

# **Elektritarbimise prognoos regressioonianalüüsī alusel ja selle automatisseerimine**

„Vali Andmetarkus!“ koolitusprogrammi lõppuprojekt

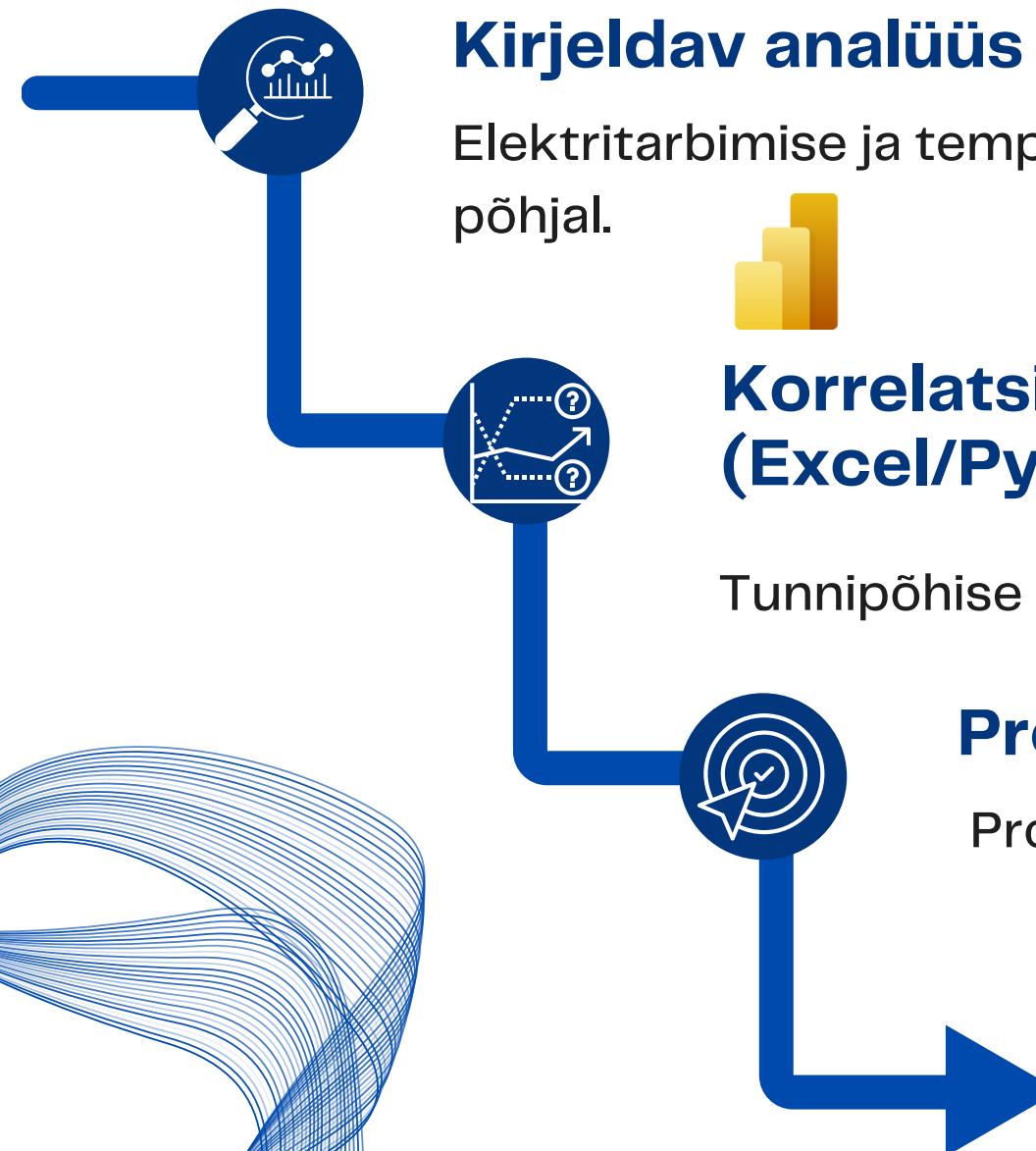


# Uurimisprobleem

Ettevõte X tegeleb elektrimüögiga ning vajab tunnipõhiseid elektritarbirnimise prognoose, et teha teadlikke planeerimis- ja ostuotsuseid ning selle põhjal planeerida ettevõte eelarvet ja teha tehingud elektribörsil.



# Andmenalüüs projektiplaan



## Kirjeldav analüüs (PowerBI)

Elektritarbimise ja temperatuuri seose ning trendide uurimine ajalooliste andmete põhjal.



## Korrelatsioonianalüüs ja prognoosimudeli loomine (Excel/Python/Jupiter notebook)

Tunnipõhise elektritarbimise prognoos.

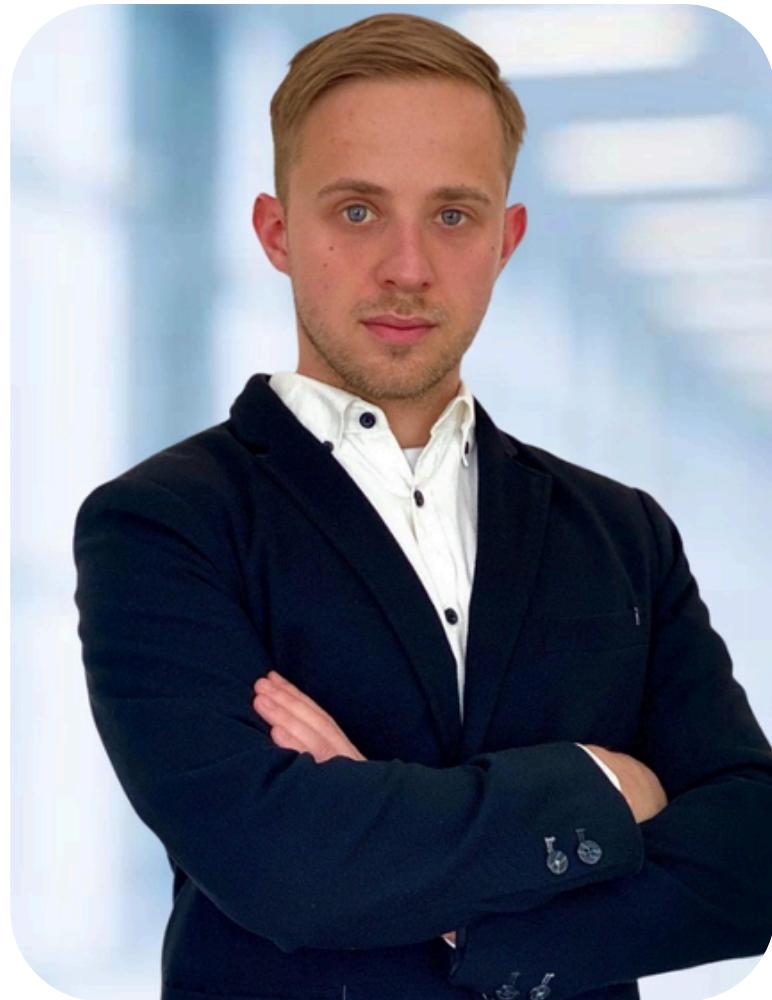


## Prognoosi valideerimine (Python/Jupiter Notebook)

Prognoosi täpsuse hindamine tegelike andmete alusel.



# Projekti tiim



**Johannes Kauksi**

Andmeanalüütik/ -insener



**Sergei Erbin**

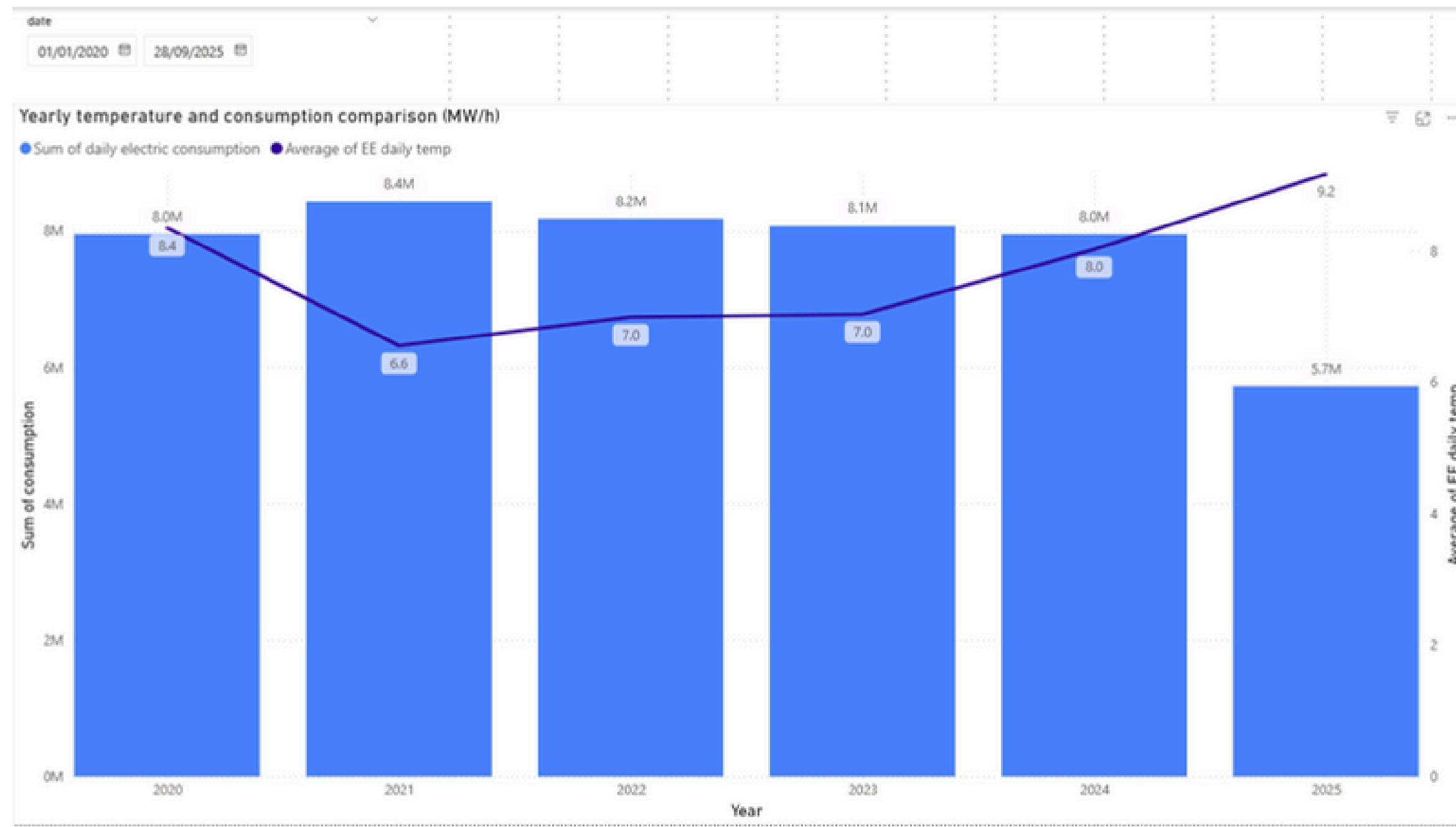
Andmeanalüütik/ -insener  
(projektijuht)



**Tarmo Gede**

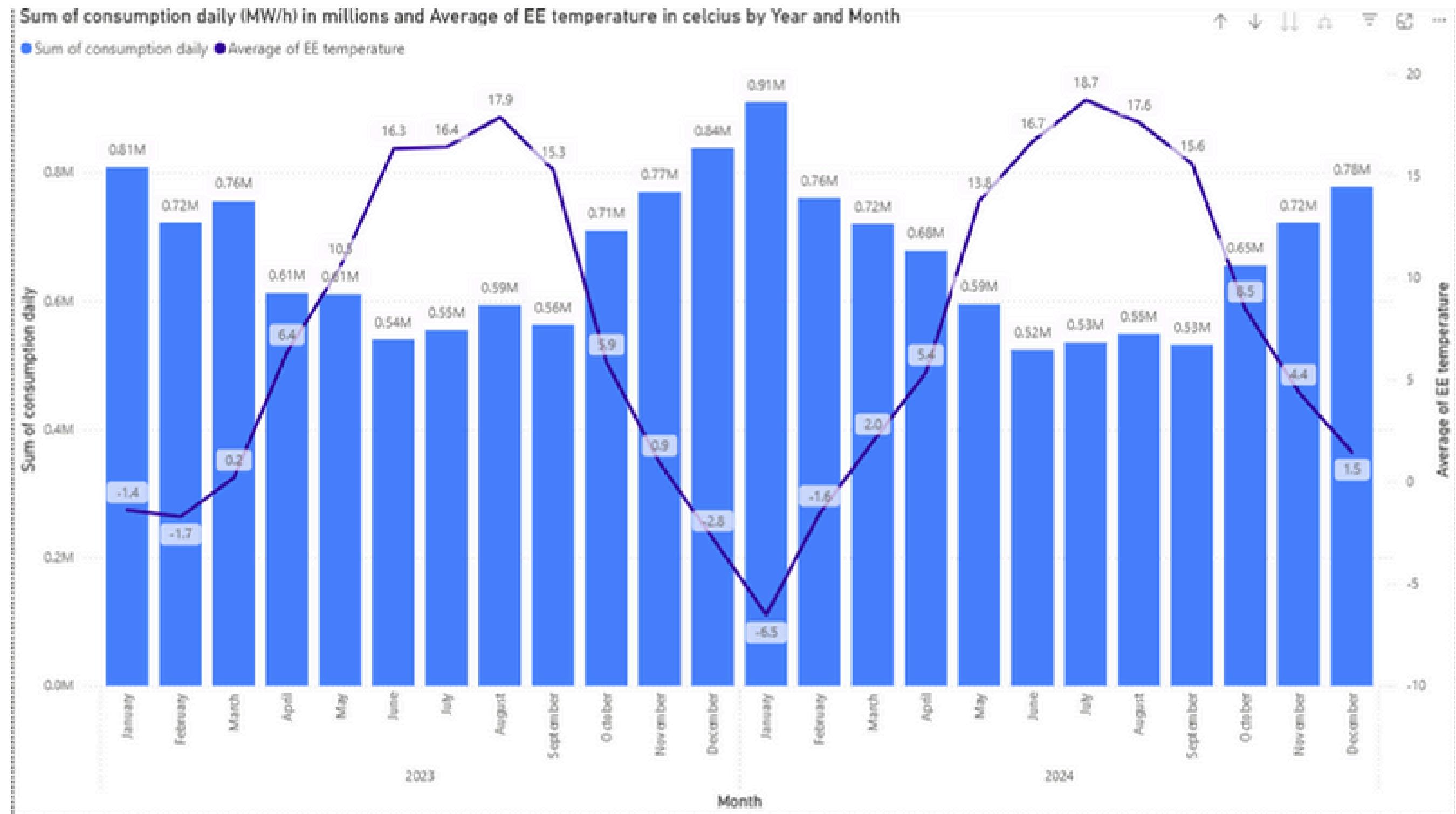
Andmeanalüütik/ -insener





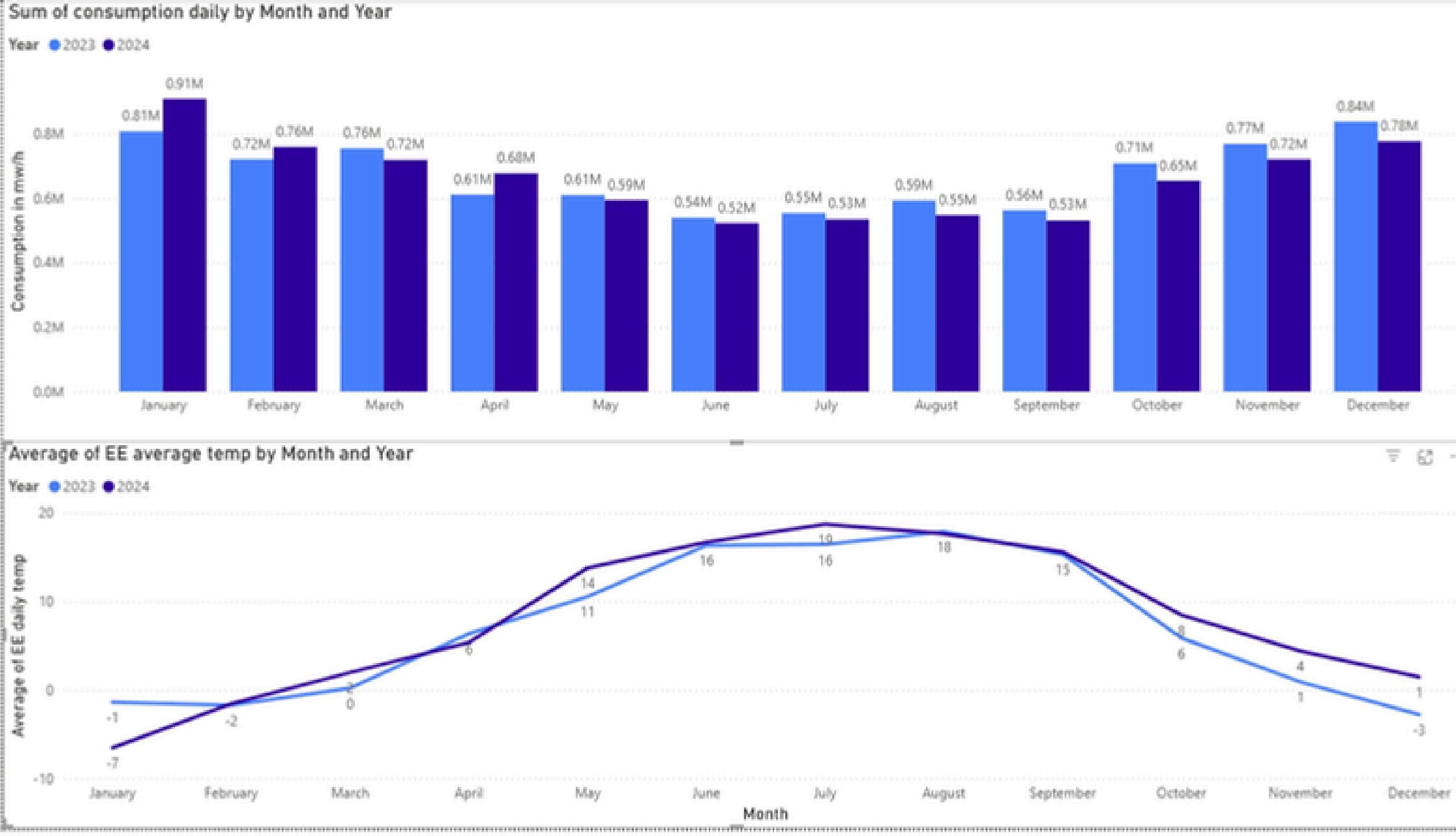
# Aastane tarbimine ja keskmine temperatuur

- Graafik näitab **aastast elektritarbimist** koos keskmise õhutemperatuuriga.
- 2020–2024 tarbimine püsis stabiilselt ~8 miljonit MWh.
- Kõrgeim tarbimine oli **2021 – 8,4 miljonit MWh**.
- 2025 andmed on puudulikud (hetkel 5,6 miljonit MWh).
- **Külmemad aastad → kõrgem elektritarbimine.**



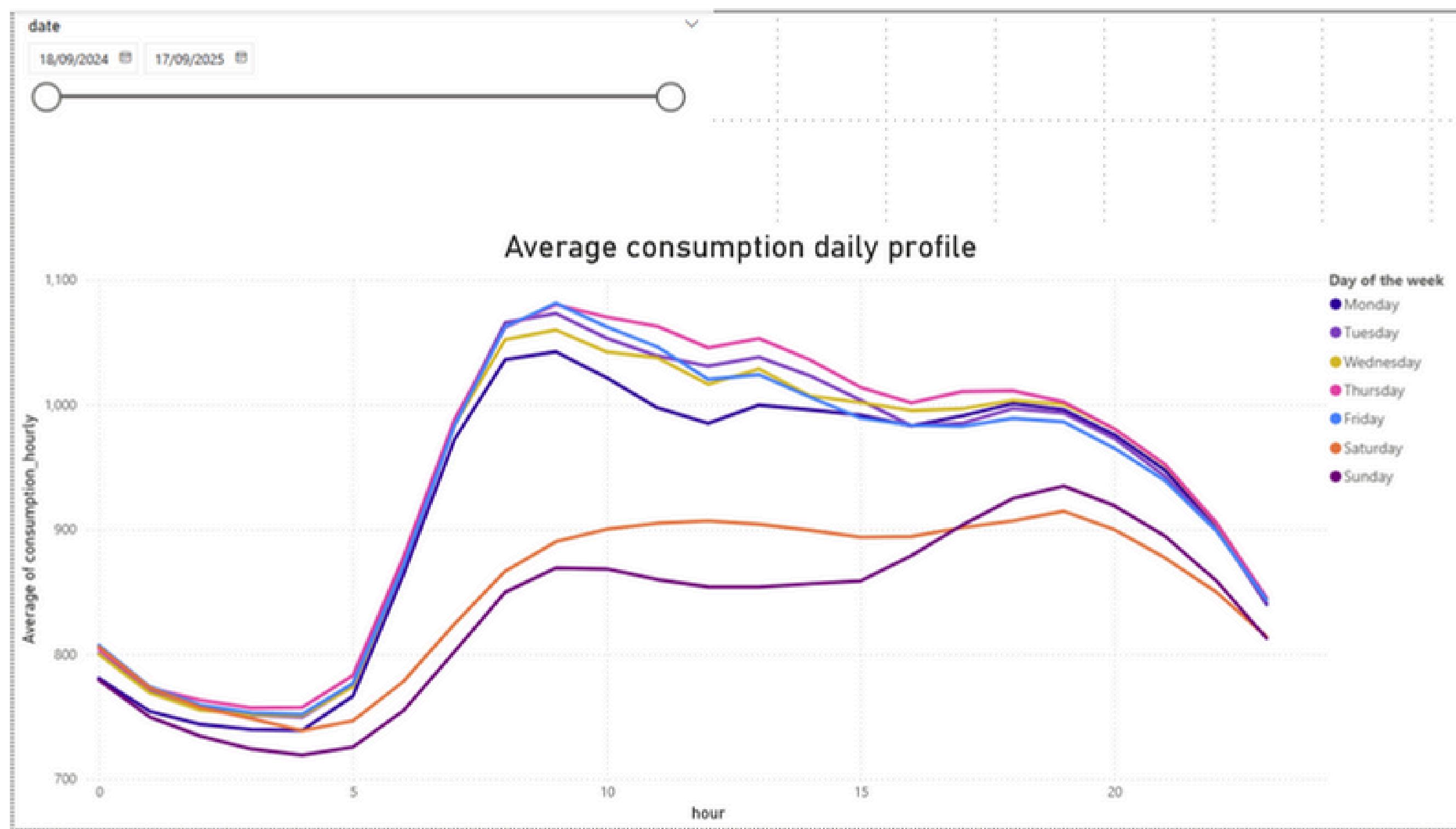
# Kuutarbimine ja temperatuur

- Graafik näitab elektritarbimise ja temperatuuri **seost kuude lõikes**.
- Talvekuud: **kõrgem tarbimine küttevajaduse tõttu**, temperatuur langeb alla nulli
  - Tuleneb seadmete soojendamise vajadusest
- Suvekuud: **tarbimine väheneb**, keskmise temperatuur tõuseb 16–19 °C.
- **Pöördvõrdeline seos** on selge – **külmemad kuud tõstavad tarbimist, soojemad vähendavad**.



# Aastate võrdlus (2023 vs 2024)

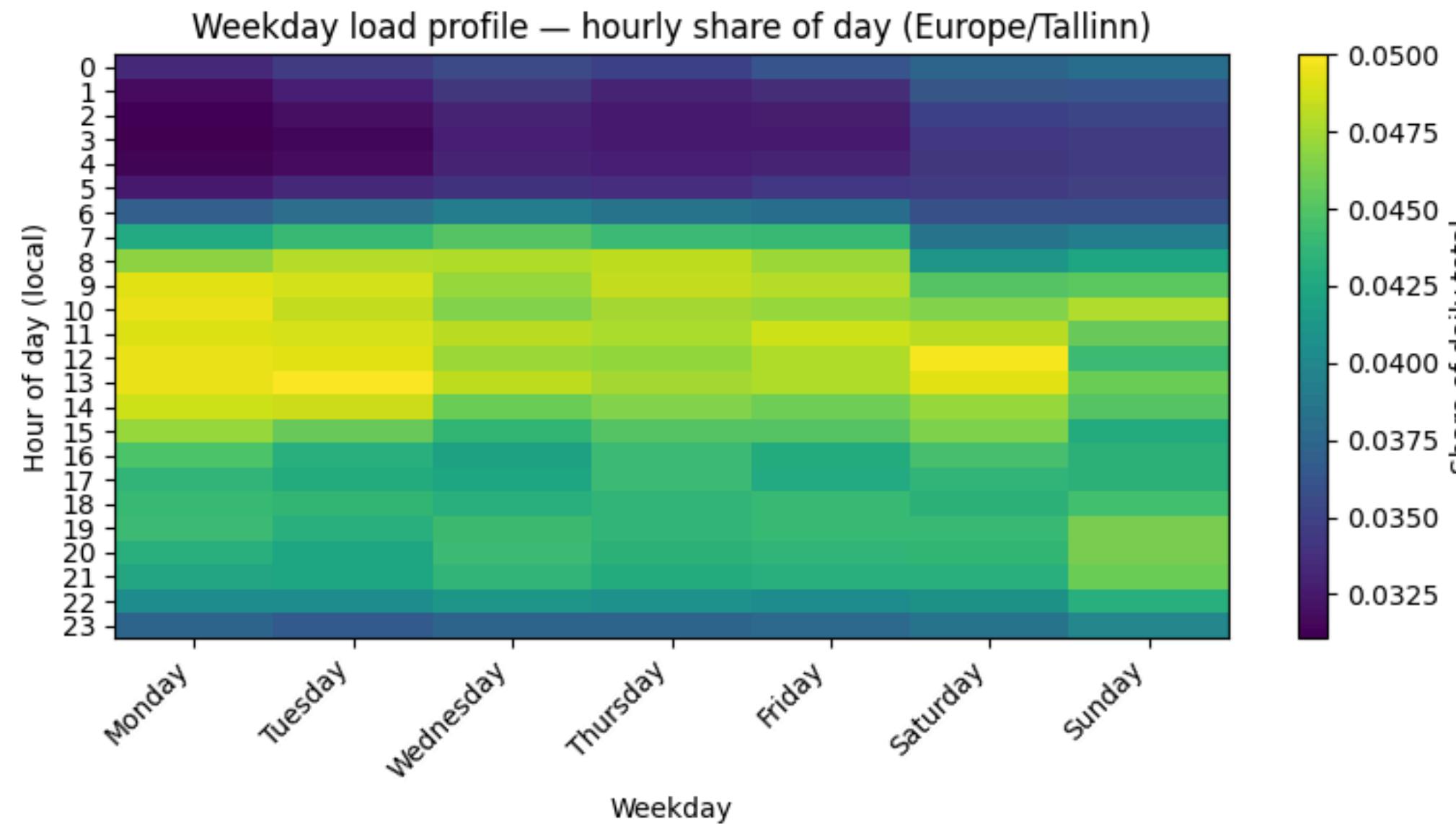
- Mõlemal aastal sama hooajalisus: talvel suurem tarbimine, suvel väiksem.
- **Isegi väikesed temperatuurierinevused (nt külmem jaanuar) võivad põhjustada märgatavaid muutusi elektritarbimises.**
  - jaanuar 2023 oli külmem kui jaanuar 2024. 6 kraadi mõjutab ~10%



# Keskmine päevane tarbimisprofiil

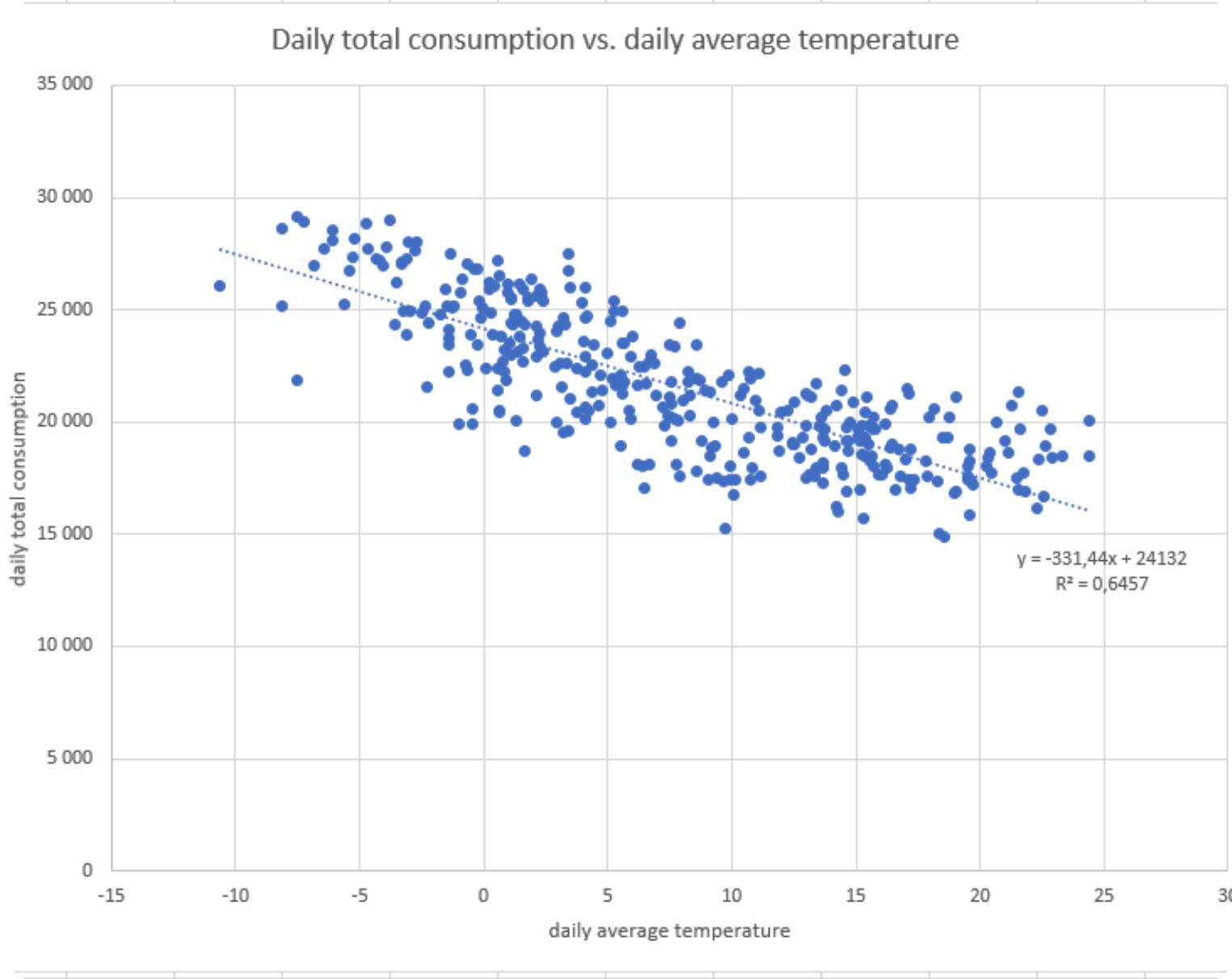
- Graafik näitab keskmisi tunnipõhiseid tarbimismustreid igal nädalapäeval.
- Tööpäevad (E-R) on väga sarnased: **öösel madal tarbimine**, hommikul kiire tõus, **tipp vahemikus 8–10** ja seejärel aeglane langus.
- Laupäev ja pühapäev eristuvad selgelt: hommikul tõus on aeglasem, **päevane tarbimine on madalam ja ühtlasem**.
- Selle järgi saab tuletada päevase tarbimiskõvera absoluutväärtsused ja nädalapäevade üldised profiilid

# Nädalapäevade koormuse jaotus



- Maatriks ( $24h \times 7$  päeva): iga veerg (nädalapäev) jagatud tundideks summeerub vääratuseni 1,0
- Iga tunni osakaal jääb vahemikku **3–5%**. Graafikul **antud kaaludena 0.03–0.05**.
- Hommikune töus (6–9) ja päevane tipp (9–14) on kõigil päevadel näha; tööpäevadel see on teravam, nädalavahetusel laugem.
- Pühapäeva õhtune tarbimise hüpe samuti
- Koormuse koefitsenti kasutatakse hiljem tunnipõhise prognoosi jaotuseks

# Tehniline teostus: Exceli prototüüp



## Eesmärk

- Uurida temperatuuri ja elektritarbimise vahelist seost
- Hinnata selle sobivust elektritarbimise proguoosimiseks

## Analüs

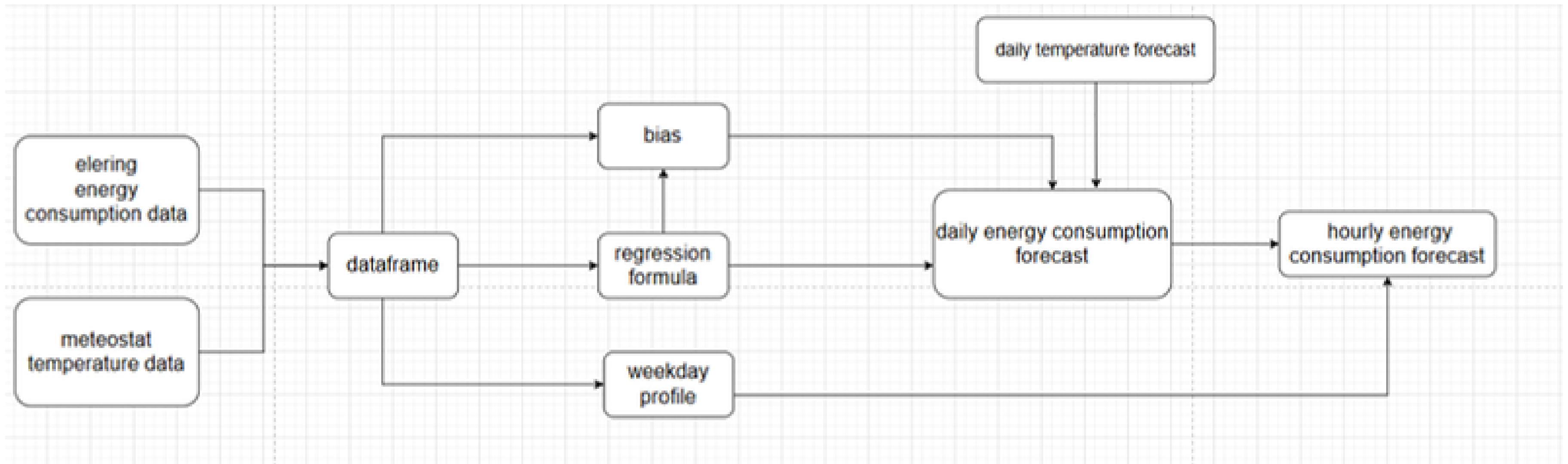
- **Temperatuur** on tugev igapäevase tarbimise mõjutaja
- Mudel seletab ~**65%** variatsioonist ( $R^2 = 0,646$ )
- Iga **+1 °C** → **~331** ühikut vähem tarbimist (95% CI: -357...-306)
- Regressioon on väga oluline ( $p < 0,05$ )
- Lihtne lineaarne mudel:
- **Tarbimine ≈ 24 131,9 - 331,4 × Keskmine päevale temp (°C)**
- Ülejäänud ~35% tuleneb nädalapäeva- ja pühadeefektidest, trendidest ja sesoonsusest

## Järeldus

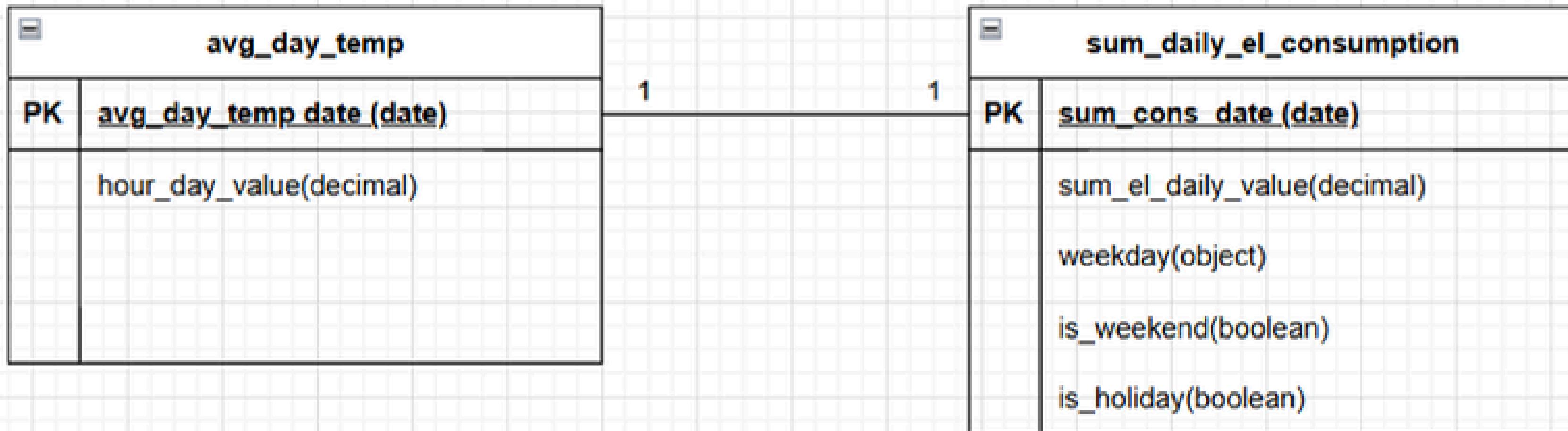
- Exceli prototüüp kinnitas, et mudel väärib edasist arendamist ja täpsustamist tööpäevade / nädalavahetuste kaupa
- GitHub link: [https://github.com/martinoland1/Electricity-Consumption-Forecast/tree/main/excel\\_prototype](https://github.com/martinoland1/Electricity-Consumption-Forecast/tree/main/excel_prototype)

# Andmevoog

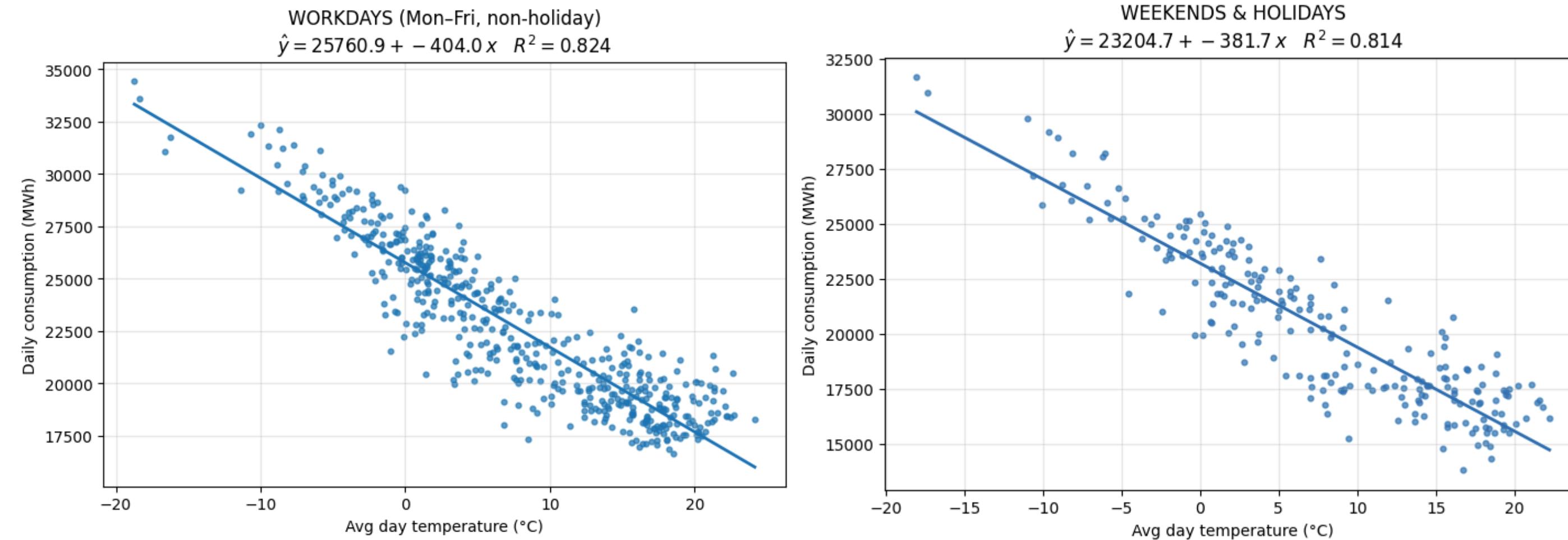
Impordime tarbimis- ja temperatuuriandmed → Koostame andmetabelid → Analüüsime: regressioon, korrigeerimistegur, päevaprofiil → Koostame päeva- ja tunnipõhised prognoosid



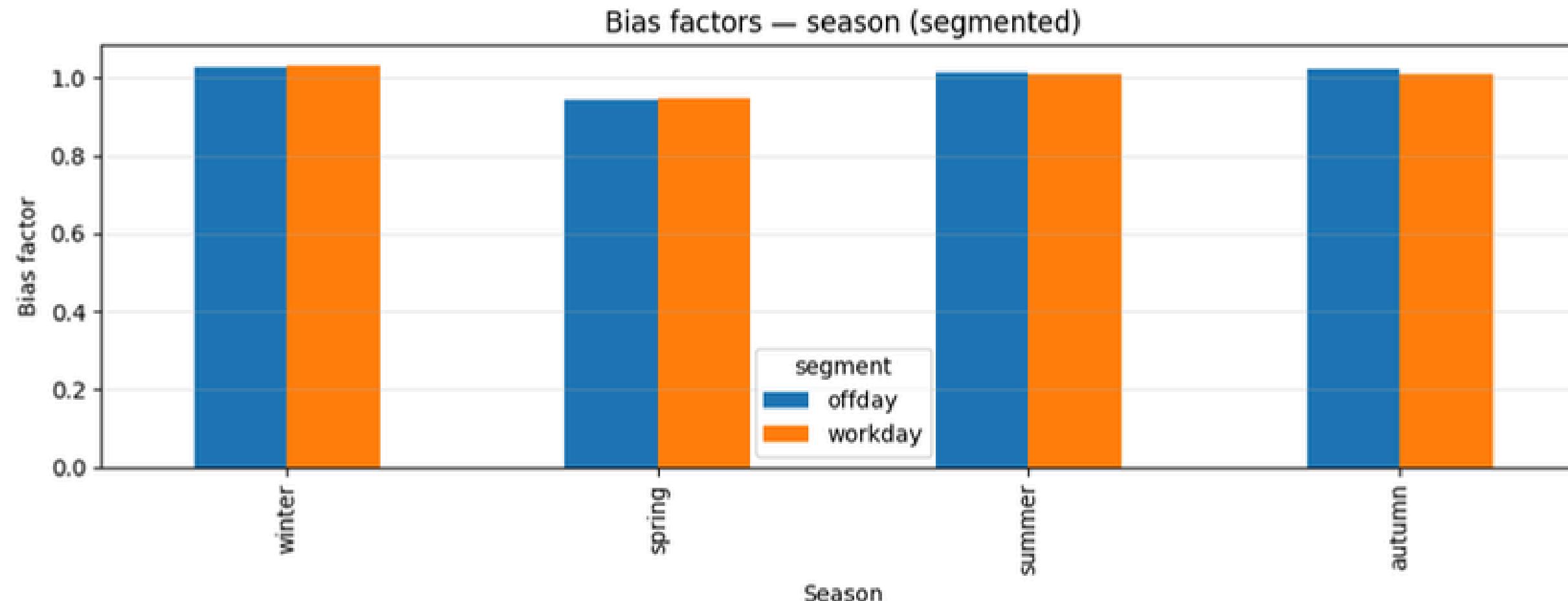
# Andmemudel



# Regressioonanalüüs (päevane tarbimine vs temperatuur)



Segmenteeritud regressioonid (tööpäevad vs nädalavahetused/pühad) võimaldavad arvestada erinevate käitumismustritega ja parandavad prognoosi täpsust.



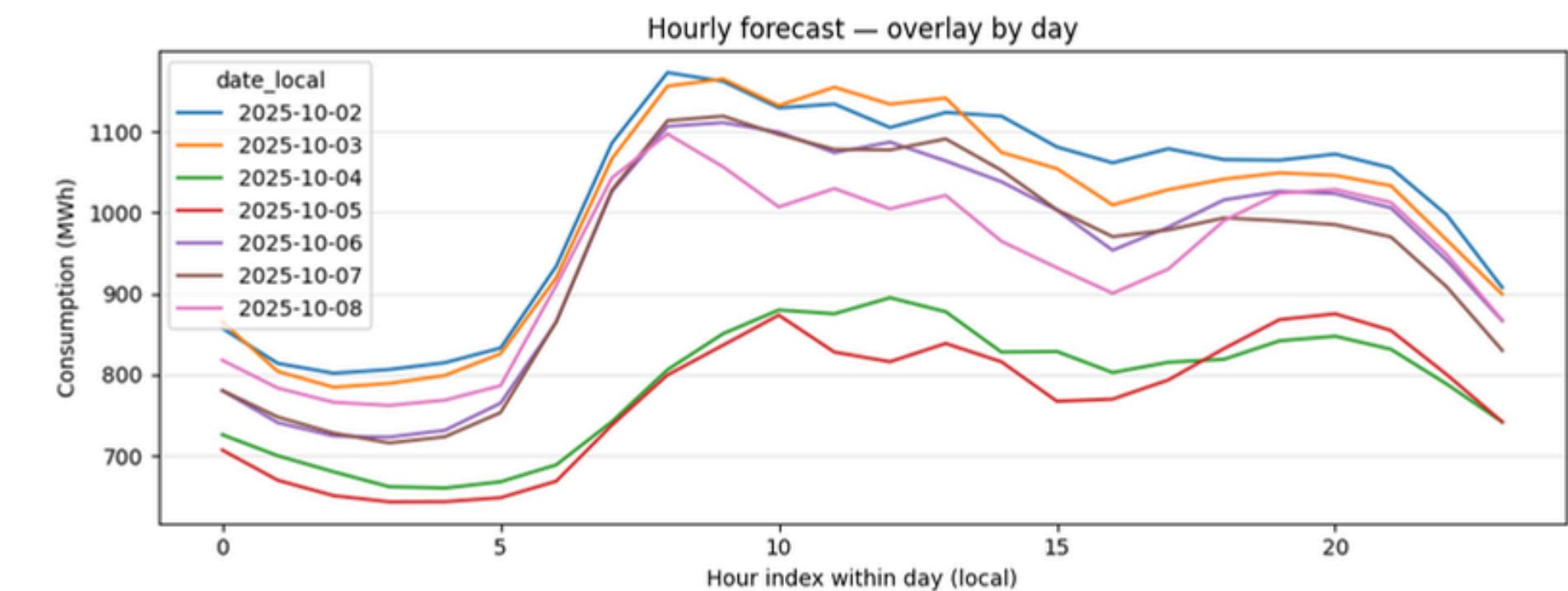
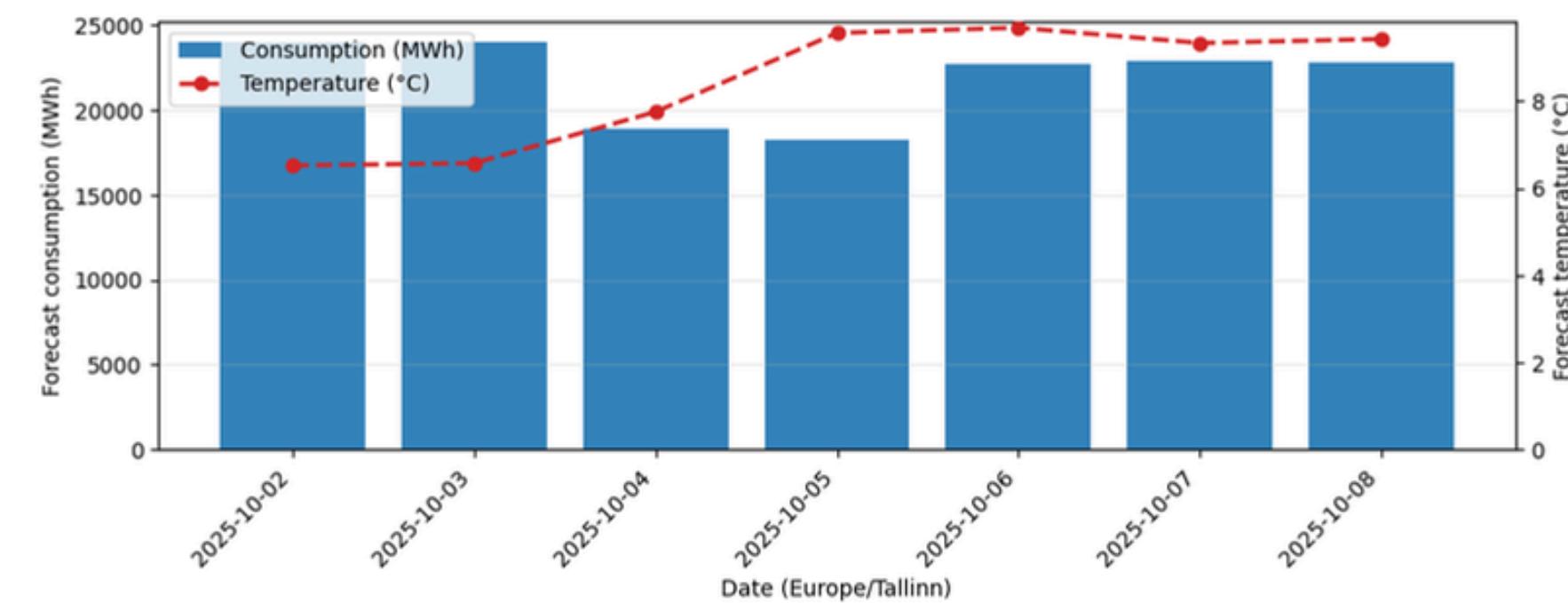
# Korrigeerimistegur

## Korrigeerimistegur (süsteemse vea vähendamiseks):

- Suvi – 1,05 → prognoos suureneb veidi
- Sügis – 1,04 → prognoos suureneb veidi
- Talv – 1,07 → prognoos suureneb rohkem
- Kevad – 0,98 → prognoos väheneb veidi

# Prognoos ja demo

- **Päevapõhine prognoos:** arvutatud regressioonivalemi, temperatuuri prognoosi ja bias-koefitsiendi alusel
- **Tunnipõhine prognoos:** päevane tarbimine jaotatakse tundideks weekday-profiilide abil



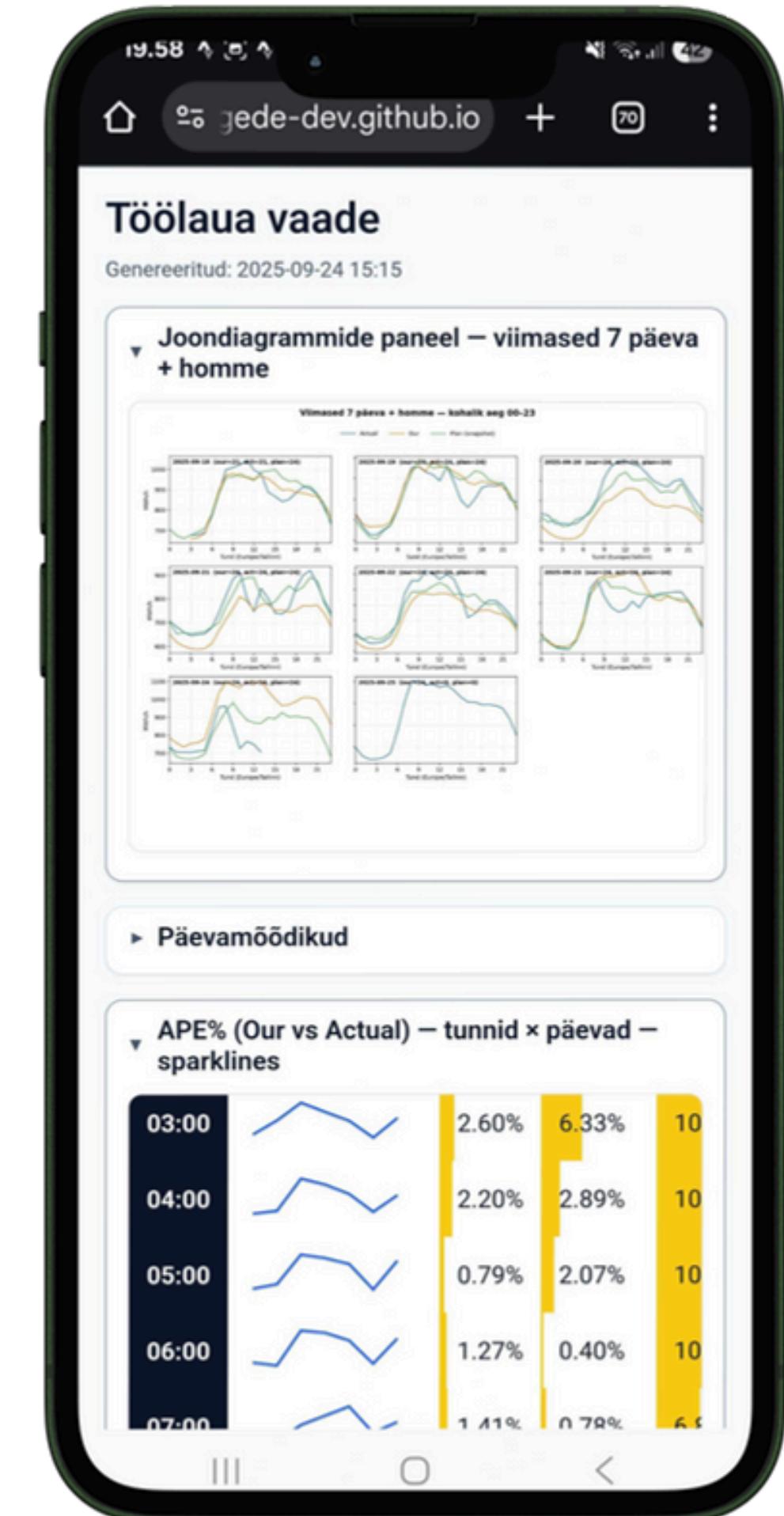
Jupyter Notebook:

[https://github.com/martinoland1/Electricity-Consumption-Forecast/blob/main/scripts/ecf\\_runner.ipynb](https://github.com/martinoland1/Electricity-Consumption-Forecast/blob/main/scripts/ecf_runner.ipynb)

# Mudeli täpsuse hindamise töölaud

Töölaud toob esile päevase ja tunnipõhise tarbimise prognoosi anomaliad

Tiimi liikmete **operatiivse koostöö** tagamiseks **juhtidega** on töölaud kasutamiseks vajadusel mobiilivaates



# Monitoorimise fookus

Monitooringu plokk on töövahend tarbimise varasemate prognooside kvaliteedi hindamiseks 1 h sammuga.

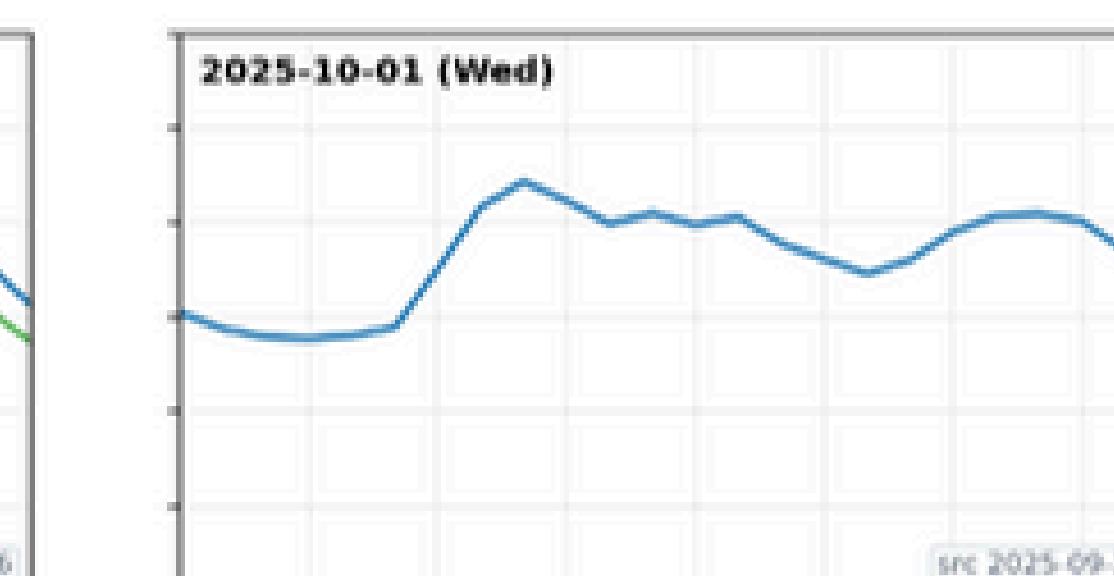
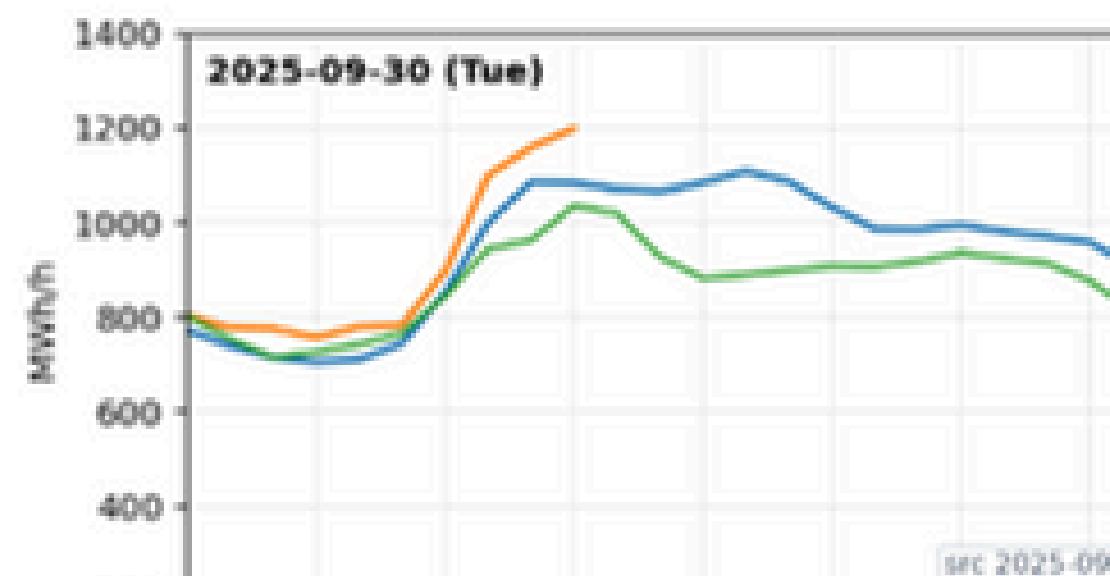
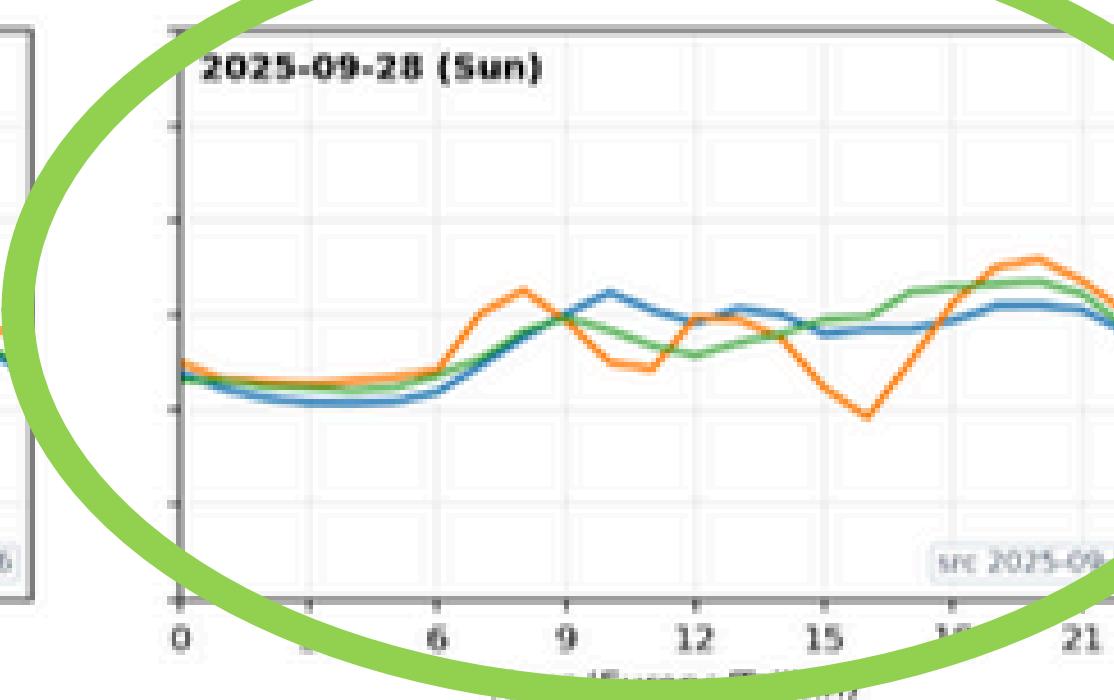
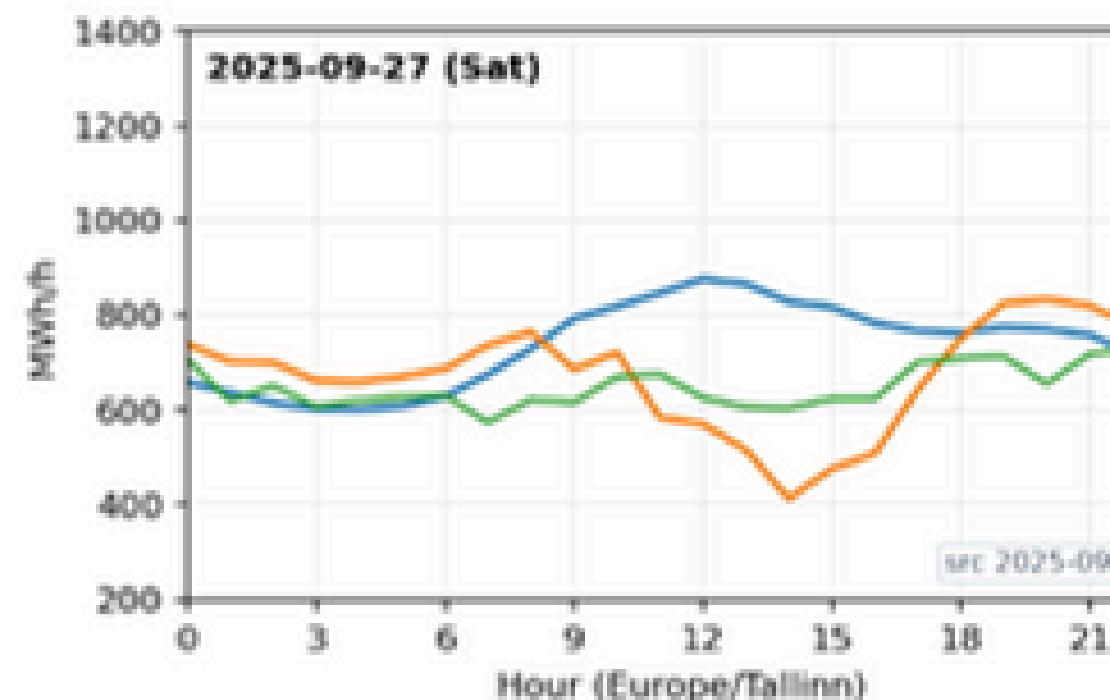
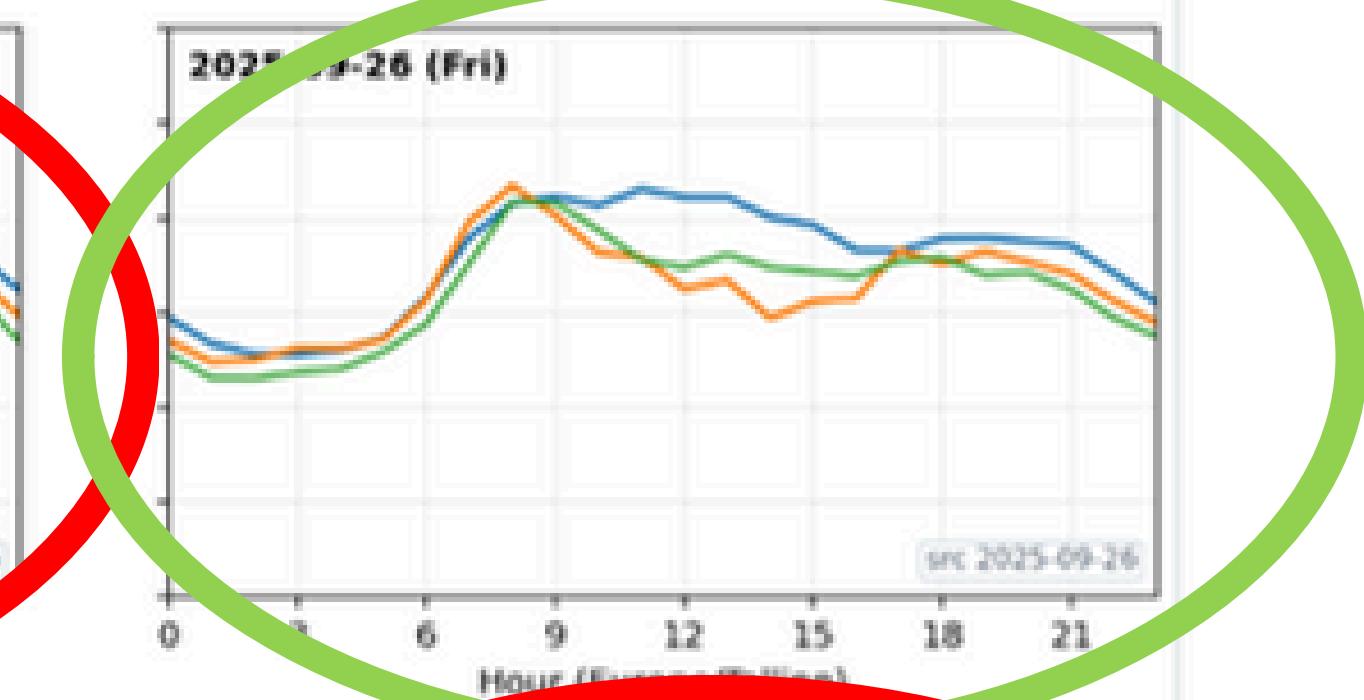
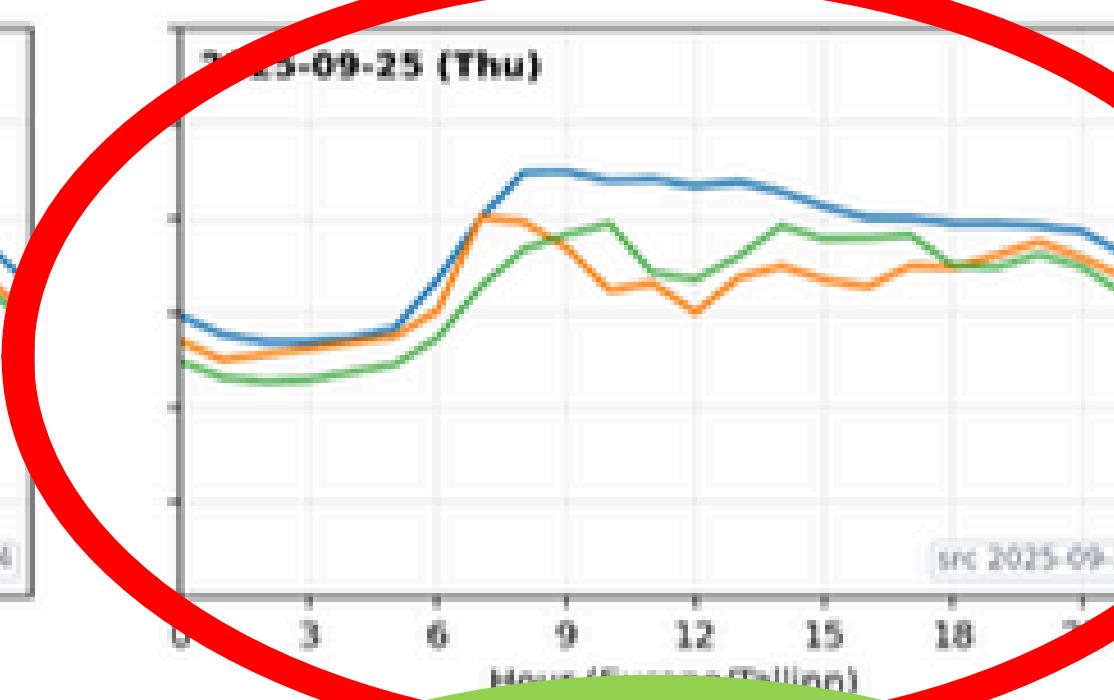
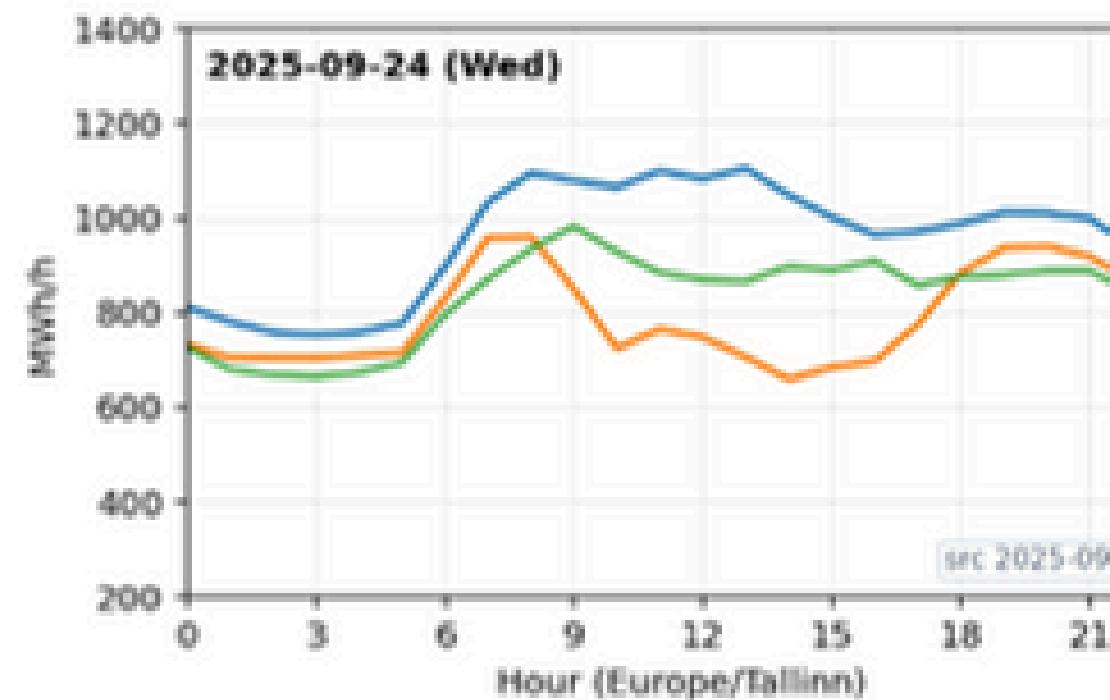
Fookus:

- Päevase tarbimise taseme võrdlusel prognoosiga
- Prognoosi vea jaotusel tundide lõikes

Töölaual on **meie prognooside andmed, Eleringi prognoosiandmed ja reaalne tarbimine.**

Töölaud aitab hinnata viga absoluutväärtsuse na ja protsendina. Joondiagrammid võrdlevad Eleringi või reaalse tarbimisega.





Our Prognosis  
Actual (Elering)  
Plan (Elering)

# Tunnipõhine APE% (Absolute Percentage Error)

▼ APE% (Our vs Actual) — hours × days — sparklines

	spark	2025-09-24	2025-09-25	2025-09-26	2025-09-27	2025-09-28	2025-09-29	2025-09-30
00:00		10.72%	7.20%	6.55%	10.83%	3.07%	2.30%	3.85%
01:00		10.76%	7.57%	5.52%	9.38%	3.04%	0.35%	4.94%
02:00		7.69%	3.55%	1.63%	12.17%	5.20%	1.65%	7.82%
03:00		6.95%	1.99%	1.81%	8.95%	6.15%	1.69%	6.82%
04:00		6.72%	1.18%	0.38%	8.77%	6.88%	0.33%	8.87%
05:00		8.73%	2.29%	0.36%	9.28%	7.75%	2.01%	5.00%
06:00		8.19%	8.07%	0.57%	8.52%	6.77%	3.63%	5.02%
07:00		7.83%	0.19%	3.48%	8.44%	13.72%	7.09%	9.12%
08:00		13.95%	10.50%	3.44%	4.65%	11.65%	2.67%	6.32%
09:00		26.98%	17.12%	3.84%	15.52%	2.05%	26.01%	9.55%
10:00		46.87%	27.28%	10.73%	13.60%	21.02%	61.25%	nan%
11:00		43.62%	25.47%	15.65%	45.03%	18.13%	70.67%	nan%
12:00		44.64%	33.24%	22.81%	53.80%	1.48%	57.34%	nan%
13:00		56.36%	23.12%	20.22%	67.93%	2.96%	72.21%	nan%
14:00		58.82%	17.46%	26.93%	100.91%	6.61%	93.24%	nan%
15:00		46.32%	17.76%	19.49%	71.83%	17.63%	84.46%	nan%
16:00		38.16%	17.04%	12.24%	54.21%	31.73%	60.07%	nan%
17:00		25.25%	11.23%	0.16%	19.22%	9.64%	23.22%	nan%
18:00		11.82%	10.46%	5.84%	1.61%	4.60%	8.50%	nan%
19:00		7.98%	7.38%	3.02%	6.08%	9.07%	3.26%	nan%
20:00		7.43%	3.61%	4.83%	7.65%	10.61%	0.43%	nan%
21:00		8.71%	6.10%	6.83%	7.51%	6.90%	2.24%	nan%
22:00		8.38%	5.68%	7.10%	7.63%	5.32%	0.78%	nan%
23:00		7.75%	6.79%	5.58%	8.07%	5.07%	1.83%	nan%

Toob esile tunnipõhised vead. Suured anomaaaliad 27. ja 29. septembril.

**Tunnivead >50%, tipud 80–100%**

# Päevaste mõõdikute tabel

Kuvab **päevased prognooside vead MWh ja % ja võrdluseks Eleringi 24h plaani vea MWh**

**- Head päevad: 7–9%**  
(26 ja 28 sept)

**- Anomaaliad: 17–18%**  
(24, 27, 29 sept)

Kuupäev	prognoos MWh	tegelik MWh	prognoosi abs viga MWh	päeva vea %	Eleringi prognoosi abs viga MWh	Aluseks olevate tundide arv
24.09.2025	22 894	18 982	3 912	17	1971	24
25.09.2025	22 689	20 357	2 336	10	1399	24
26.09.2025	21 823	20 392	1 608	7	998	24
27.09.2025	17 604	16 172	3 153	18	2064	24
28.09.2025	17 747	17 859	1 567	9	1265	24
29.09.2025	22 450	18 840	3 943	18	2576	24
30.09.2025	22 472	10 124	643	3	799	11
01.10.2025	79 328	-				0

# Projekti raames vaadeldud maksimaalsed anomaaliad

- **Päevased anomaaaliad kuni 18%**  
(24, 27, 29 sept)
  - **Tunnipõhised anomaaaliad >80–100%**  
(27 ja 29 sept)
- Viitab hooajalistele hälvetele (kevad, sügis)  
→ Vajab põhjalikumat analüüsni usaldusväärse planeeritava ressursi tellimuse esitamiseks



# Töölaua lisaväärtused

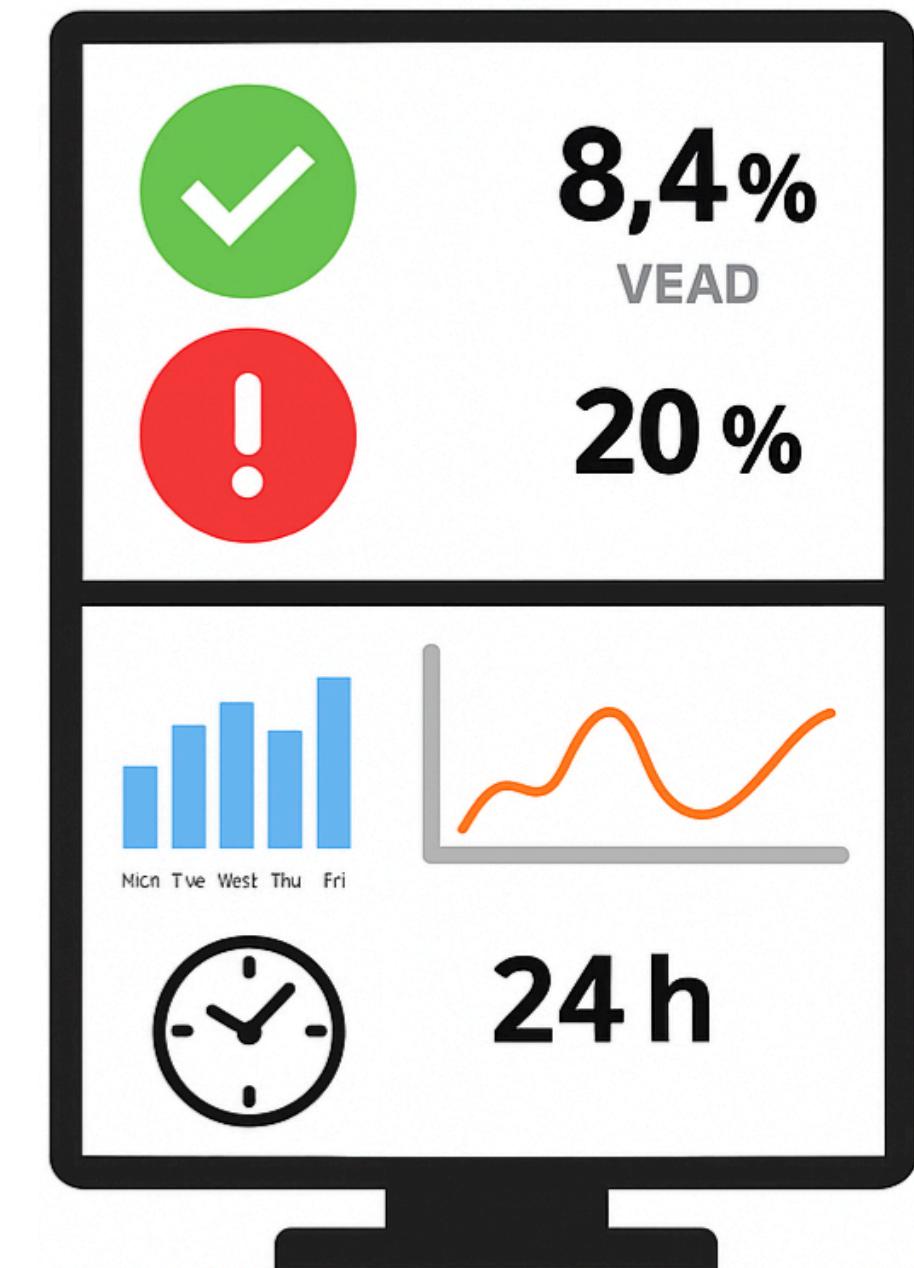
Aitab hinnata mudeli täpsust mõõdikutega:

<10% viga = usaldusväärne prognoos

>10% viga = anomalia → vaja on täiendavat järelanalüüs

Päevased mõõdikud, tunnipõhised vead ja joondiagrammid annavad mudeli usaldusväärsest hea ülevaate

Toetab 24 h ressursi planeerimist



# Järelalus

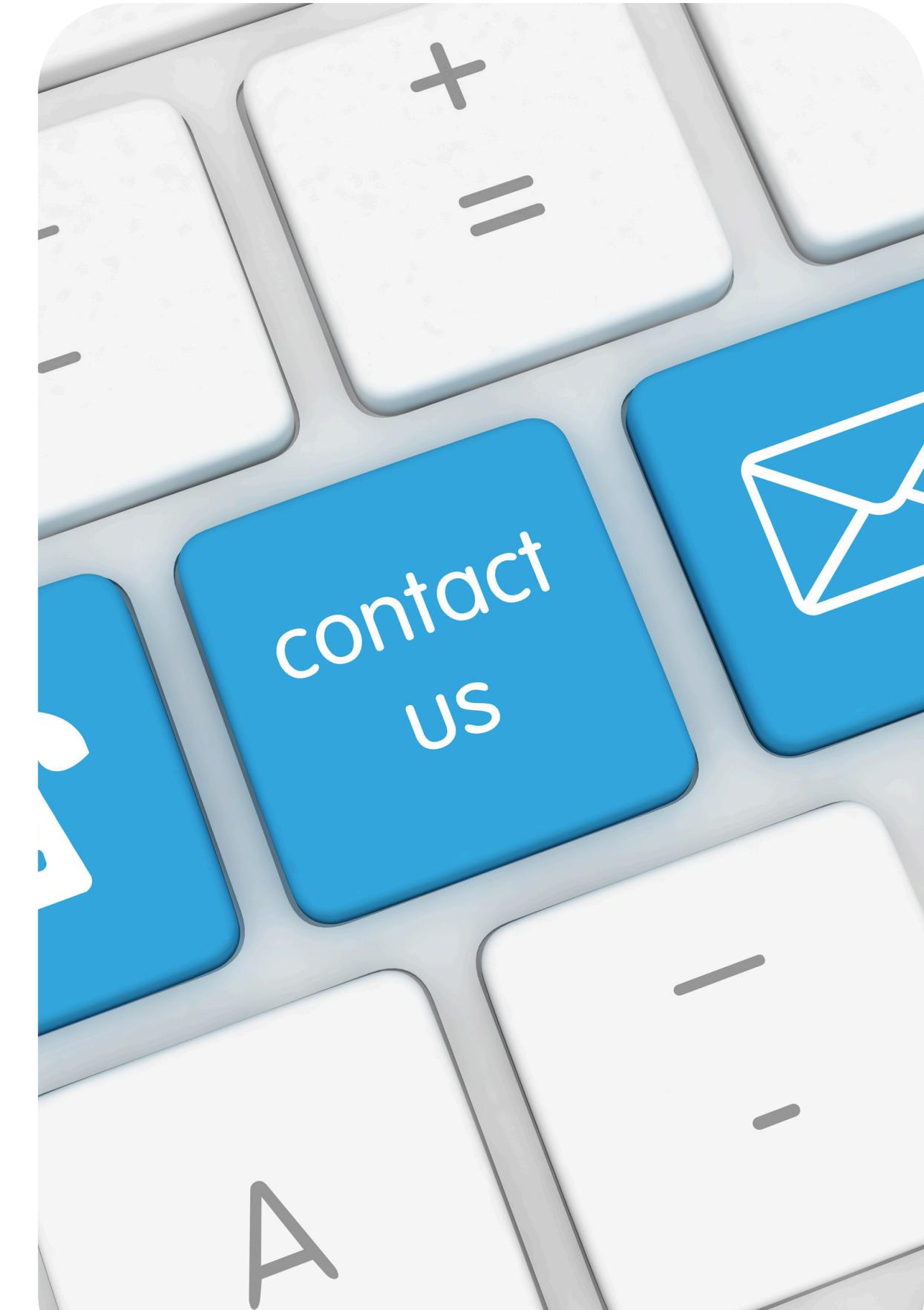
- Loodi mudel prognoosib mis prognoosib Eleringi ja Meteostati andmetel Eesti tunnipõhist elektritarbimist temperatuuriseose põhjal.
- Leidsime, et tarbimine tõuseb iga **-1 °C kohta ca 380–400 MWh**.
- Regressiooniseos temperatuuri ja tarbimise vahel tugev (**R ≈ 0,81**).
- Projekti käigus loodi mudeli, mis ennustas päeva tasandil **85–95%**.
- **Kõige täpsem öösel ja õhtul, raskem hommikul (6–9) ja lõunal (10–14).**
- Ekstreemsed vead (>100%) tulenevad ootamatutest muutustest.
- Mudel pakub **lähtepunkti prognoosiks**, kuid lõplik hinnang eeldab ka **manuaalset kohandust ja lisategureid**.

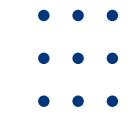


# Kontaktid



- 🌐 Projekti GitHub  
<https://github.com/martinoland1/Electricity-Consumption-Forecast>
- ✉️ Johannes Kauksi  
[johanneskauksi@gmail.com](mailto:johanneskauksi@gmail.com)  
<https://www.linkedin.com/in/johannes-kauksi/>
- ✉️ Sergei Erbin  
[sergei.erbin@gmail.com](mailto:sergei.erbin@gmail.com)  
<https://www.linkedin.com/in/sergei-erbin/>
- ✉️ Tarmo Gede  
[tarmo.gede@gmail.com](mailto:tarmo.gede@gmail.com)  
<https://www.linkedin.com/in/tarmo-gede/>





# Aitäh!

