

Projekti MWh/Tulokset

Harjoitustyö tehtiin osana Edistyneen data-analytiikan osaaja – kurssia.

Kari Luonteri

Projektin pää tavoite on löytää tapoja alentaa taloyhtiön kaukolämmön kulutusta.

- Kaukolämmön energiaa kuluu seuraaviin kolmeen komponenttiin:
 - Lämpöhäviöt patteriverkostossa ja lämpimän käyttöveden kiertoverkostossa
 - Rakennusten lämmittämiseen kuluva energia
 - Käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia
- Käyttöveden ja rakennusten lämmittämisen energiaa ei mitata erikseen, joten kuhunkin komponenttiin kuluva energia on kyettävä "eristämään".
- Yksi mahdollisuus kulutuksen vähentämiseen voisi olla vähentää lämpöhäviöitä lopettamalla lämpimän veden kierrätys patteriverkostossa ja käyttövesiverkostossa silloin kun kierrätys ei ole tarpeen.
 - Patteriverkostossa veden kierrätys on tarpeetonta silloin kun on muutoinkin lämmin
 - Lämpimän käyttöveden verkostossa kuumen veden kierrätys on turhaa silloin kun vettä ei käytetä tai käytetään vain kylmää vettä.
- Koska verkostoja on kaksi, niin mallejakin tarvitaan kaksi.
 - Rakennusten lämmitys on jokseenkin suoraan verrannollinen ulkolämpötilaan, joten lineaarinen regressio on tässä tapauksessa järkevä valinta.
 - Käyttöveden lämmitys puolestaan riippuu vedenkulutuksesta. Uusissa asuinrakennuksissa vedenkulutusta seurataan asuntokohtaisesti, joka saattaisi tarjota paremman mahdollisuuden mallinnukselle, mutta tutkittavassa taloyhtiössä on yksi vesimittari, joka mittaa taloyhtiön kokonaisvedenkulutusta. Tämän vuoksi ajatuksena on tutkia voidaanko saada aikaan aikasarjaan perustuvaa ennuste veden kulutukselle, niin, että se kykenisi ennustemaan riittävällä tarkkuudella milloin taloyhtiössä vedenkulutus on nolla tai lähes nolla. (käytetään vain kylmää vettä) Tämä edellyttää ennustemallilta riittävää tarkkuutta, jotta toisaalta asumismukavuus ei vaarannu ja toisaalta kustannukset eivät kasva toista kautta kuten esim. veden kulutuksen lisääntymisenä.

Patteriverkoston energiankulutus

- Mallinnukseen käytetään sklearnin LinearRegression –algoritmia
- Malli käyttää selittävinä tekijöinä ulkolämpötilaa ja tuulen voimakkuutta selitettävänä tekijänä käytetään energiankulutusta. Mallissa olisi mahdollista käyttää myös muita ulkoisia tekijöitä, kuten vaikkapa tuulen suuntaa, auringon säteilyä jne, mutta tässä projektissa valittiin mukaan vain kaksi selittävää tekijää.
- Koska lämmitys on suoraan verrannollinen ulkolämpötilasta, niin pyritään hakemaan ulkolämpötila, jossa lämmitykseen ei enää kulu energiaa. Tämän rajalämpötilan yläpuolella patteriverkoston veden kierrätys voitaisiin lopettaa, jolloin lämpöhäviöitä ei pitäisi syntyä.
- Tarkoituksena on kyetä myös määrittämään patteriverkoston lämpöhäviöiden osuus vuotuisesta rakennusten lämmitykseen käytetystä energiankulutuksesta.
- [Git Hub](#)

Patteriverkoston malli

- Lineaarisella regressiolla löydettiin rakennusten lämmityksen energiankulutukselle yhtälö
 - $y = -0.001009x_1 + 0.000596x_2 + 0.014410$, jossa x_1 on ulkolämpötila ja x_2 tuulen nopeus.
- Edellisestä yhtälöstä saadaan laskettua rajalämpötila, jonka ylityksen jälkeen energiaa ei kulu rakennusten lämmittämiseen. Rajalämpötilaksi saatiin n. 14.3 °C.
- Rakennuksen kaukolämmöstä otettu energia vuonna 2023 oli 141 MWh. Yhtälön avulla laskettuna rakennusten lämmitykseen (+patteriverkoston lämpöhäviöihin) kulunut energia oli 79.4 MWh, joka on n. 56% kokonaiskulutuksesta.
- Olettaen, että lämpöhäviöitä tapahtuu sekä patteriverkostossa, että lämpimän kiertoveden verkostossa suunnilleen saman verran, oli patteriverkoston lämpöhäviöiden osuus vuonna 2023 on n. 15.8 MWh, joka on n. 11% kokonaisenergiankulutuksesta. Molempien verkostojen lämpöhäviöiden yhteismäärä on siis n. 31.6 MWh, ja n. 22% energiankulutuksen kokonaismäärästä.
- Jos patteriverkoston vedenkierto voidaan pysäyttää lämpötilaennusteen perusteella, olisi lämpöhäviöistä mahdollista leikata n. 4.4 MWh, josta kustannussäästö vuonna 2023 olisi ollut n. 240EUR

Lämpimän käyttöveden energiankulutus

- Vuorokauden aikana vedenkulutus vaihtelee voimakkaasti, joten myös energiaa kuluu veden lämmitykseen vaihtelevasti vuorokauden eri tunteina. Koska vesi kiertää lämpimän käyttöveden verkostossa, kuluu osa energiasta tässäkin lämpöhäviöihin.
- Eri vuorokauden aikoina kylmää ja lämmintä vettä käytetään eri määriä. Taloyhtiössä kuitenkin ei ole käytössä kuin yksi mittari vedenkulutukseen. 2020 jälkeen rakennetuissa ja ja 2020 jälkeen putkisaneerauksen läpikäyneissä yhtiöissä vesimittarit ovat asuntokohtaisia ja lisäksi kylmän ja lämpimän veden kulutusta on yleensä seurattava erikseen. Lämpimän veden kulutuksen tieto tuntitasolla mahdollistaisi tarkan tiedon energiankulutuksesta, koska veden lämmityksen vedenkulutus on lineaarinen yhtälö.
- Vedenkulutuksen energiankulutus lasketaan tässä tapauksessa vähentämällä kokonaisenergiankulutuksesta rakennusten lämmitykseen käytetty energia sekä lämpöhäviöihin kuluva energia.
- Käyttövesiverkoston lämpöhäviöiden osuus on noin puolet lämpöhäviöistä.
- Hetkinä, jolloin vedenkulutus on nolla tai käytetään pelkästään kylmää vettä käyttöveden lämmitykseen kuluva energia on nolla. Tavoite on pystyä luotettavasti ennustaa, milloin näitä tunteja on, jolloin käyttövettä ei tarvitse kierrättää.
- [Git Hub](#)

Käyttövesiverkoston malli

- Vedenkäytön ennustamiseen käytettiin Facebookin kehittämää aikasarjan mallinnusalgoritmia nimeltä [Prophet](#).
- Algoritmi toimii ”perusmallissa” kahden sarakkeen dataframella, joissa d-sarakkeessa on aikaleima ja y-sarakkeessa selitettävä muuttuja
- Lisämuuttujia voi tarvittaessa lisätä ns. eksogeenisinä muuttujina.
- Mallissa on hyperparametreja, joilla mallia pyrittiin säätämään paremman tarkkuuden saavuttamiseksi.
- Malli hyvyys validoitiin niin, että laskettiin kuinka suuressa osassa niistä tunneista, jolloin vedenkulutus on 20 litraa tunnissa tai alhaisempi ennuste osui kohdalleen. Mitä suurempi tämä luku on sen parempi ennuste on.
- Mallin hyvyys jäi kuitenkin kauas ajatellusta 95% tarkkuudesta, koska ennustetarkkuus jäi hyperparametrien säädöistä huolimatta korkeimmillaan tasolle 53%. Tätä ei voida pitää hyväksyttävänä tuloksena, koska jos lämpimän vedenkierto pysäytettäisiin ennusteen perusteella, joutuisivat asukkaat valuttamaan vettä hanoista huomattavan paljon.
- Data testattiin vielä sekä [Logistisella regressiolla](#), että [Gradient Boosterilla](#). Niistä LR:lla, päästiin 58.9% tarkkuuteen ja GB:llä päästiin maksimissaan 67% (hieman ylisovitettuna) tarkkuustasolle, joka sekään ei kuitenkaan ole vielä tyydyttävä.

Jatkoideoita

- Patteriverkosto
 - Patteriverkoston kiertovesipumpun ohjaamiseen tarvitaan toimilaite, joka saa lämpötilaennusteen ja kykenee sen perusteella sulkemaan veden kierron. [Esimerkki](#). Hinnan perusteella laite kannattaisi asennuttaa jo tämänkin esimerkin taloyhtiössä, koska takaisinmaksuaika laitteelle (ilman asennusta tosin) on vajaa kolme vuotta. Suuremmissa taloyhtiöissä, joissa energiaa kuluu enemmän ja lämpöhukka on suurempi, takaisinmaksu on huomattavasti nopeampi.
- Lämpimän käyttöveden verkosto
 - Olisi mielenkiintoista tutkia projektinomaisesti dataa sellaisesta taloyhtiöstä, jossa lämpimän käyttöveden kulutusta seurataan erikseen.
 - Koska tulokset eivät olleet kovin hyviä huolimatta hyperparametrien asetusarvojen muuttelusta, niin voisi yrittää kokeilla olisiko feature engineeringin avulla mahdollista parantaa tuloksia.