tarpeettomasti sähköä. Erityisesti hajautetut ratkaisut voivat suurissa konesaleissa vielä taistella keskenään. Yksi kosteudenhallintalaitte yrittää kosteuttaa ilmaa ja toinen puolestaan kuivata sitä.

Ns. adiabaattiset ratkaisut hyödyntävät ympäröivän tilan lämpöä kosteutukseen ja hyödyntävät haihdutusta kosteutukseen. Mikäli ilmankosteuttamisessa voidaan hyödyntää palvelinten hukkalämpöä, tätä voidaan pienessä määrin käyttää uudelleen ilmankostutuksessa, sillä haihduttaminen sitoo lämpöä ja puolestaan hiukan myös jäähdyttää tilaa.

3.3.3. Valaistuksen tehostaminen

Pieni osa konesalien sähkönkulutuksesta kuluu valaistukseen ja valaistuksesta syntyvän lämmön jäähdyttämisen kerrannaisvaikutuksiin.

Konesalin valaistus tulee suunnitella siten, että valaistus kohdistuu sinne, missä operointitilanteissa valoa tarvitaan. Valaistus tulee toteuttaa energiatehokkain valaisimin kuten energiasäästölamppuin tai LED-valaisimin. Valistuksessa on hyvä käyttää liikkeentunnistustekniikkaa, jotta välttyään tarpeettomalta valojen käytöltä.

3.3.4. Muut välilliset keinot

Palvelinpalveluiden kokonaisenergiatehokkuuteen vaikuttavat itse konesalin energiatehokkuuden lisäksi myös palvelimiin itseensä liittyvä energiatehokkuus.

Energiatehokkaat laitteet

Itse palvelinlaitteiden energiatehokkuuteen tulee kiinnittää huomiota. Palvelinten energiatehokkuus näkyy sekä palvelinten sähkönkulutuksen suorana pienentymisenä että välillisesti jäähdytystarpeen vähentyessä vastaavasti.

Palvelinten energiatehokkuutta voi arvioida palvelinkohtaisesti esimerkiksi Energy Star –organisaation sivuilta (www.eu-energystar.org) tai sivustolta www.epeat.net.

Palvelinten virtualisointi

Palvelinten virtualisoinnin avulla voidaan nostaa palvelinten käyttöastetta ja välttää hukkakäyttöä. Virtualisointia esitellään lisää tämän dokumentin seuraavassa pääluvussa.

3.4. Mittarit ja seuranta

Pelkkä huolellinen suunnittelu ei vielä riitä konesalin energiatehokkuuden varmistamiseksi. Energiatehokkuuden jatkuva kehittäminen edellyttää energiatehokkuuden systemaattista mittaamista ja parhaimmillaan reaaliaikaista, mittaukseen perustuvaa säätelyä.

Konesalien energiatehokkuuden mittaamiseksi on määritetty useita mittareita, joita voidaan hyödyntää jatkuvassa kehittämisessä. Näitä ovat mm. edellä mainittu Green Gridin PUE sekä Uptime Instituten⁵ SI-EER (Site Infrastructure-Energy Efficiency Ratio), IT-EER (Information Technology-Energy Efficiency Ratio), and DC-EER (Data Center-Energy Efficiency Ratio) PUE.

Näiden hyödyntäminen ei ole täysin ongelmaton, mutta jatkuva kehittäminen kannattaa perustaa johonkin selkeästi mitattavaan mittariin, jonka avulla konesalin energiatehokkuuden kehittymistä voidaan mitata.

⁵ Uptime Institute, 2007, Four Metrics Define Data Center “Greenness”