

Delrapport 2

Transmission

Korab Berisha, Alice Kallner

1. Bakgrund	2
1.1 Avgränsningar	3
2. Material och metod	3
2.1 Beräkning av U-värden	4
2.1.1 Fönster	4
2.1.2 Tak	4
2.1.3 Vägg	5
2.1.4 Golv	5
2.2 Värden efter renovering	5
2.3 Motivering av metodval	5
3. Resultat	7
3.1 Byggnadens dimensioner och framtagna U-värden	7
3.2 Nutida transmissionsförluster	7
3.3 Framtida transmissionsförluster	8
4. Känslighetsanalys	10
5. Felkällor	10
Referenser	11
Appendix	13

Fönsterna är oftast de delar av klimatskalet som har störst transmissionsförluster, eftersom glasets isoleringsförmåga generellt är lägre än andra material. I en energianalys är det viktigt att undersöka transmissionsförluster för olika delar av klimatskalet för att skapa en överblick över vilka förbättringar av klimatskalet som kan vara gynnsamma ur ett energibesparingsbehov. Förbättringar som kan genomföras är dels att byta till mer energieffektiva fönster, det vill säga sådana som har lägre U-värden. Dessutom kan isolering förbättras, dels genom bättre material men även genom tjockare isoleringslager. Utöver det kan även temperaturregleringar som minskar temperaturskillnaderna mellan inomhus och utomhus genomföras.

1.1 Avgränsningar

Analysen fokuserar enbart på transmissionsförluster genom marken och ut genom klimatskalet (väggar, fönster, tak, golv). Den tar inte hänsyn till intern värmetransmission mellan olika rum i byggnaden. Ventilation, intern värmeproduktion, solinstrålning eller variationer i inomhustemperatur ingår heller inte i beräkningarna. Temperaturen inomhus och i marken antas vara konstanta under hela året.

2. Material och metod

För att uppskatta de olika ytorna för klimatskalet i badanläggningen användes begränsade ritningar för de våta delarna av anläggningen i kombination med Google Maps (2025) avståndsfunktion för att mäta takytor, väggar, golvytor och glaspartier. Måtten sammanställdes i kvadratmeter och användes sedan för att beräkna respektive byggnadsdels energiförlust för att slutligen summera dessa.

Temperaturdata för 2024 i form av daglig medeltemperatur hämtades från SMHI:s (SMHI, u.å). Data laddades in från en CSV-fil och konverterades till numeriska värden efter att de oviktiga värdena filtrerats bort. De dagliga temperaturerna användes sedan för att beräkna temperaturskillnaden mellan inomhusluften (29 °C för stora bassängytan och 32 °C för resterande bad ytor) och utomhusluften.

Inomhustemperaturerna uppskattades med avseende till att lufttemperaturen i badhus vanligtvis hålls cirka 3 °C över vattentemperaturen för att minska avdunstning och skapa en behaglig komfort för badgästerna (Almemark et al, 2015). Den högre lufttemperaturen förhindrar även att vatten kondenserar på kalla ytor i byggnaden, vilket annars kan leda till fuktskador och försämrad inomhusmiljö.

Marktemperaturen antogs vara konstant 5 °C vid beräkning av transmissionsförlust genom golvet. Både byggnadsdelarnas area och deras respektive U-värde användes i energiberäkningen. U-värdena, som representerar värmegenomgångskoefficienten i W/(m²K), har tagits fram baserat på information om de olika ytornas material och tjocklek som vi fick från Patrik Gustavsson, som arbetar på Uppsala Arenor och Fastigheter och ansvarar för Fyrishov. Med hjälp av dessa materialbeskrivningar beräknades U-värden som användes i koden. Dessa U-värden har beräknats enligt ekvationen

$$U = \frac{1}{R_{total}}. \quad (2)$$

R_{total} inkluderar både materiallager och ytmotstånd (0,13 m²K/W invändigt och 0,04 m²K/W utvändigt).

Värmeledningsförmågor (λ) för de olika materialen hämtades, vilket sedan användes för att beräkna det termiska motståndet (R-värde), enligt formeln

$$R = \frac{d}{\lambda}. \quad (3)$$

Där d är materialets tjocklek. Dessa R-värden användes sedan för beräkning av U-värdet för de olika ytorna.

2.1 Beräkning av U-värden

2.1.1 Fönster

Byggnaden har till mestadels 3-glasfönster, men eftersom dessa är punkterade uppskattades U-värdet enligt 2-glasfönster, vilket är 3,0 W/(m²K) enligt Elitfönster (2023). Detta standardvärde användes för beräkningarna.

2.1.2 Tak

Ekvation 3 tillsammans med värmeledningsförmågan hos materialen för taket användes för att beräkna motstånden, vilket visas i Tabell 1. Materialet board antas vara furu där värmeledningsförmågans parallellt med fibrerna användes.

Tabell 1: Värmeledningsförmågan (Finnfoam, u.å; Svenskt trä, u.å) och motståndet hos de olika materialen i taket.

Material (Tjocklek)	λ [W/mK]	R [m²K/W]
Cellplast (150 mm)	0,036	4,167
Board (30 mm)	0,260	0,115

2.1.3 Vägg

Ekvation 3 användes tillsammans med värmeledningsförmåga hos materialen i väggen för att beräkna motstånden, värdena illustreras i Tabell 2.

Tabell 2: Värmeledningsförmågan (Jernkontoret, u.å.; ROCKWOOL AB, u.å.; Träullit AB, 2021) och motståndet hos de olika materialen i väggen.

Material (Tjocklek)	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Betong (90 mm)	1,700	0,053
Stenull (45 mm)	0,035	1,286
Träullit (40mm)	0,070	0,571

2.1.4 Golv

Golvet antas vara en betongplatta (200 mm) på mark med 100 mm cellplastisolering under. Med hjälp av ekvation 3 beräknades golvets olika materials motstånd vilket visas nedan i Tabell 3.

Tabell 3: Värmeledningsförmågan (Finnfoam, u.å.; Jernkontoret, u.å.) och motståndet hos de olika materialen i golvet.

Material (Tjocklek)	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Cellplast (100 mm)	0,036	2,778
Betong (200 mm)	1,700	0,118

2.2 Värden efter renovering

Efter renoveringen antas ytornas värden följa Upphandlingsmyndighetens (2020) direktiv för U-värden. Dessa värden visas i Tabell 4.

Tabell 4: U-värden enligt Upphandlingsmyndigheten för bad- och simanläggningar (Upphandlingsmyndigheten, 2020).

Byggnadsdel	Högst tillåtna U-värde [W/m ² K]
Ytterväggar	0,09
Golv	0,09
Yttertak	0,07
Fönster inklusive båg och karm	0,09

2.3 Motivering av metodval

Den valda metoden är väl förankrad i byggfysik och används ofta för att uppskatta värmeförluster genom klimatskalet. Det är en praktisk metod som ger ett tydligt

mått på byggnadens energiprestanda. Genom att använda faktiska värddedata från SMHI och välkända beräkningsmodeller får man en god vild av den potentiella värmeförlusten. Att arbeta i Python gör det dessutom lätt att automatisera och justera beräkningarna.

3. Resultat

3.1 Byggnadens dimensioner och framtagna U-värden

Tabell 5 visar de mått på ytorna som beräknades enligt metodbeskrivningen.

Tabell 5: Framtagna dimensionerna för de två byggnaderna.

Byggnadsdel	Stora pool byggnaden [m ²]	Äventyrspool byggnaden [m ²]
Vägg	1328	1487
Fönster	481	402
Tak	2800	3200
Golv	3500	3200

Ytornas U-värden beräknades med hjälp av ekvation 5, samt Tabellerna 1, 2 och 3 som innehåller de olika materialens R-värden, dessa visas i Tabell 6 nedan.

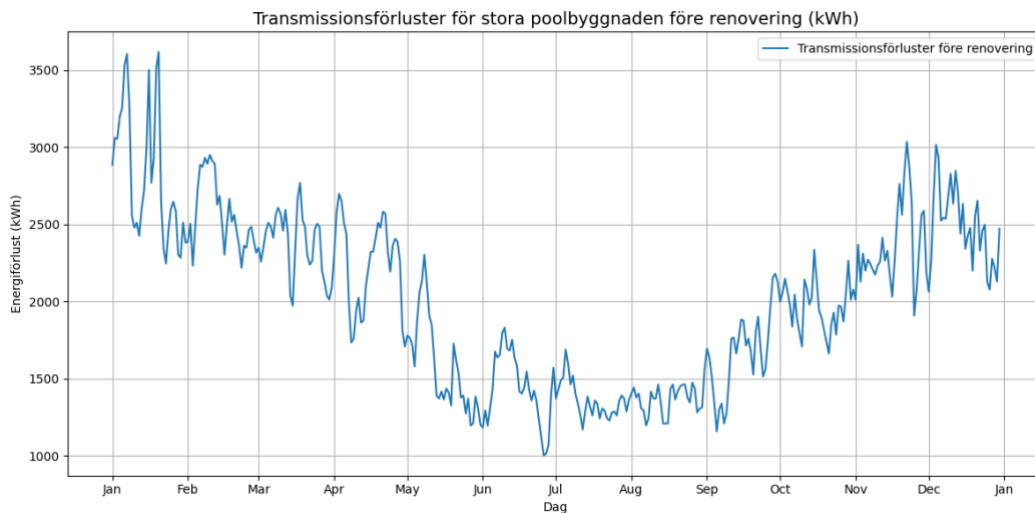
Tabell 6: U-värden för de olika ytorna på Fyrishovs badanläggning.

Byggnadsdel	U-värde [W/m ² K]
Vägg	0,48
Fönster (2 glas)	3,00
Tak	0,22
Golv	0,33

De dagliga transmissionsförlusterna för varje byggnadsdel beräknades med hjälp av ekvation 4. Slutligen summerades alla dagliga transmissionsförluster för att få en årlig energiförlust. Resultatet visualiseras med hjälp av linjediagram som visar förlusternas variation över tid.

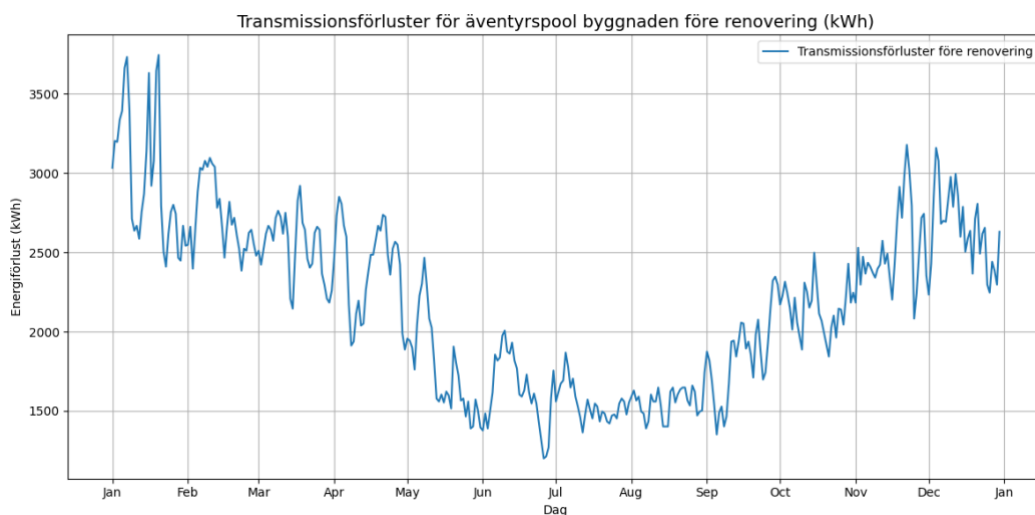
3.2 Nutida transmissionsförluster

De totala transmissionsförlusterna från Figur 2 för den stora poolbyggnaden under 2024 summeras till 735 700 kWh.



Figur 2: Stora poolbyggnaden transmissionsförluster för år 2024.

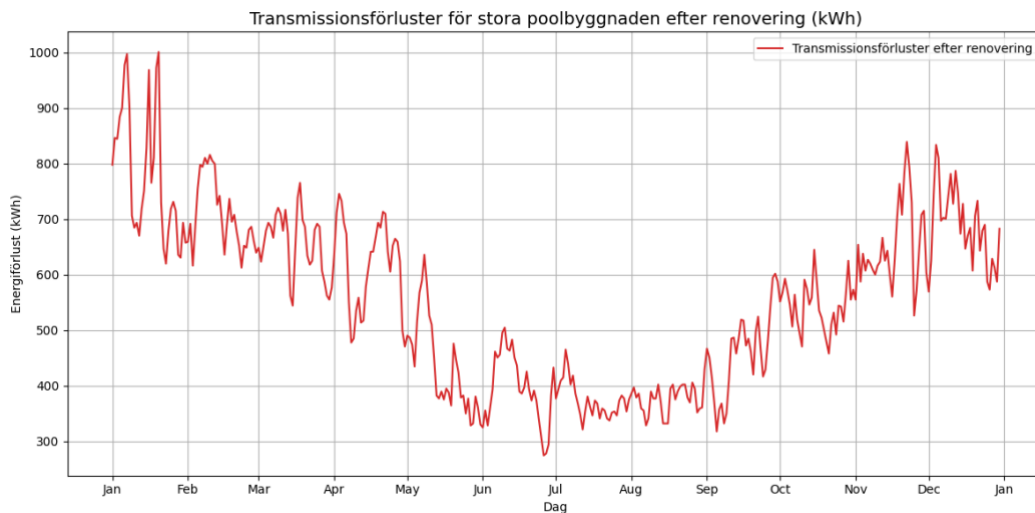
De totala transmissionsförlusterna från Figur 3 för äventyrspoolsbyggnaden under 2024 summeras till 798 305 kWh.



Figur 3: Äventyrspool byggnadens transmissionsförluster för år 2024.

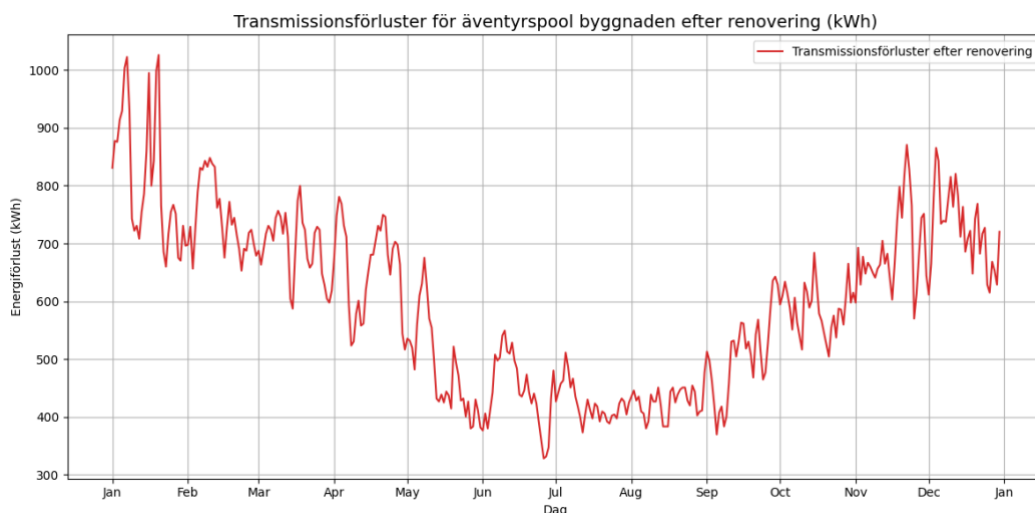
3.3 Framtida transmissionsförluster

De totala transmissionsförlusterna för stora poolbyggnaden efter renovering enligt Upphandlingsmyndighetens värden från Tabell 5 för 2024 års utomhustemperatur summeras till 203 027 kWh.



Figur 4: Stora poolbyggnaden: 203 027 kWh transmissionsförluster.

De totala transmissionsförlusterna för äventyrspool byggnaden efter renovering enligt Upphandlingsmyndighetens värden från Tabell 5 för 2024 års utomhustemperatur summeras till 218 568 kWh.



Figur 5: Äventyrspool byggnaden: 218 568 kWh transmissionsförluster.

De totala transmissionsförlusterna för de två byggnadsdelarna enligt 2024 års utomhustemperaturer redovisas i Tabell 7 nedan.

Tabell 7: Totala transmissionsförlusterna för de två byggnadsdelarna.

	Stora poolbyggnaden	Äventyrspool byggnaden
Före renovering	735 700 kWh	798 305 kWh
Efter renovering	203 027 kWh	218 568 kWh

I Tabell 8 visas de sammanlagda transmissionsförlusterna genom klimatskalet för de två byggnadsdelarna före, samt efter renoveringen.

Tabell 8: Fyrishovs badanläggnings totala transmissionsförluster enligt 2024 års utomhustemperaturer.

	Totala transmissionsförluster
Före renovering	1 534 005 kWh
Efter renovering	421 595 kWh

4. Känslighetsanalys

I Tabell 9 har en känslighetsanalys genomförts. Detta har genomförts genom att undersöka hur känsliga resultaten är för förändring av U-värden för respektive del. Ur Tabell 9 kan det avläsas att U-värdena för fönsterna påverkas mest. Det gör även att det kan vara rimligt att anta att renovering av denna del hade gett störst resultat.

Tabell 9: Totala förlusternas påverkan utifrån känslighetsanalys av ytornas U-värden, med hjälp av koden för stora poolbyggnadens förluster.

	+10 %	0 %	-10 %	Genomsnittlig förändring
Vägg	747 351 kWh	735 700 kWh	724 048 kWh	1,6 %
Tak	746 959 kWh	735 700 kWh	724 440 kWh	1,5 %
Fönster	762 076 kWh	735 700 kWh	709 324 kWh	3,6 %
Golv	759 982 kWh	735 700 kWh	711 417 kWh	3,3 %

5. Felkällor

Flera förenklingar och antaganden har gjorts i beräkningarna vilket påverkar noggrannheten hos resultaten. I rapporten antogs inomhus- och marktemperaturen vara konstanta under hela året, vilket i verkligheten varierar. U-värdena för byggnadens olika delar beräknades utifrån generella materialdata och antagna materialtjocklek, vilket skilja sig från de verkliga förhållandena. Fönstrens U-värde är exempelvis baserat på tvåglasfönster då 3-glasfönsterna är punkterade, vilket kan leda till avvikande förluster.

Ytorna för respektive byggnadsdel har uppskattats med hjälp av ritningar av begränsade delar av byggnaden och Google Maps, vilket innebär en osäkerhet i

uppskattningen av ytornas area. Faktorer som exempelvis luftläckage är inte inkluderade i modellen, trots att dessa kan påverka transmissionsförlusterna.

Modellen använder daglig medeltemperaturen istället för timvisa temperaturdata, vilket är en förenkling. Detta kan leda till att variationer inom dagen, såsom kalla nätter eller effekttoppar inte fångas upp. Valet av dagliga data gjordes för att förenkla beräkningarna. Det påverkar noggrannheten i de exakta energiförlusterna, men påverkar inte jämförelsen mellan nuvarande och renoverade scenarier, eftersom samma modell och antaganden användes i de båda fallen. Därför kan resultatet användas för att skapa en bild av åtgärdens effekt.

Slutligen bygger resultatet på väderdata från specifikt år 2024, vilket inte nödvändigtvis representerar ett genomsnittligt år. Detta kan därmed påverka generaliserbarheten av resultaten.

Referenser

- Almemark, M. Bergström, R. Fridén, H. Junestedt, C. Lindblom, J. Schmidt, L. Widheden, A. Röttorp, J. Enochsson, E. Engsner, M. Ekström, D. (2015). *Aktiva Badhus*. Svenska miljöinstitutet. Tillgänglig: <https://ivl.diva-portal.org/smash/get/diva2:1552404/FULLTEXT01.pdf> (Hämtad: 2025-04-10)
- Elitfönster. (2023). *Därför vill du ha ett lågt U-värde på dina fönster*. Tillgänglig: <https://www.elitfenster.se/reportage-artiklar/vad-ar-u-varde/> (Hämtad: 2025-05-19)
- Energimyndigheten. (2022). *Energilyftet*. Tillgänglig: <https://energilyftet.com/index.html> (Hämtad: 2025-04-14)
- Finnfoam. (u.å.). *Finnfoam XPS300*. Tillgänglig: <https://cdn.bygggtjeneste.no/nobb/27fd7cf6-aa9c-42e4-8abe-f86d7a12a465> (Hämtad: 2025-05-19)
- Google Maps (2025) [Karttjänst]. Tillgänglig: https://www.google.com/maps/@59.8712739,17.6227323,985m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUxNS4wIKXMDSoJLDEwMjExNDU1SAFQAw%3D%3D (Hämtad: 2025-05-20).
- Jernkontoret. (u.å.). *Jernkontorets energihandbok*. Tillgänglig: <https://www.energihandbok.se/> (Hämtad: 2025-05-19)
- Svenskt trä. (u.å.). *Egenskaper*. Tillgänglig: <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/om-kl-tra/egenskaper/> (Hämtad: 2025-05-19)
- ROCKWOOL AB. (u.å.). *Flexibatts 35*. Tillgänglig: <https://www.rockwool.com/se/produkter-och-konstruktioner/produktoversikt/byggisolering/flexibatts-35/> (Hämtad: 2025-05-19)

- SMHI. (u.å.). *Ladda ned väderobservationer*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/data/hitta-data-for-en-plats/ladda-ner-vaderobservationer/airtemperatureInstant/97510> (Hämtad: 2025-04-20)
- Träullit AB. (2021). *Träullit Standard*. Tillgänglig: <https://traullit.se/wp-content/uploads/2021/05/2021-Standard-Tekniska-Data-Enkelspread.pdf> (Hämtad: 2025-05-19)
- Upphandlingsmyndigheten. (u.å.). *Klimatskärm och U-värden*. Tillgänglig: <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/kriterier/bygg-och-fastighet/bad--och-simanlaggningar/bad--och-simanlaggningar---krav-pa-byggnader-och-anlaggningar/klimatskarm-och-u-varden/basniva/> (Hämtad: 2025-05-19)

Appendix

Samma kod användes för de olika byggnadsdelarna, men med anpassade parametrar.

```
import csv
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.dates as mdates
from datetime import datetime

#Läs dagliga temperaturer och datum från CSV-filen och skapa
listor
värde_lista = []
dag_lista = []

with open(r'C:\Users\korab\Desktop\smhi-
opendata_2_97510_202401_202412.csv', newline='', encoding='utf-8')
as csvfile:
    reader = csv.reader(csvfile, delimiter=';')
    rows = list(reader)[11:376] # Endast 1/1 till 31/12

    for row in rows:
        if len(row) > 3:
            try:
                temp = float(row[3])
                värde_lista.append(temp)
                dag_lista.append(row[2])
            except ValueError:
                continue # Hoppa över rader med ogiltiga
temperaturvärden

# Konvertera temperatur och datum till numpy och datetime
t_ute_dagar = np.array(värde_lista)
datum_lista = [datetime.strptime(d, "%Y-%m-%d") for d in
dag_lista]

#Temperaturer
t_inne = 29
t_mark = 5
delta_t_mark = t_inne - t_mark #Är konstant under året

# U-värden för de olika ytorna (W/m²·K)
u_vägg = 0.48 #Yttervägg
u_fönster = 3 #Fönster
```

```

u_tak = 0.22 #Yttertak
u_golv = 0.33 #Golv/mark

#Byggnadens ytor (m²)
a_vägg = 1328
a_fönster = 481
a_tak = 2800
a_golv = 3500

#Beräkning av transmissionsförluster per dag (Watt)
delta_t_dagar = (t_inne - t_ute_dagar)

q_byggnad_dagar = (
    u_vägg * a_vägg * delta_t_dagar +
    u_fönster * a_fönster * delta_t_dagar +
    u_tak * a_tak * delta_t_dagar)

q_mark = u_golv * a_golv * delta_t_mark
q_total_dagar_w = q_byggnad_dagar + q_mark

# Omvandla till kWh per dag (24 timmar)
q_total_dagar_kwh = q_total_dagar_w * 24 / 1000

#Plott av resultatet
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(datum_lista, q_total_dagar_kwh, color='tab:blue',
label='Transmissionsförluster före renovering')

#X-axels etiketter
plt.gca().xaxis.set_major_locator(mdates.MonthLocator())
plt.gca().xaxis.set_major_formatter(mdates.DateFormatter('%b'))
# Formatet på x-axeln enligt Jan, Feb, ...

plt.title('Transmissionsförluster för stora poolbyggnaden före
renovering (kWh)', fontsize=14)
plt.xlabel('Dag')
plt.ylabel('Energiförlust (kWh)')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()

#Totala förluster för 2024
total_förlust = np.sum(q_total_dagar_kwh)

```

```
print(f"Total årlig energiförlust: {total_förlust:,.0f}  
kWh".replace(",", " "))
```