



– Energiatohokasta tietojenkäsittelyä

Johdanto

Googlen tavoite on järjestää kaikki maailman tieto ja tarjota se kaikkien käyttöön ja hyödynnettäväksi. Sadat miljoonat ihmiset käyttävät palvelujamme internetissä ja tällaisen käyttäjämäärän tukeminen vaatii runsaasti palvelinkapasiteettia. Haluamme tarjota hyödyllisiä ja helppokäyttöisiä palveluja ja suhtaudumme energiankulutukseemme erittäin vakavasti. Tavoitteemme on tehdä tietoliikenneinfrastruktuuristamme mahdollisimman ympäristöystävällistä. Nykyisin palvelinkeskuksemme ovat maailman energiataloudellisimpia.

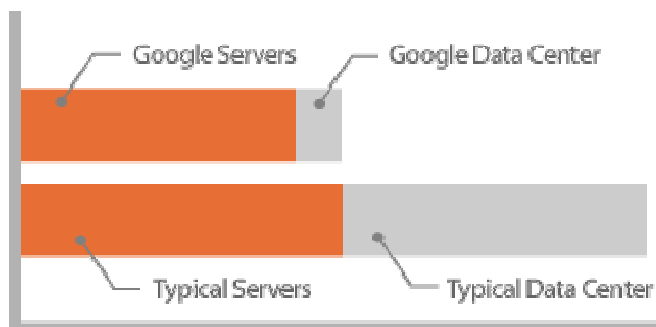
Alla oleva kaavio osoittaa, että Googlen suunnittelemat palvelinkeskukset – sekä palvelimet että itse laitos – käyttävät huomattavasti vähemmän energiaa kuin tyypilliset palvelinkeskukset. Yksi Googlella tehty haku vaatii hyvin pienen määrän energiaa: 0,0003 kWh keskimääräistä hakua kohden. Hakua tehtäessä käyttäjän oma tietokone kuluttaa luultavasti enemmän energiaa kuin Google käyttää vastatessaan hakuun.

Ekologisuus ei kuitenkaan liity vain sähköön, joten olemme tehneet muutakin kuin vähentäneet omaa energiankulutustamme. Kaksi laitoksisstamme toimii 100-prosenttisesti kierrätetyllä vedellä. Vuoteen 2010 mennessä odotamme kierrätetyn veden kattavan 80 % palvelinkeskustemme veden kokonaiskulutuksesta. Valvomme myös tarkkaan, mitä palvelimillemme tapahtuu käytöstä poistamisen jälkeen ollaksemme varmoja, että kaikki materiaali käytetään uudelleen tai kierrätetään kokonaisuudessaan. Lisäksi kannustamme käyttäjiämme ja alan yrityksiä panostamaan puhtaaseen ja tehokkaaseen energiatulevaisuuteen. Jos kaikki palvelinkeskukset olisivat yhtä tehokkaita kuin omamme, yksin Yhdysvallat säästäisi riittävästi energiaa kaikille kotitalouksille Atlantan, Los Angelesin, Chicagon ja Washington D.C.:n kaupunkien alueilla.

Luonnonvarojen säästäminen on hyväksi ympäristölle mutta se vähentää myös kustannuksia ja on siten taloudellisesti kannattavaa. Vihreys on tärkeä osa kilpailukykyämme.



Electricity Use



Googlen palvelimien ja palvelinkeskusten energiankulutus (yllä) verrattuna tyypillisiin palvelimiin ja palvelinkeskuksiin (alla).

Googlen viiden vaiheen ohjelma

1. vaihe: palvelimien energiankulutuksen minimointi
2. vaihe: palvelinkeskusten käyttämän energian minimointi
3. vaihe: arvokkaan puhtaan veden säästäminen kierrättämällä
4. vaihe: kaikkien palvelinkeskuksistamme lähtevien elektronisten laitteiden uusiokäyttö tai kierrätys
5. vaihe: yhteistyö sidosryhmiemme kanssa älykkäämpien energiakäytäntöjen edistämiseksi

Nämä vaiheet ovat vain työmme lähtökohta. Olemme sitoutuneet toimimaan tulevaisuudessa täysin hiilineutraalisti ja etsimme jatkuvasti tapoja tehdä palveluistamme ekologisesti entistä kestävämpiä. Tavoitteen onnistuminen on kiinni innovatiivisista työntekijöistä, kuten insinööreistä, joilla on intohimo ja motivaatio ylittää tehokkaan tietojenkäsittelyn rajoja. Jos olet etsimämme henkilö, [liity](#) joukkoomme ja auta meitä organisoimaan maailman tiedot ympäristöä säästävästi.

1. vaihe: Tehokkaat palvelimet

Ekologisesti kestävä infrastruktuuri perustuu sille, että tietokoneemme käyttävät niin vähän sähköä kuin mahdollista. Suurin osa koneistamme on palvelimia, suuritehoisia tietokoneita, jotka ovat päällä koko ajan. Verrattuna muihin laitteisiin, kuten pesukoneisiin, jääkaappeihin tai ilmastointilaitteisiin, palvelimien kokonaiskulutuksen mittaaminen on hankalampaa. Palvelimet pyörittävät erilaisia sovelluksia, kun taas muut mainitut laitteet suorittavat vain yhtä toimintoa. Siksi arvioimme palvelimiemme tehokkuuden vertaamalla varsinaisten tietokoneen komponenttien (kuten prosessorien ja muistin) käyttämän virran määrää kaikkien muiden osien (kuten tuulettimien ja muuntajien) käyttämään virtaan.

Jopa kolmas kaikesta tavanomaisen palvelimen kuluttamasta energiasta on käytetty ennen kuin varsinaiset komponentit pääsevät käyttämään sitä. Suurin osa hävikistä tapahtuu sähköön muuntamisprosessin aikana. Virransyöttö, jossa tavallisesta virtalähteestä tuleva vaihtovirta muunnetaan matalaksi tasavirraksi, kuluttaa suuren osan energiasta. Toinen suuri energiasyöppö on virtapiiri, joka muuntaa jännitteen. Virtapiiri on tietokoneen emolevyllä ja muuntaa virtalähteen syöttöjännitteen mikrosirulle sopivaksi. Molemmat lähteet on perinteisesti suunniteltu heikolla hyötysuhteella toimivaksi. Näin lähtöhinnasta on säästetty muutama euro mutta pitkässä juoksussa hävitään energiakuluissa. ([Kannattaa siis valita tehokas laite.](#))

Annual Savings Per Server



Palvelinkohtainen vuosittainen säästö. Sähkö, säästö 500 kWh. Hiilidioksidi, säästö 300 kg. Vesi, säästö 3785 litraa. Yhteensä noin 23 € säästöä vuodessa palvelinta kohden.

Googlen palvelimet ovat erilaisia. Vuonna 2000 aloimme panostaa tehokkaaseen virran muuntamiseen. Olemme useiden vuosien ajan käyttäneet virtalähteitä, jota ylittävät [Climate Saver Computing -hankkeen "Gold"-tason tehokkuuden](#). Myös emolevymme käyttävät erittäin tehokkaita jännitesäätimiä, jotka maksimoivat toiminnassa oleviin komponentteihin siirretyn sähkön määrän. Palvelimemme menettävät vain vähän yli 15 % virtalähteeltä ottamastaan sähköstä. Tämä on vähemmän kuin puolet tavallisella palvelimella menetetyistä sähköstä. Tehokas virranmuunto tuottaa tulosta: arvioidemme mukaan jokainen palvelimemme säästää vuosittain yli 500 kWh tavalliseen järjestelmään verrattuna.

Poistamme palvelimistamme myös osat, kuten grafiikkapiirit, joita sovelluksemme eivät tarvitse. Palvelimien sijoittelu ja kaapit optimoidaan niin, että jäähdytys on mahdollisimman tehokas. Lisäksi tuulettimet on ohjelmoitu pyörimään vain niin nopeasti kuin on tarpeen palvelimen lämpötilan pitämiseksi riittävä viileänä. Kannustamme kaikkia tavarantoimittajiamme tuottamaan komponentteja, jotka toimivat tehokkaasti niin käyttämättöminä, täydellä teholla kuin matalalla tasolla. Tätä ominaisuutta kutsumme ["energasuhteellisuudeksi"](#). [Tutkimuksemme](#) osoittavat, että näin toimien suurten palvelinkeskusten kuluttama energia voitaisiin puolittaa.

2. vaihe: Tehokkaat palvelinkeskukset



Jäähdytystorni Oregonin palvelinkeskuksessamme

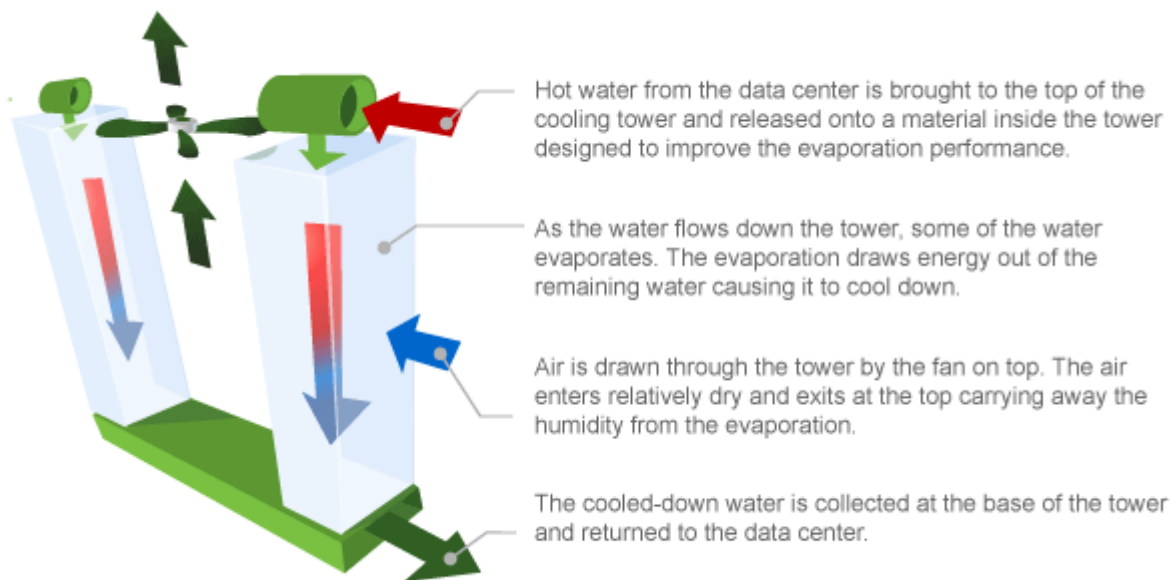
Olemme havainneet, että tavallinen palvelinkeskus käyttää lähes puolet kuluttamastaan energiasta virransyöttöön ja jäähdytykseen, sen sijaan että se käytettäisiin itse laskentaan. Ideaalitilanteeseen verrattuna ne käyttävät virtaa tuplasti. Saman vahvasti Yhdysvaltain ympäristönsuojelulaitos (EPA) vuonna 2007 julkaisemassaan tutkimuksessa. Se arvioi nykyisten palvelinkeskusten keskimääräiseksi hukkaenergiaksi 96 %. Vuonna 2004 päätimme siirtää suuren osan infrastruktuuristamme uusiin palvelinkeskuksiin, jotka on rakennettu tehokkuutta ja kustannustasoa silmällä pitäen. Lisäksi ryhdyimme kehittämään tapoja karsia turhaa energiankulutusta.

Palvelinkeskus on käytännössä varastomainen rakennus, jossa on tuhansia palvelimia. Koska palvelimet kuluttavat paljon sähköä, niiden virransaantiin tarvitaan myös paljon varavirtajärjestelmiä tuottamaan virtaa

yleisten sähkökatkojen aikana. Tyypillisesti 10–20 prosenttia virrasta häviää näissä järjestelmissä. Energiahävikistä päästäksemme optimoimme varavirtajärjestelmiä tehokkaammiksi.

Palvelinkeskusrakennukseen menevä sähkö muuttuu lopulta lämmöksi ja siksi rakennuksessa on tuulettimia, pumppuja ja ilmastointilaitteita, jotka poistavat lämpöä. Useissa palvelinkeskuksissa pelkkä jäähdytys aiheuttaa 30–70 prosentin energianhukan. Lämpö voidaan kuitenkin poistaa helpommin: haihduttamalla.

Haihtuminen on tehokas ilmiö. Se pitää ruumiinlämmön tasaisena, vaikka ulkolämpötila ylittäisi normaalin 37°C lämpötilan. Miten? Veden muuttuminen höyryksi vaatii energiaa. Kyseinen energia on lämpöä, joka poistuu lähiympäristöstään aiheuttaen jäähdytysreaktion. Palvelinkeskuksemme hyödyntävät tätä haihdutusprosessia jäähdytystornien avulla. Alla on yksinkertainen malli jäähdytystornin toiminnasta:



1) Palvelinkeskuksista tuleva vesi vietään jäähdytystornin päälle ja vapautetaan tornin sisällä olevan materiaalin päälle. Materiaali on suunniteltu tehostamaan haihtumista. 2) Kun vesi valuu tornia alas, osa vedestä haihtuu. Haihtuminen vie energiaa jäljellä olevalta vedeltä ja siten jäähdyttää sitä. 3) Tornin päällä oleva tuuletin vetää ilmaa tornin läpi. Ilma tulee torniin suhteellisen kuivana ja lähtiessään tornin huipulta se vie mukanaan haihtumisen aiheuttamaa kosteutta. 4) Jäähdytynyt vesi kerätään tornin pohjalle ja palautetaan palvelinkeskukseen.

Haihduttavan jäähdytyksen tarkoituksena on minimoida jäähdyttäjien käyttämiseen tarvittava aika. Jäähdyttäjä toimii periaatteessa samalla tavoin kuin ilmastointilaitte mutta se voi toimia sekä vedellä että ilmalla. Kun jäähdyttäjiä on käytettävä, ne voivat kuluttaa useita kertoja enemmän virtaa kuin koko muu jäähdytysjärjestelmä yhteensä. Jäähdytystornien avulla palvelinkeskuksemme toimivat suurimman osan ajasta "ilmaiseksi jäähdytykseksi" kutsutussa tilassa. Se tarkoittaa, että jäähdyttäjät eivät ole päällä. "Ilmainen jäähdytys" ei ole varsinaisesti "ilmaista" mutta se on todella edullista ja erittäin tehokasta.

Järjestelmiä optimoimalla vähensimme Googlen rakentamien palvelinkeskusten keskimääräisen hukkaenergian 19 prosenttiin. EPA:n ilmoittama vastaava keskiarvo on 96 prosenttia, joten ero on

nelinkertainen. Yksi palvelinkeskuksistamme toimii pienemmällä 15 prosentin energianhukalla, eli parannus sen tehokkuudessa on kuusinkertainen. (Voit halutessasi lukea lisätietoja [mittauksiemme teknisistä tiedoista](#).) Palvelinkeskusten tehokkaalla toiminnalla on merkittävä vaikutus sekä kuluihimme että ekologiseen jalanjälkeemme.

3. vaihe: Veden käsittely



Vedensuodatusjärjestelmä laitokssamme Belgiassa

Energiatehokkuus vähentää kasvihuonekaasuja ja säästää rahaa mutta sillä on myös keskeinen rooli puhtaan veden säästämisessä. Voimalaitokset vaativat suuren määrän vettä toimiakseen. [Jokaista USA:ssa tuotettua sähkökilowattituntia kohden käytetään keskimäärin noin 7,6 litraa vettä](#). Käyttämällä vähemmän sähköä tietokoneinfrastruktuurin ylläpitoon säästyy samalla myös makeaa vettä. Tehokkaat palvelinkeskukset säästävät tuhansia miljoonia litroja juomavettä vuosittain yksinkertaisesti kuluttamalla vähemmän sähköä.

Yllämainittujen säästöjen lisäksi pyrimme myös minimoimaan omien laitostemme kuluttaman makean veden määrän. Nyt kaksi laitoksistamme toimii 100-prosenttisesti kierrätetyllä vedellä. Tavoitteemme on, että vuoteen 2010 mennessä 80 % palvelinkeskuksissamme käytetystä vedestä on kierrätettyä.

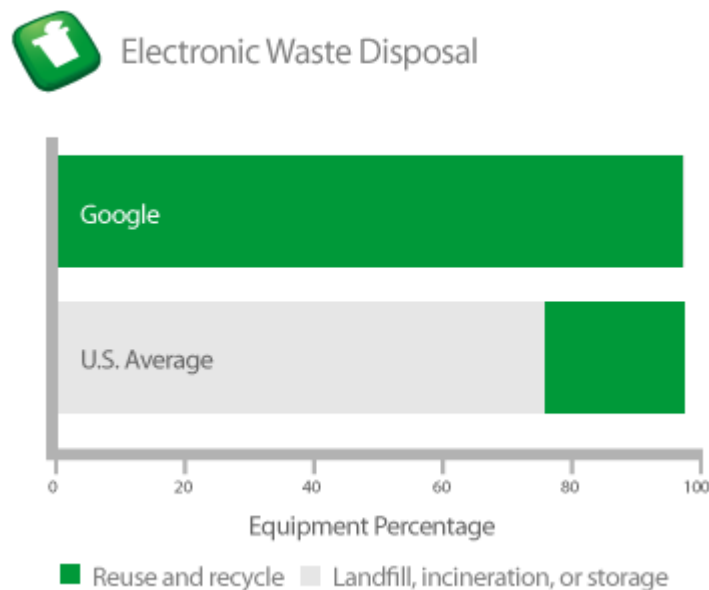
Sen sijaan, että haaskaisimme puhdasta juomavettä, käytämme likaisen veden lähdettä ja puhdistamme vettä vain sen verran että sitä voi käyttää jäähdytyksessä. Tämä vie huomattavasti vähemmän energiaa kuin sen puhdistaminen juomavedeksi. Esimerkiksi Belgiaan rakentamamme palvelinkeskus käyttää teollisuusalueen kanavasta tulevaa vettä ja käsittelee sen kiinteistön omassa vedenpuhdistuslaitoksessa ennen kuin se haihdutetaan jäähdytystorneissa.

Muut laitoksemme käyttävät esimerkiksi kaupungin jätevetä tai paikan päällä kerättyä sadevettä. Kierrätetyn veden käyttö ei aina teknisesti tai taloudellisesti mahdollista, mutta uskomme että voimme löytää ekologisesti kestävä ratkaisun suureen osaan kulutuksesta. Vaikka kierrätetyn veden käyttö palvelinkeskuksissa on vielä melko harvinaista, kannustamme kaikkia tutkimaan sen käytön mahdollisuutta.

Otsikon alla oleva kuva esittää vielä rakenteilla olevan Belgian laitoksemme vedensuodatusjärjestelmää. Mahdollisuus käyttää kierrätettyä vettä oli yksi syy kyseisen kiinteistön valitsemiseen; Belgian laitos toimii valmistuttuaan 100-prosenttisesti kierrätetyllä vedellä. Teollisuusalueen kanavan likainen vesi siirtyy järjestelmään ja käy läpi useita puhdistusvaiheita. Kuvassa näkyvät suuret tankit ovat täynnä hienoa hiekkaa pienhiukkasten suodattamiseksi. Prosessin lopussa vesi on täysin puhdasta ja näyttää tavalliselta vedeltä. Vaikka se ei olekaan juomakelpoista, se on tarpeeksi puhdasta ympäristöystävälliseen ja tehokkaaseen jäähdytykseen.

4. vaihe: Palvelimien poistaminen käytöstä ekologisesti kestävästi

Sitoutumisemme ekologisesti kestävään tietoliikenneinfrastruktuuriin sisältää suunnitelman toiminnallisen elinkaarensa loppuun tulleiden sähkölaitteiden [uusiokäytöstä ja kierrätyksestä](#). Kaikki käytöstä poistettavat palvelimemme joko käytetään uudelleen tai kierrätetään. Vertailun vuoksi, [EPA arvioi](#), että suurin osa USA:n sähkölaitejätteestä päätyy kaatopaikoille tai varastoihin ja vain 18 prosenttia vuonna 2006 käytöstä poistetuista laitteista käytetään uudelleen tai kierrätetään.



Elektronisten jätteiden käsittely. Google (yllä) ja Yhdysvaltain keskiarvo (alla). Vihreä palkki kuvaa uusiokäyttöä sekä kierrätystä ja harmaa kaatopaikkaa, polttamista sekä varastointia.

Kuusikymmentäkahdeksan prosenttia käytöstä poistetusta palvelinmateriaalistamme käytetään uudelleen. Jo olemassa olevien laitteiden uudelleenkäyttö säästää raaka-aineita, energiaa ja hiilidioksidipäästöjä, koska uusia laitteita ei tarvitse valmistaa tai kuljettaa käyttäjille. Useat järjestelmistä, joita ei voi päivittää tai muokata jatkuvaan käyttöön Googlella, myydään tai lahjoitetaan organisaatioille, jotka tarvitsevat tietoteknisiä laitteita.

Vaikka palvelimiemme elinkaaren on suunniteltu mahdollisimman pitkäksi, niissä on kuitenkin osia, joita ei voi käyttää uudelleen. Googlen maailmanlaajuinen ohjelma tarjoaa tämän materiaalin kierrättämiseen

ympäristöystävällisen tavan. Hyväksytyjen palveluntarjoajiemme on sitouduttava sosiaalisesti vastuullisiin käytäntöihin ja siihen, että he eivät toimita mitään elektronista jätettä kaatopaikoille, poltettavaksi tai kehitysmaihin. Olemme sitoutuneet siihen, että tietoliikenneinfrastruktuuriamme hallinnoidaan ekologisesti kestävästi jokaisen koneen koko elinkaaren ajan.

5. vaihe: Tehokas ja puhdas energiatulevaisuus

Teemme yhteistyötä alan toimijoiden kanssa parantaaksemme tehokkuutta myös laajemmassa mittakaavassa. Vuonna 2007 perustimme [Climate Savers Computing](#) -hankkeen Intelin ja muiden yrityskumppaniemme kanssa edistämään tehokkaampaa tietokoneiden käyttöä. Voittoa tuottamaton yhteenliittymä on sitoutunut vähentämään tietokoneiden käyttämän energian puoleen vuoteen 2010 mennessä. Tämä vähentää samalla noin 50 miljoona tonnia vuosittaisista maailmanlaajuisista hiilidioksidipäästöistä. [Liittymällä](#) hankkeeseen yritykset voivat säästää rahaa, vähentää sähkönkulutusta ja tehdä tietokoneiden käytöstä kestävämpää. The Green Grid puolestaan on maailmanlaajuinen konsortio, joka keskittyy kehittämään standardeja tietoliikennelaitosten ja IT-laitteiden tehokkuuden parantamiseksi.

Kampanjoimme myös aktiivisesti sellaisten julkisten ohjelmien puolesta, jotka nopeuttavat energiatehokkaiden ja uusiutuvien energiateknologioiden käyttöönottoa. Äskettäin kerroimme puhtaan energian yhteistyöstämme [GE:n kanssa](#). Yhteistyö keskittyy parantamaan virran tuottoa, siirtämistä ja jakelua.