

Mitigating Electrical Grid Congestion using Thermal Energy Storage for Thermal Demand Shifting in Buildings

A Design-to-Operation Framework for Integrated Building Thermal Energy Storage Systems



Shift in energy sector

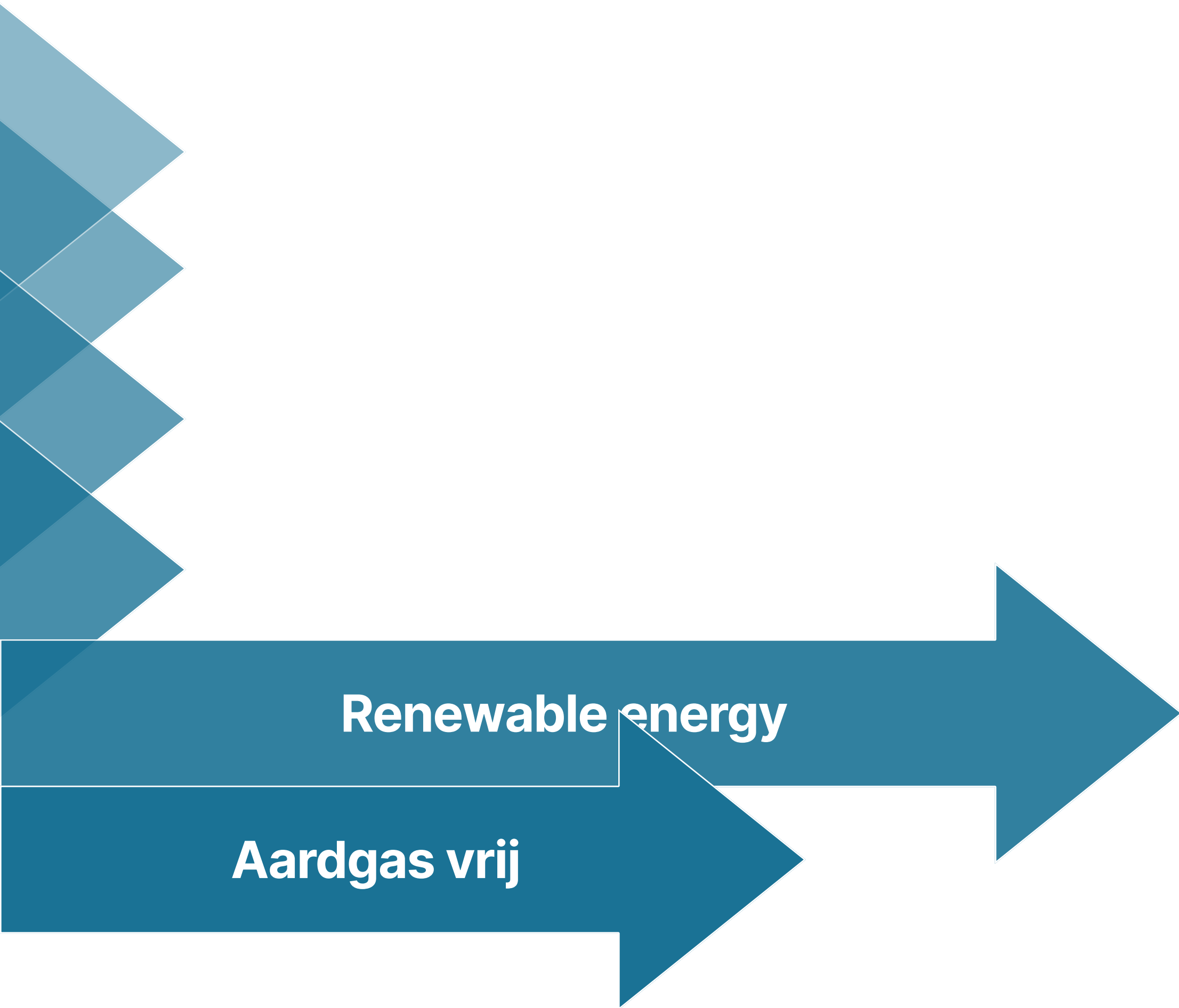


Shift in energy sector



Aardgas vrij

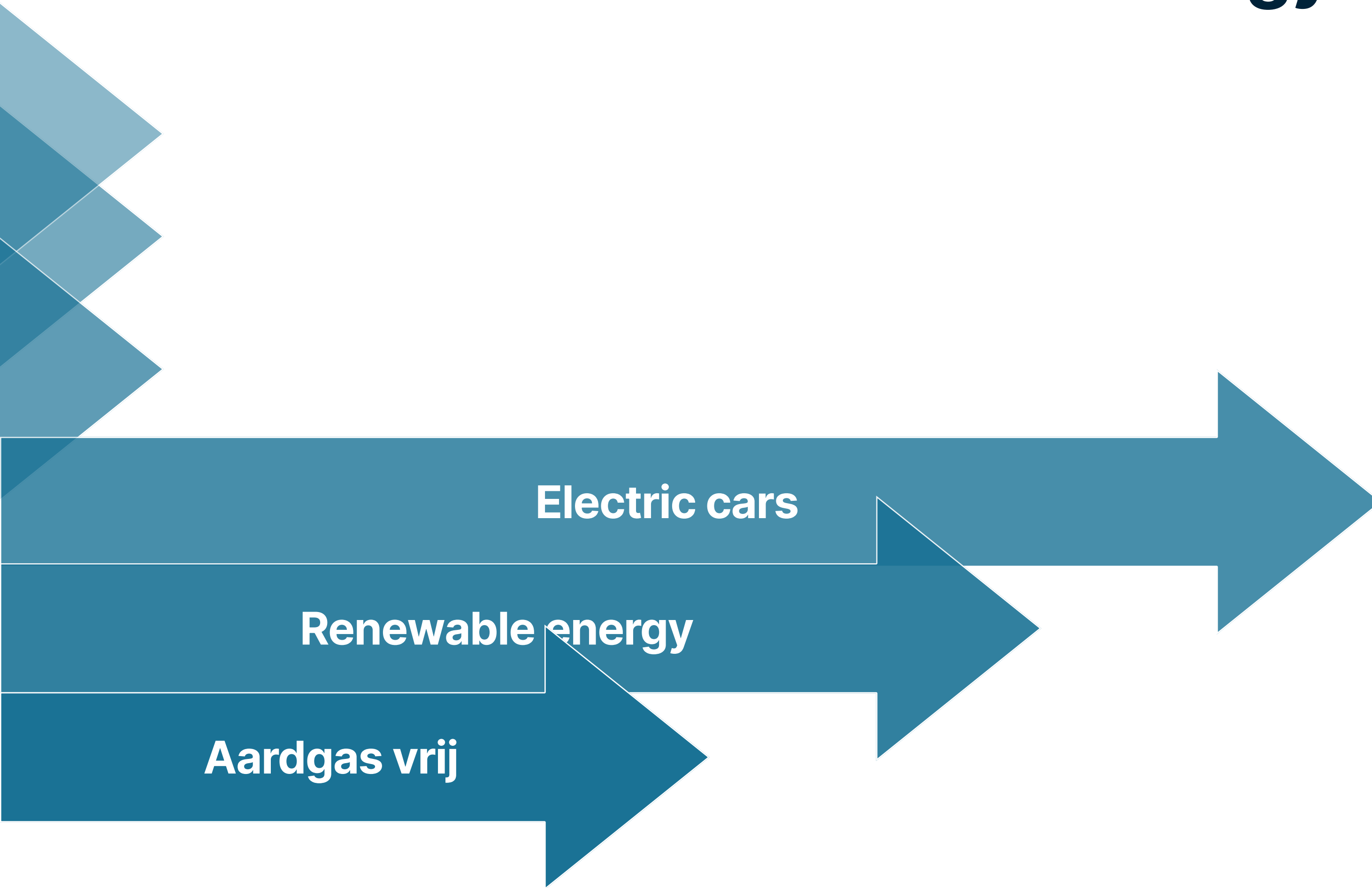
Shift in energy sector



Renewable energy

Aardgas vrij

Shift in energy sector

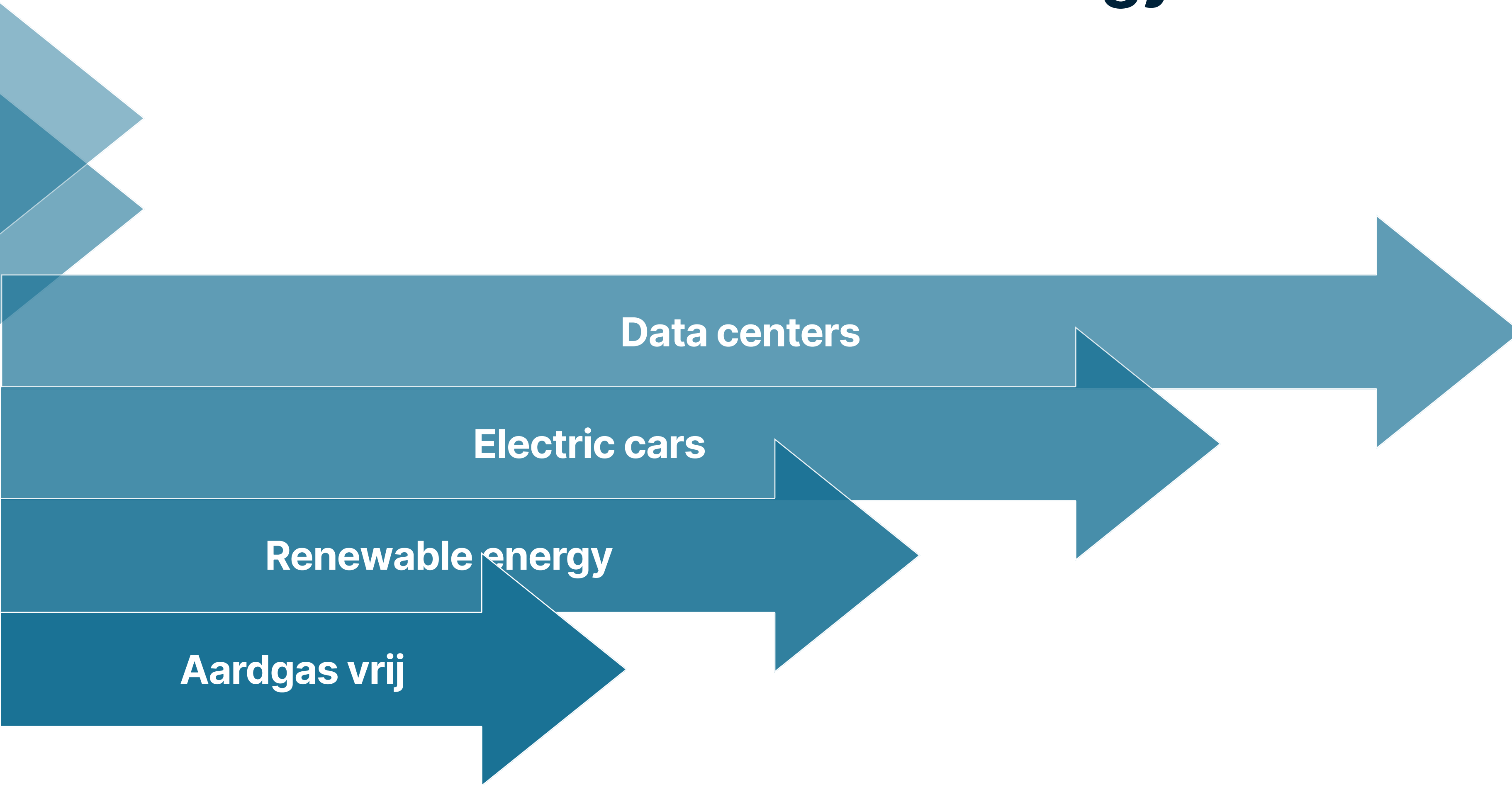


Electric cars

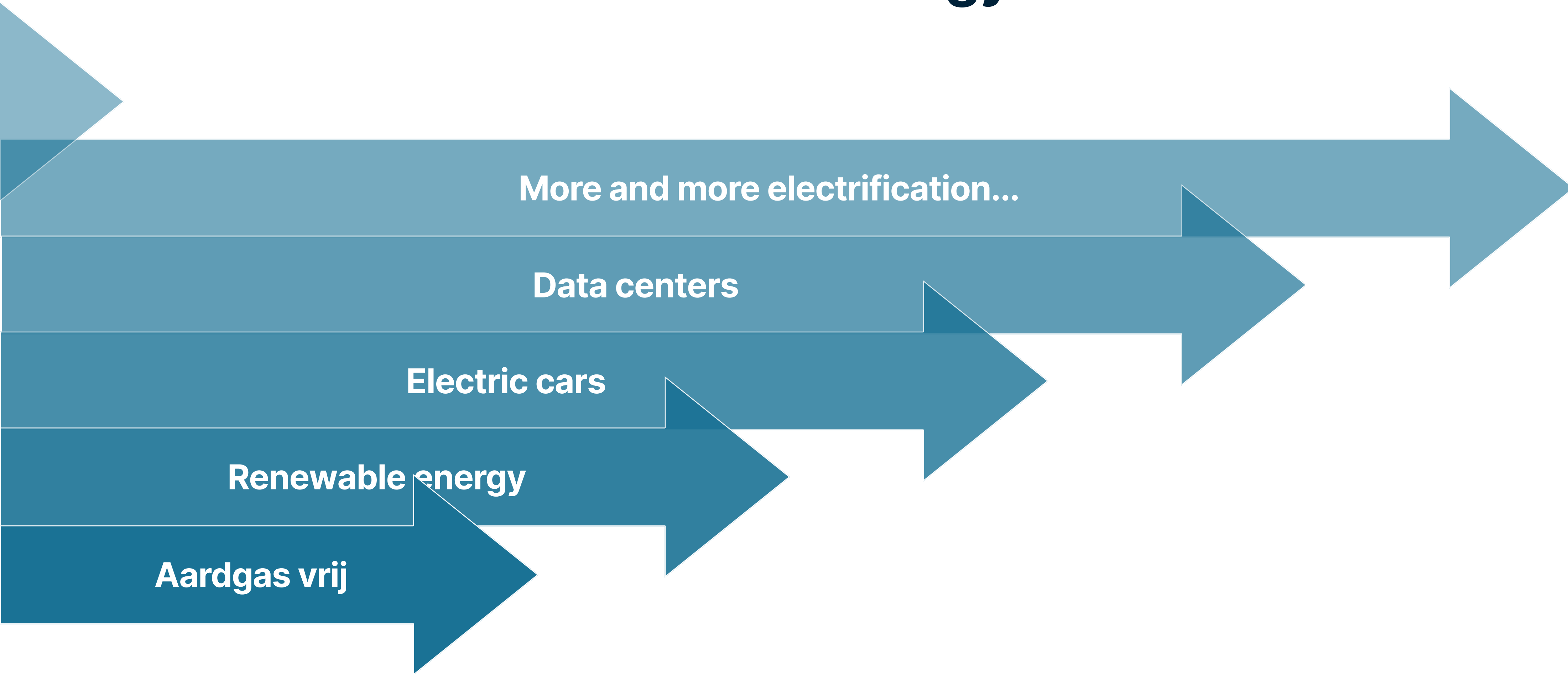
Renewable energy

Aardgas vrij

Shift in energy sector



Shift in energy sector



More and more electrification...

Data centers

Electric cars

Renewable energy

Aardgas vrij

Shift in energy sector

Electrification of Built Environment

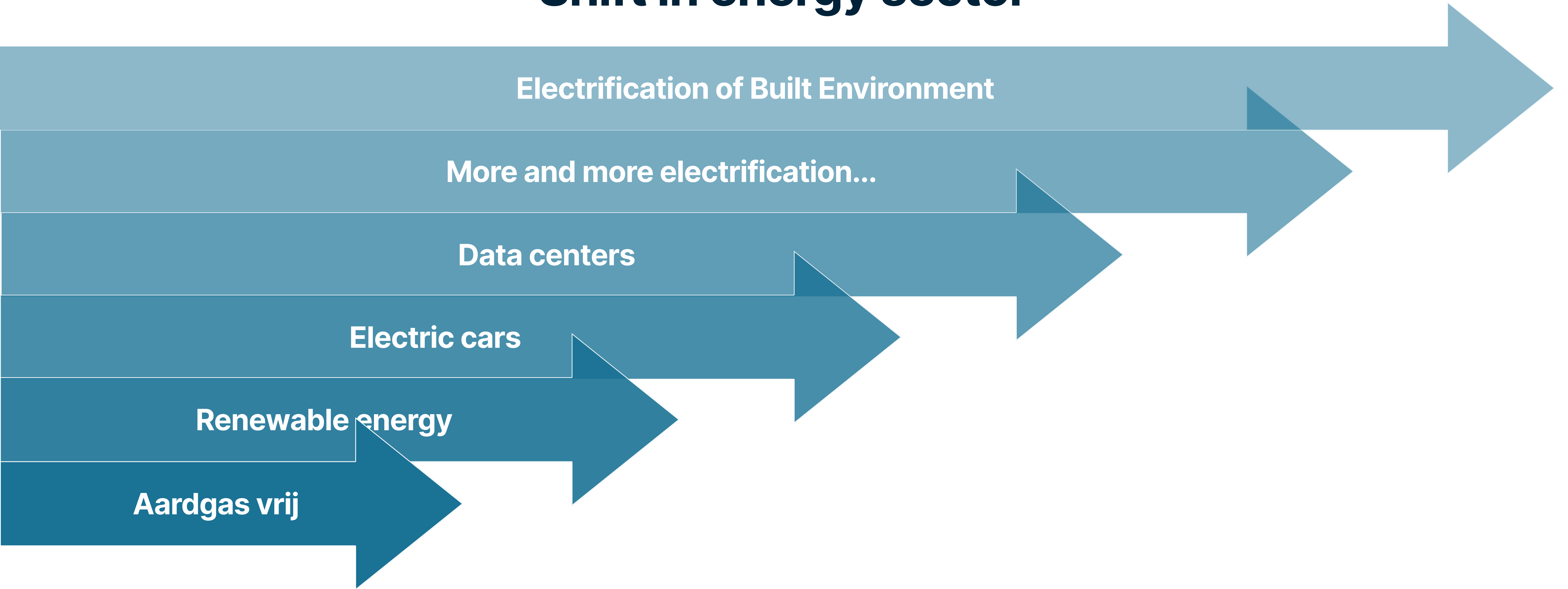
More and more electrification...

Data centers

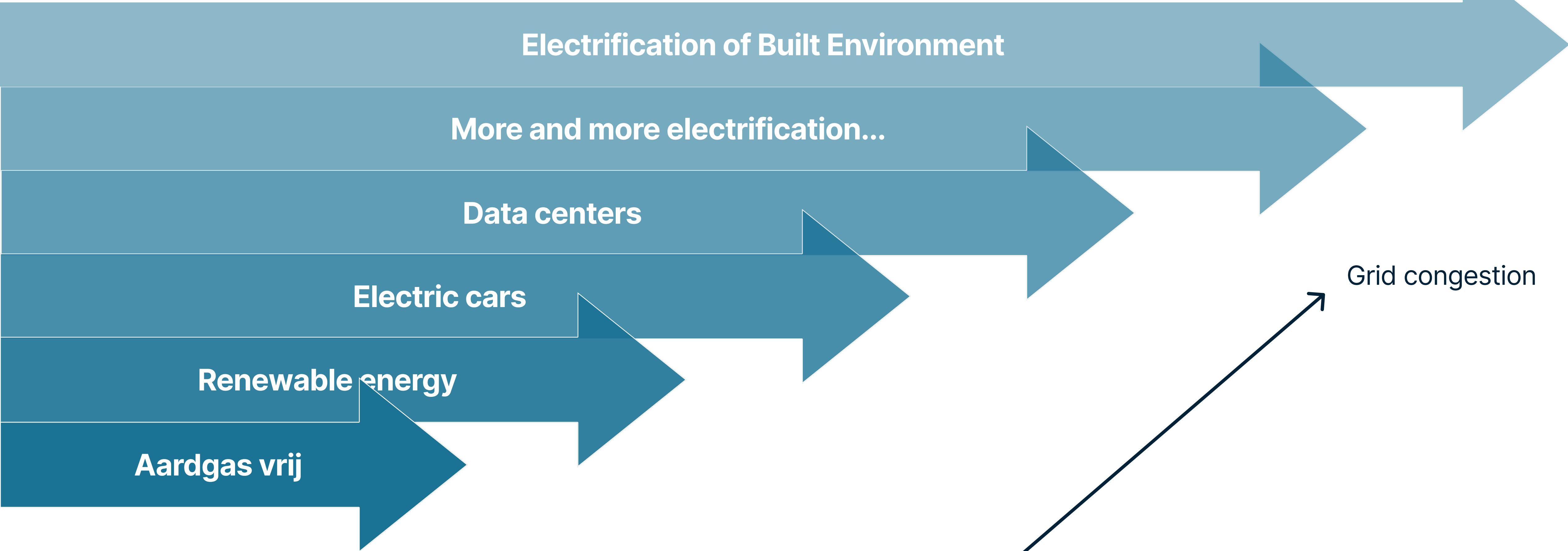
Electric cars

Renewable energy

Aardgas vrij

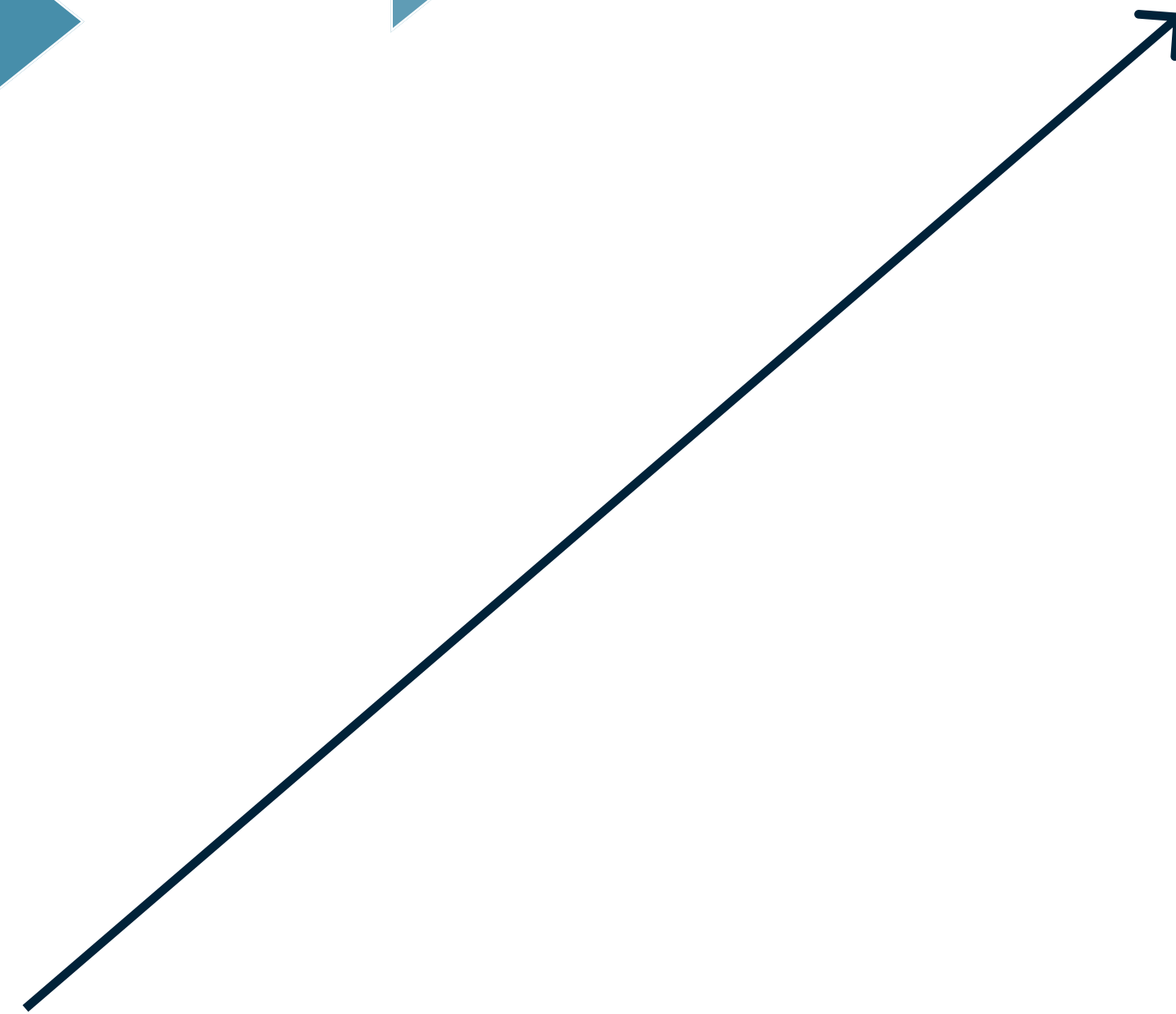


Shift in energy sector

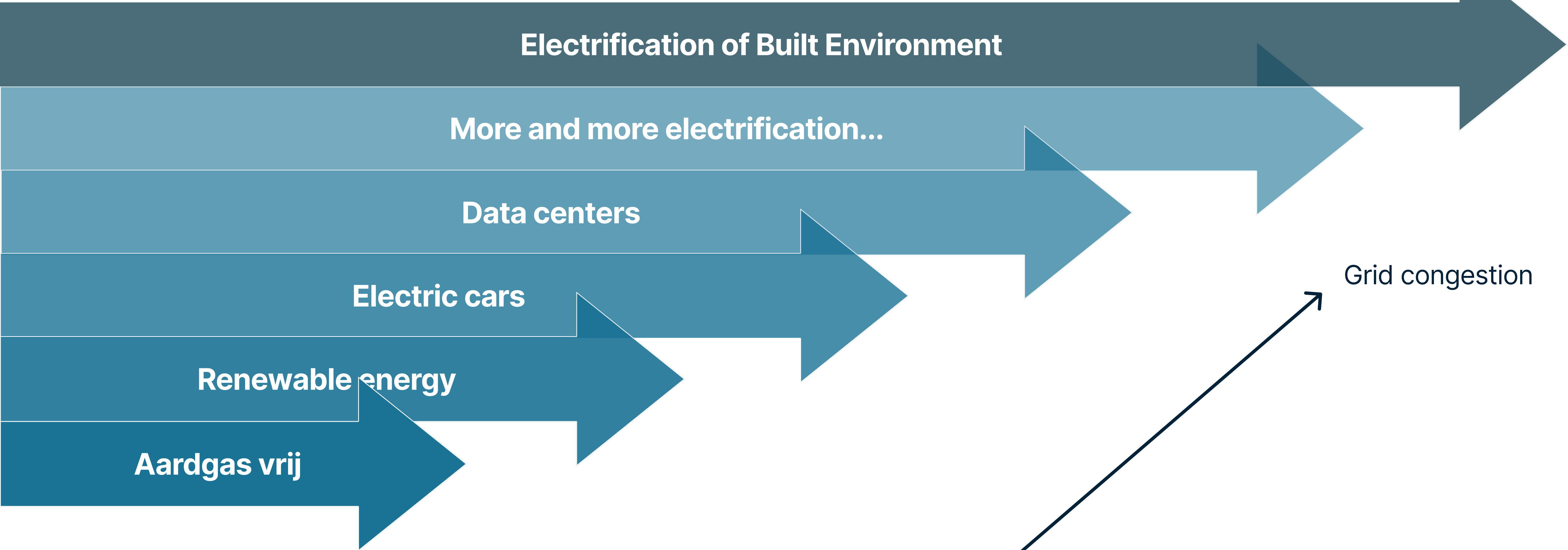


Grid congestion

⚡ Electricity demand goes up!



Shift in energy sector



⚡ Electricity demand goes up!

Shift in energy sector

► **Nieuwbouw en uitbreiding op de tocht**

Duizenden bedrijven wachten op stroom

Het bedrijfsleven komt in de knel door de tekorten op het energienetwerk. Op veel bedrijventerreinen moet de stekker uit nieuwe aanvragen worden getrokken.

Dennis Naaktgeboren
Utrecht

Uit onderzoek van NVM Business en databedrijf Brainbay blijkt dat ruim de helft van de bedrijventerreinen aan zijn plafond zit wat de afname van elektriciteit betreft. Drie op de tien locaties hebben geen extra stroom beschikbaar.

De wachtlijst voor nieuwe aansluitingen wordt alsmaar langer. In februari stonden er 9400 aanvragen in de wacht. In juli vorig jaar waren dat er nog 6000. Bedrijven moeten in sommige regio's tot zes of zeven jaar wachten op een aansluiting.

„Dit heeft tot gevolg dat vooral het midden- en kleinbedrijf dreigt vast te lopen”, zegt Irene Flotman, voorzitter van NVM Business. „Dat belemmert het lokale bedrijfsleven en de nationale economie én verzwakt de concurrentiepositie van Nederland.”

Slechts 5 procent van de bedrijventerreinen heeft nog voldoende mogelijkheden om stroom bij bedrijven te krijgen. Daardoor komen uitbreidingsplannen van bedrijven en nieuwbouwprojecten op de tocht te staan. De problemen zijn het grootst in Noord-Brabant, Gelderland en Limburg, waar op meer dan 90 procent van de terreinen geen nieuwe elektriciteitscapaciteit beschikbaar is. Alleen in delen van Zuid-Holland, Friesland en Flevoland is er nog enige beschikbaarheid van stroom.

Ook het gebrek aan locaties begint bedrijven op te breken. In vrijwel heel Nederland melden

NVM-makelaars dat er onvoldoende aanbod is voor ondernemers die een pand zoeken. Doordat een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk niet langer gegarandeerd is, worden bedrijven ook terughoudender met investeringen in nieuwe panden.

Plan uit Den Haag

De NVM roept het nieuwe kabinet op met een plan te komen. De makelaarsvereniging waarschuwt dat de aandacht niet alleen maar naar de woningbouw moet gaan. Bedrijventerreinen zijn verantwoordelijk voor ongeveer 50 procent van het totale gasverbruik en gebruiken 30 procent van de elektriciteit in Nederland.

Voorzitter van MKB-Nederland Jacco Vonhof ziet dat ook duizenden bedrijven worden beperkt in hun energietransitie en hun duurzame groei. „Dit moet met voorrang worden opgelost.” ► P15

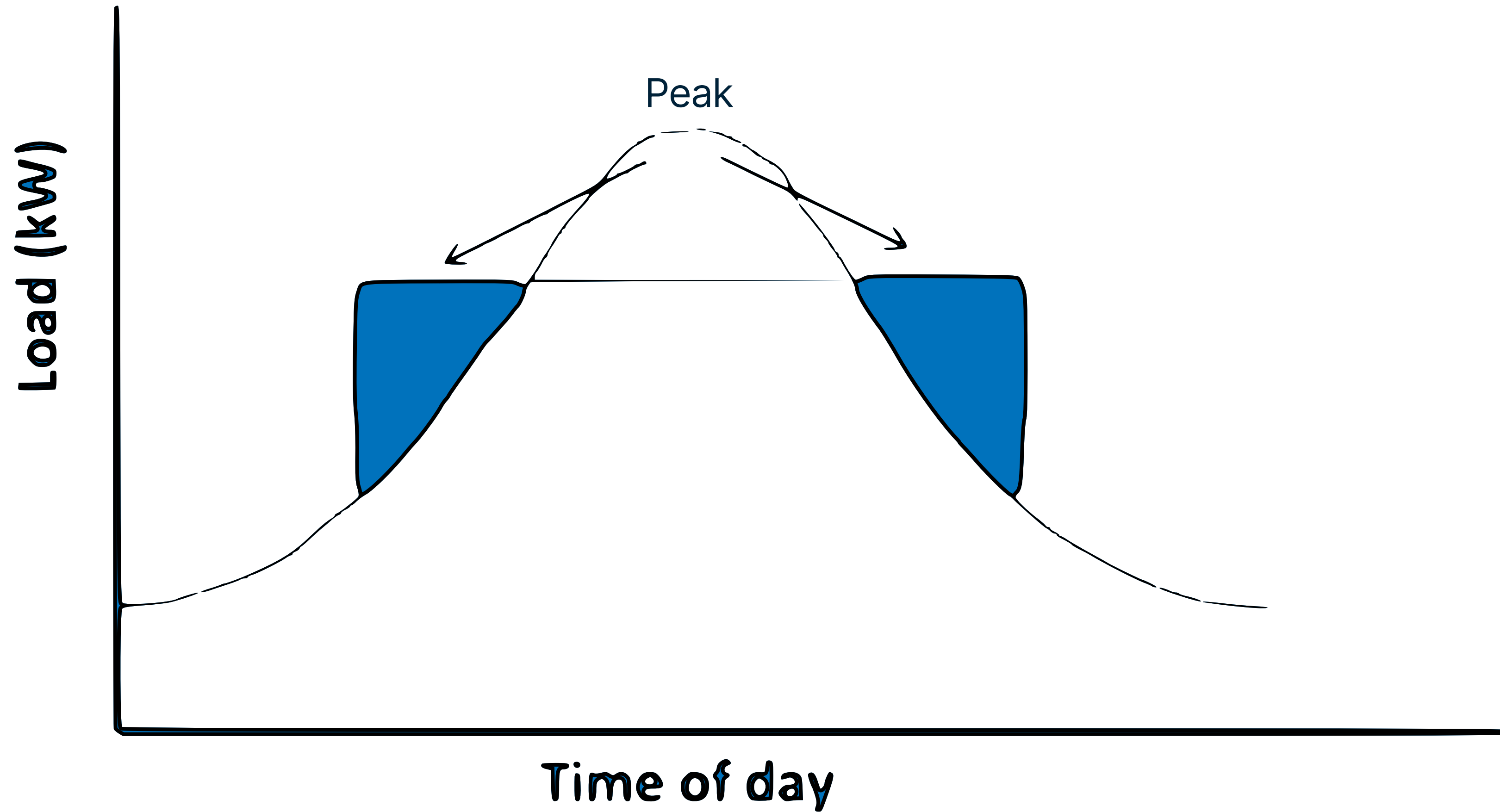
Electr

Renewable energy

Aardgas vrij

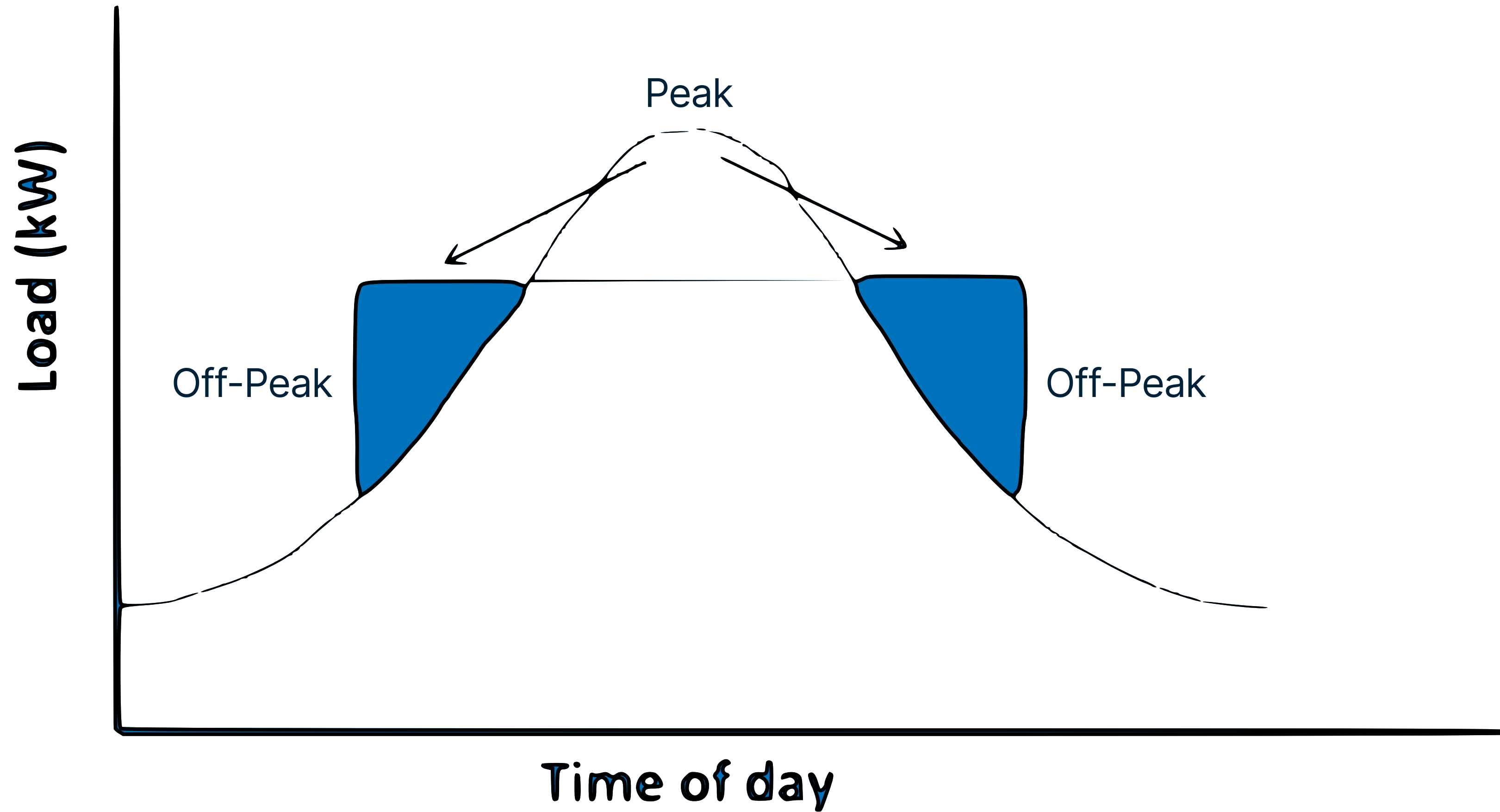
Grid congestion

Load Shifting as a Solution



Growing need for (Thermal) Energy Storage

Load Shifting as a Solution



Growing need for (Thermal) Energy Storage

TES Adoption Barriers

Technical barriers

Changing Thermal Demands

Lack of Standardization

Smart Control and Design

Policy barriers

Awareness

Financial Complexity

Policy & Market Integration

TES Adoption Barriers

Technical barriers

Changing Thermal Demands

Lack of Standardization

Smart Control and Design

Policy barriers

Awareness

Financial Complexity

Policy & Market Integration

TES Adoption Barriers

Technical barriers

Changing Thermal Demands

Lack of Standardization

Smart Control and Design

Policy barriers

Awareness

Financial Complexity

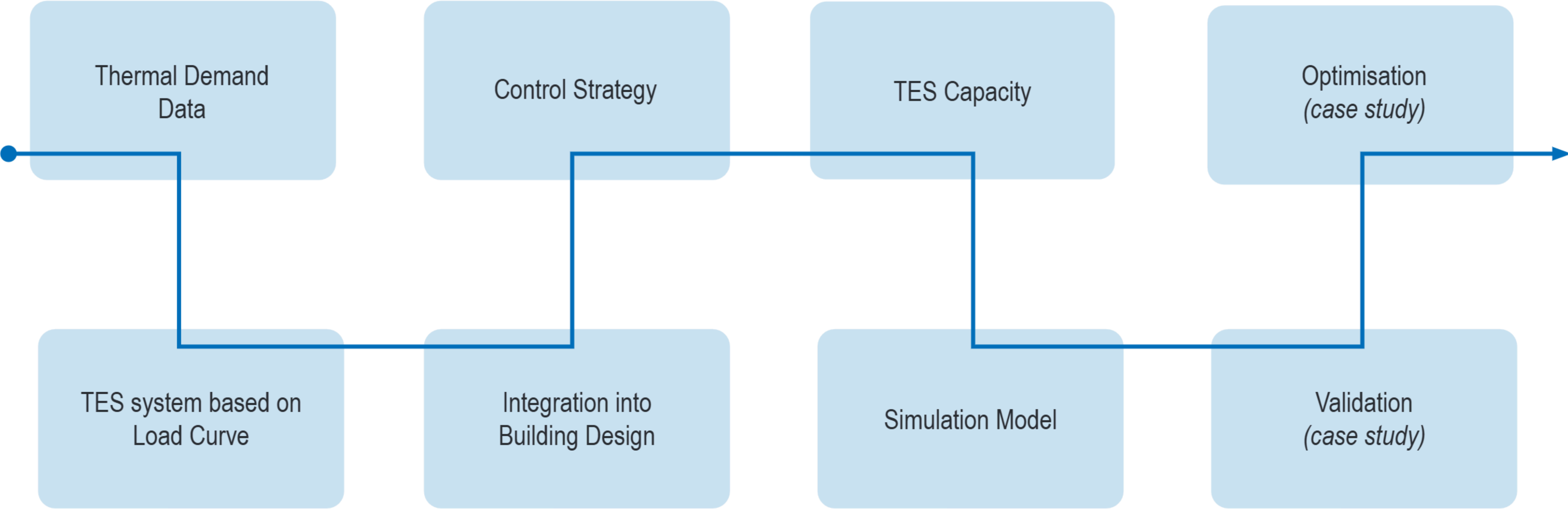
Policy & Market Integration

TES Implementation Framework

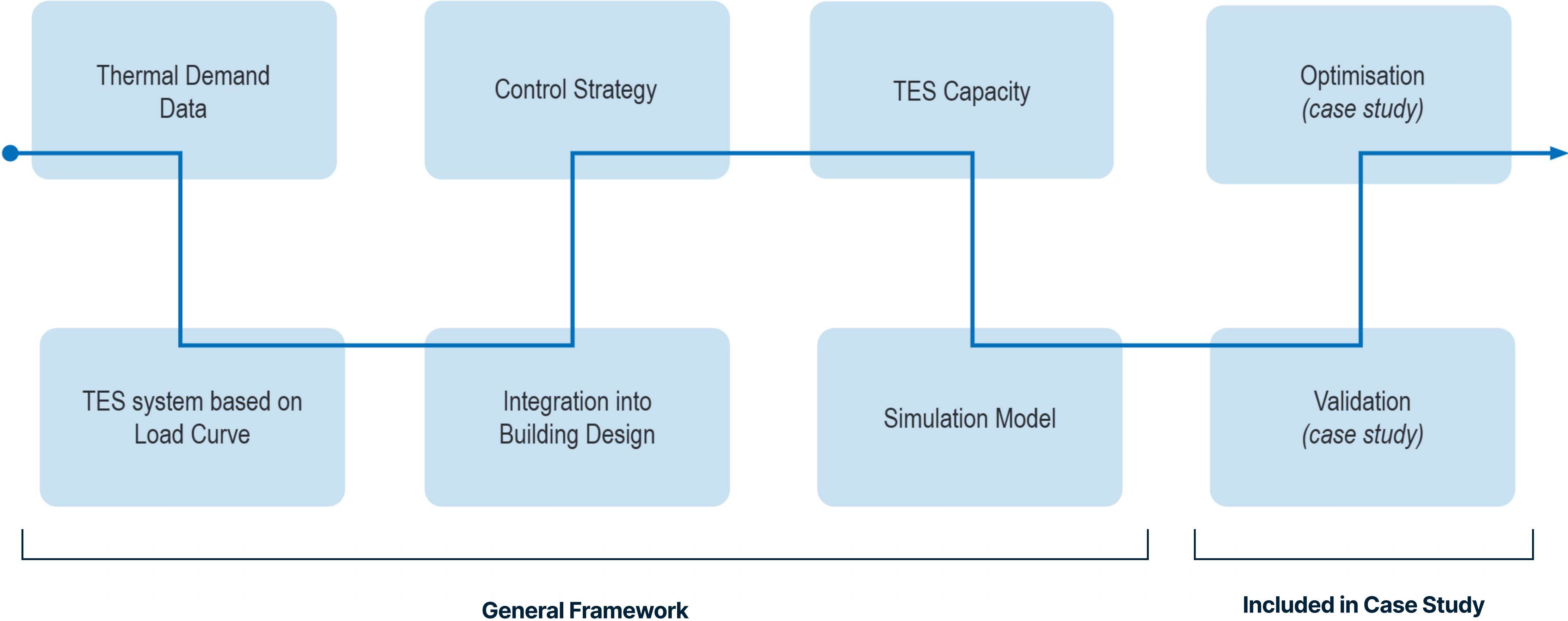


*How can a design-to-operation **framework** facilitate the
co-optimization of Thermal Energy Storage (TES) capacity and control strategies
to enhance **load-shifting** potential
while guaranteeing occupant **thermal comfort** in buildings?*

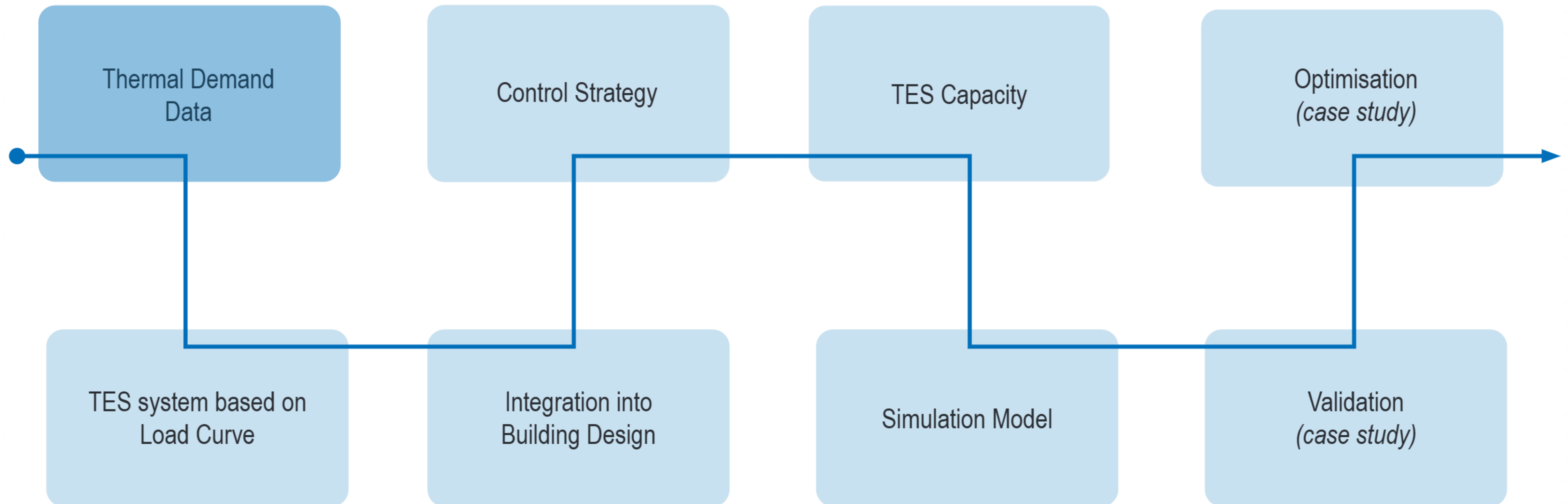
Design of the Framework



Design of the Framework

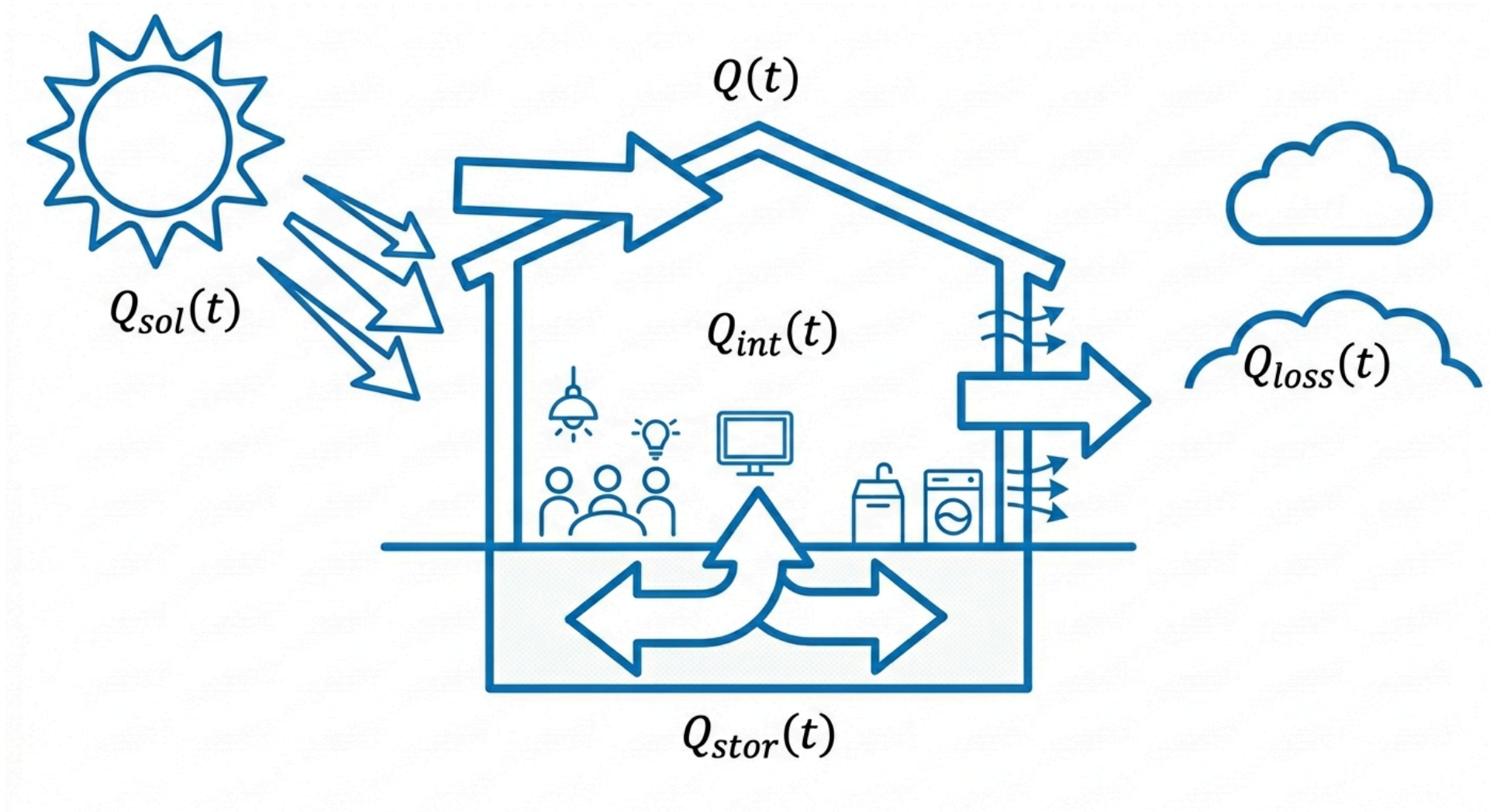


Part 1 - Thermal Demand Data



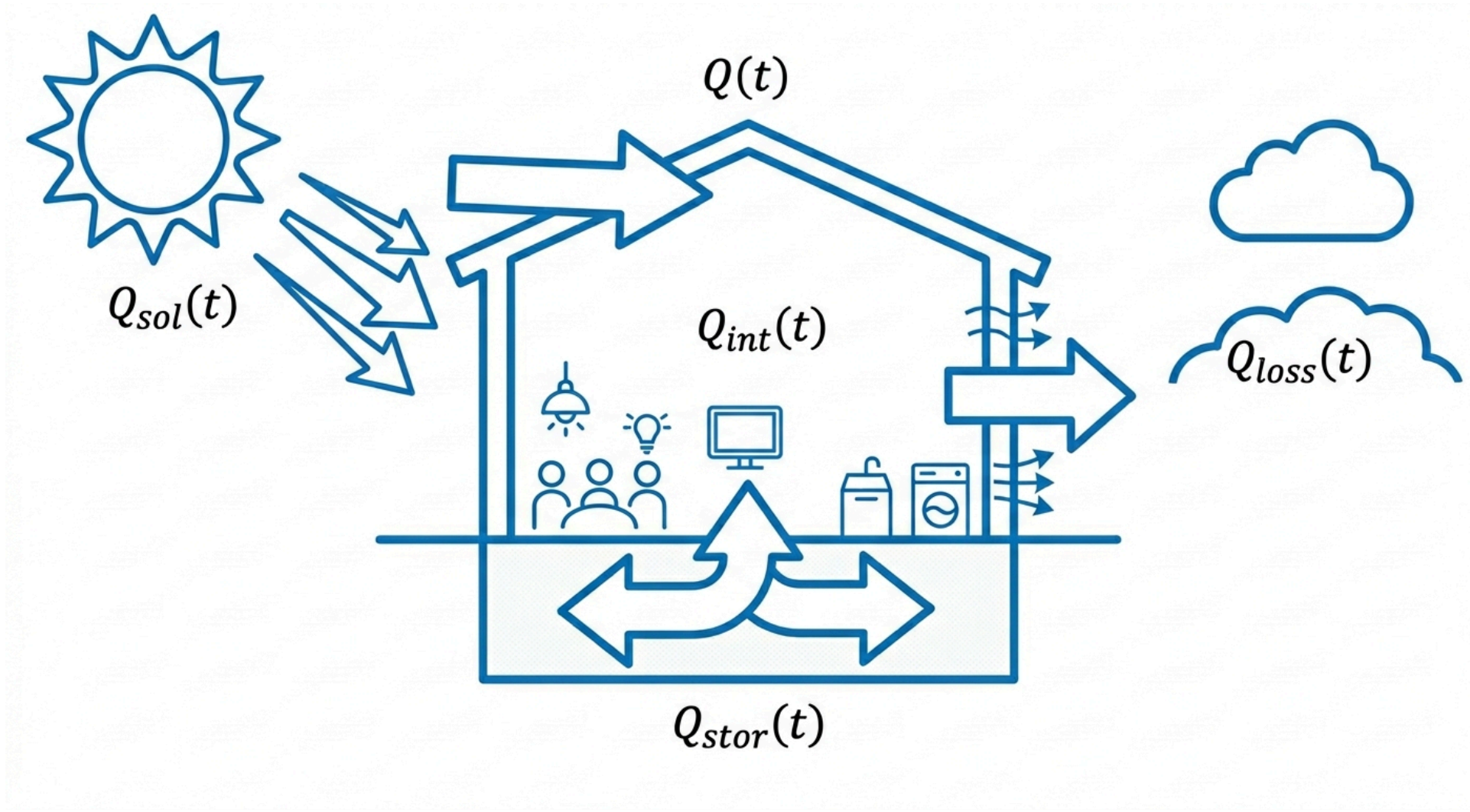
Part 1. Thermal Demand

$$Q(t) = Q_{loss}(t) - Q_{gain}(t)$$



Part 1. Thermal Demand

$$Q(t) = Q_{loss}(t) - Q_{gain}(t)$$



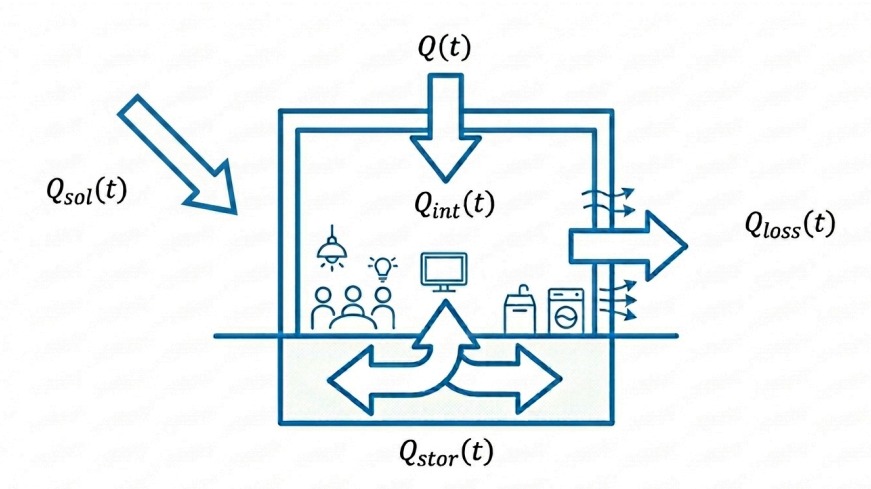
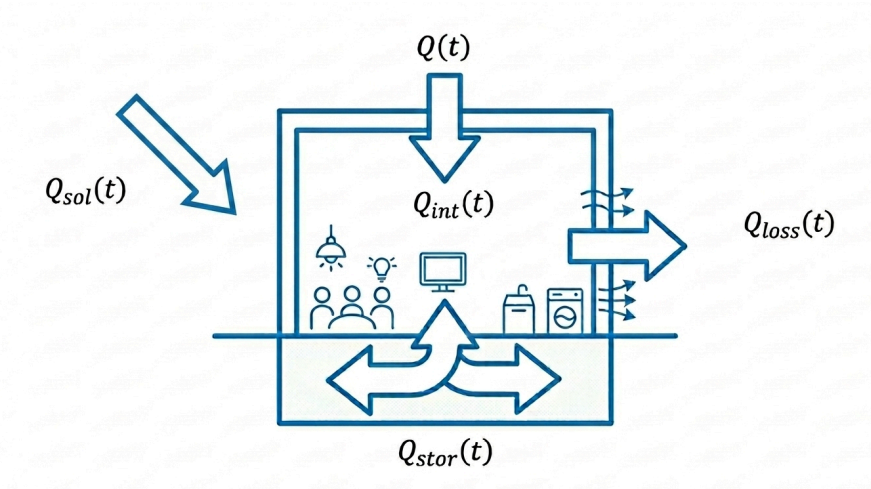
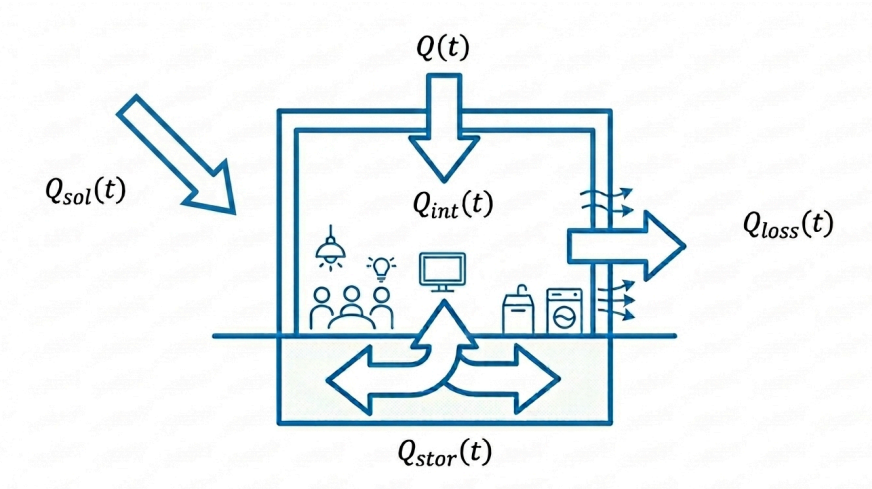
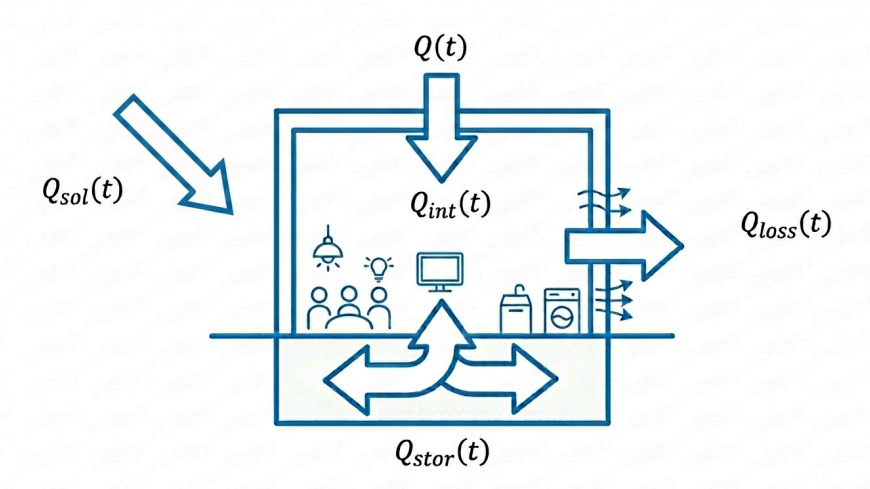
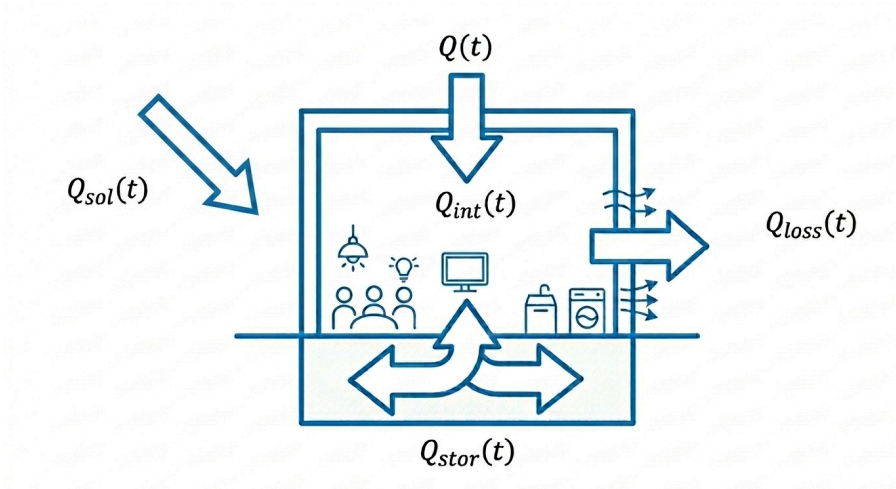
C - Zone 1

C - Zone 2

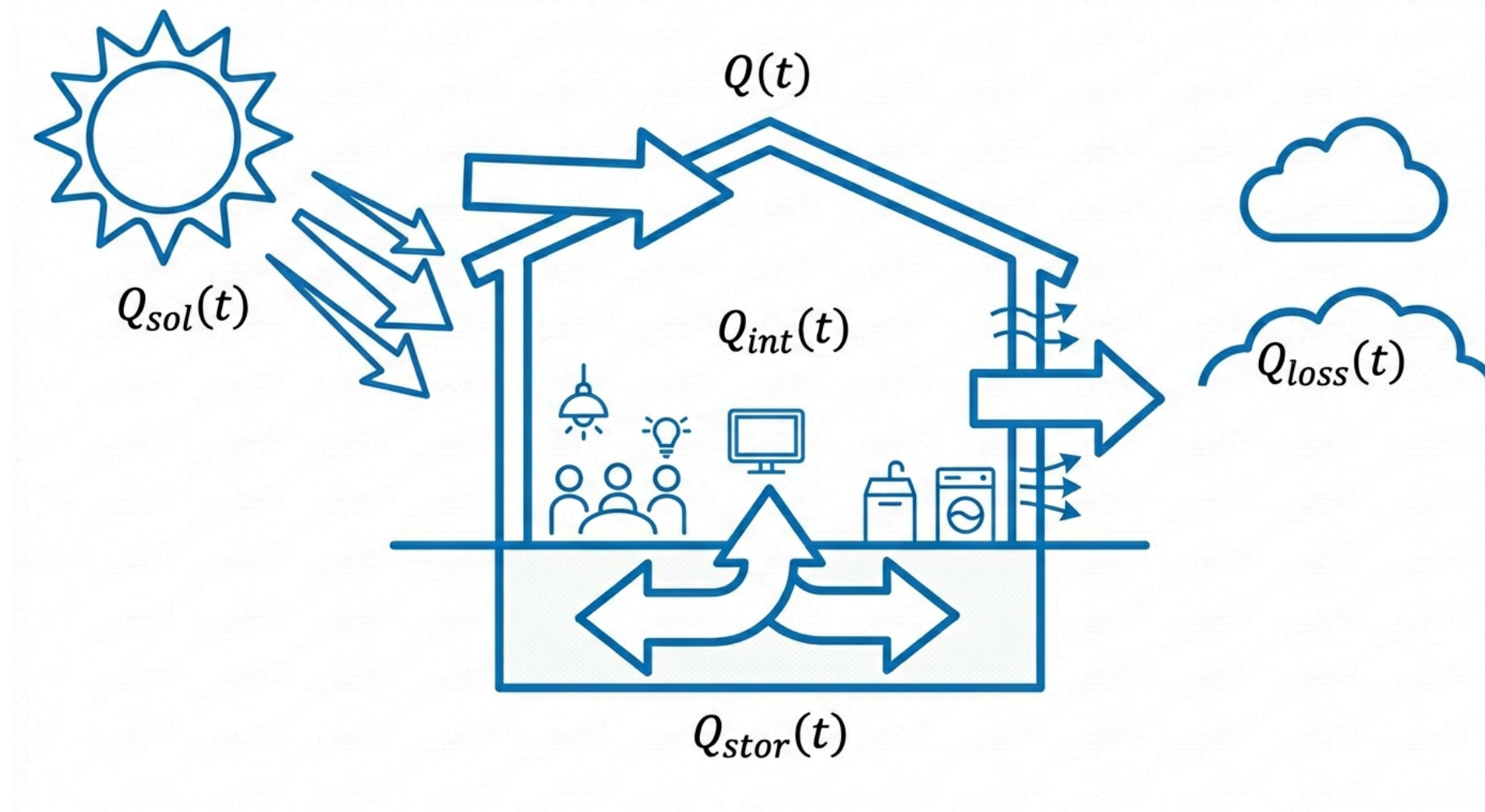
C - Zone 3

C - Zone 4

C - Zone 5



$$Q(t) = Q_{loss}(t) - Q_{gain}(t)$$



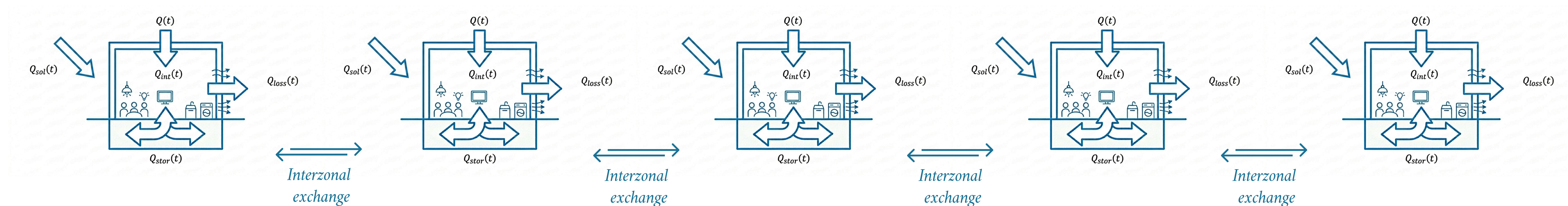
C - Zone 1

C - Zone 2

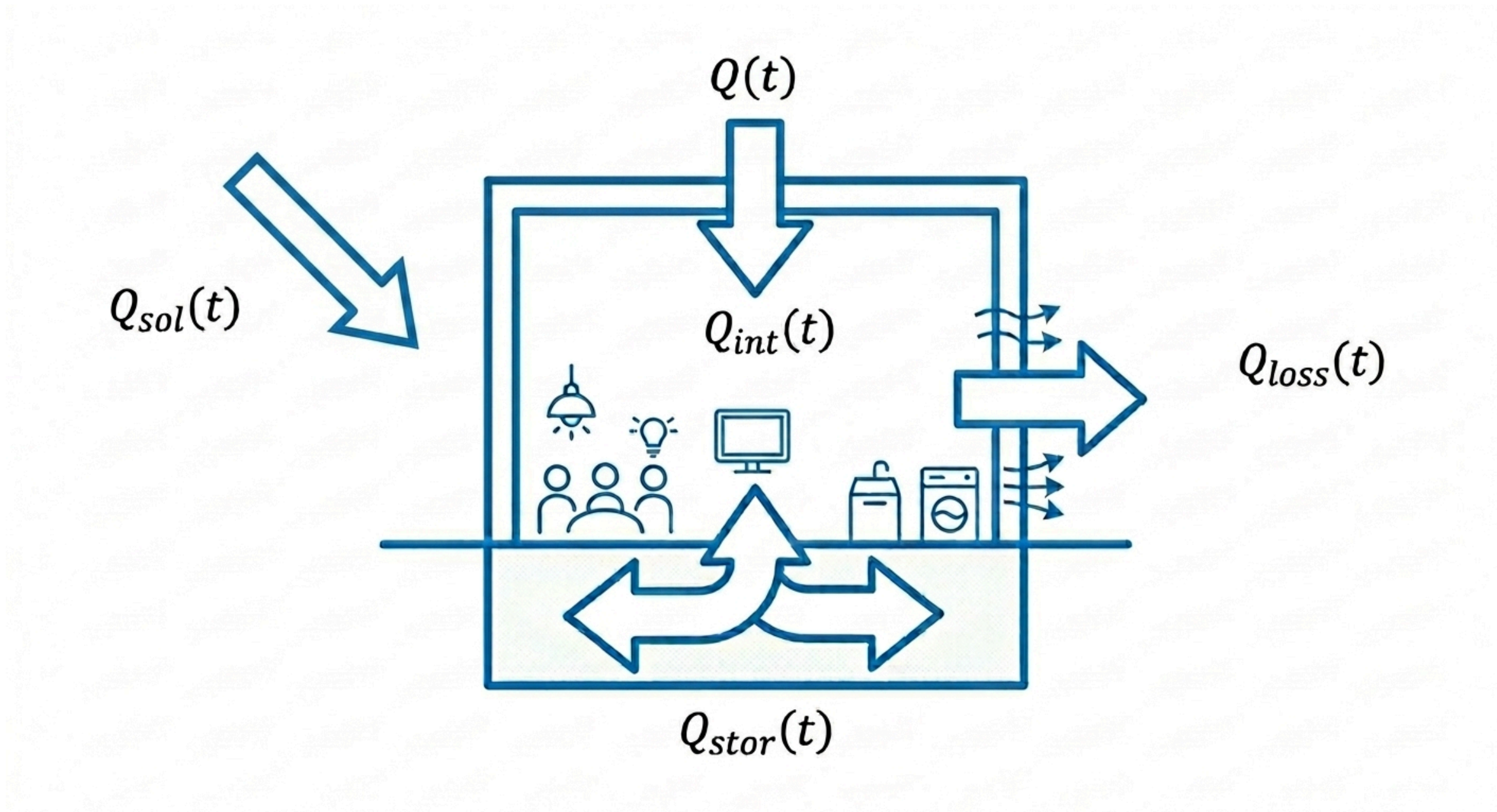
C - Zone 3

C - Zone 4

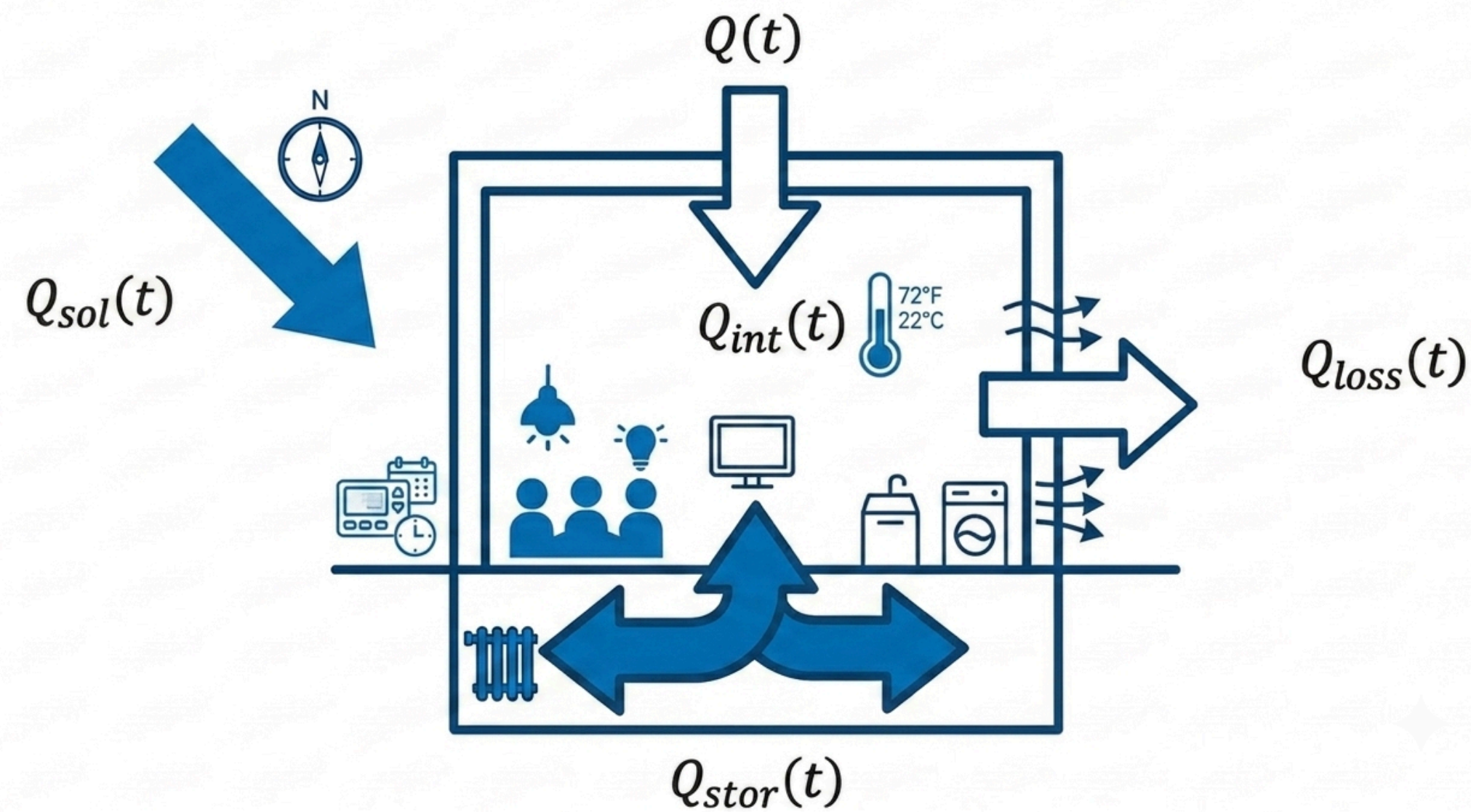
C - Zone 5



Part 1. Thermal Demand



Climatization Zone n

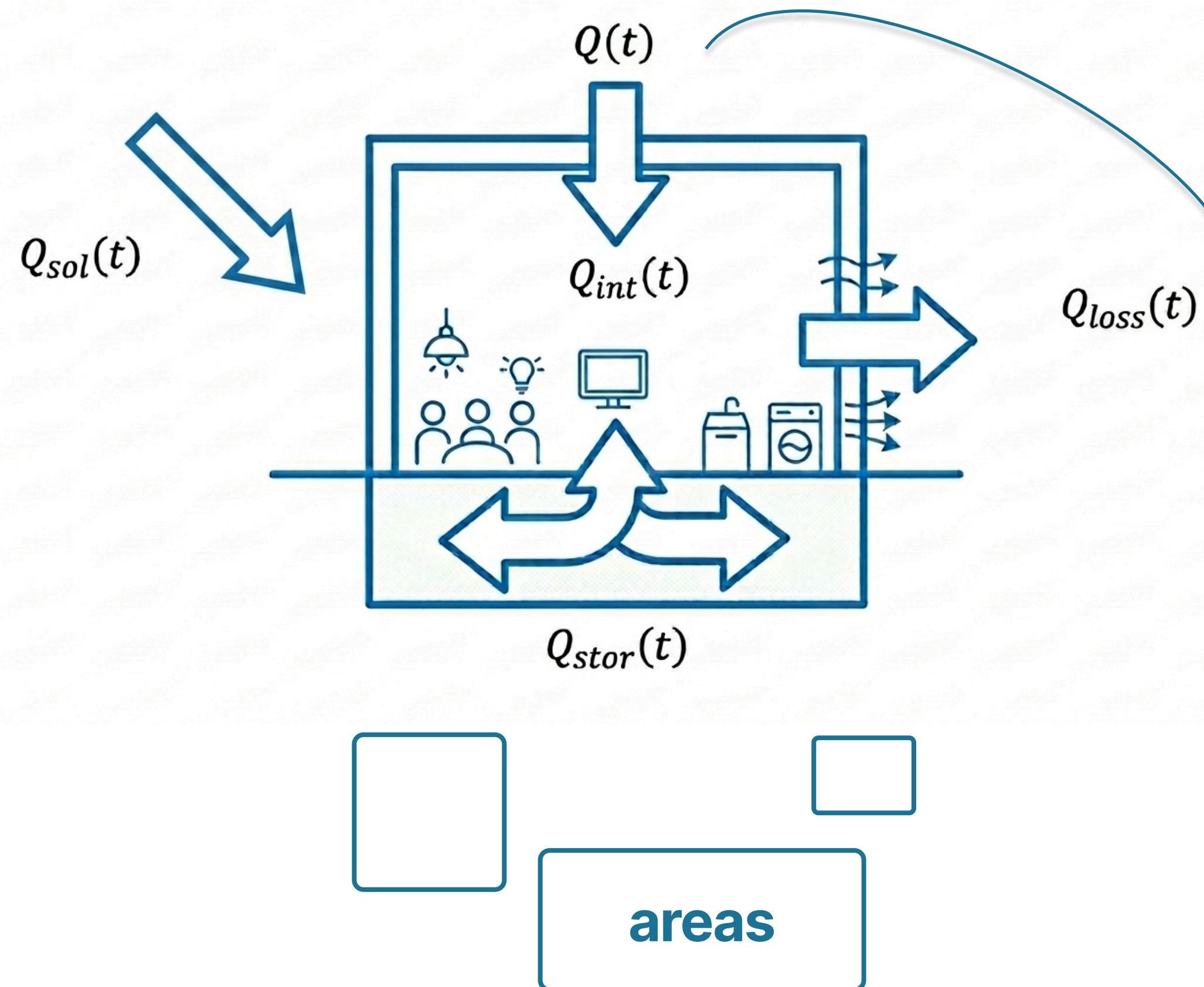


Areas grouped into climatization zones based on characteristics:

Such as:

- Temperature set-points
- Orientation
- Schedules (e.g., occupancy)
- Emitter System

Climatization Zone n

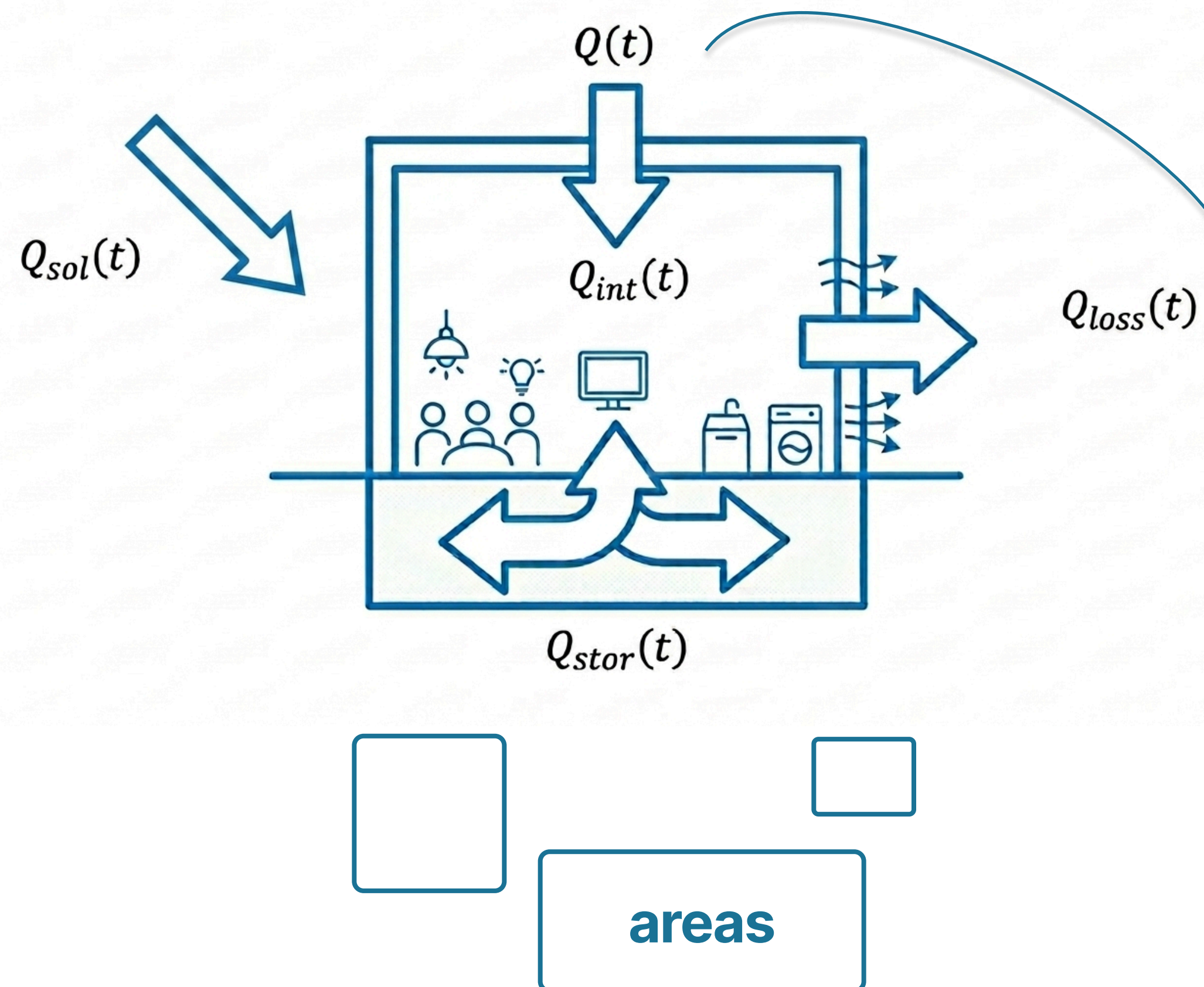


Areas grouped into climatization zones based on characteristics:

Such as:

- Temperature set-points
- Orientation
- Schedules (e.g., occupancy)
- Emitter System

Climatization Zone n



Areas grouped into climatization zones based on characteristics:

Such as:

- Temperature set-points
- Orientation
- Schedules (e.g., occupancy)
- Emitter System

Q_{zone}

Cooling (-) or Heating (+)

Qzone

Cooling (-) or Heating (+)

Qzone

Cooling (-) or Heating (+)

Time-step	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone N
Time-step 1	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 2	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 3	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 4	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 5	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW

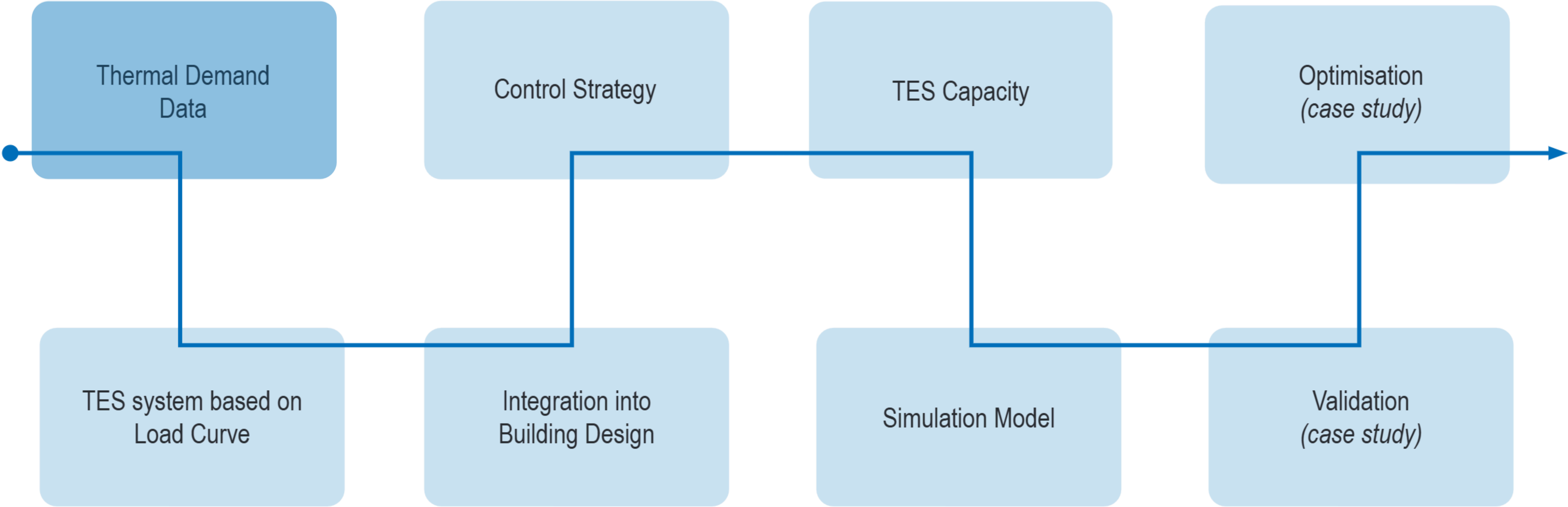
Dataset as DataFrame

Qzone

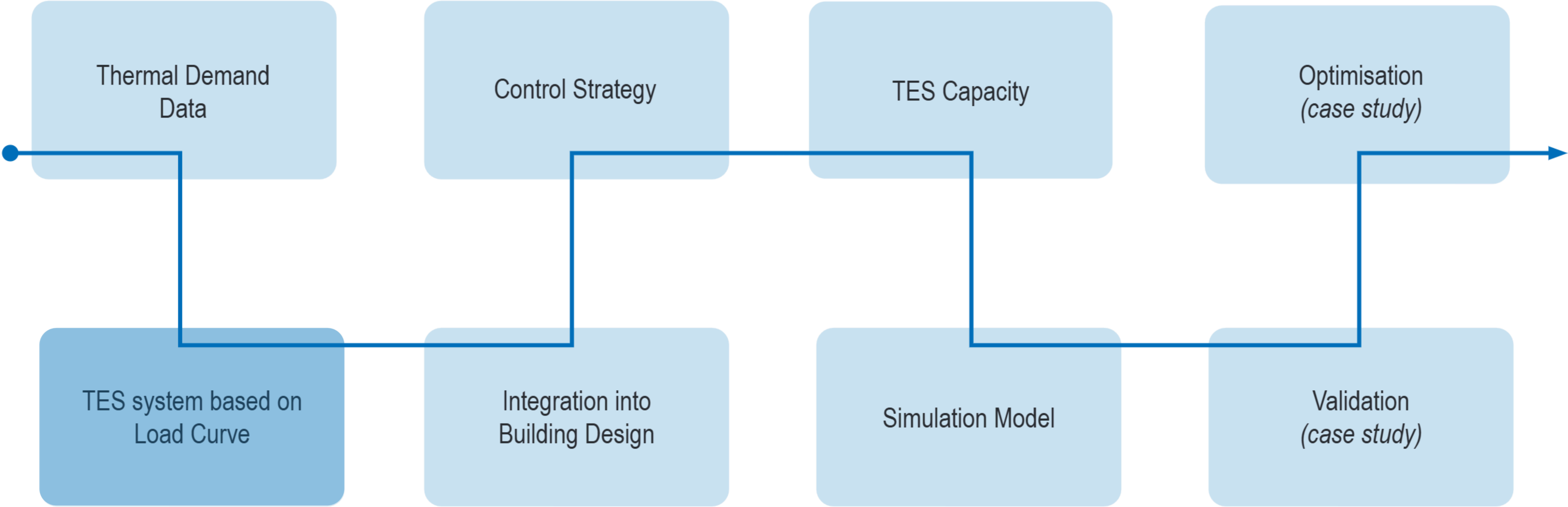
Cooling (-) or Heating (+)

Time-step	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone N
Time-step 1	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 2	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 3	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 4	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 5	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW

Part 2 - TES system for Load Curves



Part 2 - TES system for Load Curves



Dataset as DataFrame

Qzone

Cooling (-) or Heating (+)

Time-step	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone N
Time-step 1	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 2	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 3	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 4	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW
Time-step 5	$Q_{zone1(t)}$ kW	$Q_{zone2(t)}$ kW	$Q_{zone3(t)}$ kW	$Q_{zone4(t)}$ kW

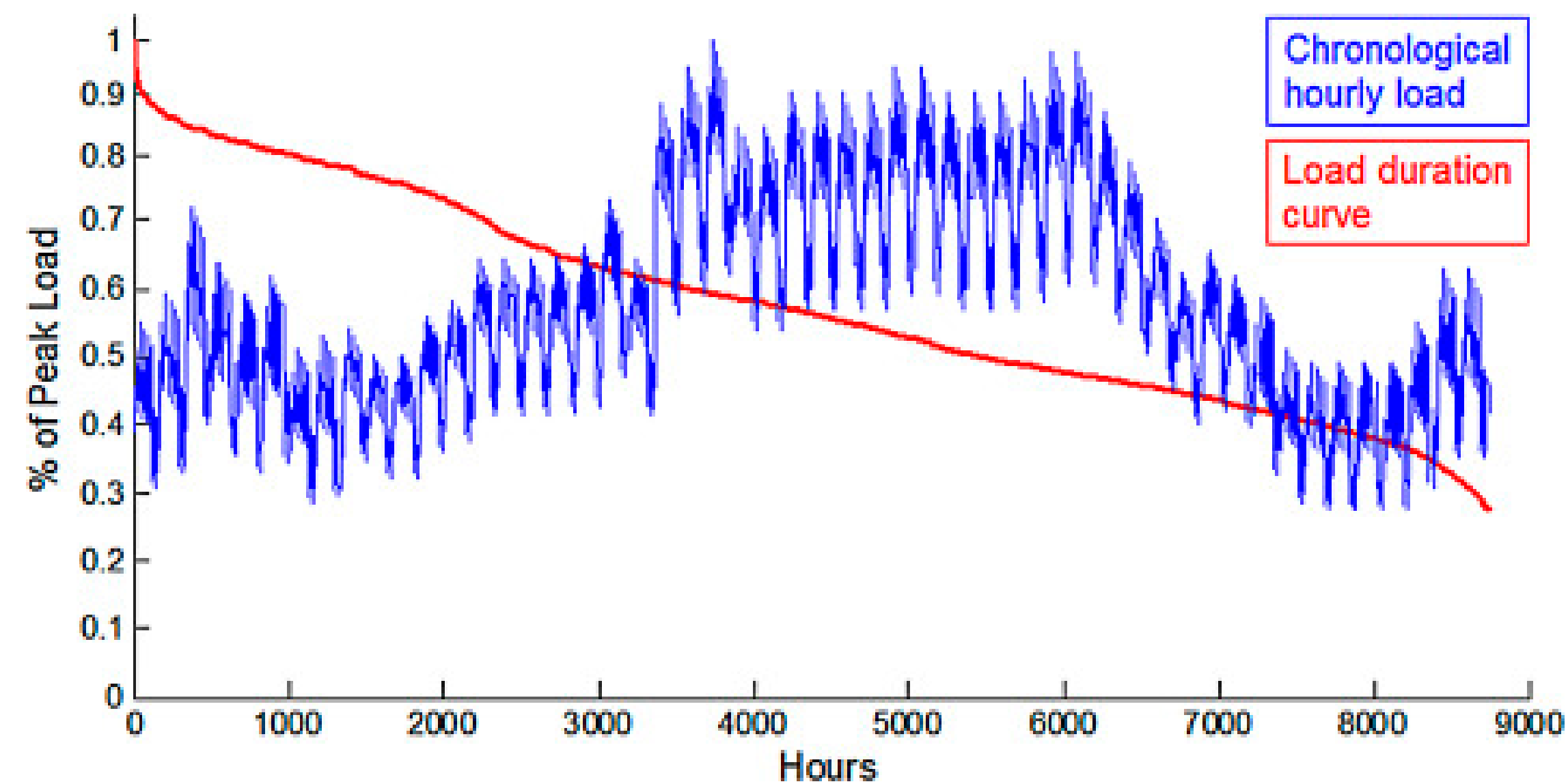
Part 2. TES per Load Curve Archetype

Time-step	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone N
Time-step 1	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 2	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 3	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 4	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 5	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW



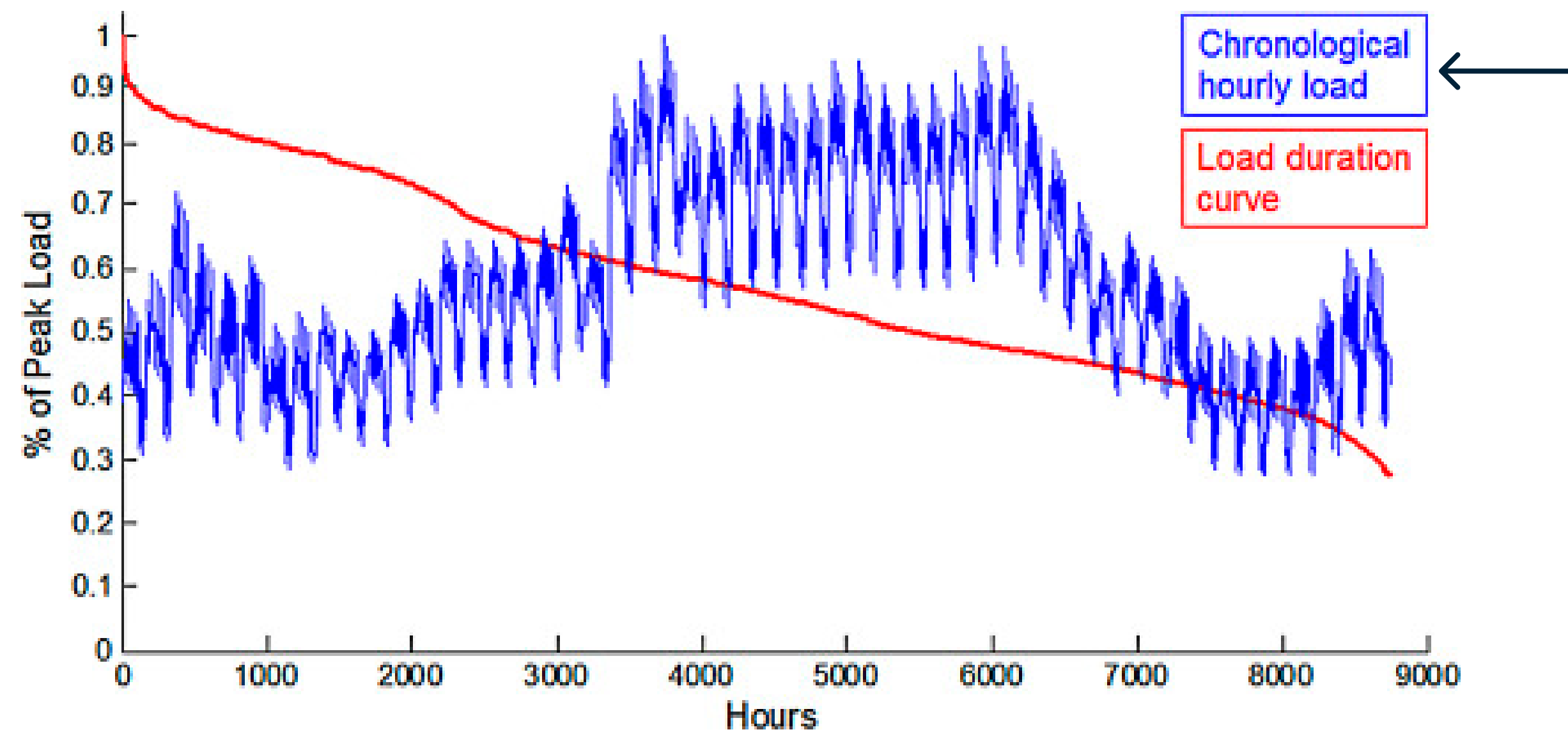
Part 2. TES per Load Curve Archetype

Time-step	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone N
Time-step 1	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 2	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 3	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 4	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 5	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW



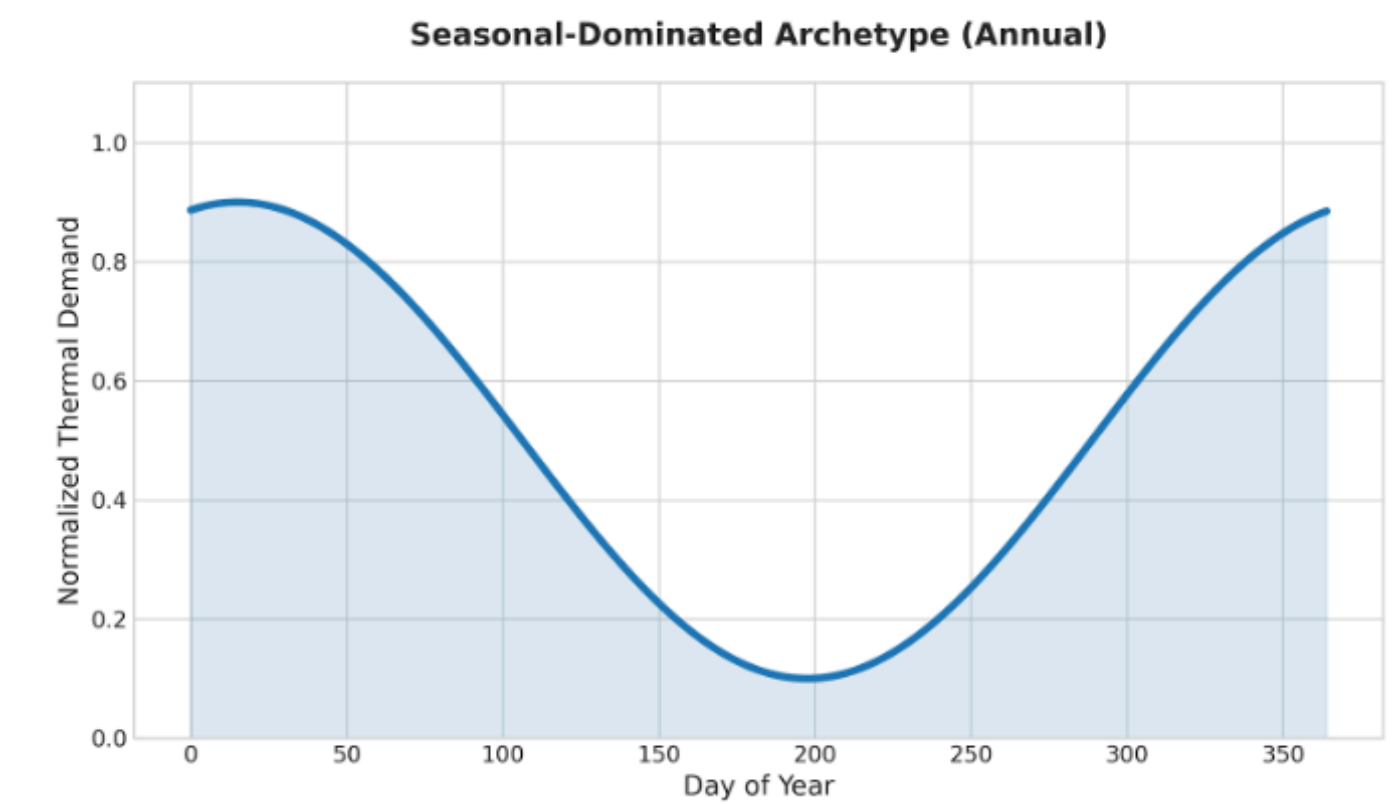
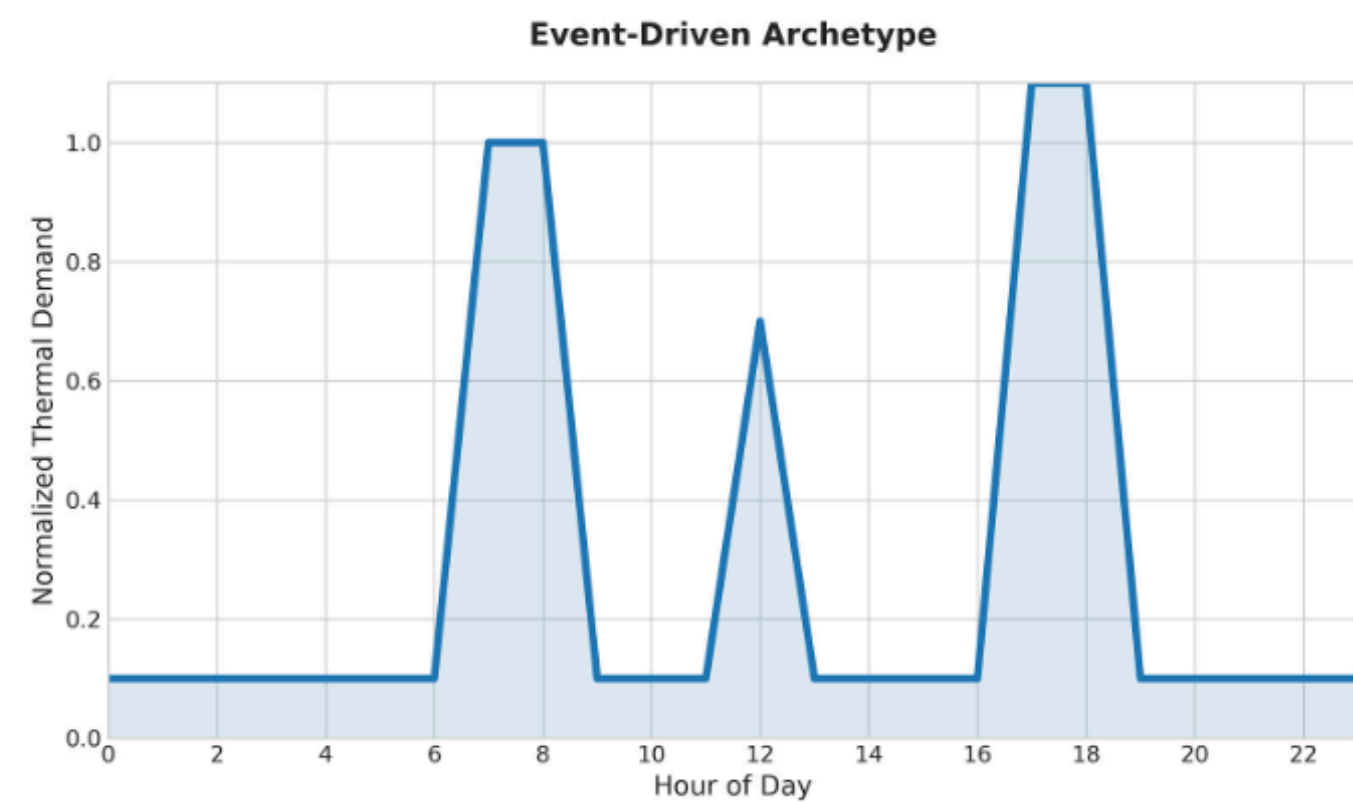
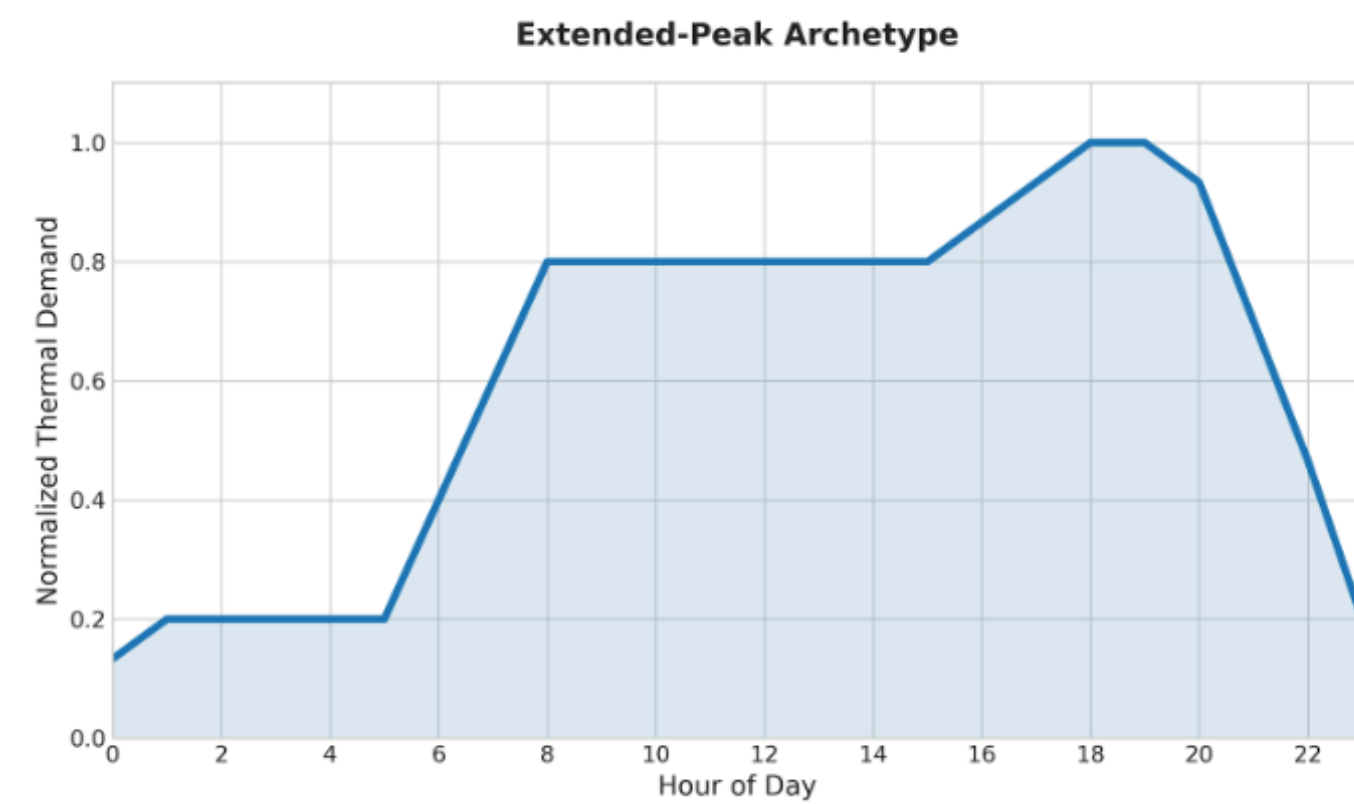
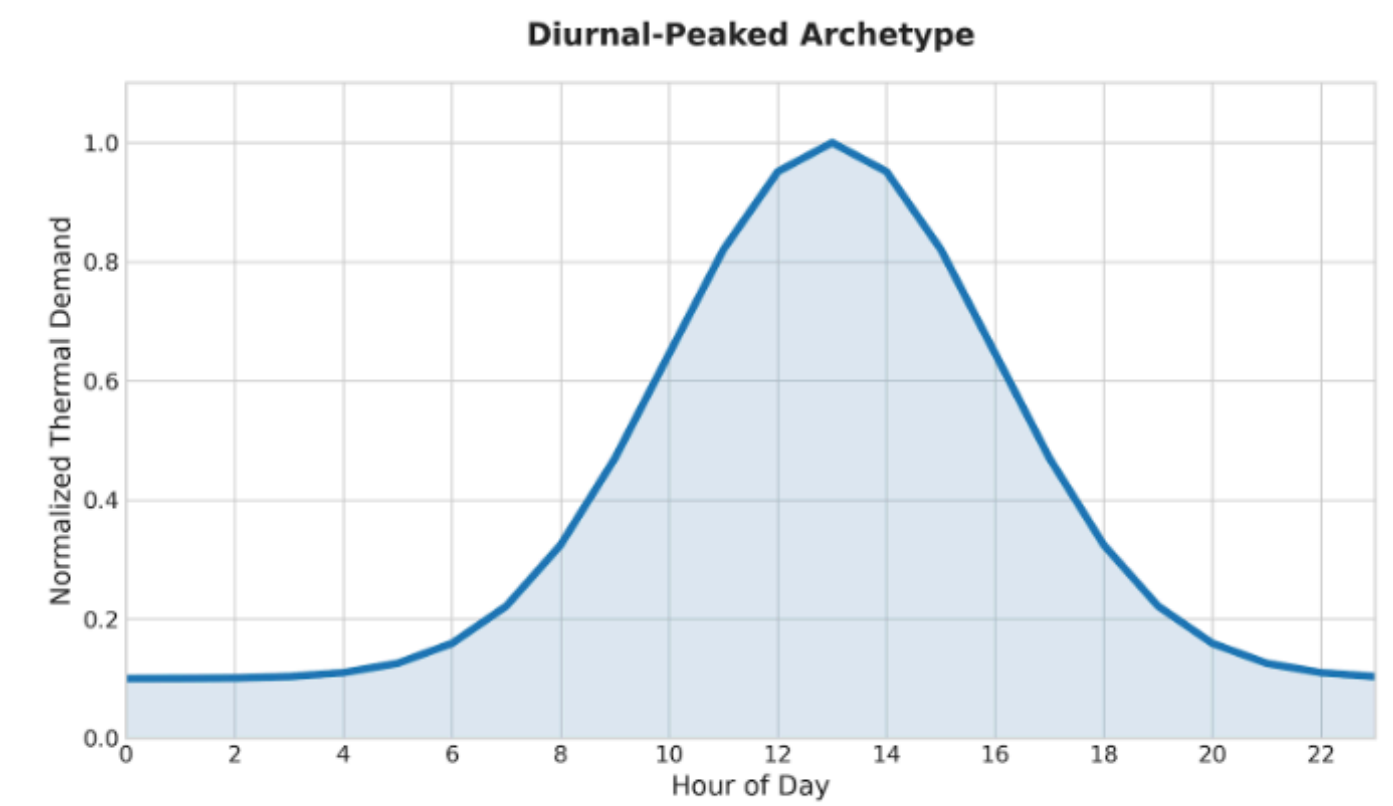
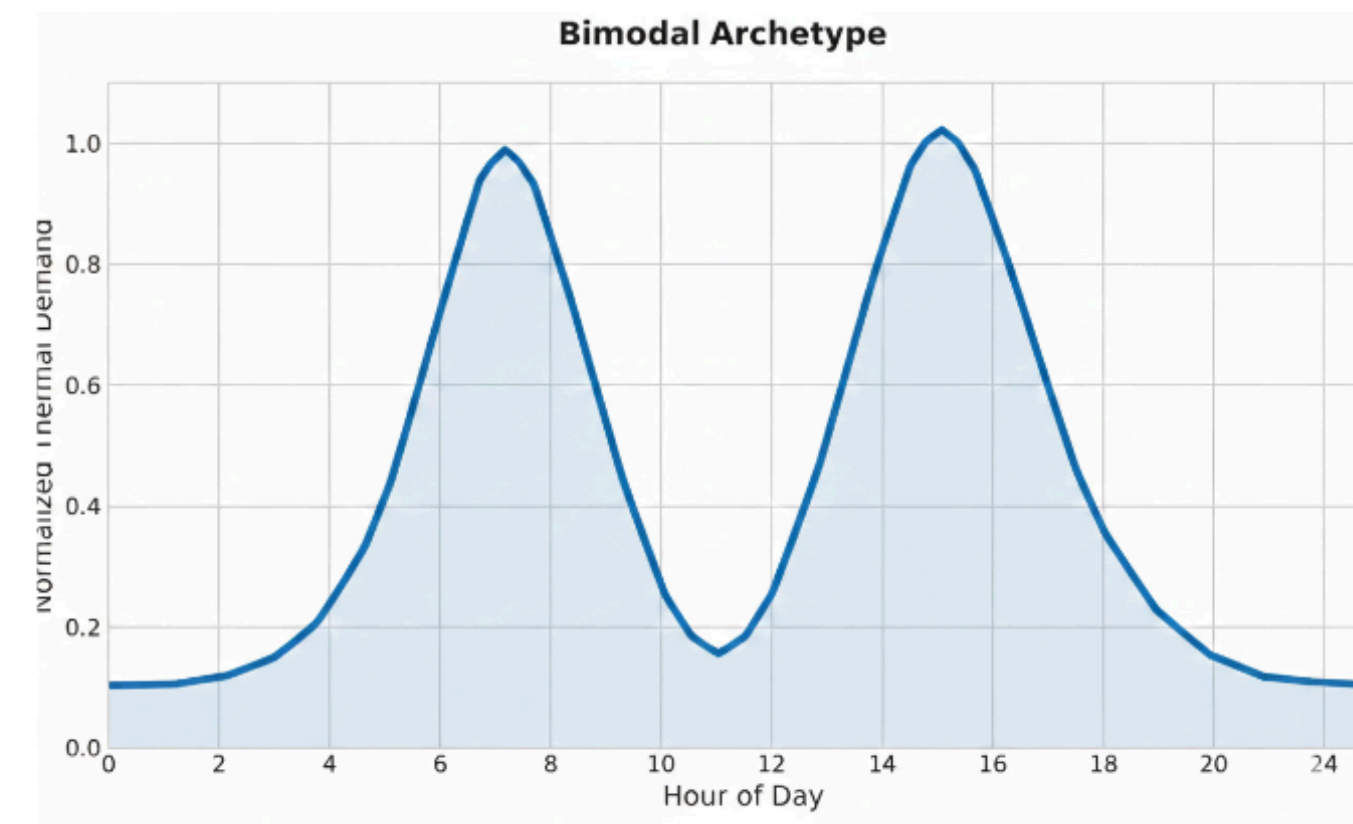
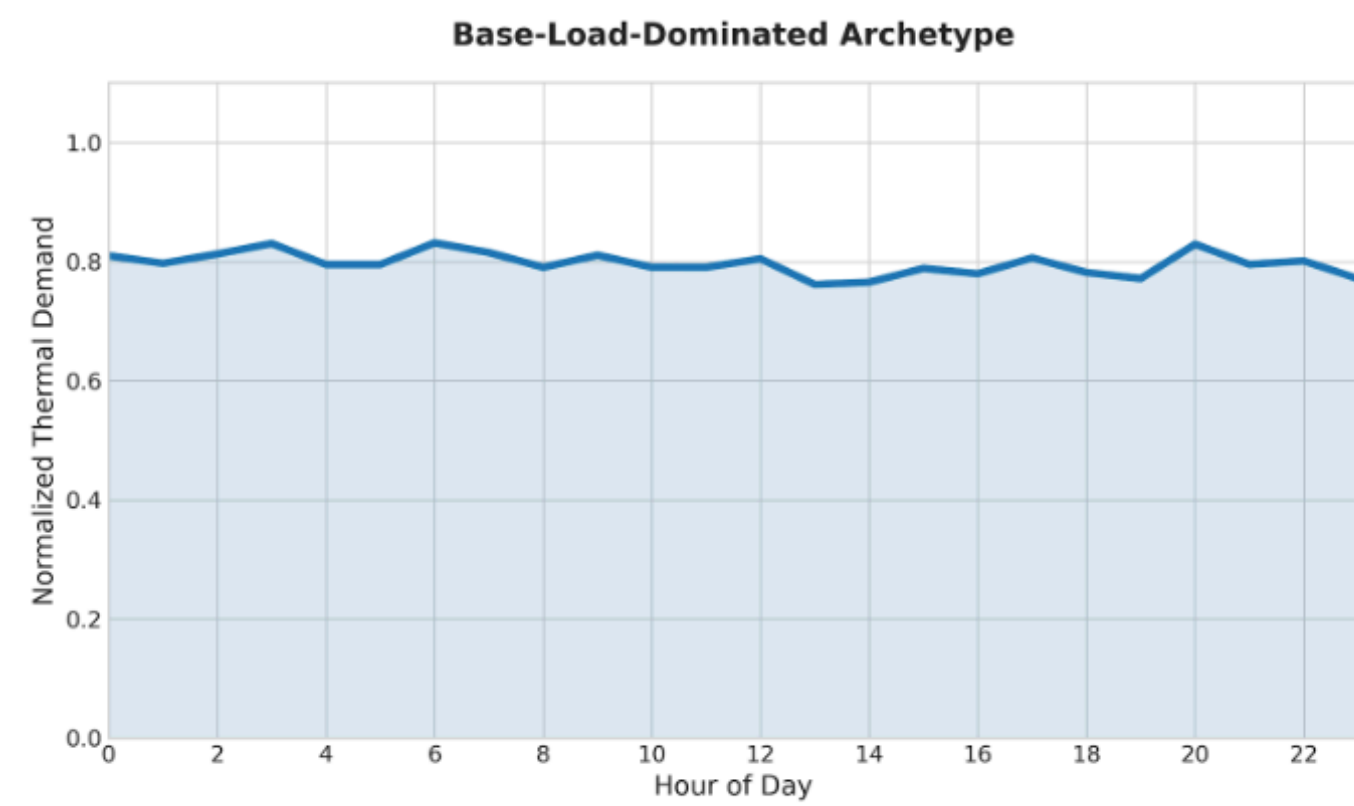
Part 2. TES per Load Curve Archetype

Time-step	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone N
Time-step 1	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 2	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 3	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 4	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW
Time-step 5	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW	+/- .. kW



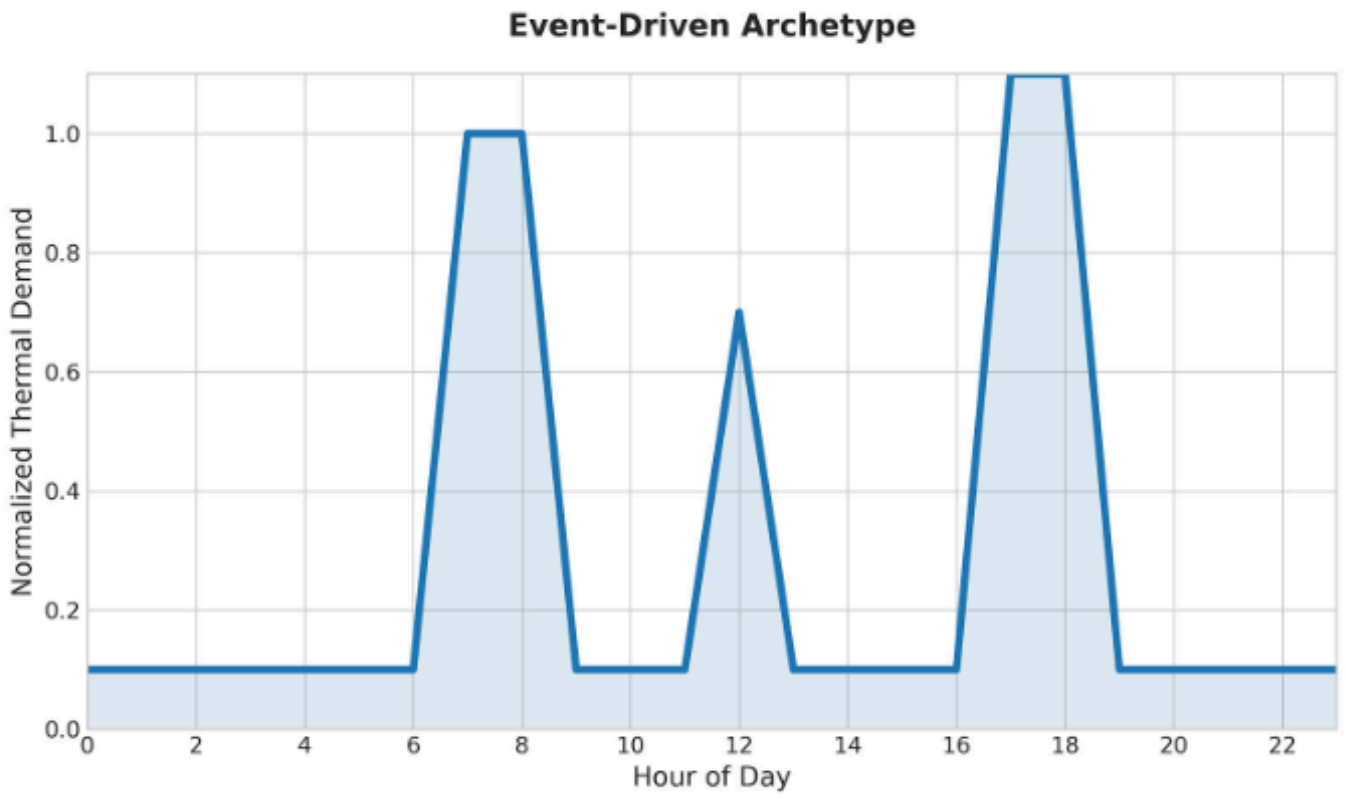
Part 2. TES per Load Curve Archetype

Load Curve Archetypes (CHL)



Note: mostly daily scale

Part 2. TES per Load Curve Archetype

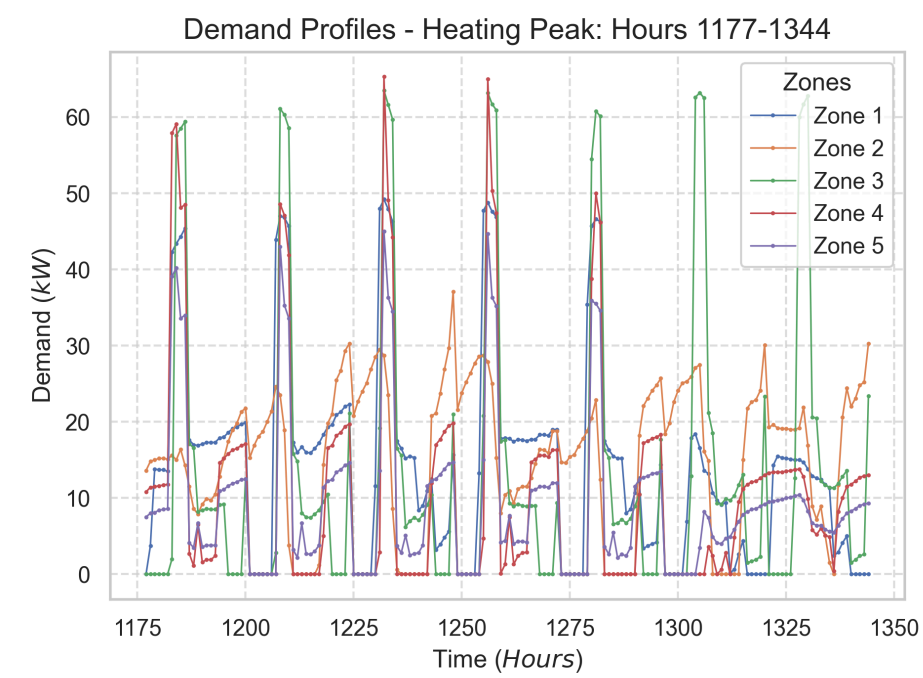


Needle Peak Load Curve Archetype

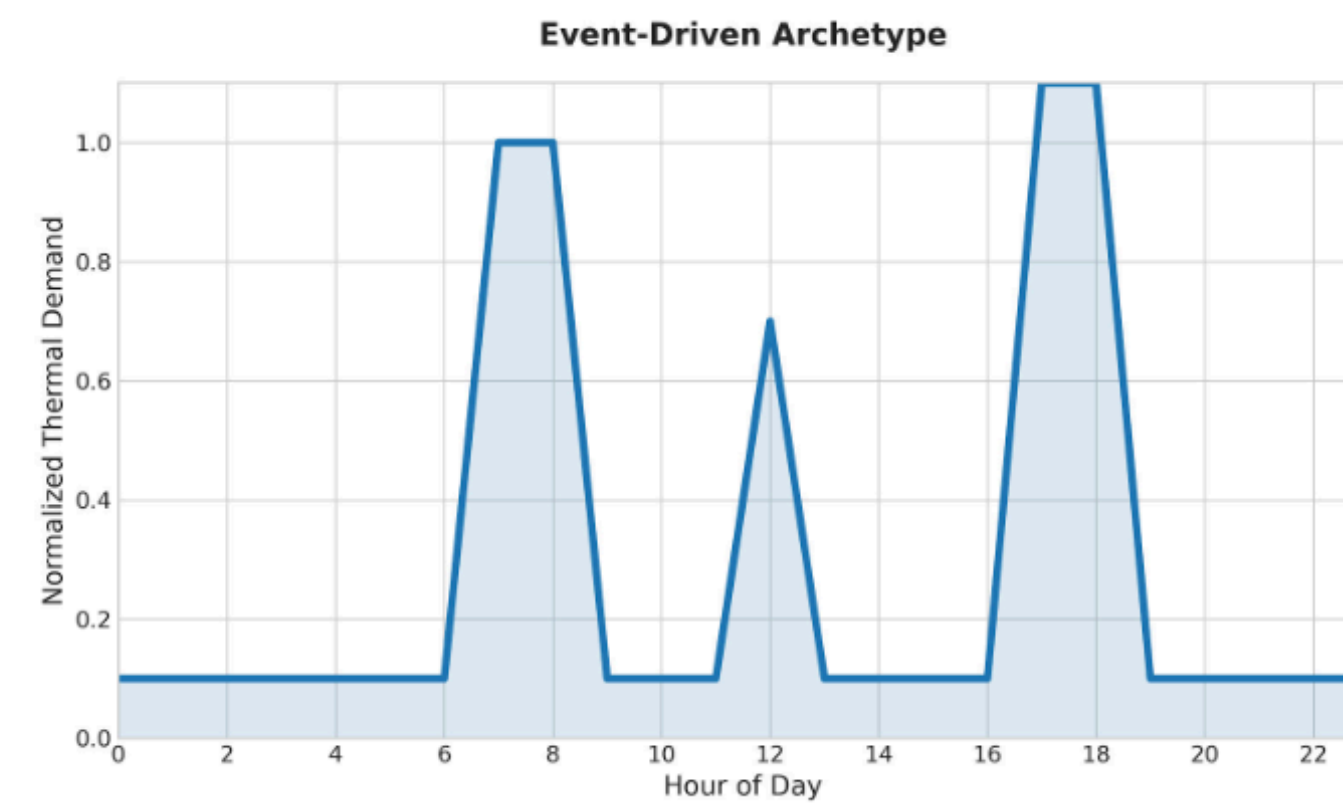
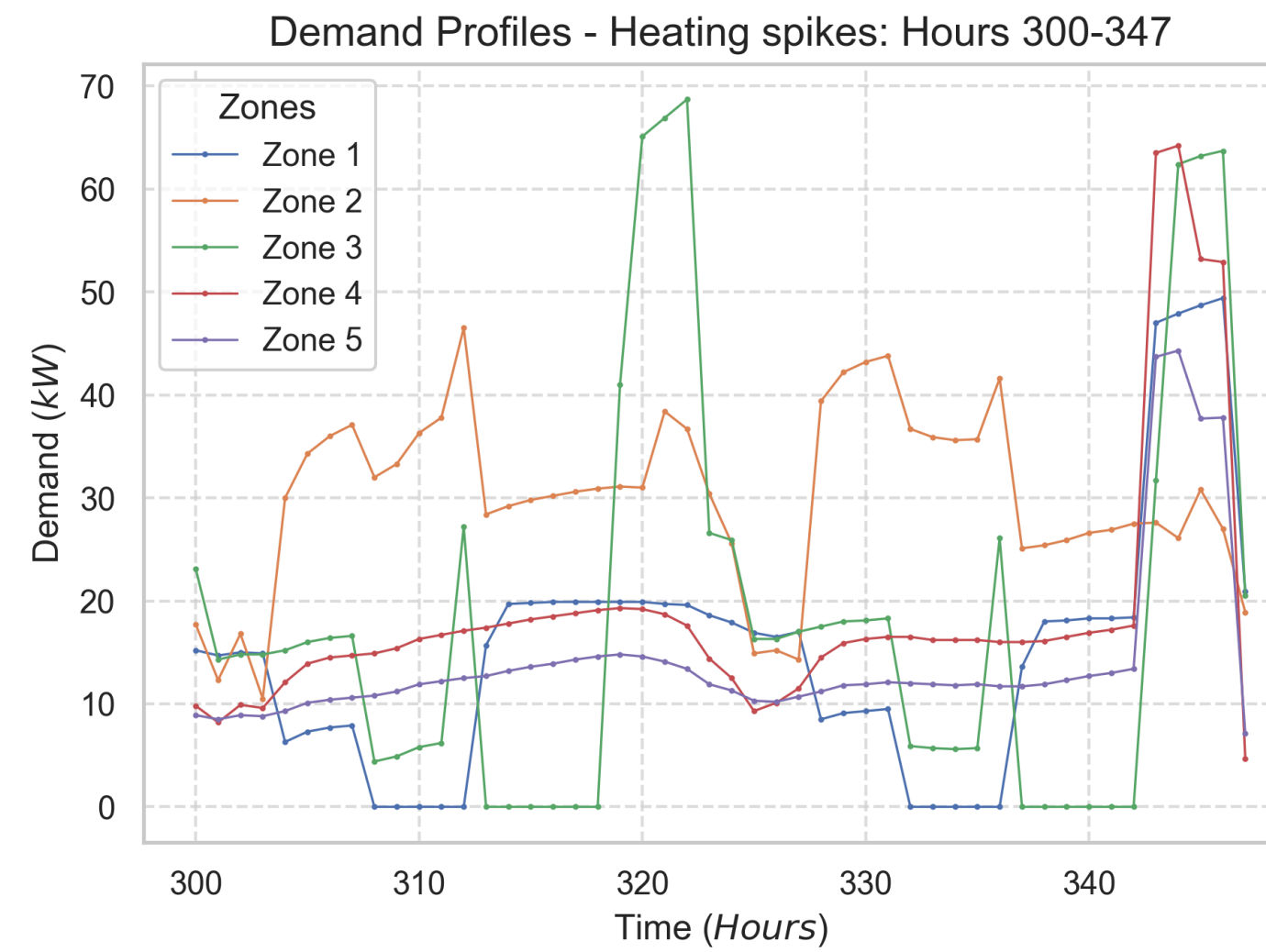
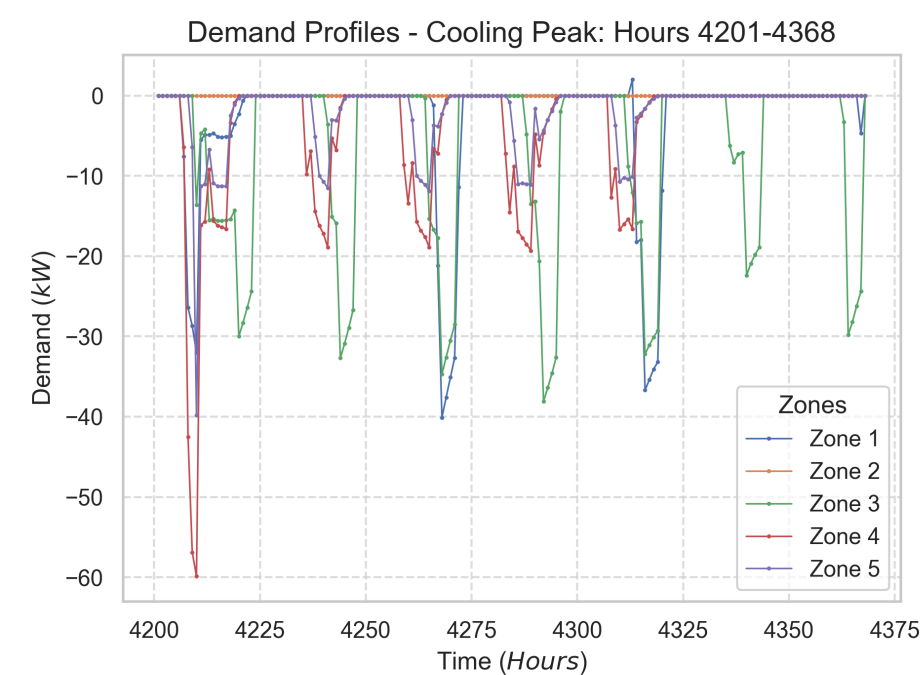
Part 2. TES per Load Curve Archetype

Case Study

Peak heating



Peak cooling

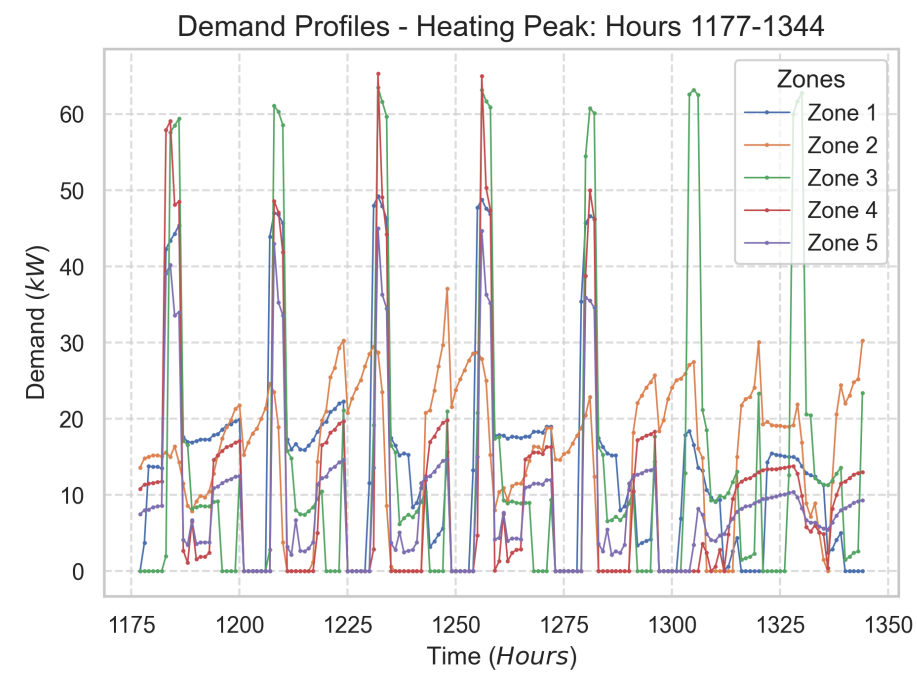


Needle Peak Load Curve Archetype

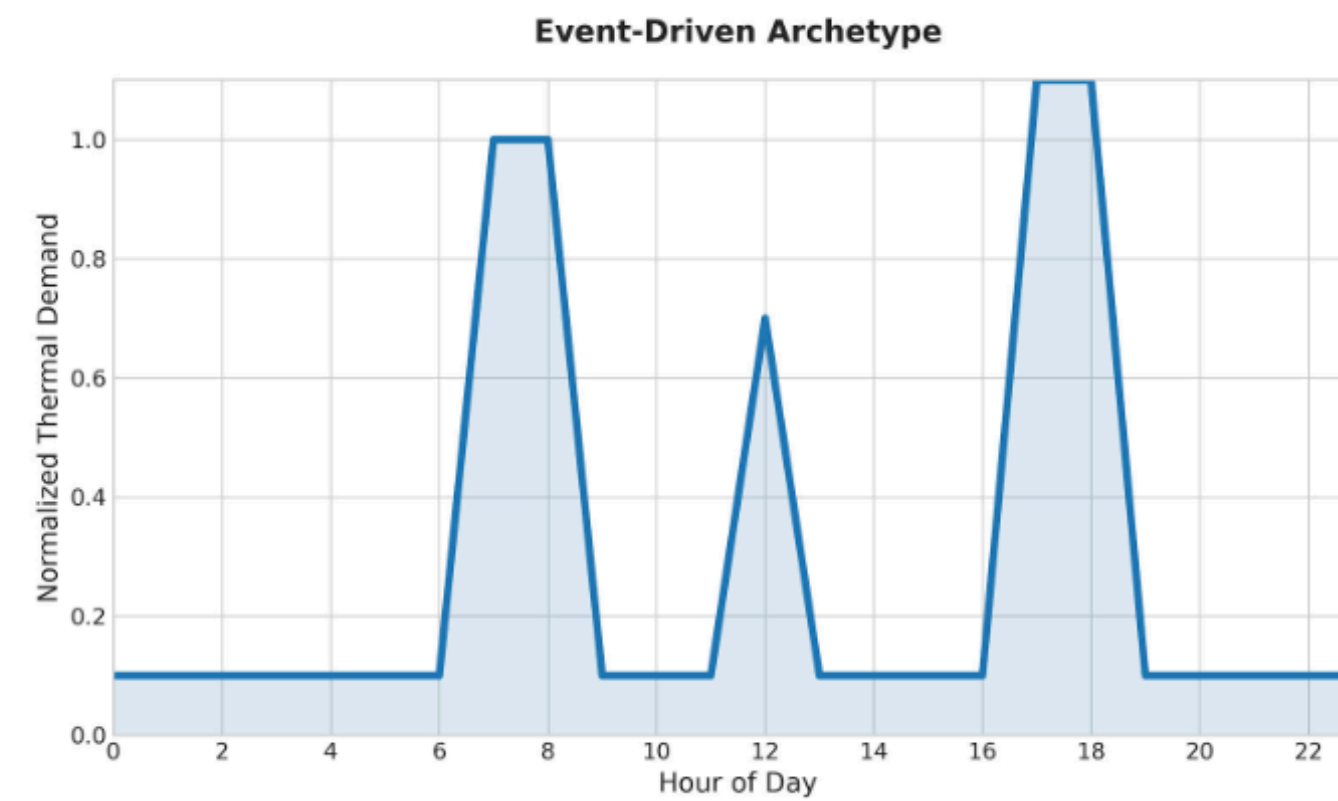
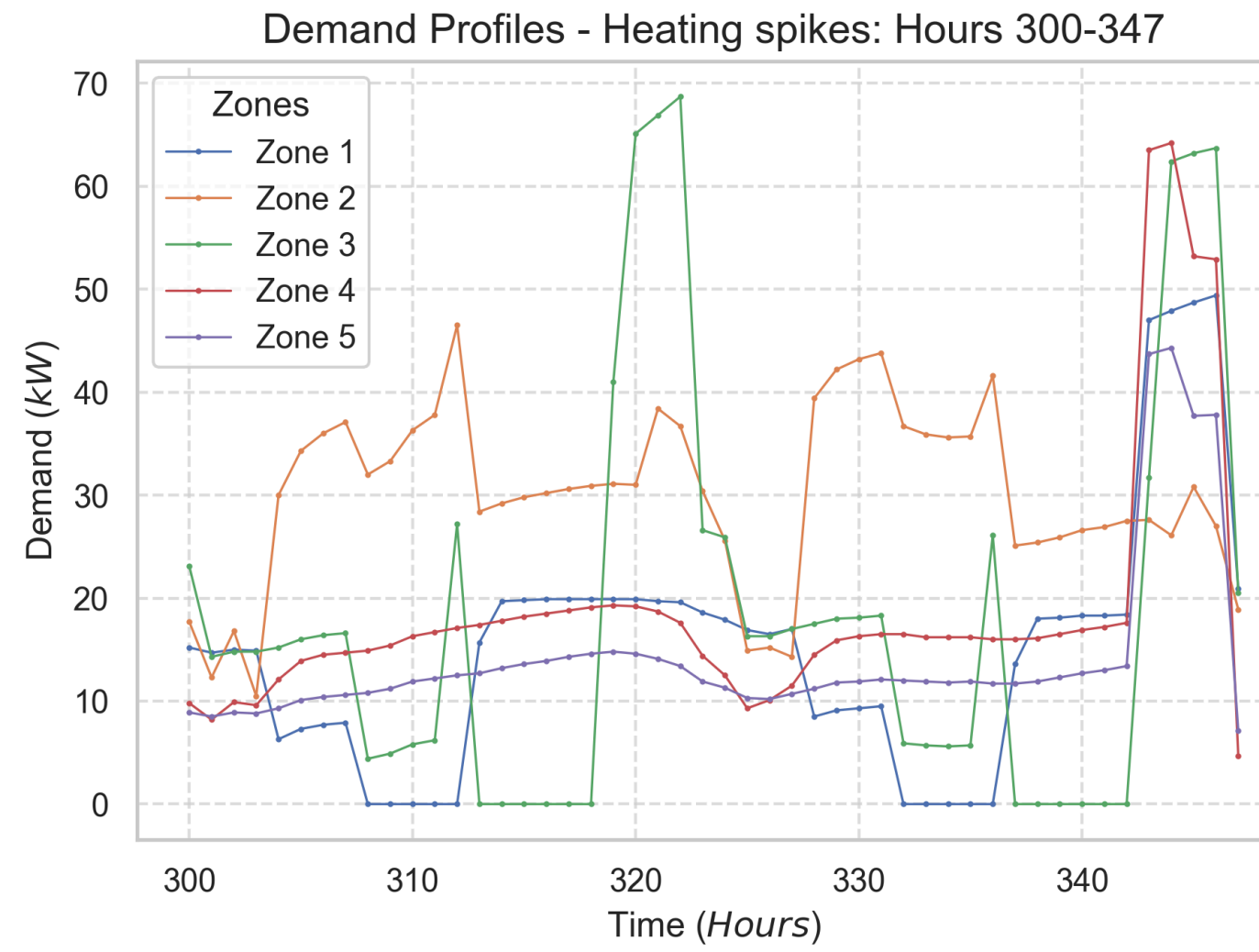
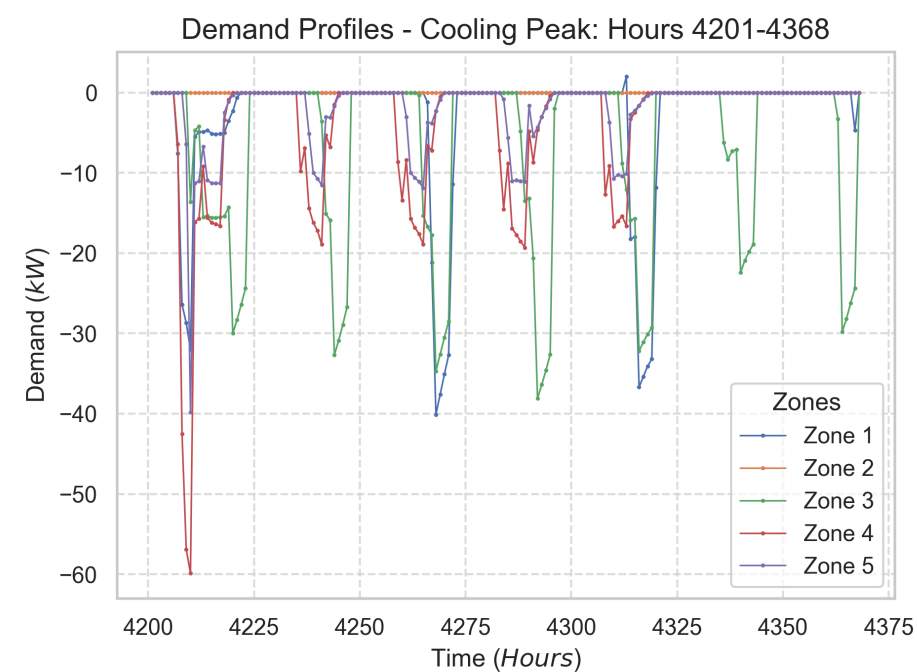
Part 2. TES per Load Curve Archetype

Case Study

Peak heating

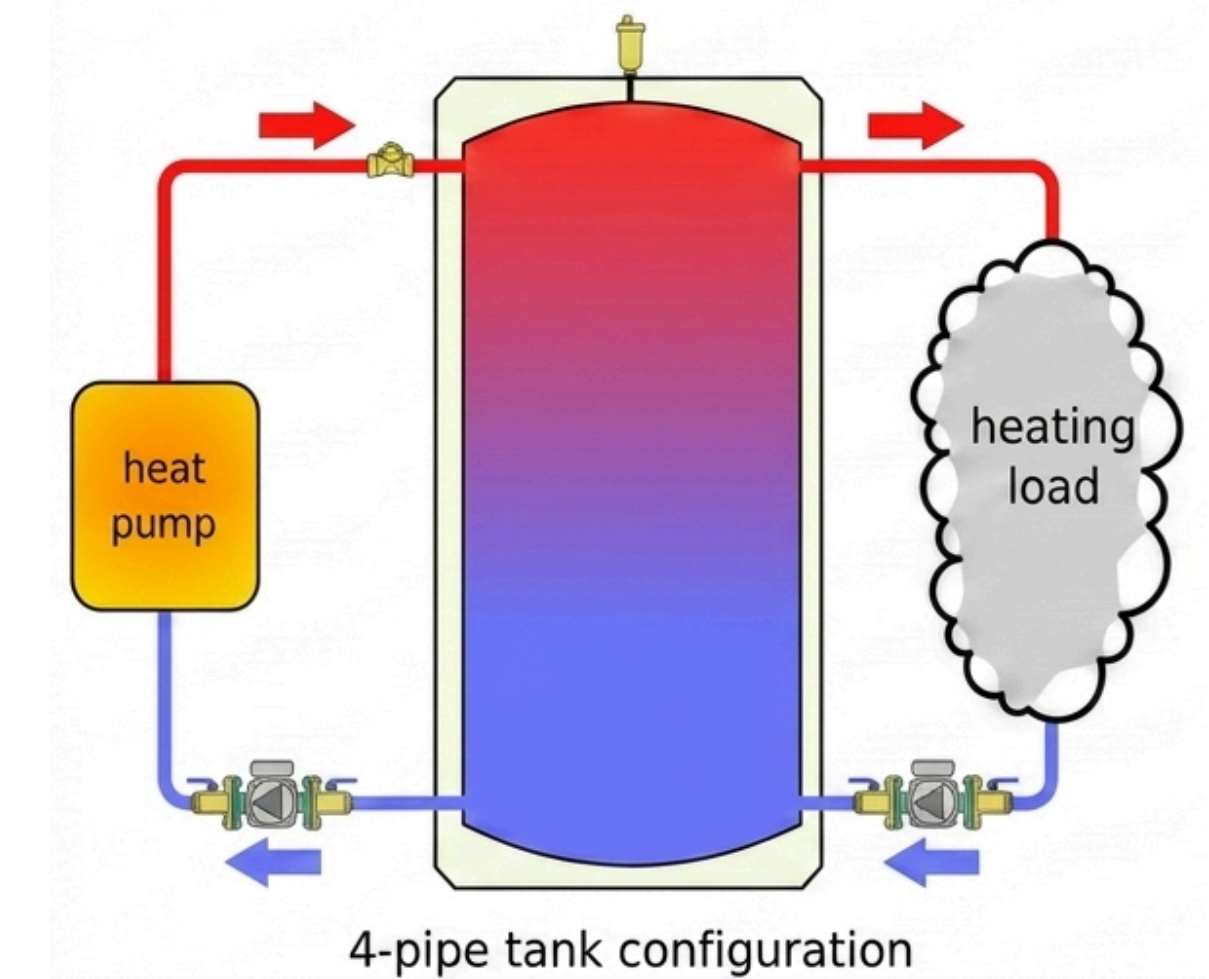


Peak cooling

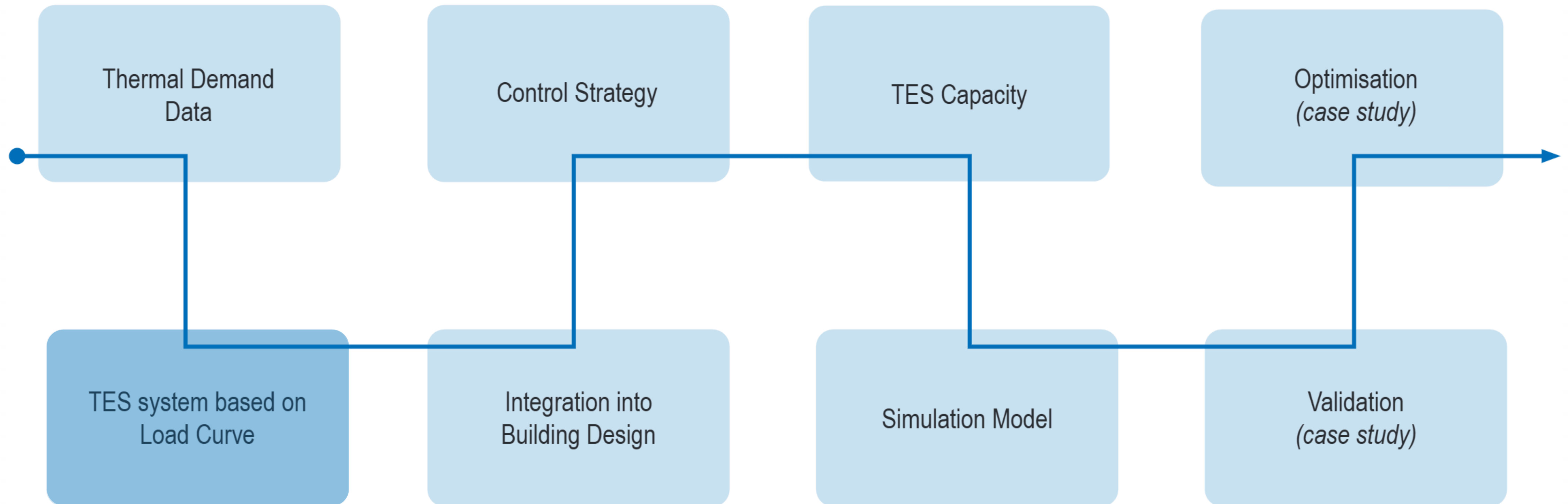


Needle Peak Load Curve Archetype

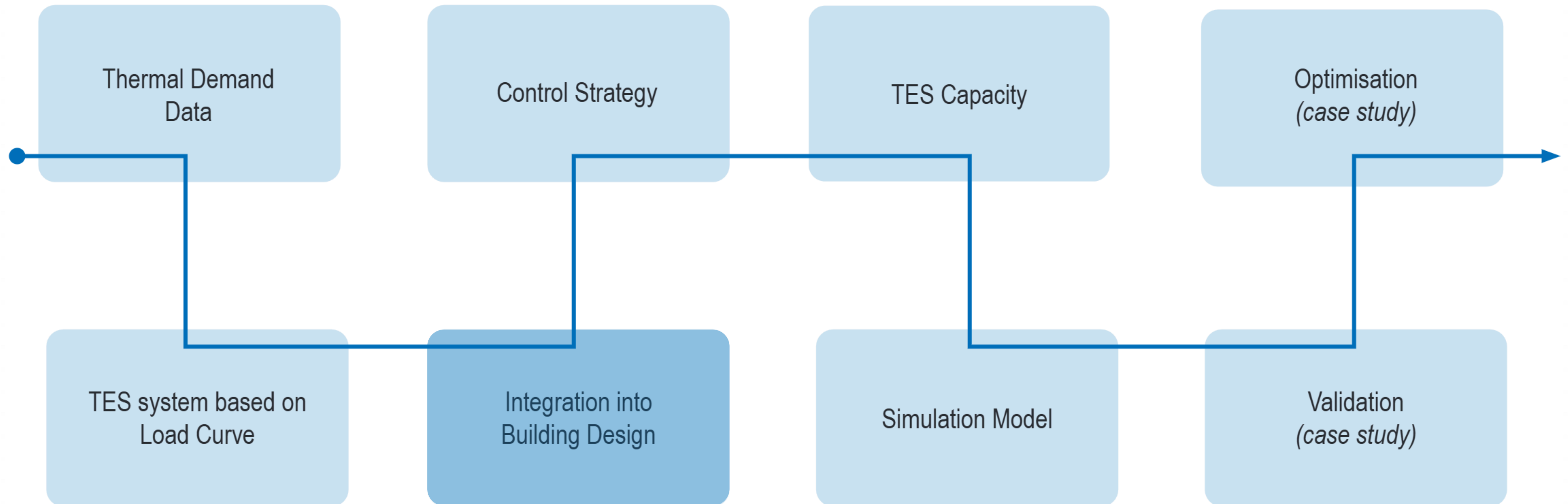
Stratified Buffer Tanks



Part 3 - Integration into Building Design

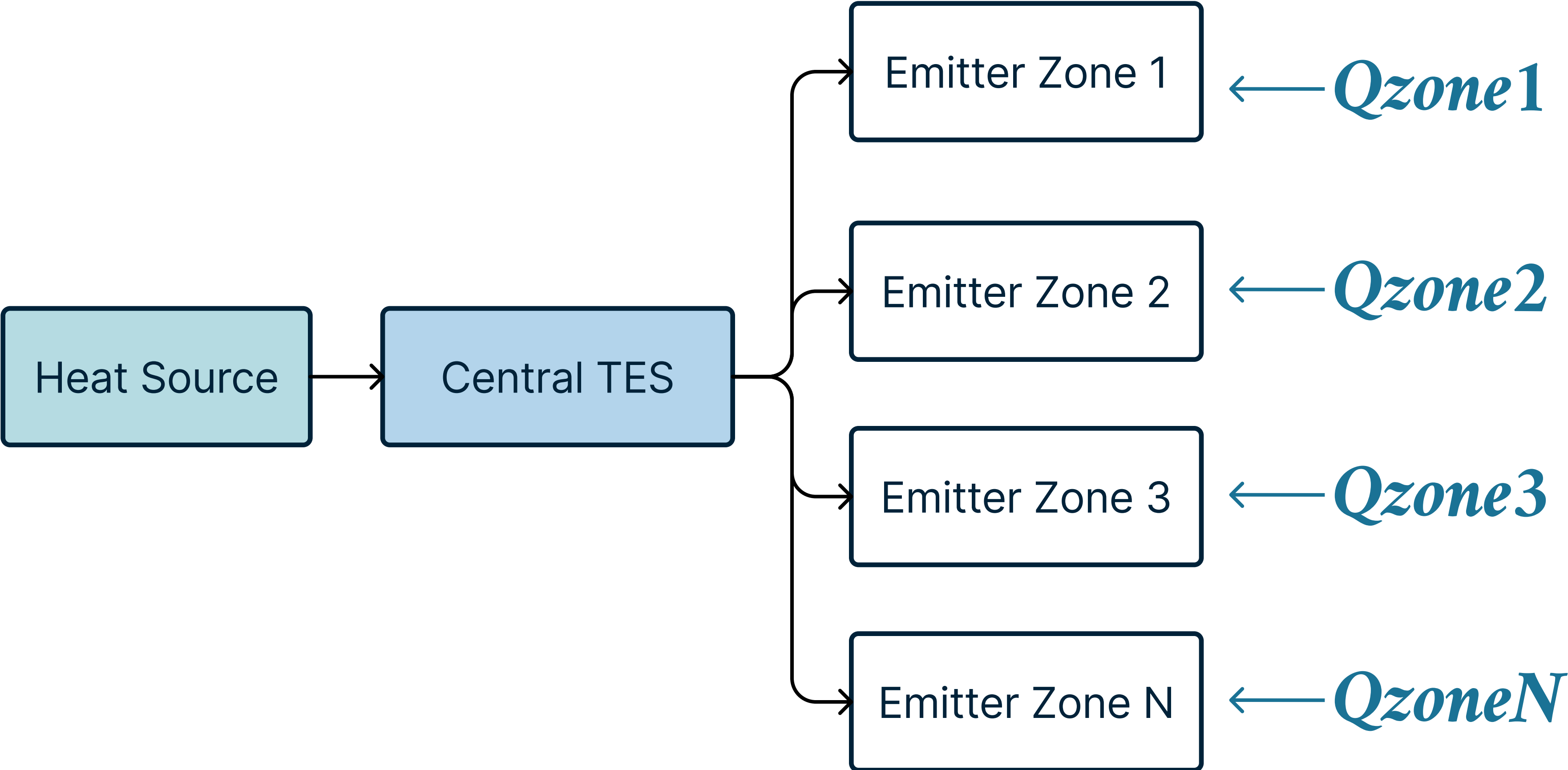


Part 3 - Integration into Building Design

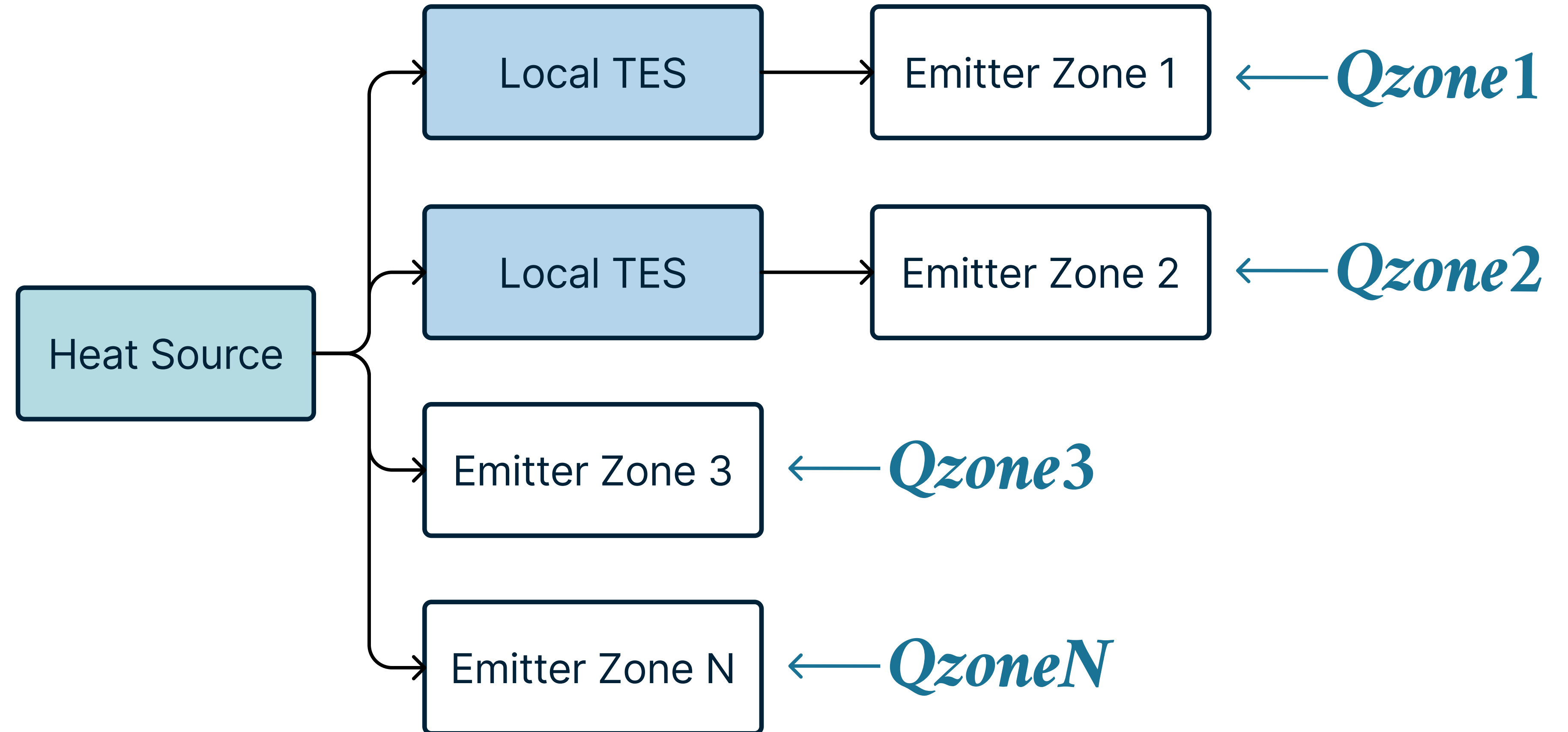


Part 3. Integration into Building Design

Central • Local • Hybrid

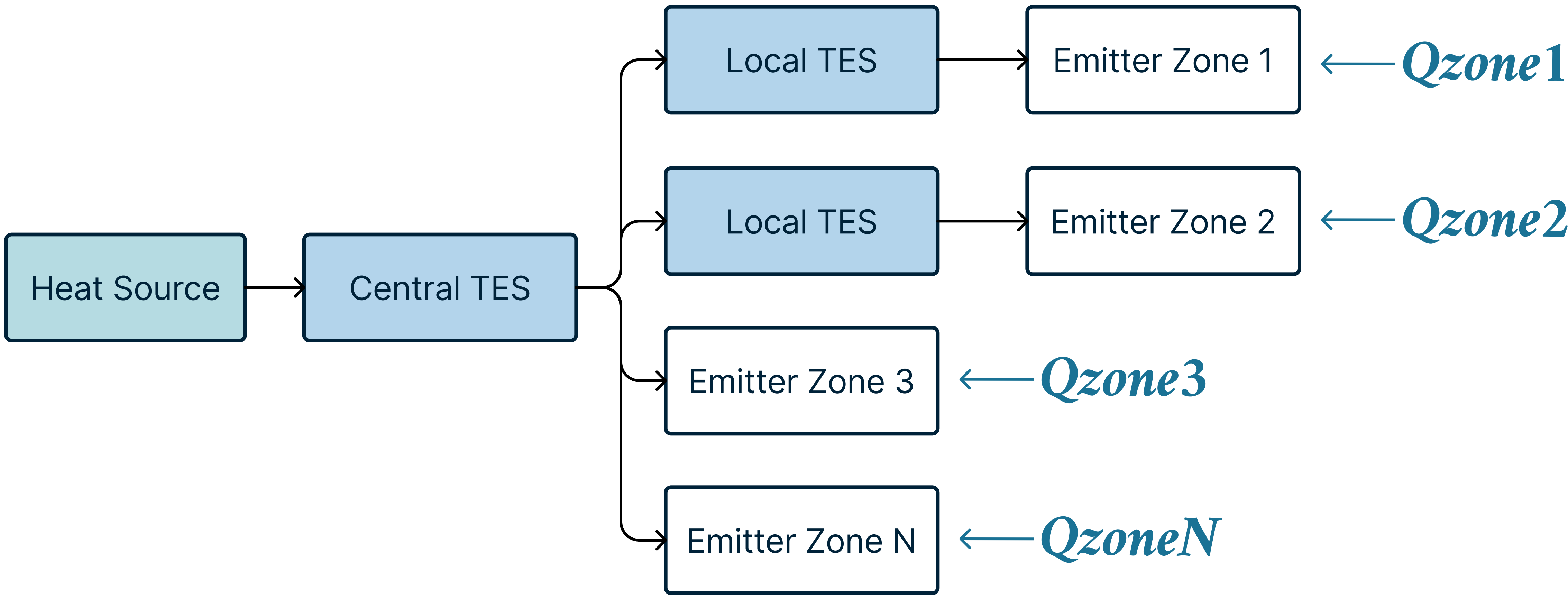


Central • Local • Hybrid

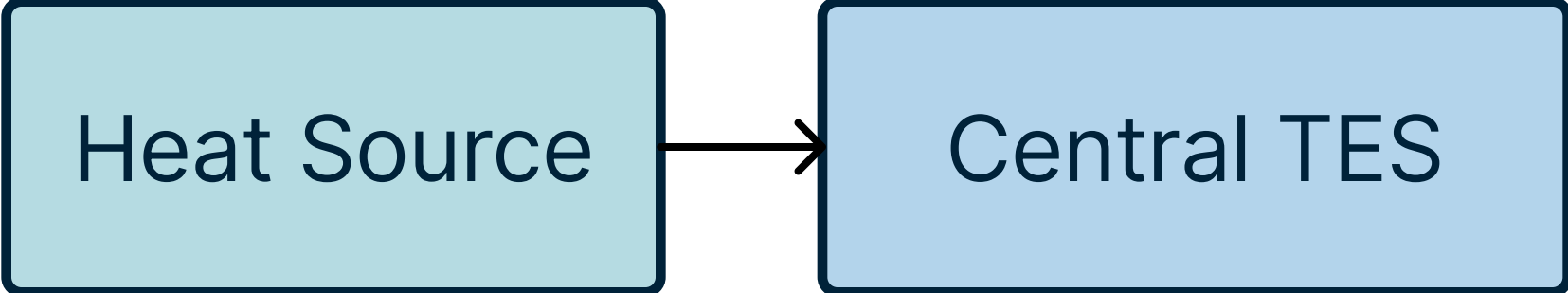
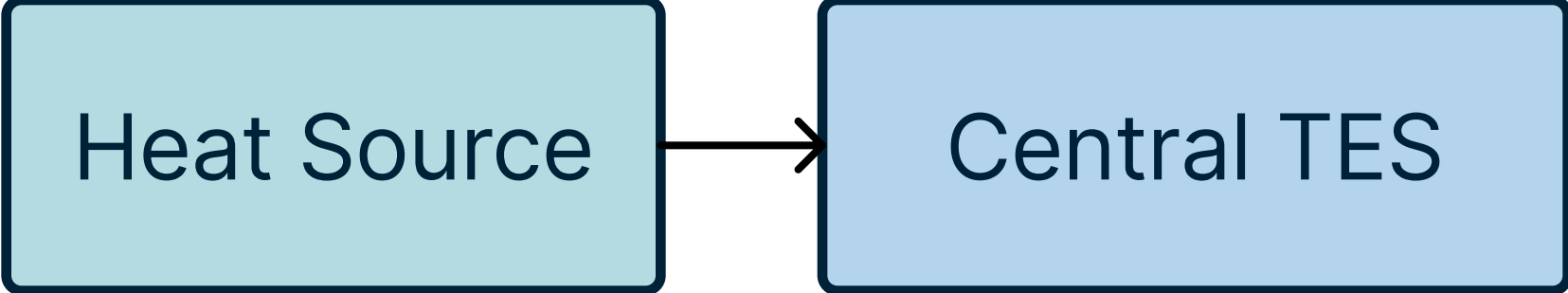


Part 3. Integration into Building Design

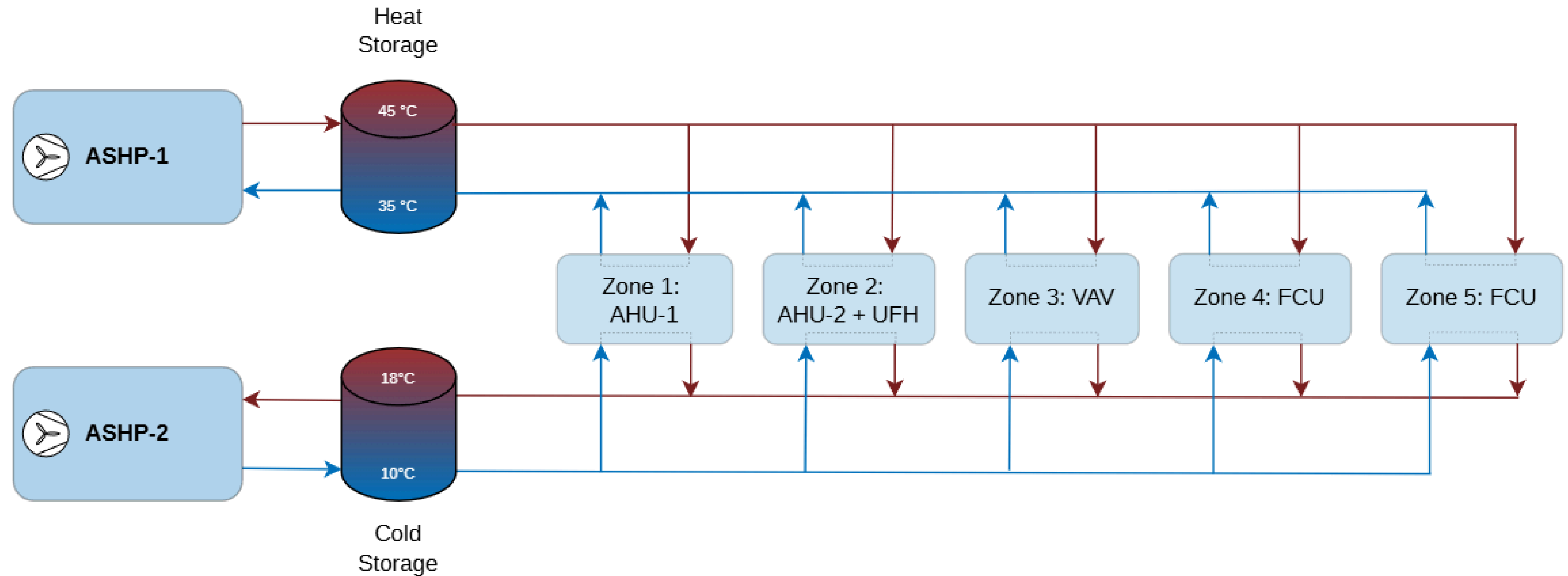
Central • Local • Hybrid



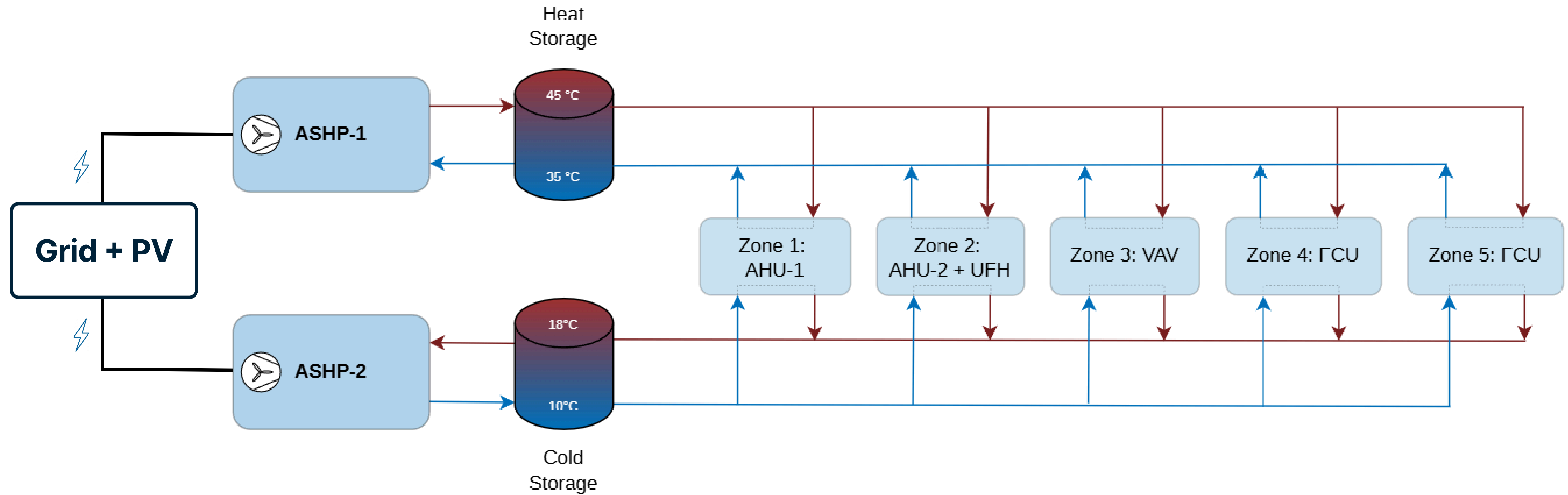
Part 3. Integration into Building Design



Central TES - Dual Tank & ASHP



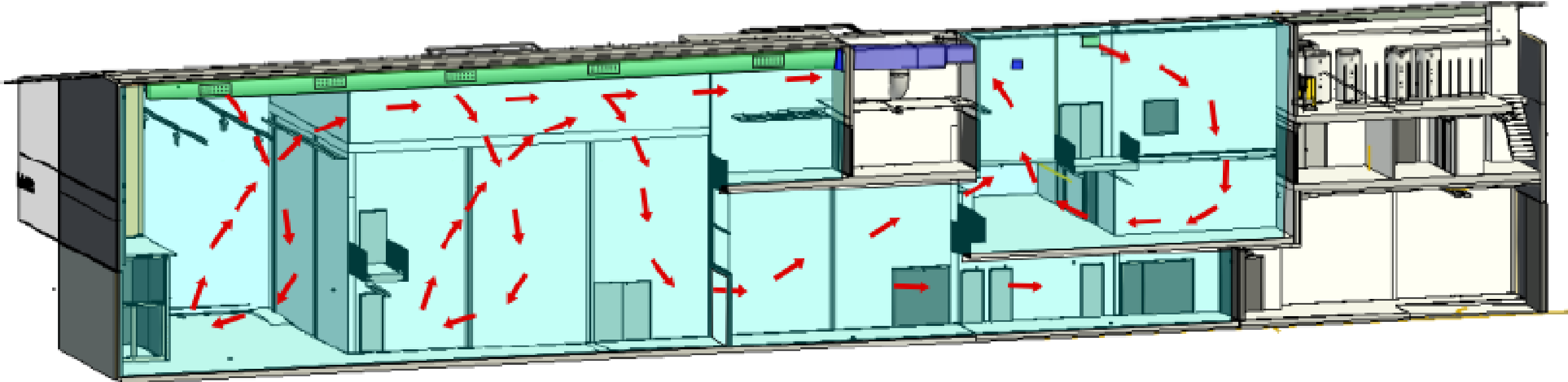
Central TES - Dual Tank & ASHP



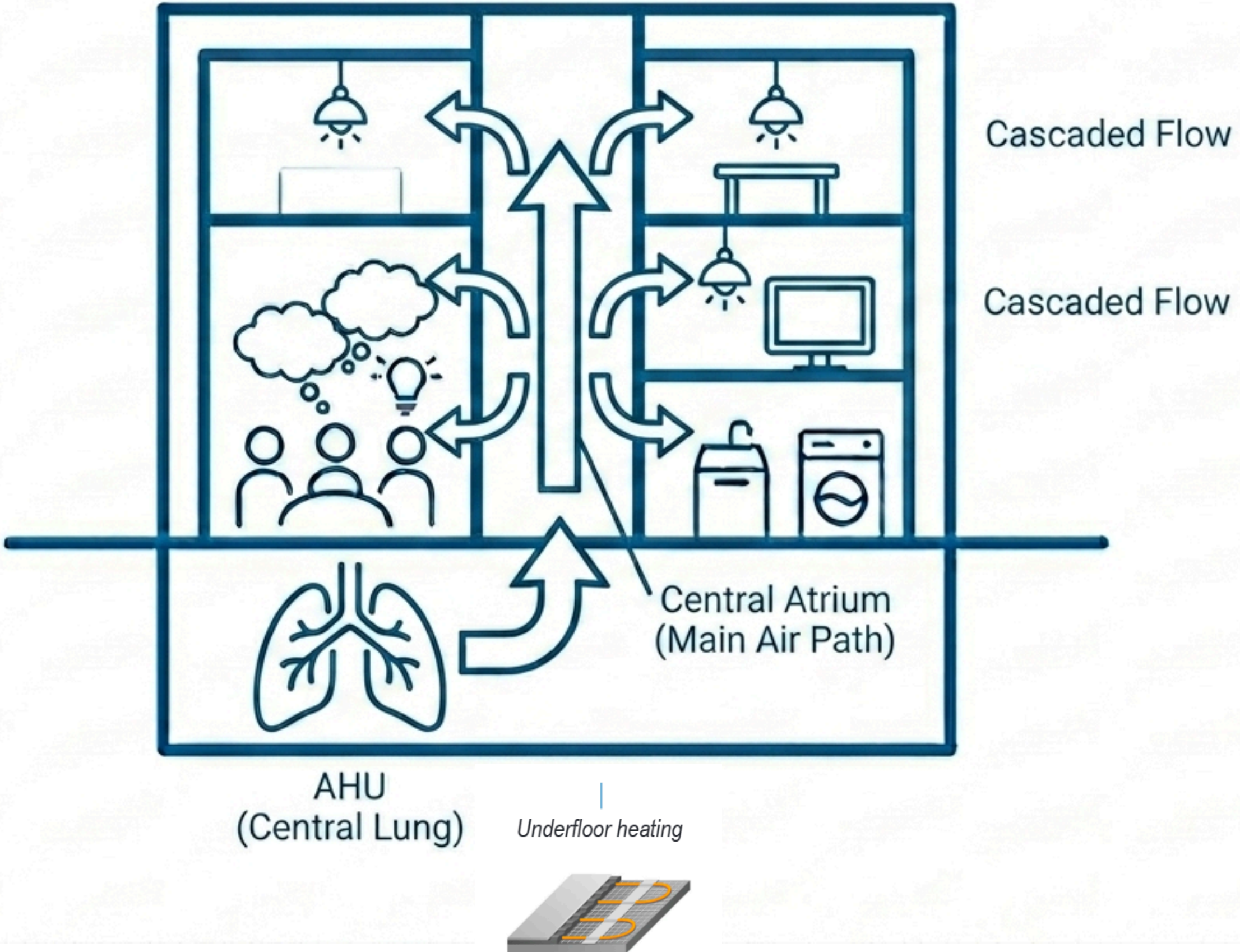
Initial Climate Design Case Study



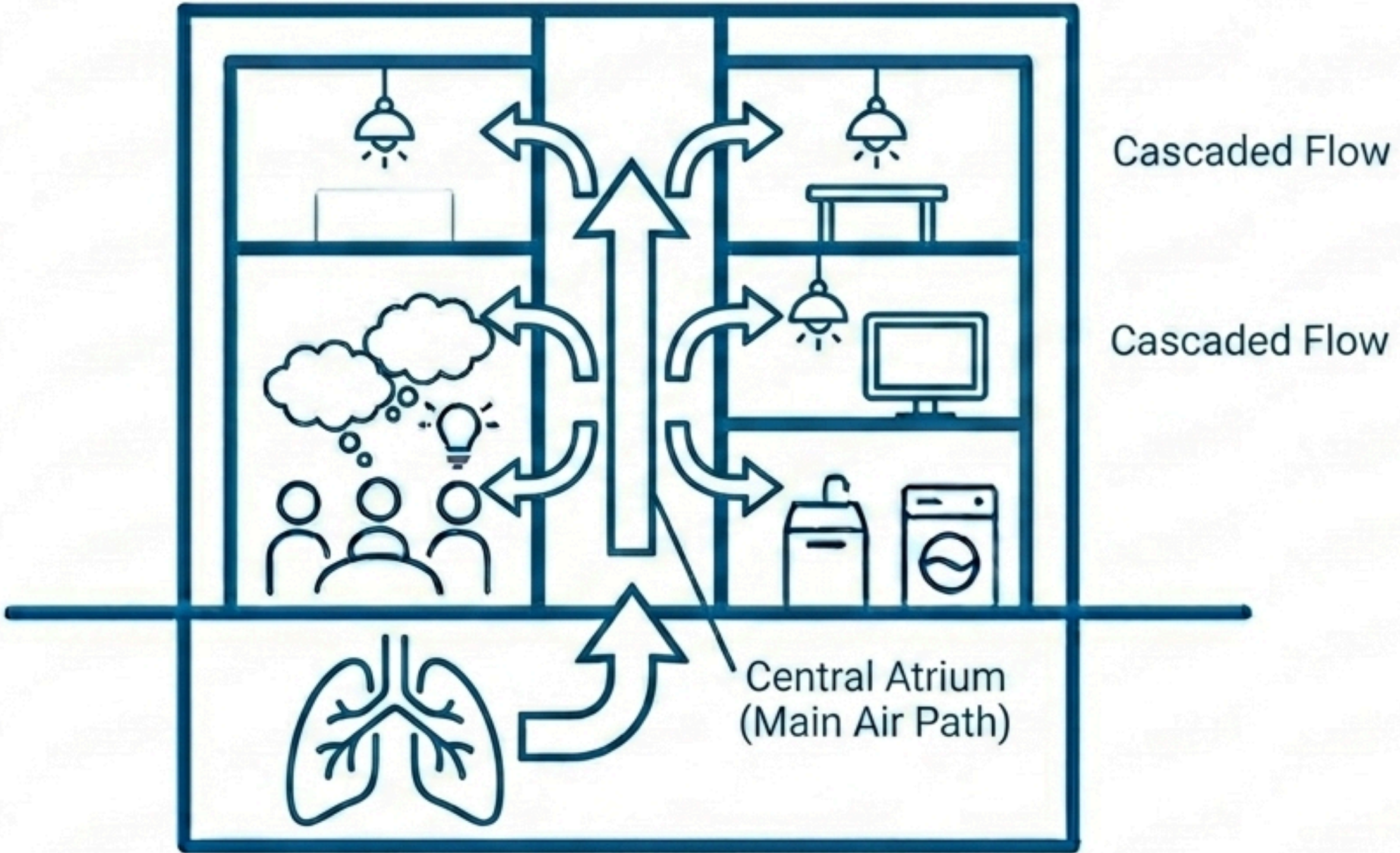
Cascaded Air Strategy



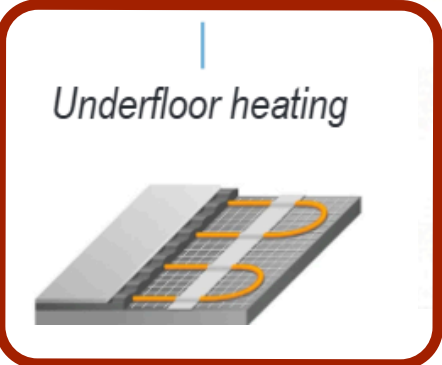
Initial Climate Design Case Study



Initial Climate Design Case Study



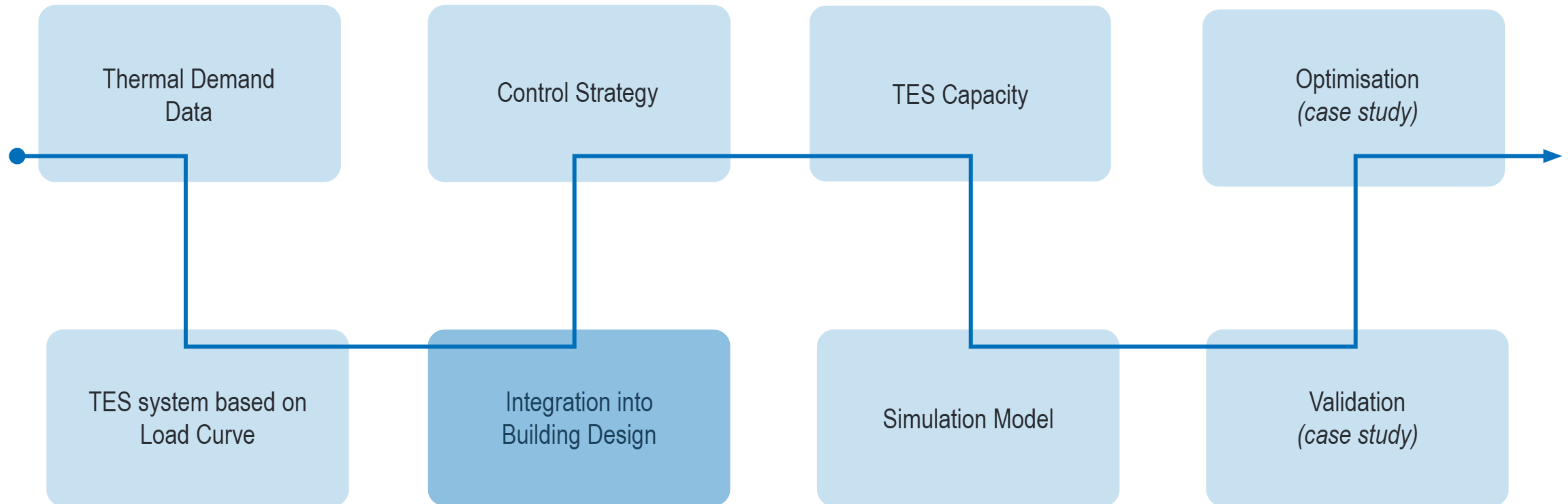
AHU
(Central Lung)



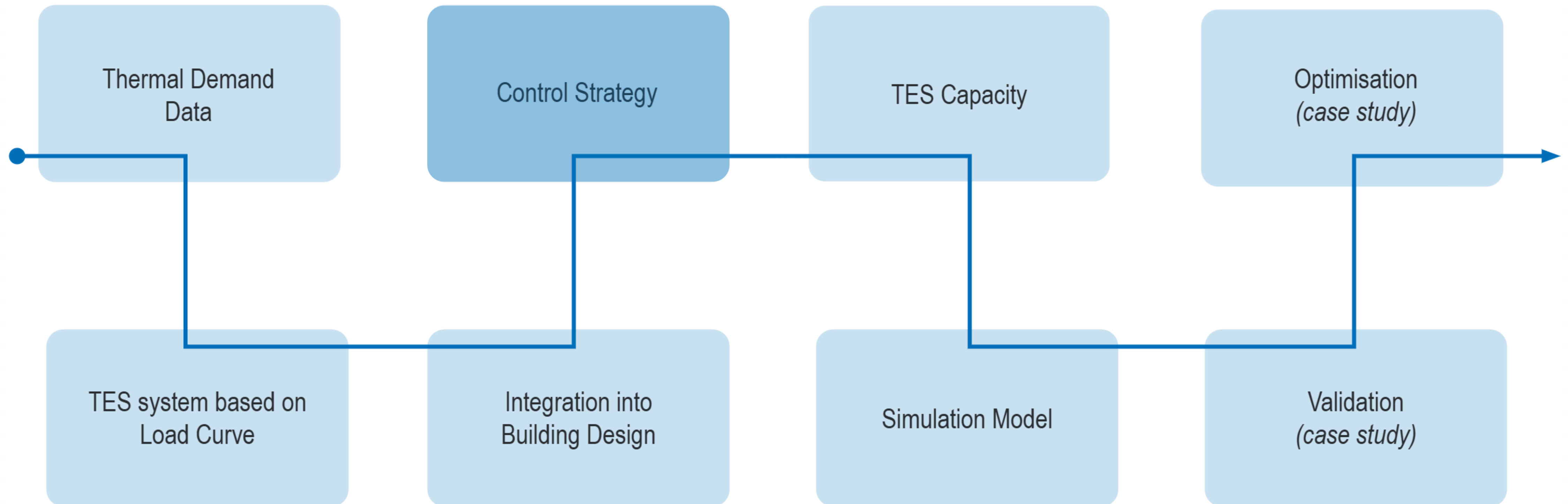
Underfloor heating

UFH / Atrium
also a form of TES

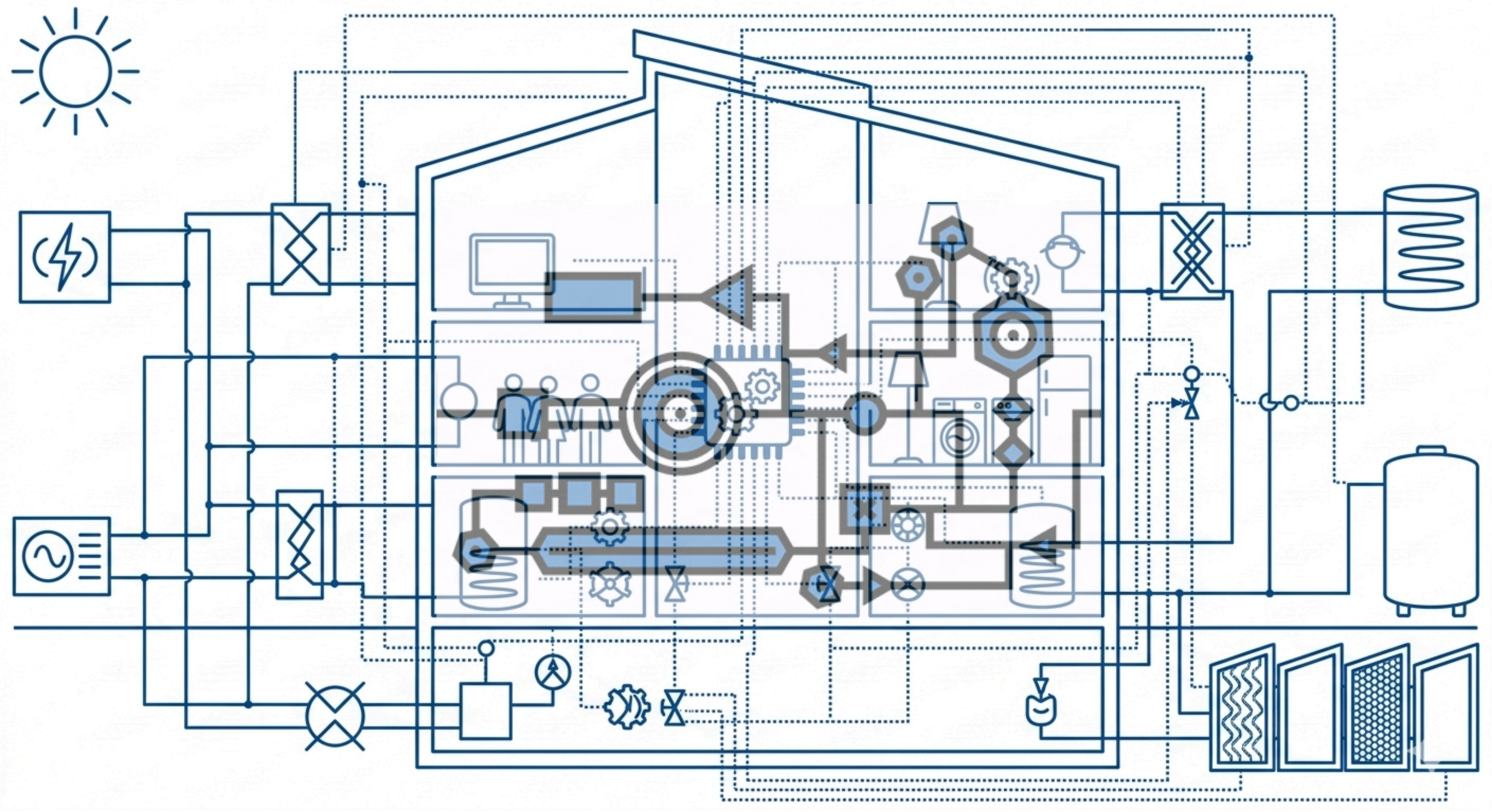
Part 4 - Control Strategy



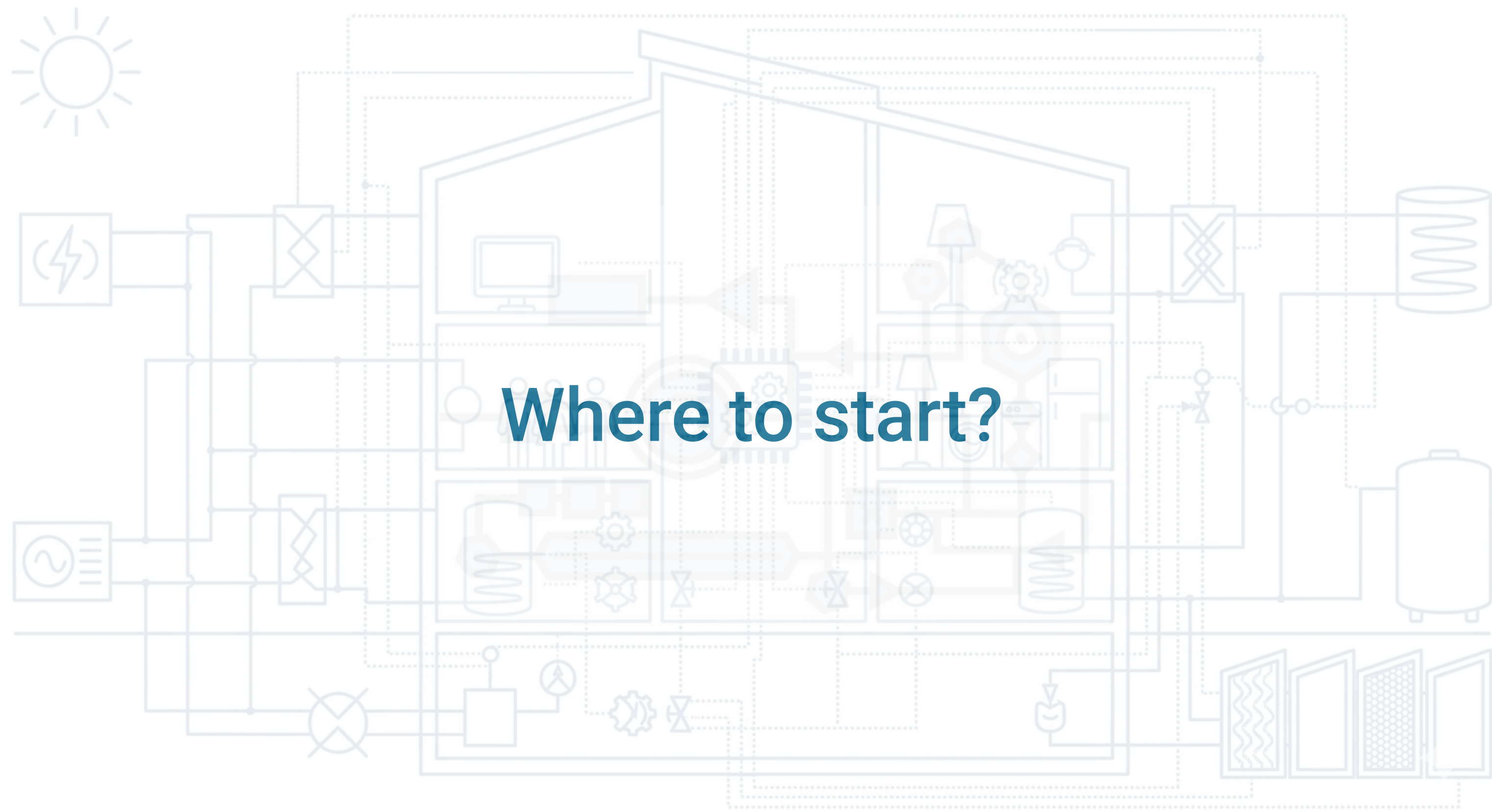
Part 4 - Control Strategy



TES systems are complex...

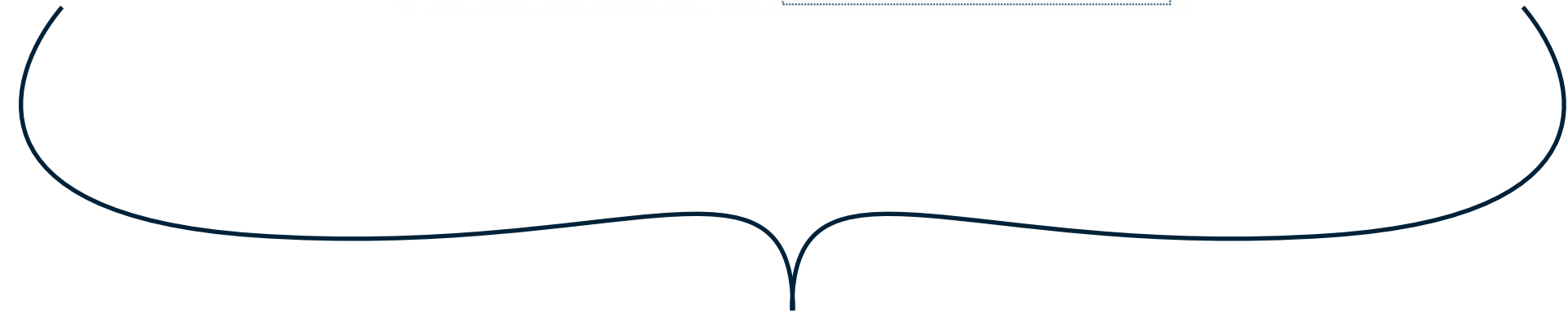
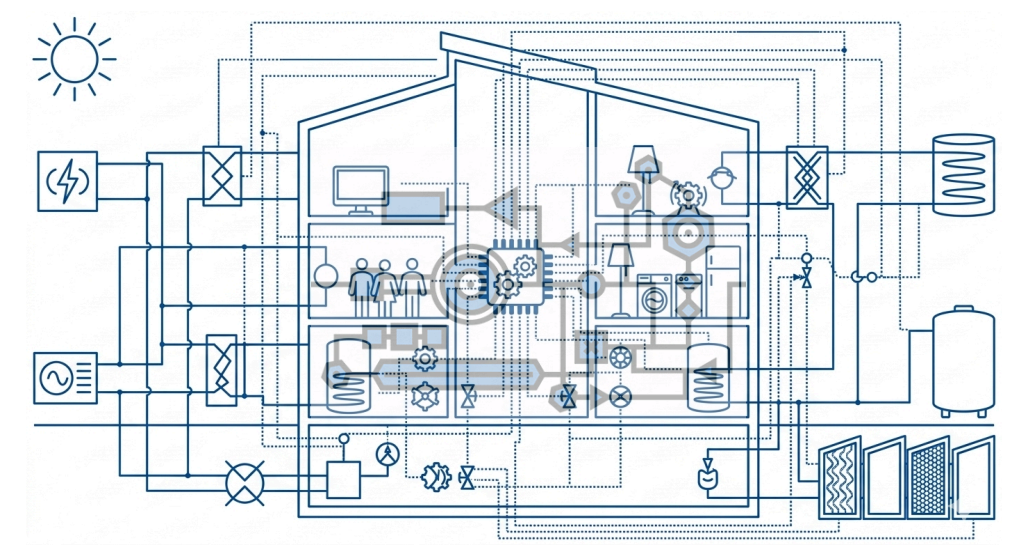


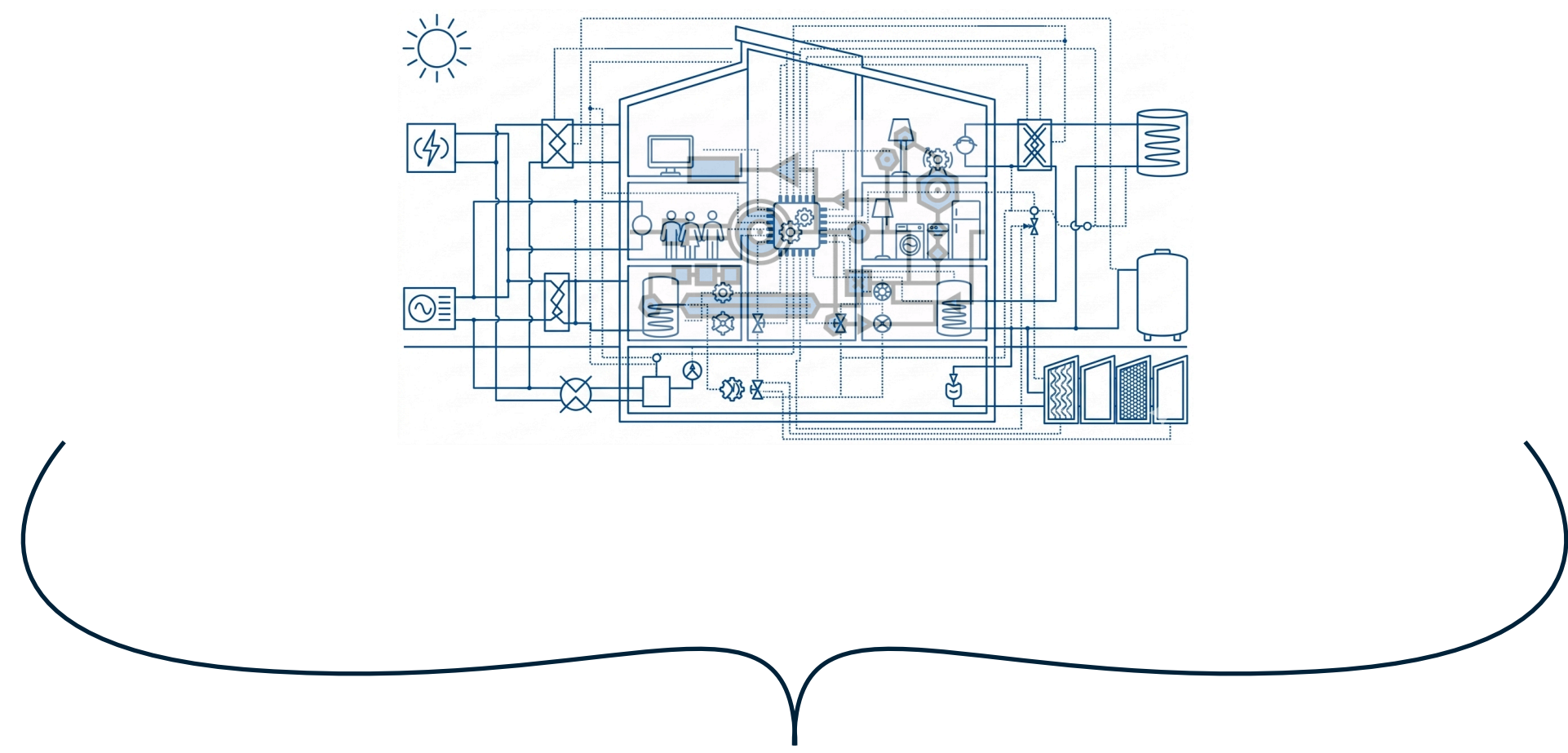
TES systems are complex...



Where to start?

Part 4. Control Strategy





Simplify system into 'Nodes'

E.g.,

Thermal demand

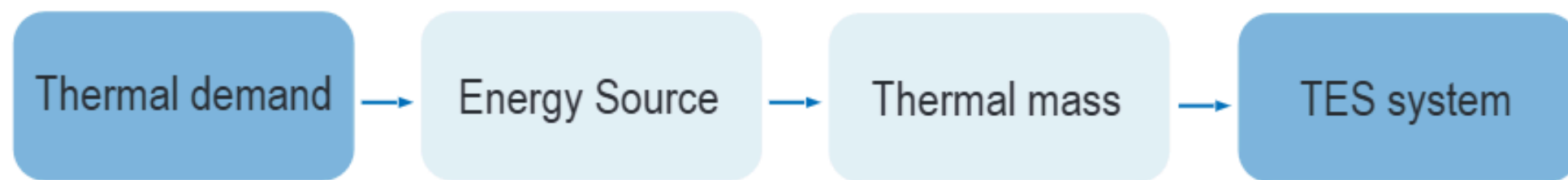
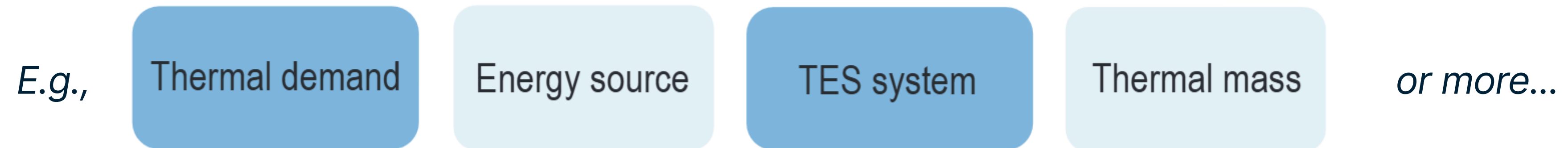
Energy source

TES system

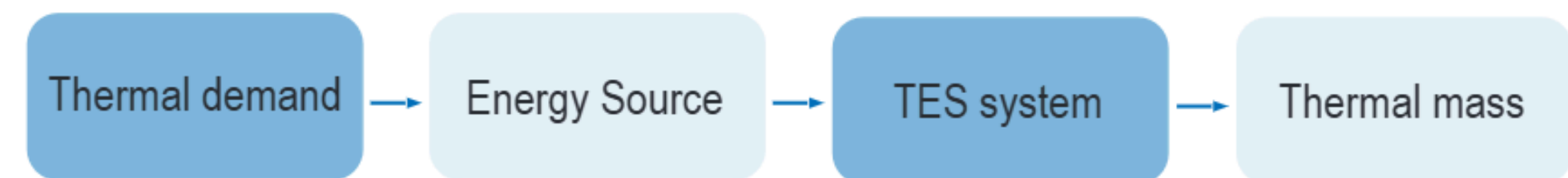
Thermal mass

or more...

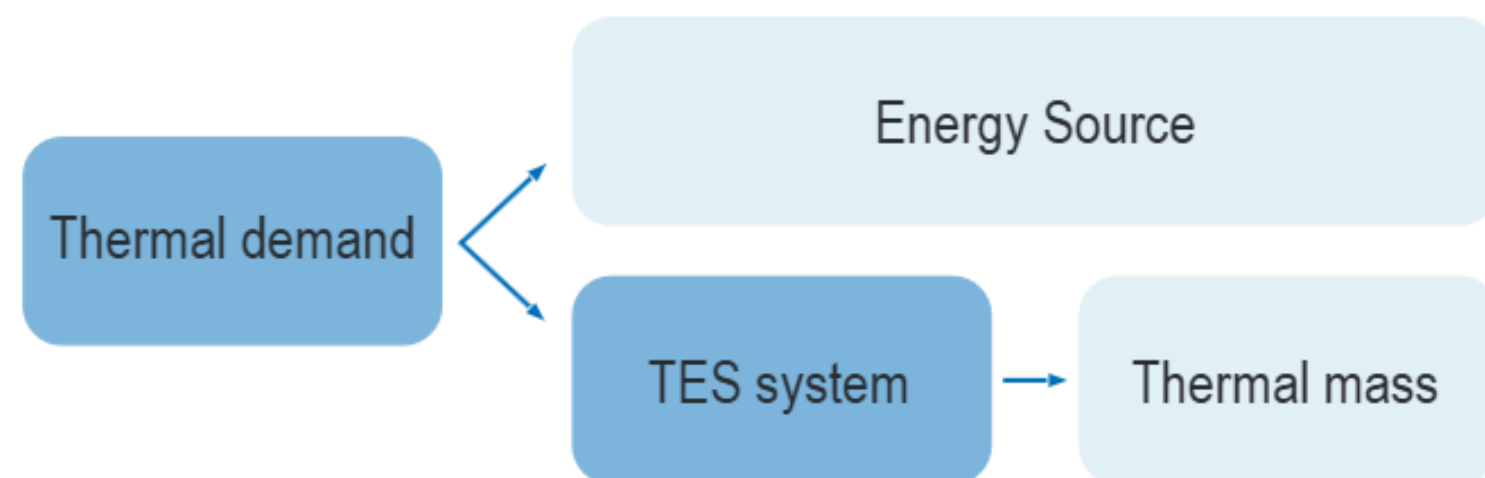
Simplify system into 'Nodes'



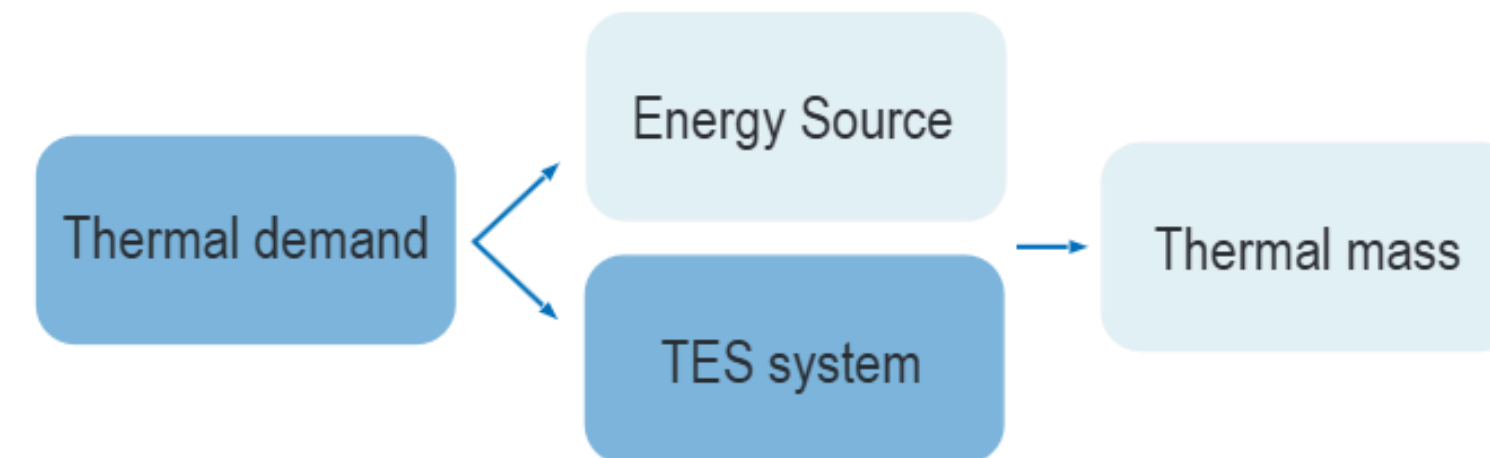
a:



c:

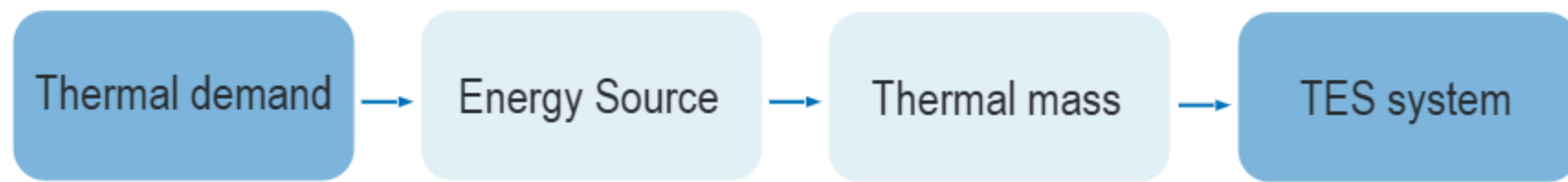
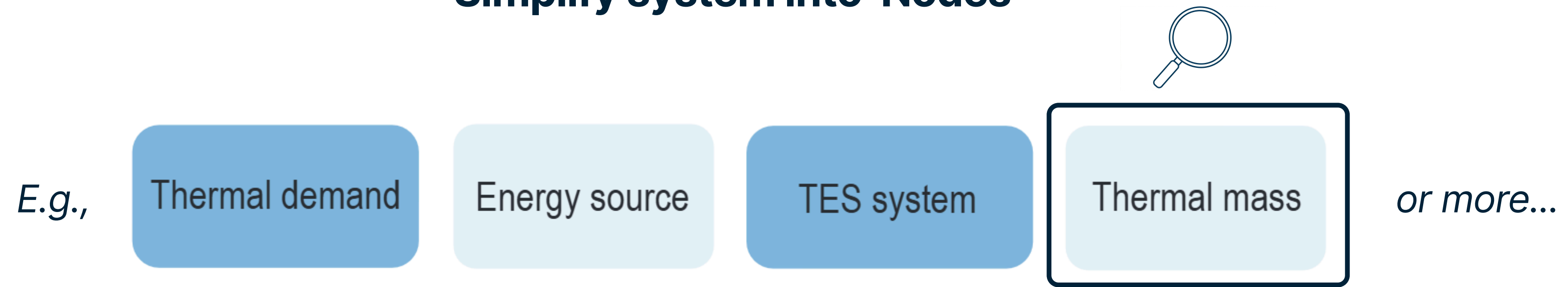


b:

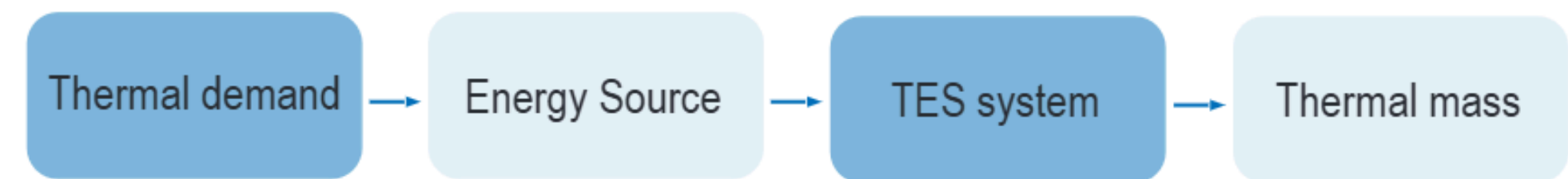


d:

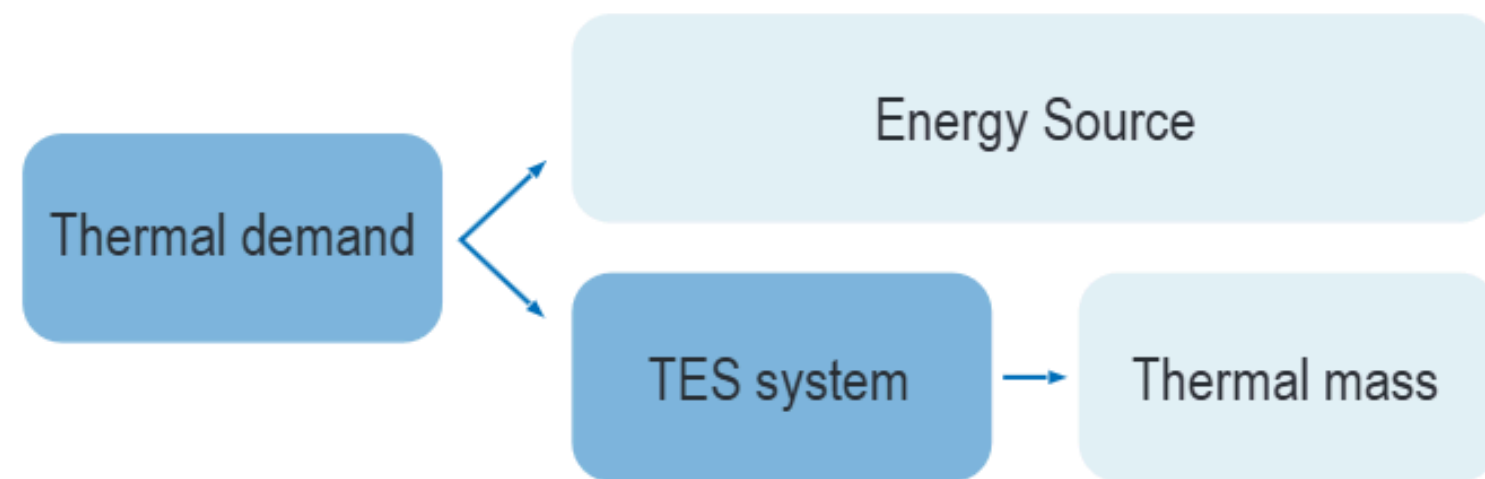
Simplify system into 'Nodes'



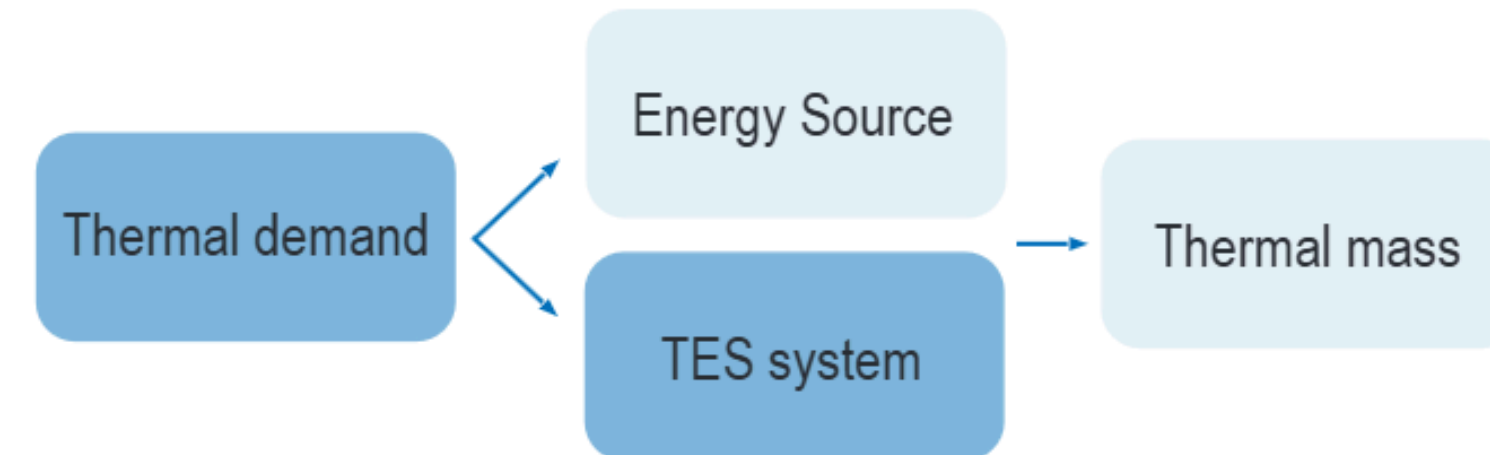
a:



c:



b:



d:

Discharge: Peak

Thermal demand

Deficit



Output heat source

Discharge: Peak

Thermal demand

Discharge: Thermal mass + TES

Output heat source

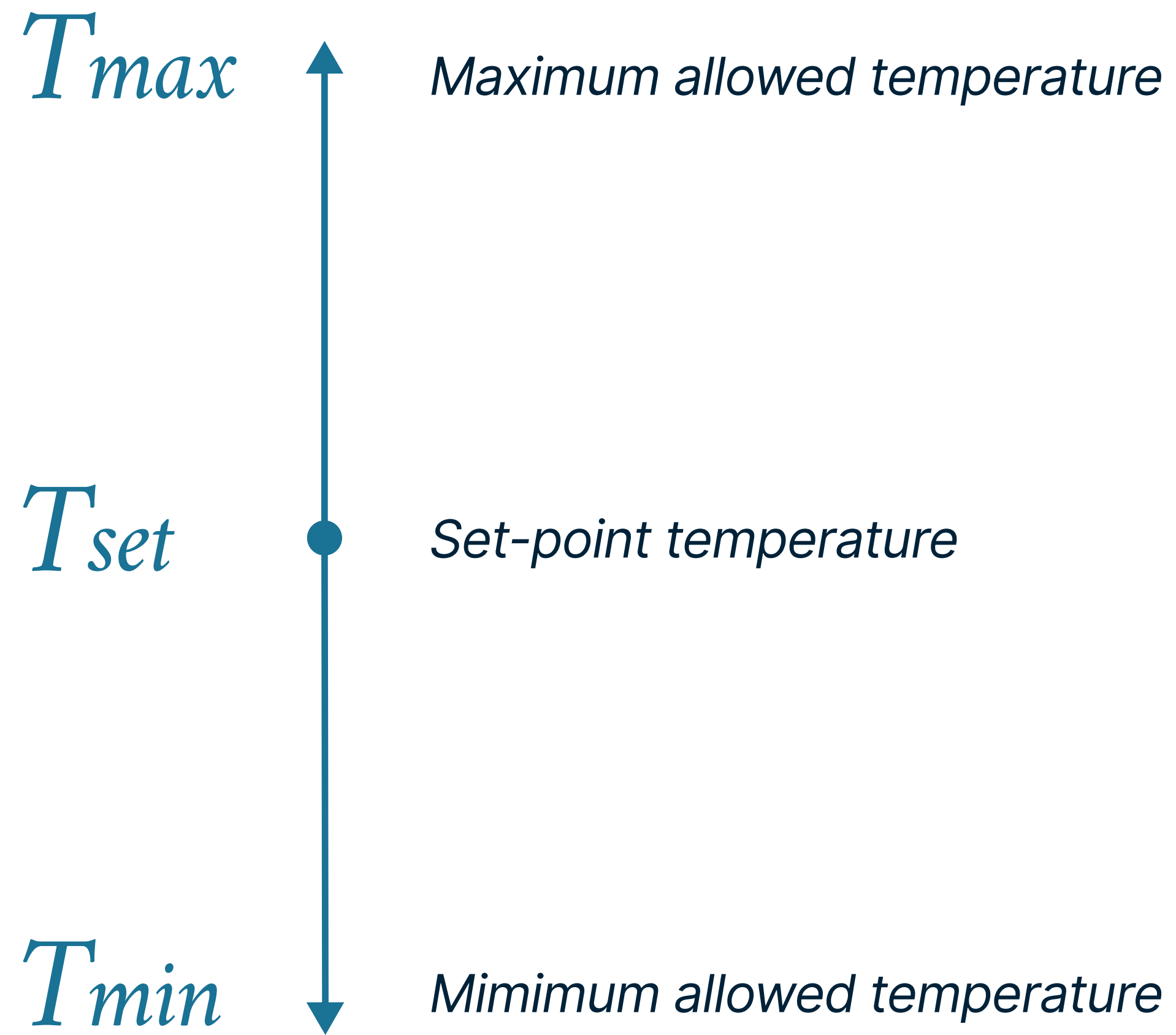
Thermal mass (passive) and TES (active)

Passive

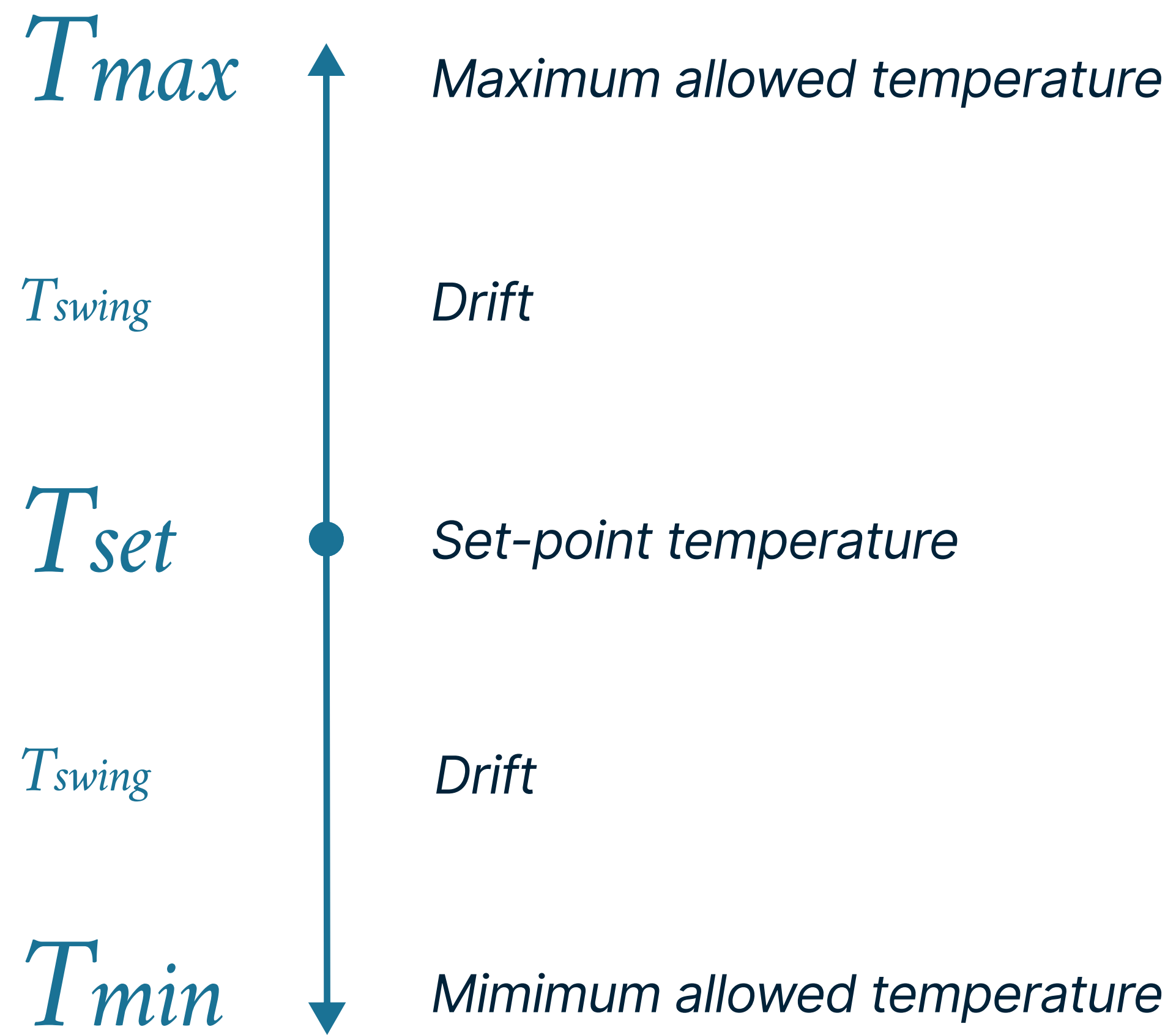
Thermal mass

Active

TES system



Thermal mass (passive) and TES (active)



Thermal mass (passive) and TES (active)

Passive

Thermal mass

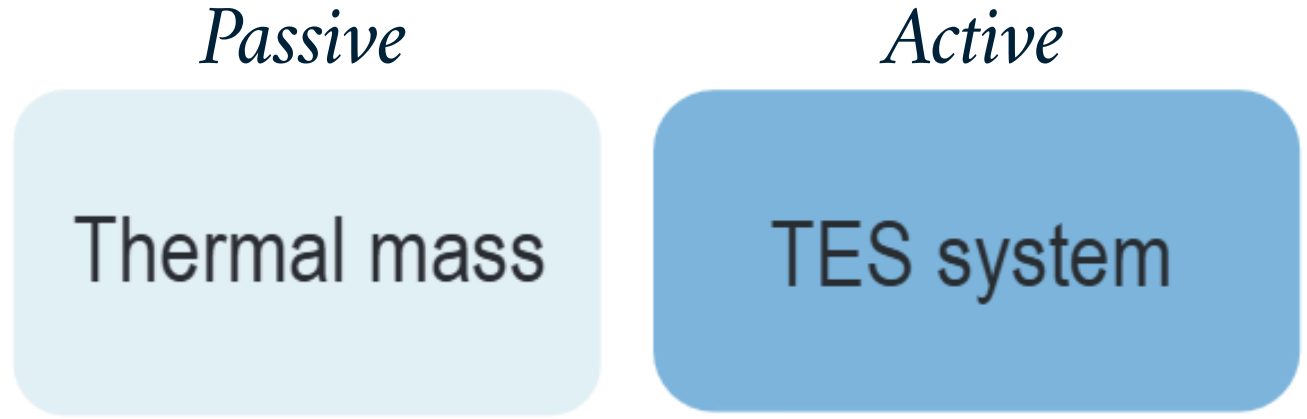
Active

TES system



Part 4. Control Strategy

Thermal mass (passive) and TES (active)



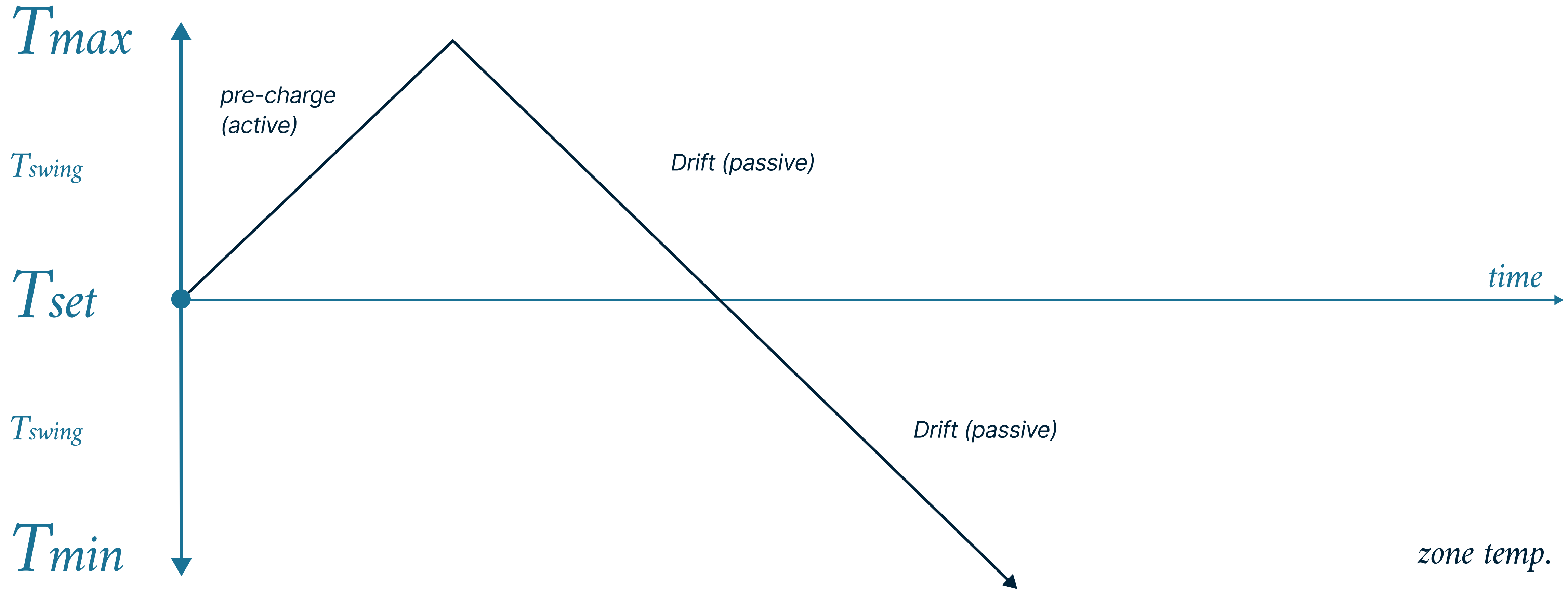
zone temp.

Part 4. Control Strategy

Thermal mass (passive) and TES (active)

Passive *Active*

Thermal mass TES system

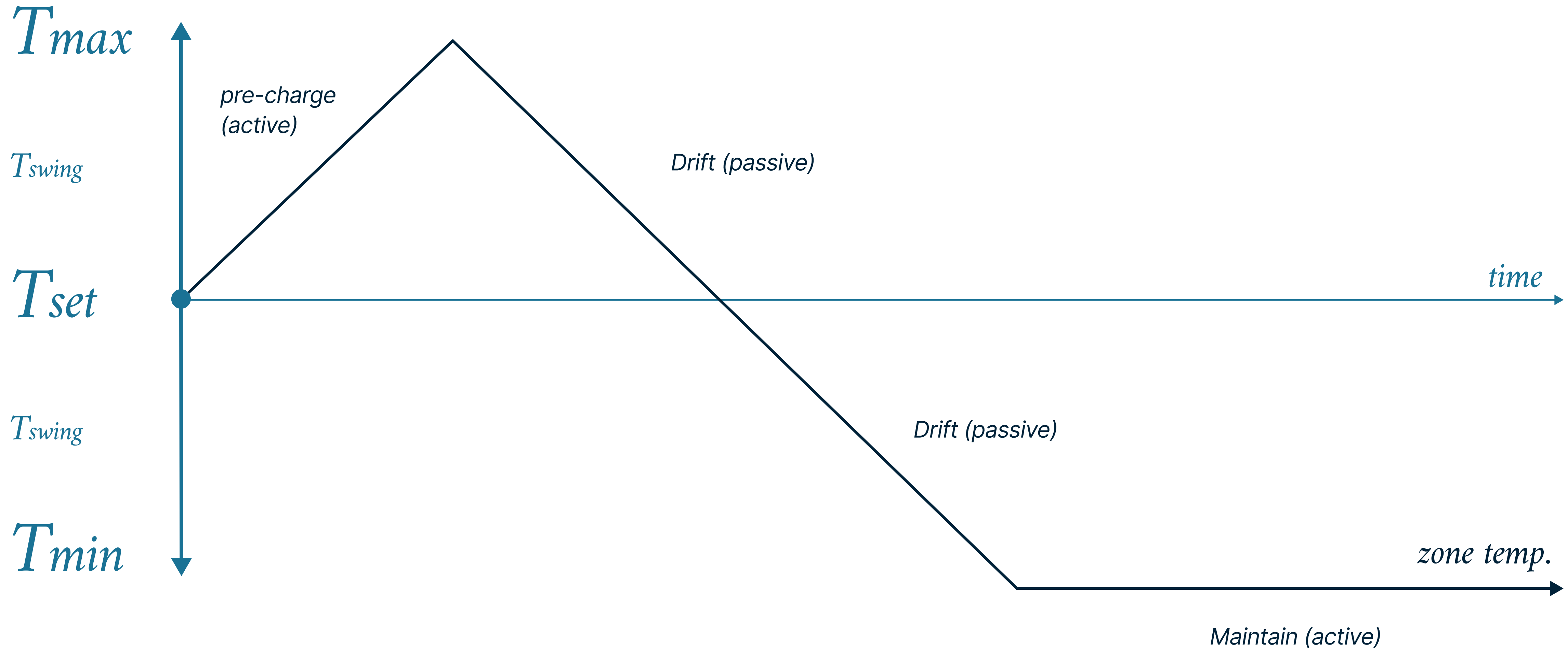


Part 4. Control Strategy

Thermal mass (passive) and TES (active)

Passive Active

Thermal mass TES system



Select discharge strategy per zone

C - Zone 1



C - Zone 2



C - Zone 3



C - Zone 4

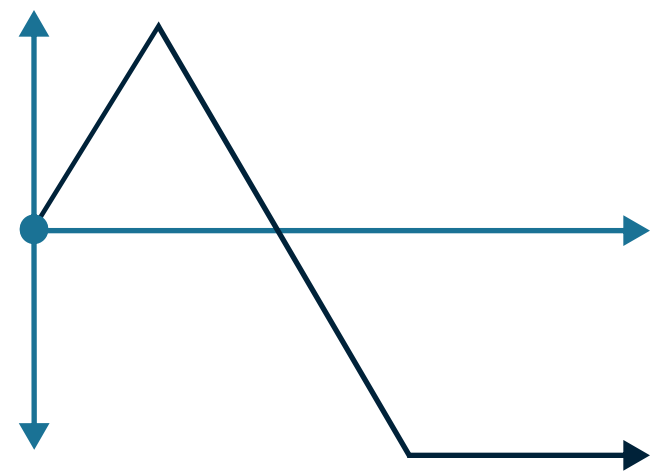


C - Zone 5

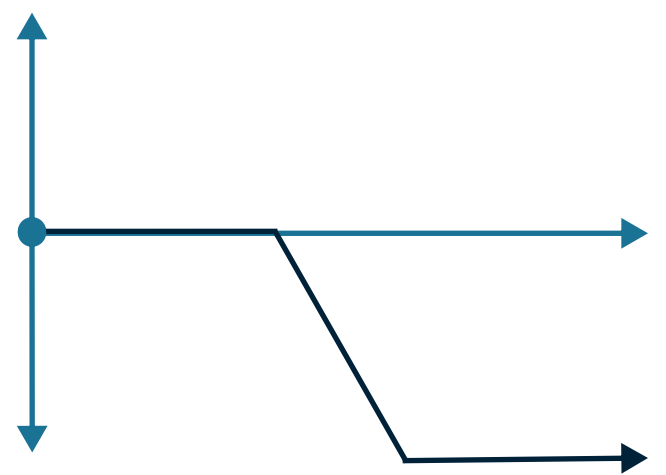


Select discharge strategy per zone

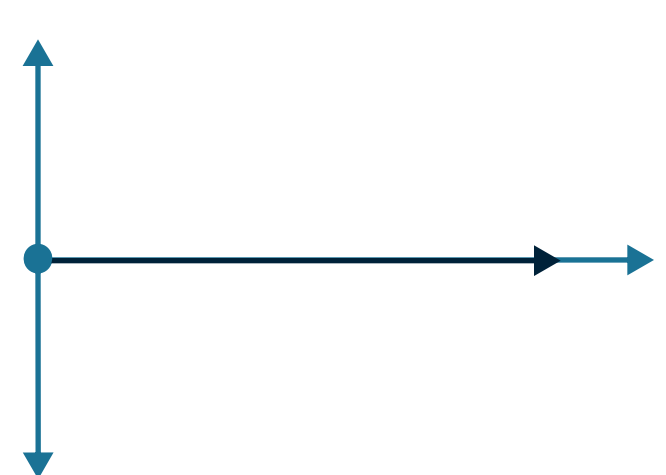
C - Zone 1



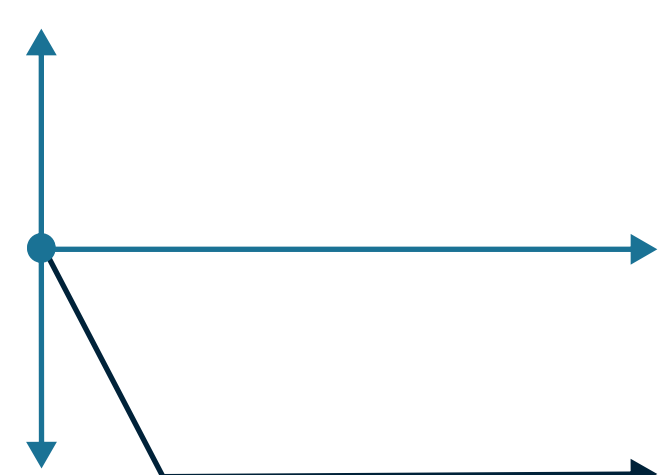
C - Zone 2



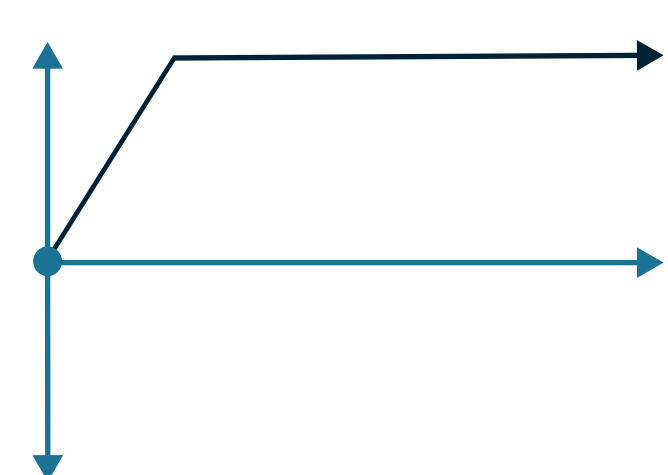
C - Zone 3



C - Zone 4



C - Zone 5



Recharge: Off-Peak

Output heat source

Surplus 

Thermal demand

Recharge: Off-Peak

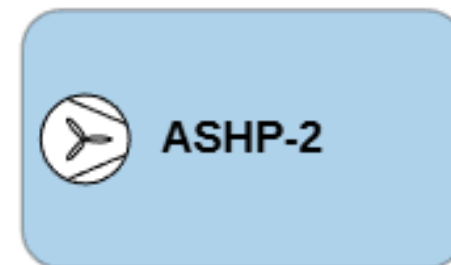
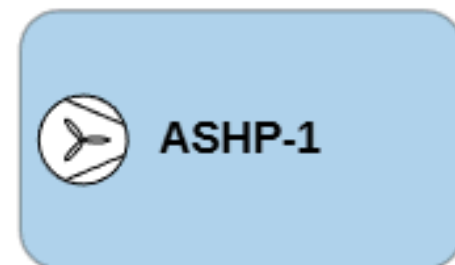
Output heat source

Recharge: Thermal mass + TES

Thermal demand

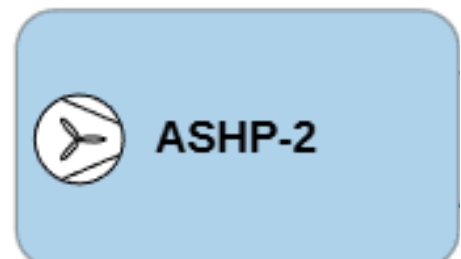
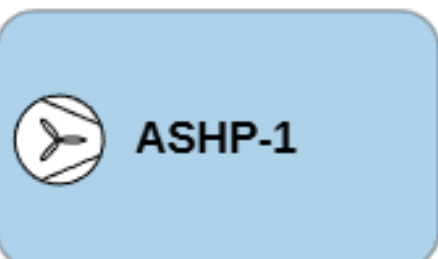
Recharging

1. *Satisfy instantaneous demands*



Qzone(t)

1. Satisfy instantaneous demands



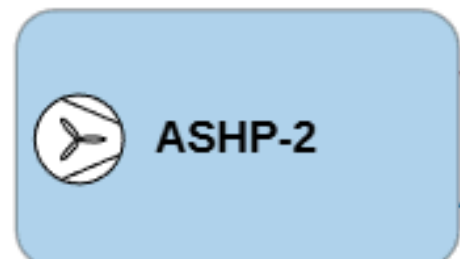
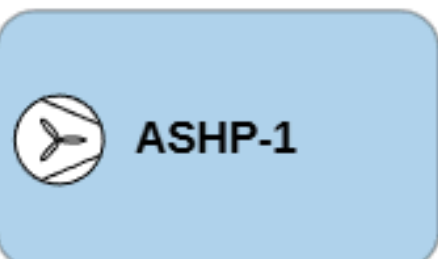
Qzone(t)

Recharging

Anything left?



1. Satisfy instantaneous demands



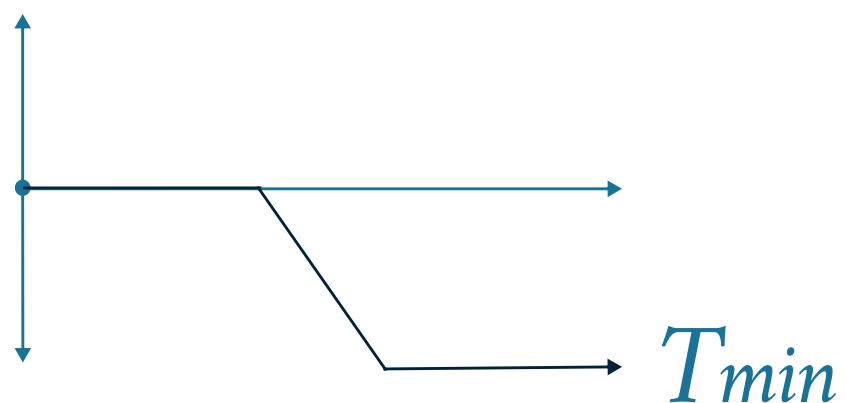
Qzone(t)

Recharging

Anything left?



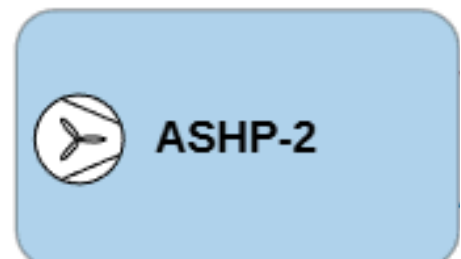
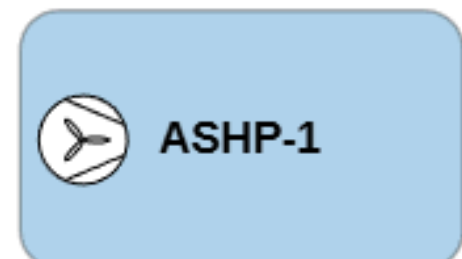
2. recharge thermal mass or tank



Versus



1. Satisfy instantaneous demands



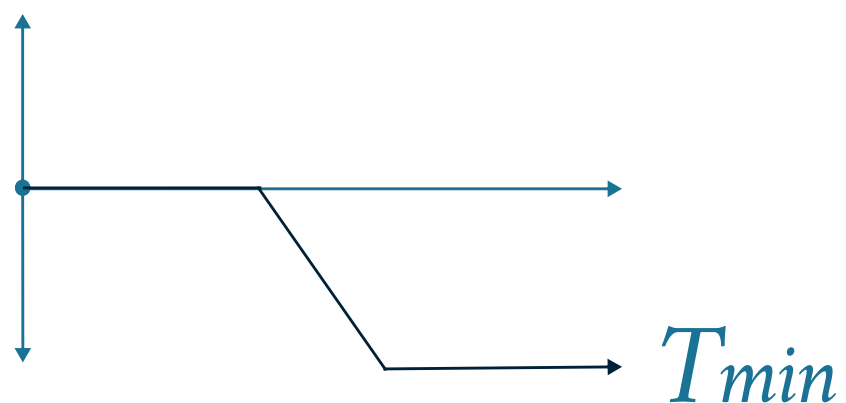
$Q_{zone}(t)$

Recharging

Anything left?



2. recharge thermal mass or tank



Versus

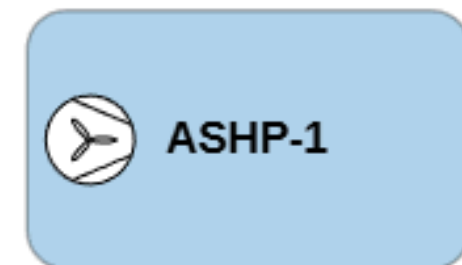


1. Satisfy instantaneous demands

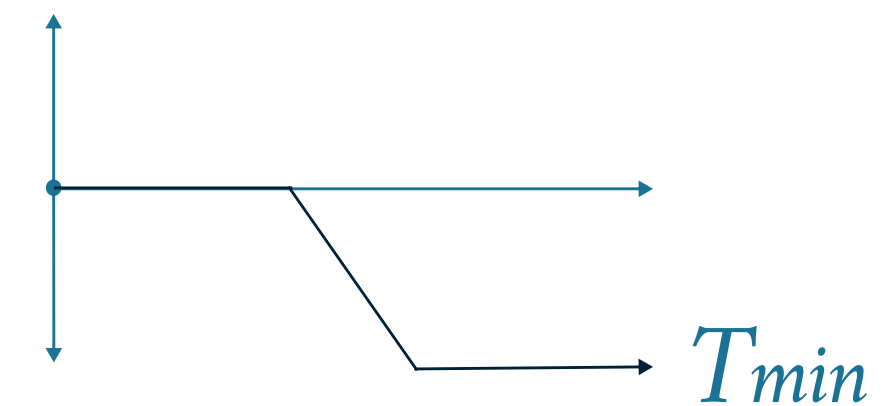
Recharging

Anything left?

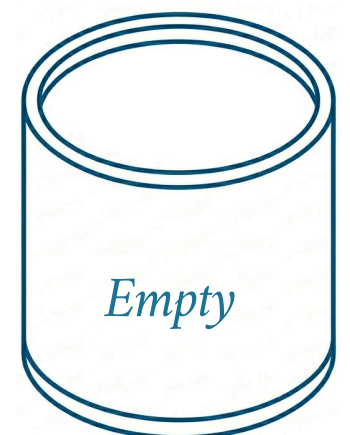
2. recharge thermal mass or tank



$Q_{zone}(t)$



Versus



Output heat source



Thermal demand



Output heat source

Time window

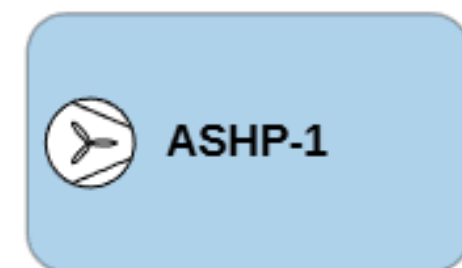


Recharging

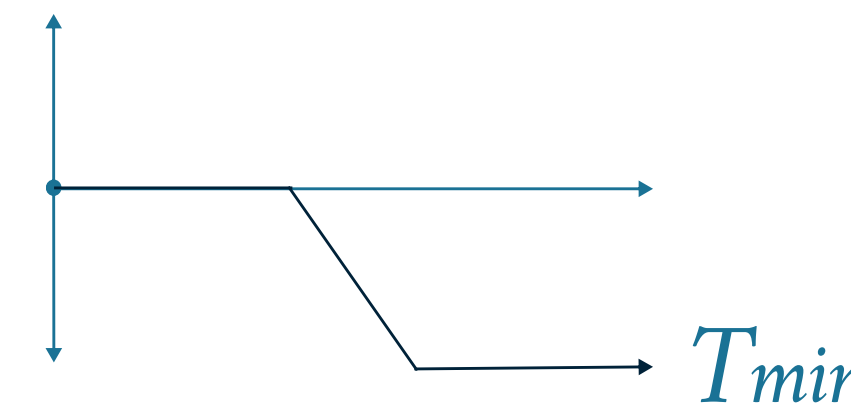
1. Satisfy instantaneous demands

Anything left?

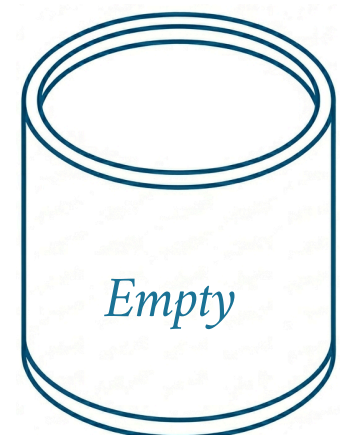
2. recharge thermal mass or tank



$Q_{zone}(t)$



Versus



Time window



Output heat source



Thermal demand



Output heat source

$$\text{Strategy} = \begin{cases} \text{Prioritize Structural Mass} & \text{if } \Delta t_{window} \geq t_{sat,struct} \\ \text{Prioritize Dedicated TES} & \text{if } \Delta t_{window} < t_{sat,struct} \end{cases}$$

Case Study

C - Zone 1



C - Zone 2



C - Zone 3



C - Zone 4



C - Zone 5



Discharge

Thermal mass first

TES first (sequential or proportional)

For all zones:

Recharge

Sequential

Proportional

Case Study

C - Zone 1



C - Zone 2



C - Zone 3



C - Zone 4



C - Zone 5



Discharge

Thermal mass first

TES first (sequential or proportional)

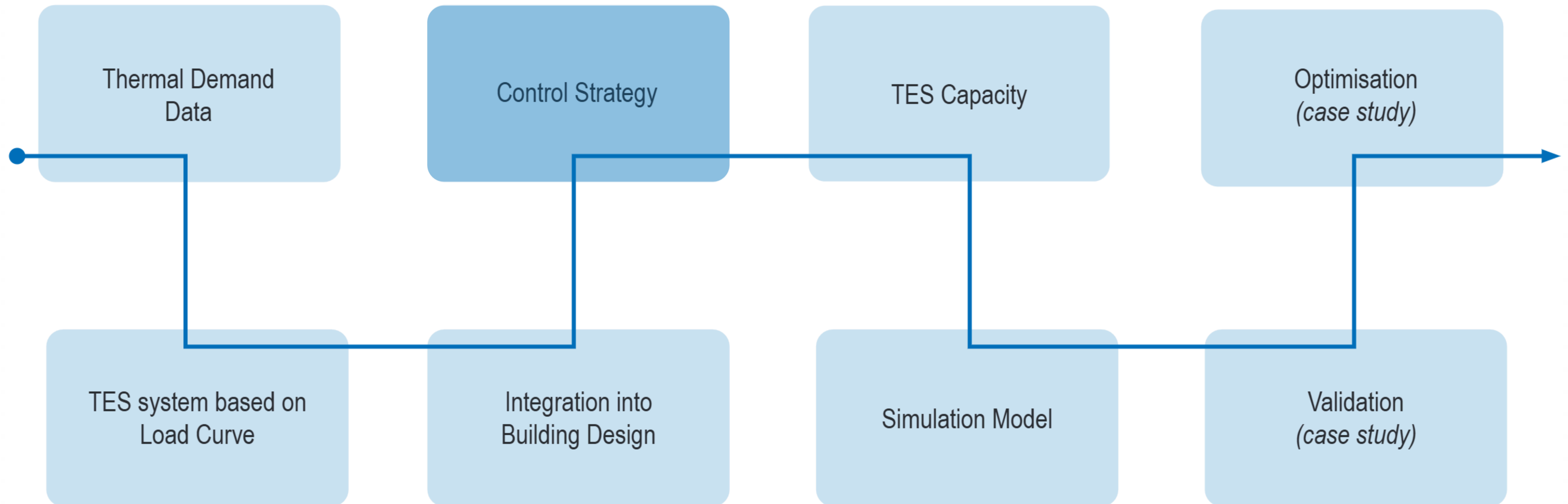
For all zones:

Recharge

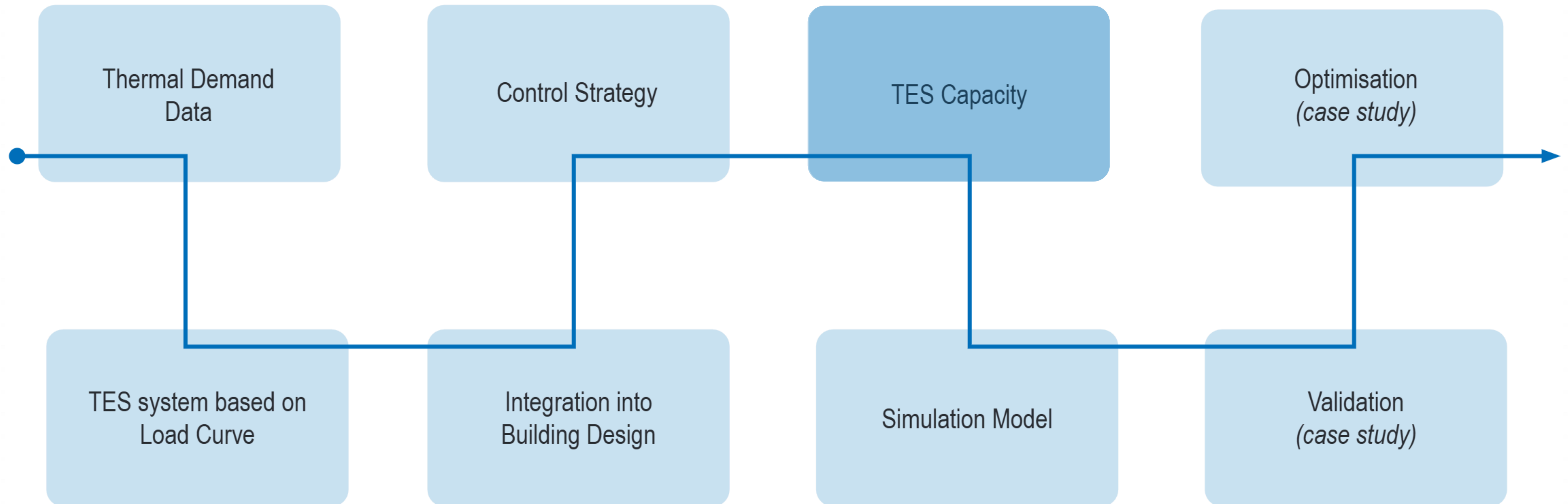
Sequential

Proportional

Part 5 - TES Capacity



Part 5 - TES Capacity



Continuous Energy Balance

Volume V_C

- Multi-event
- Changing grid congestion
- Control strategy
- Dynamic recovery



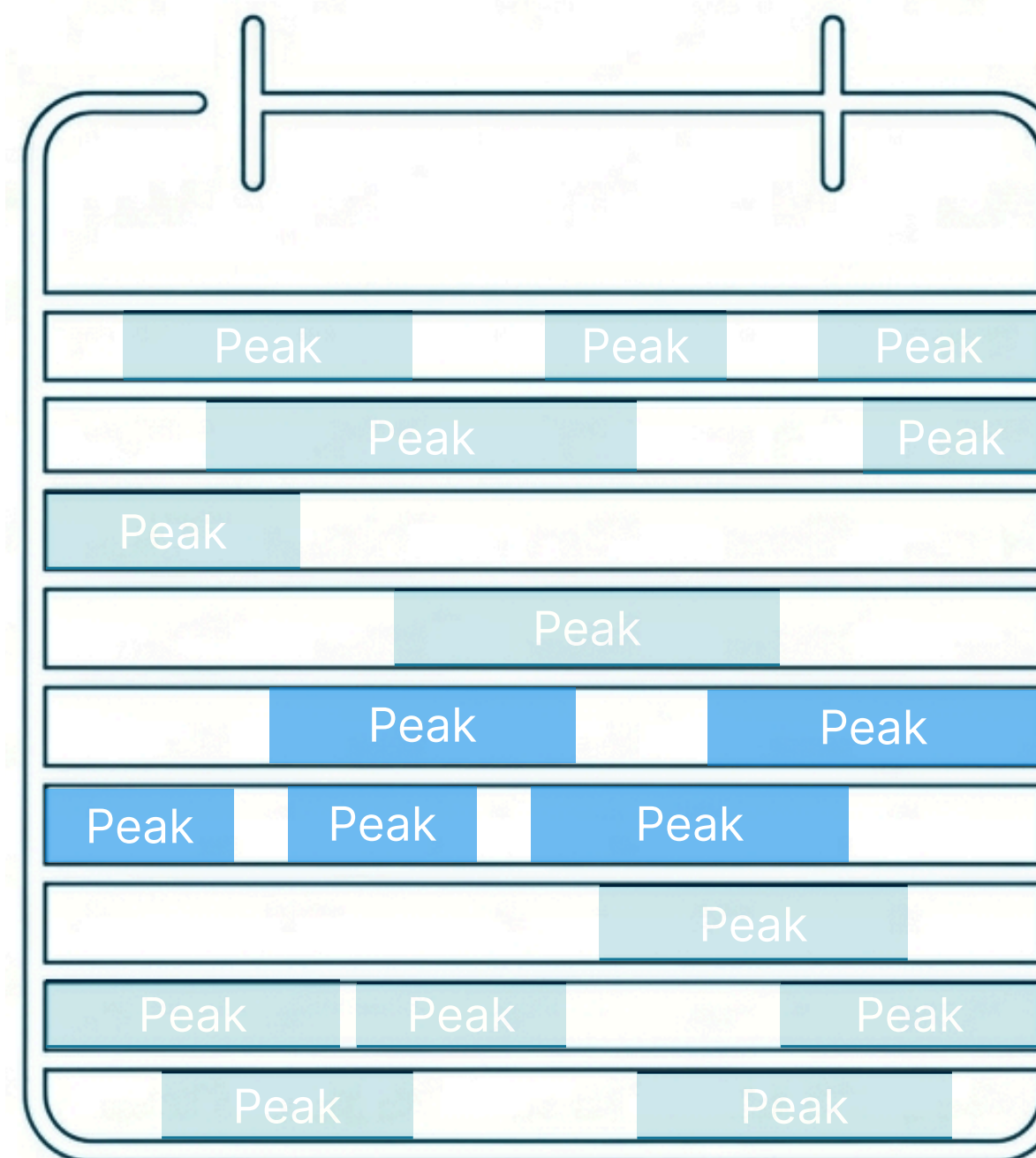
$$E_{max_gap} = \max(E_{cum,1}, E_{cum,2}, \dots, E_{cum,n}) \rightarrow$$

$$V_C = \frac{E_{max_gap} \cdot 3600 \cdot S}{\rho \cdot \Delta u \cdot \eta_{str}}$$

Continuous Energy Balance

Volume V_c

- Multi-event
- Changing grid congestion
- Control strategy
- Dynamic recovery



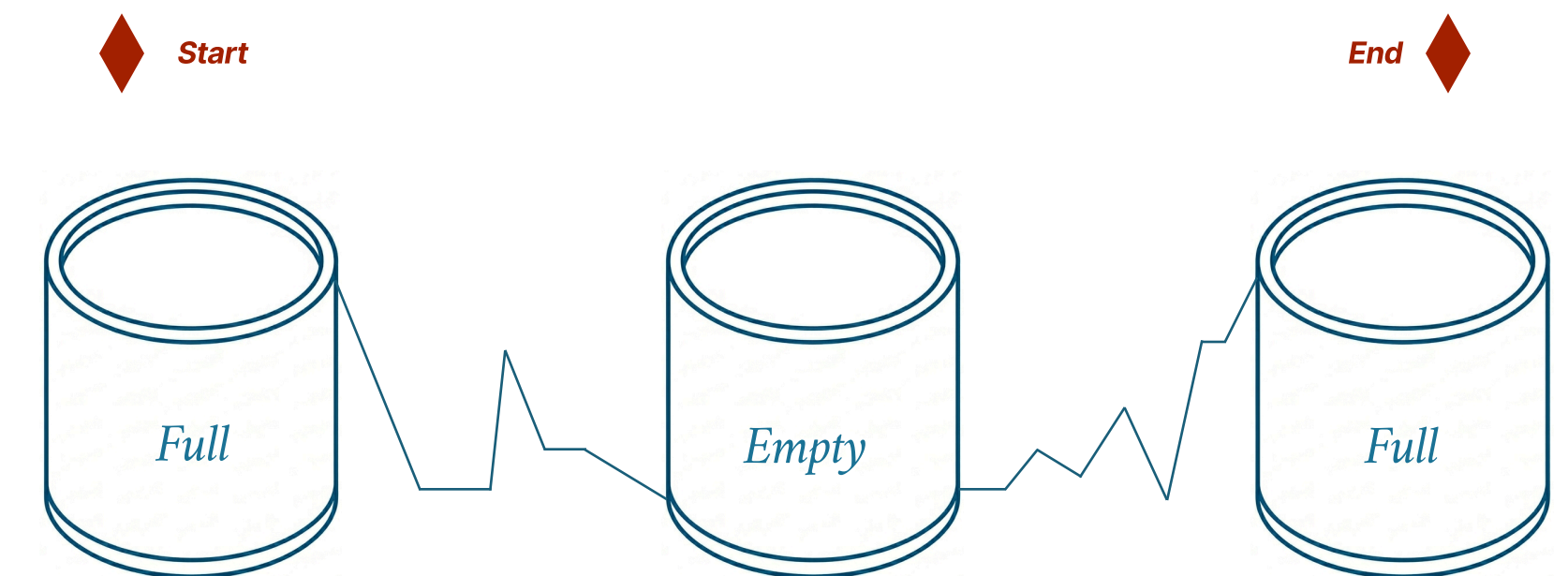
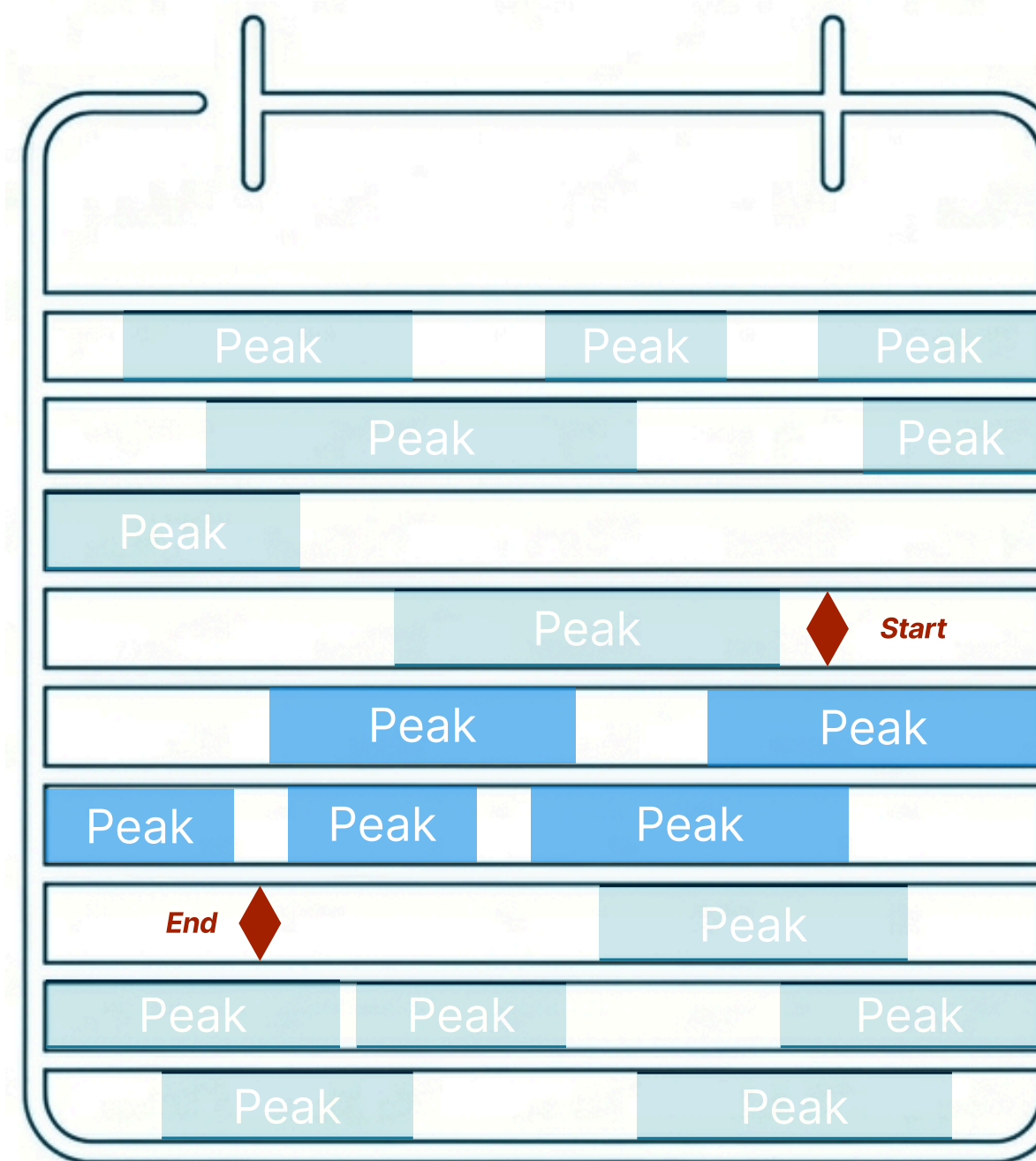
$$E_{max_gap} = \max(E_{cum,1}, E_{cum,2}, \dots, E_{cum,n}) \rightarrow$$

$$V_C = \frac{E_{max_gap} \cdot 3600 \cdot S}{\rho \cdot \Delta u \cdot \eta_{str}}$$

Continuous Energy Balance

Volume V_c

- Multi-event
- Changing grid congestion
- Control strategy
- Dynamic recovery



$$E_{max_gap} = \max(E_{cum,1}, E_{cum,2}, \dots, E_{cum,n})$$

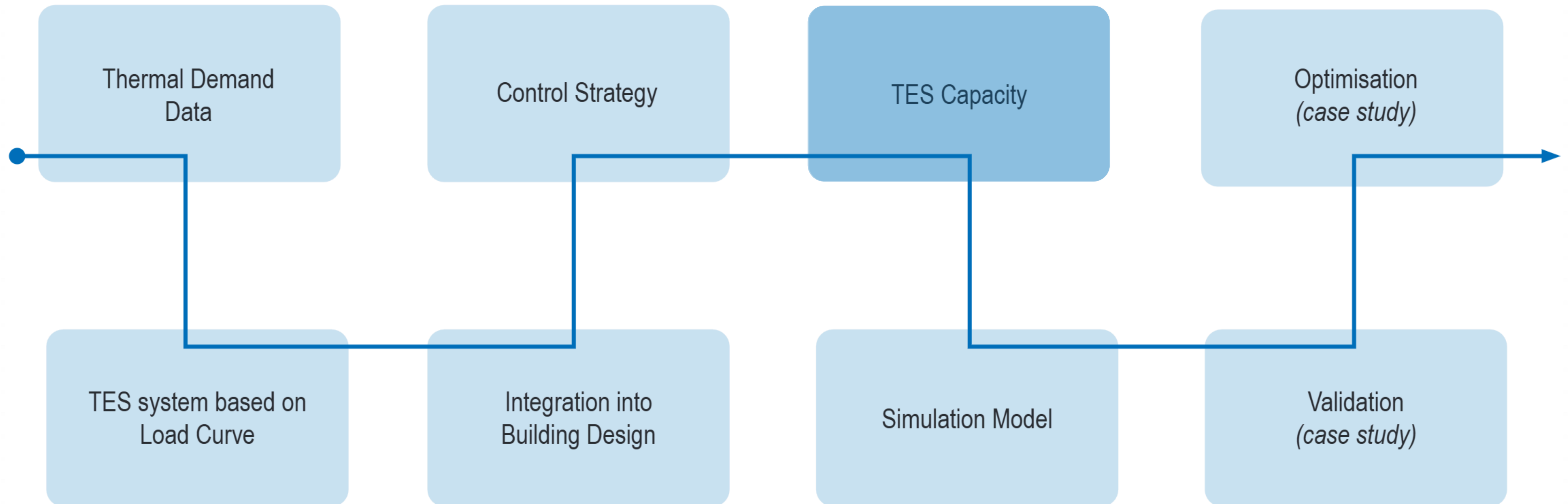


Find largest energy deficit window

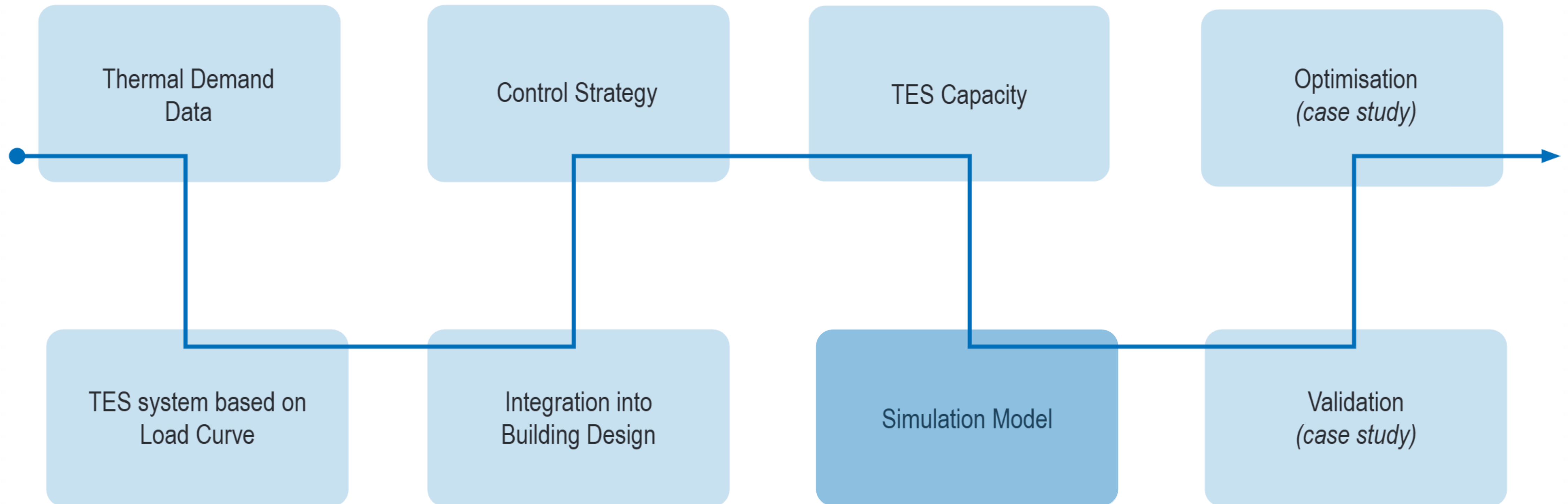
(E_{max_gap})

$$V_C = \frac{E_{max_gap} \cdot 3600 \cdot S}{\rho \cdot \Delta u \cdot \eta_{str}}$$

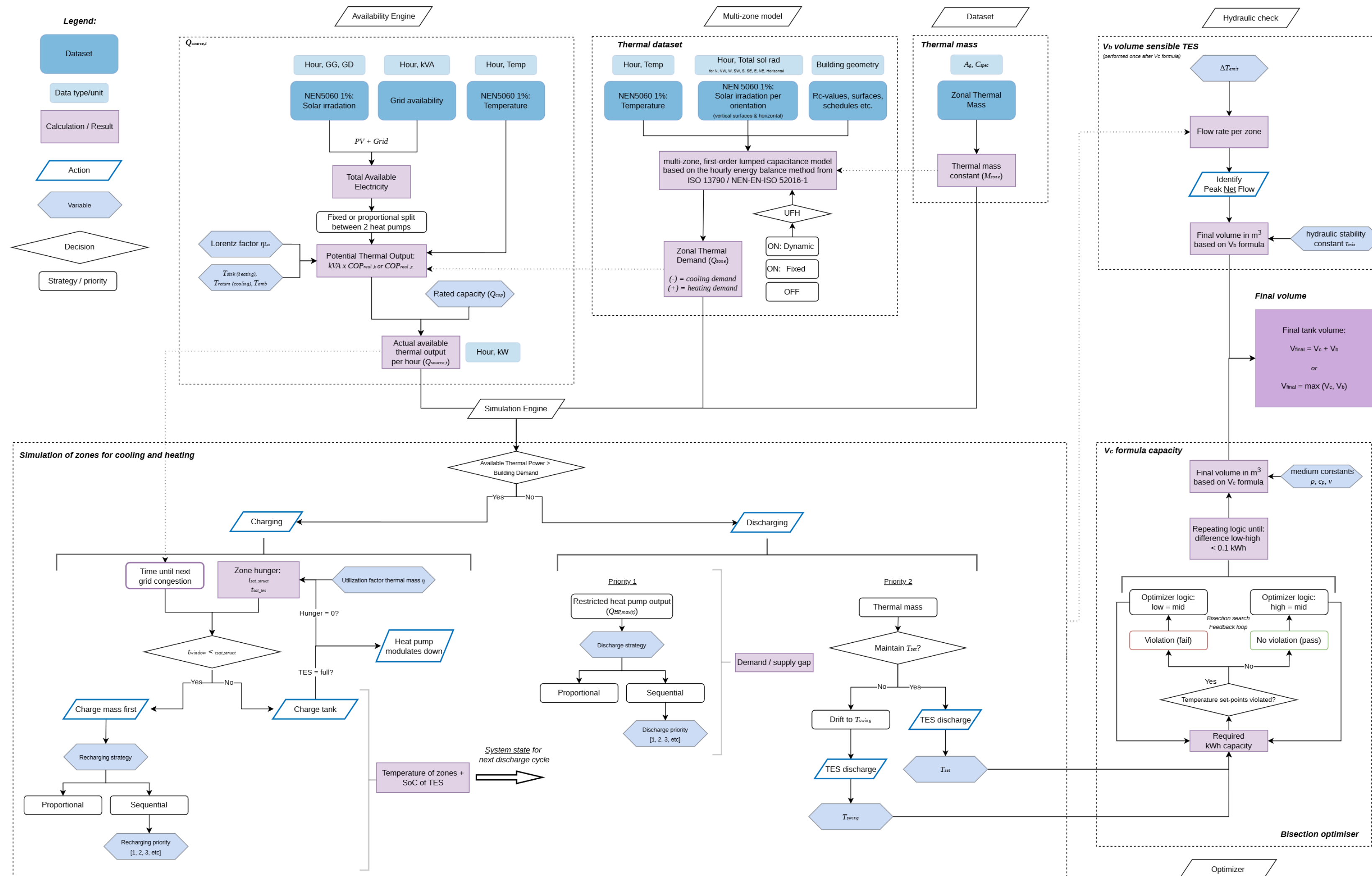
Part 5 - TES Capacity



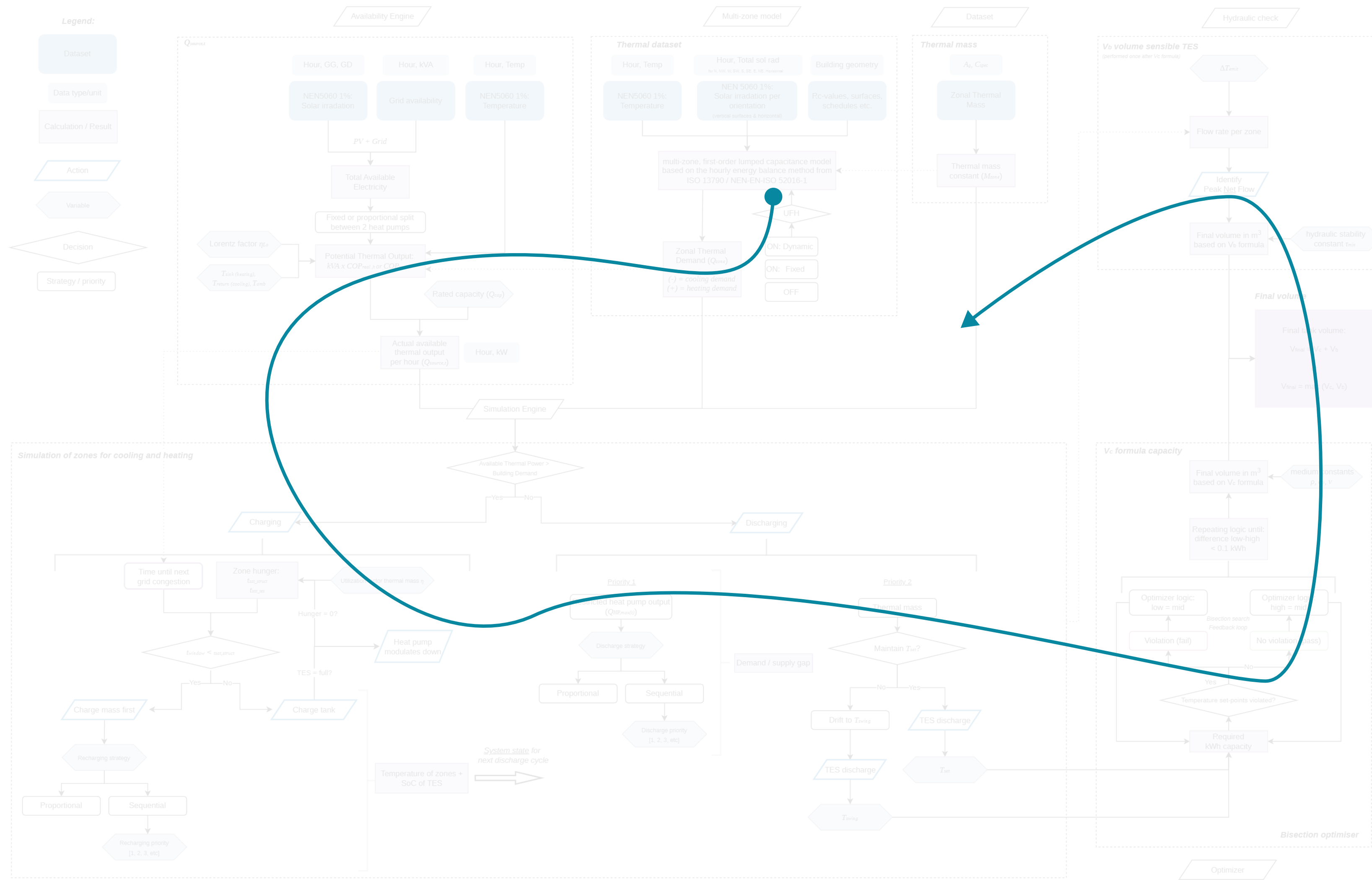
Part 5 - TES Capacity



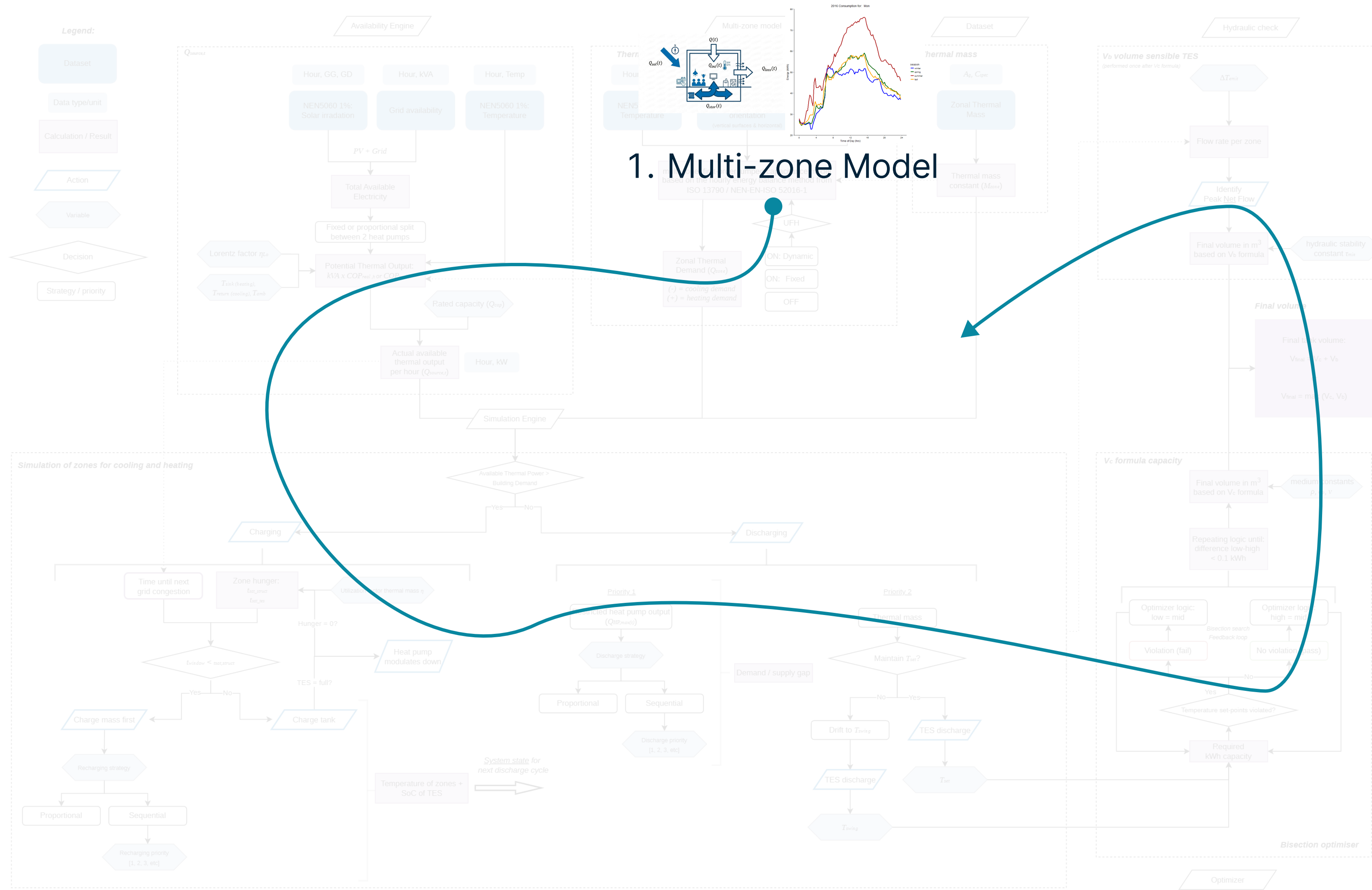
Simulation Model Architecture



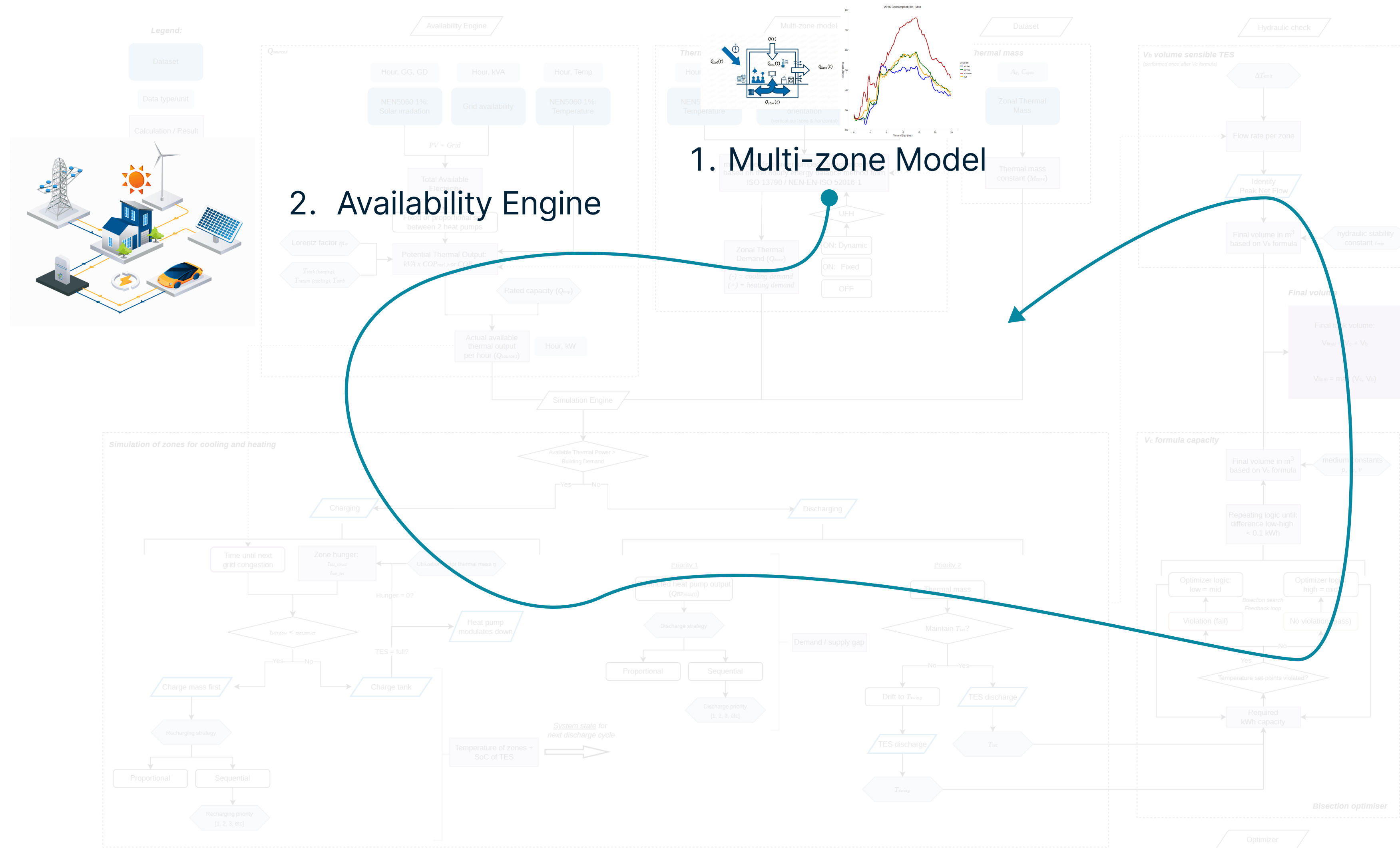
Simulation Model Architecture



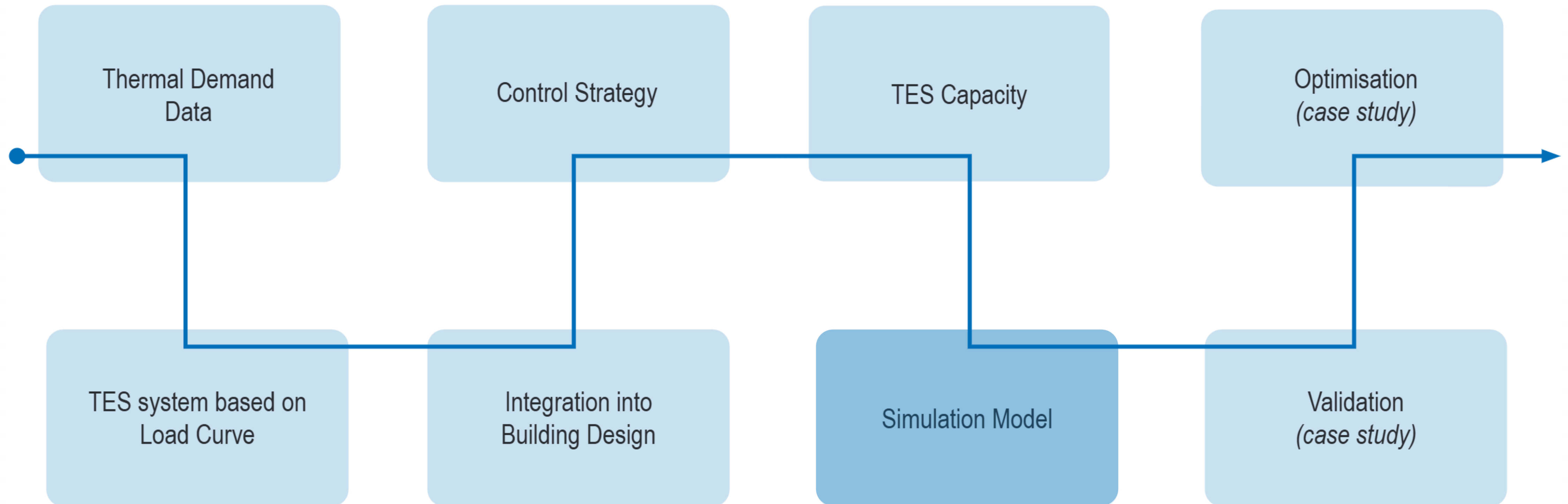
Simulation Model Architecture



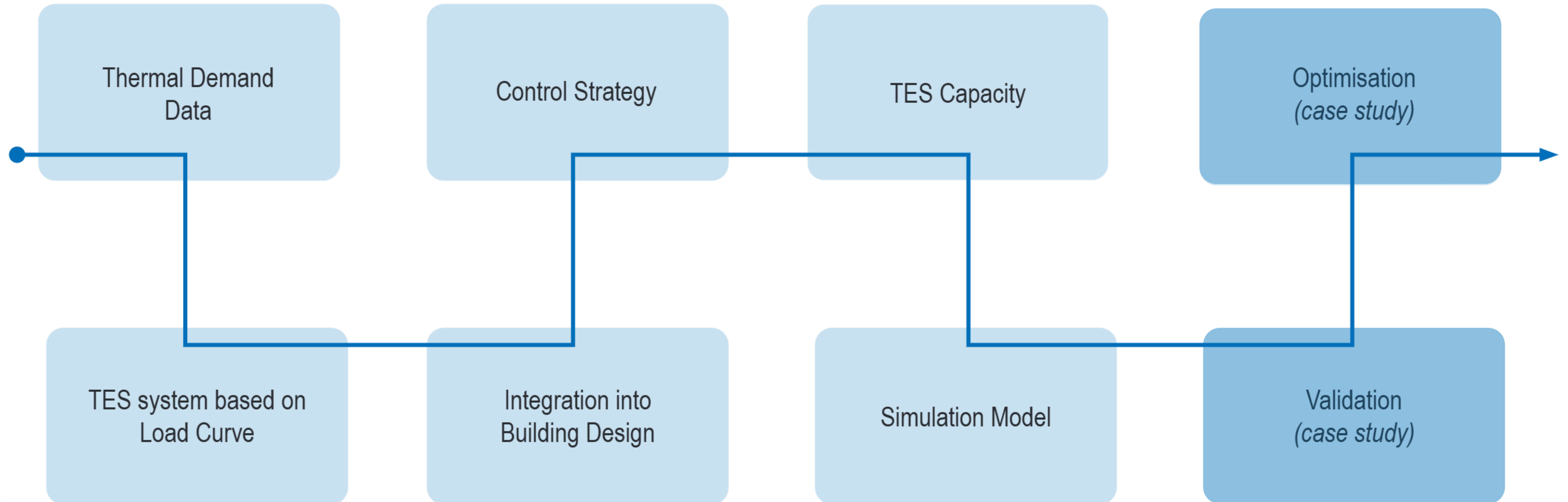
Simulation Model Architecture



Part 5 - TES Capacity

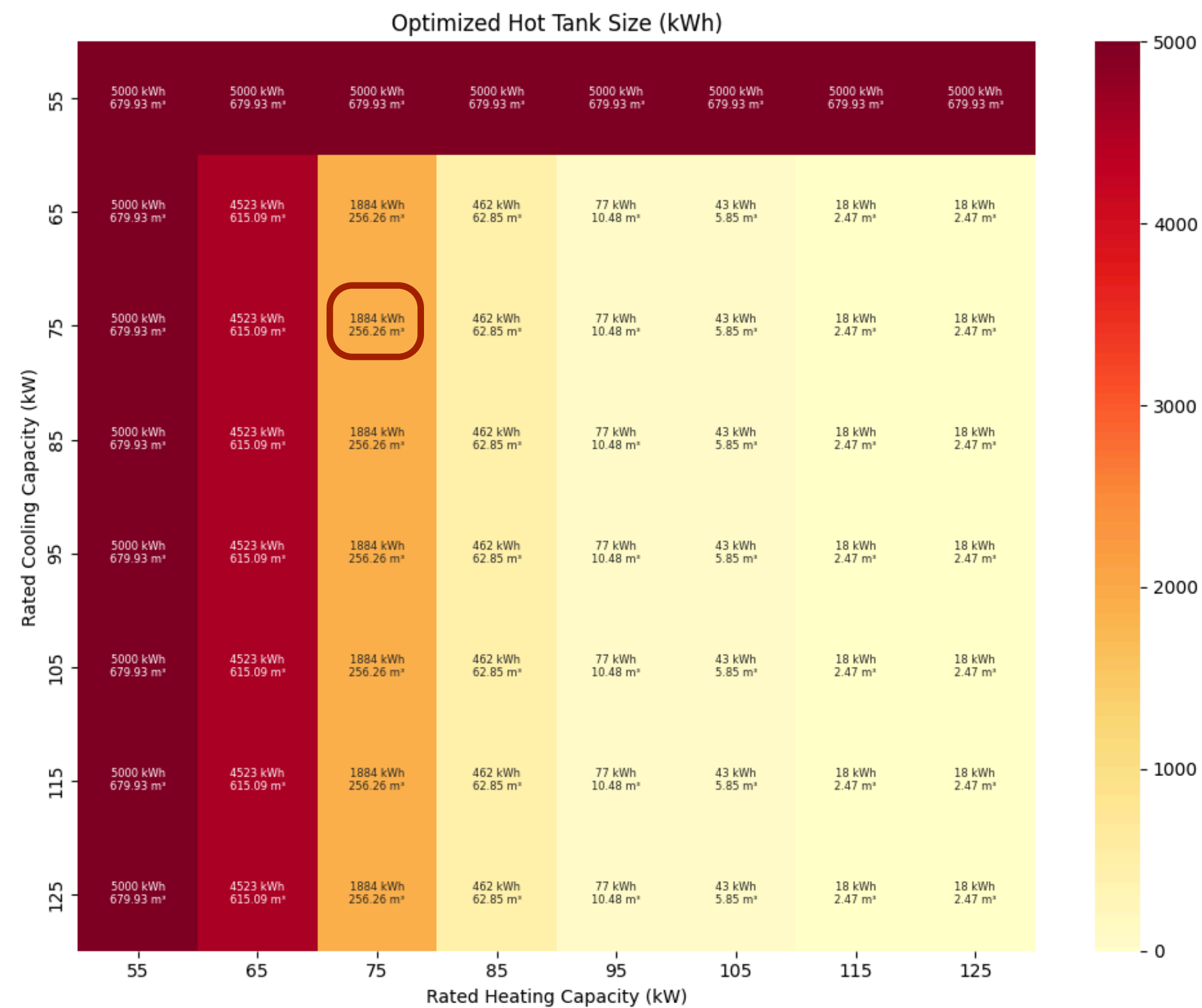


Part 5 - TES Capacity



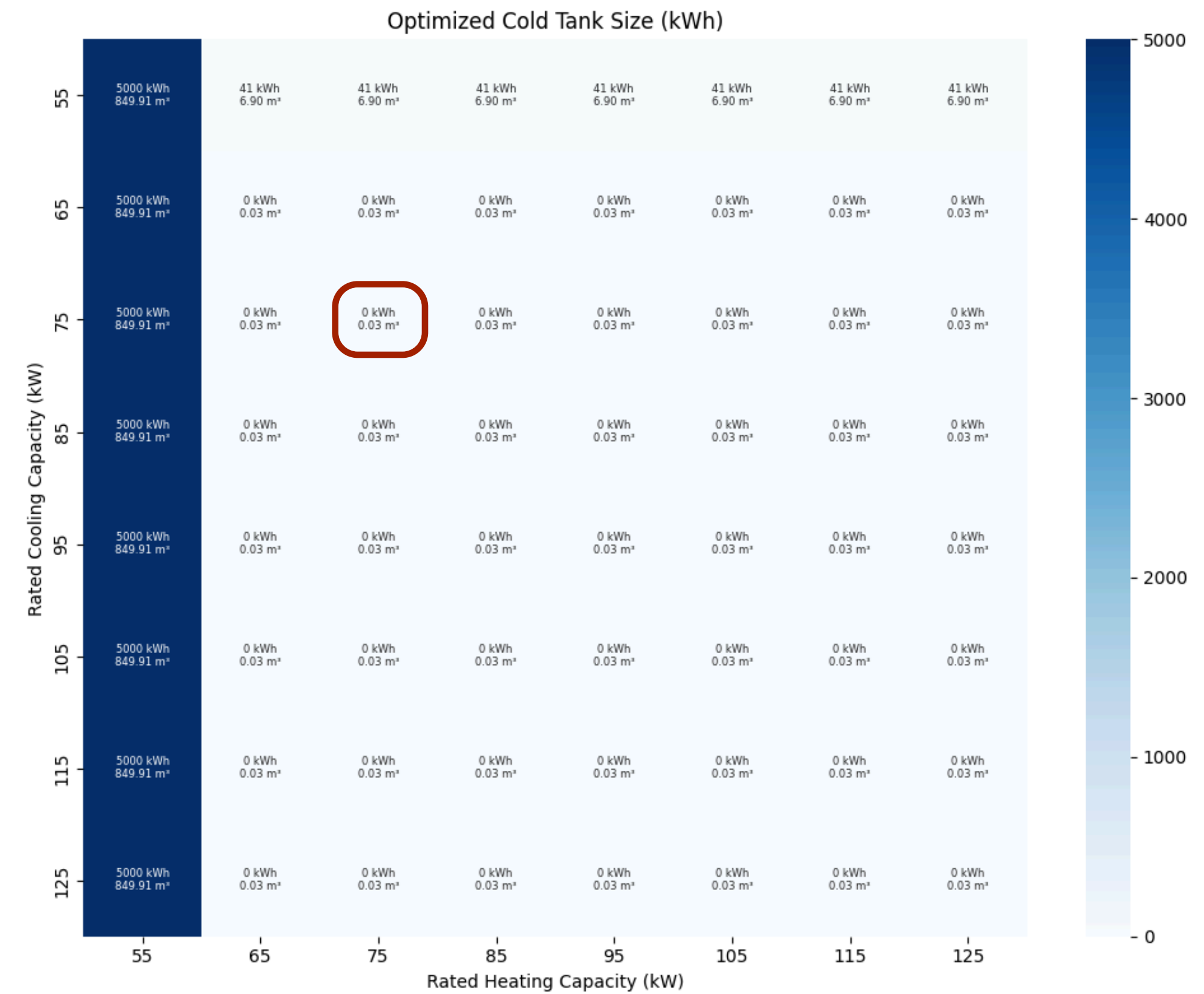
Scenario A: Baseline without UFH - Sensitivity Analysis

Heat maps Heating HP Capacity



75 kW: 256.26 m³

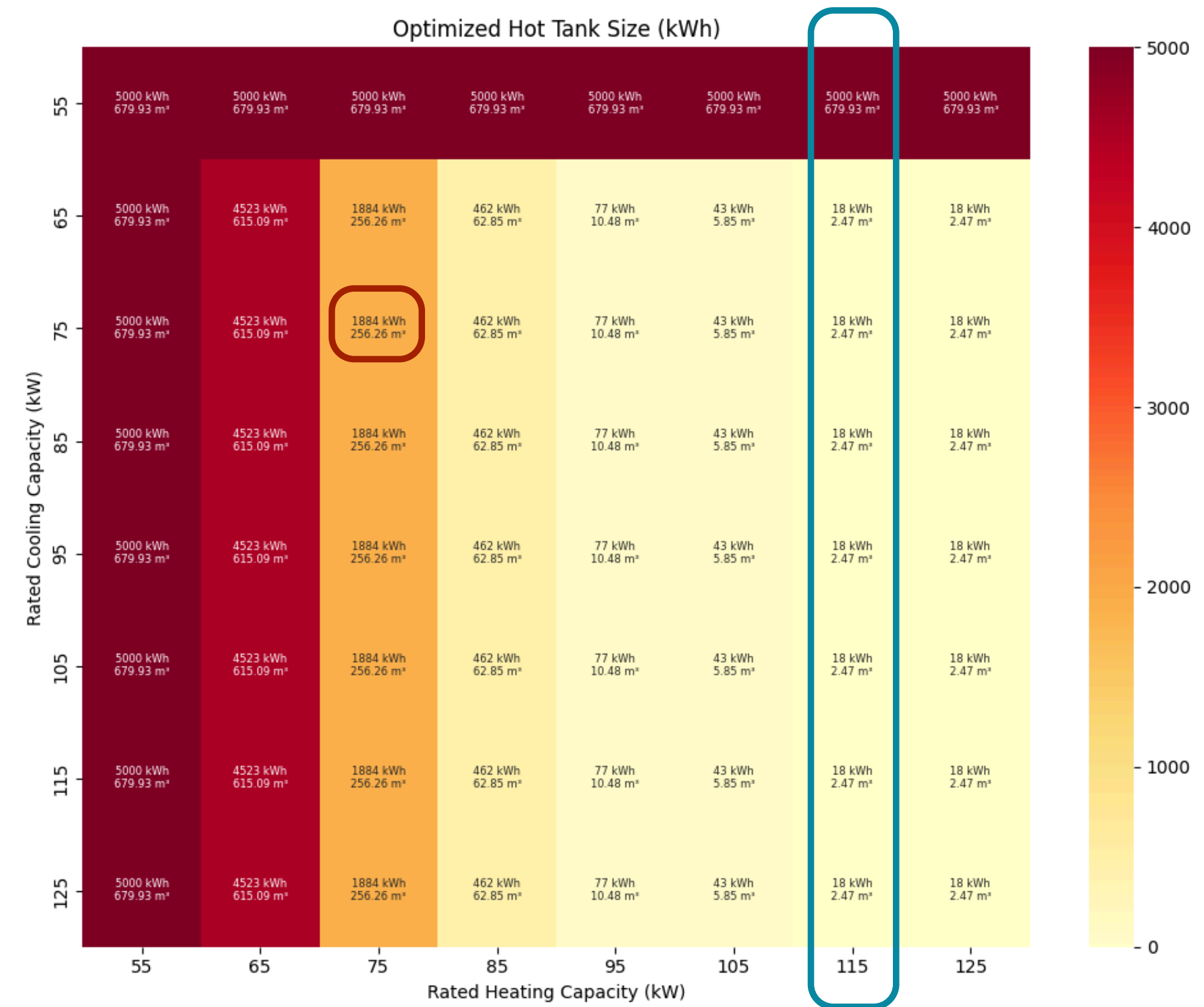
Heat maps Cooling HP Capacity



75 kW: 0.03 m³

Scenario A: Baseline without UFH - Sensitivity Analysis

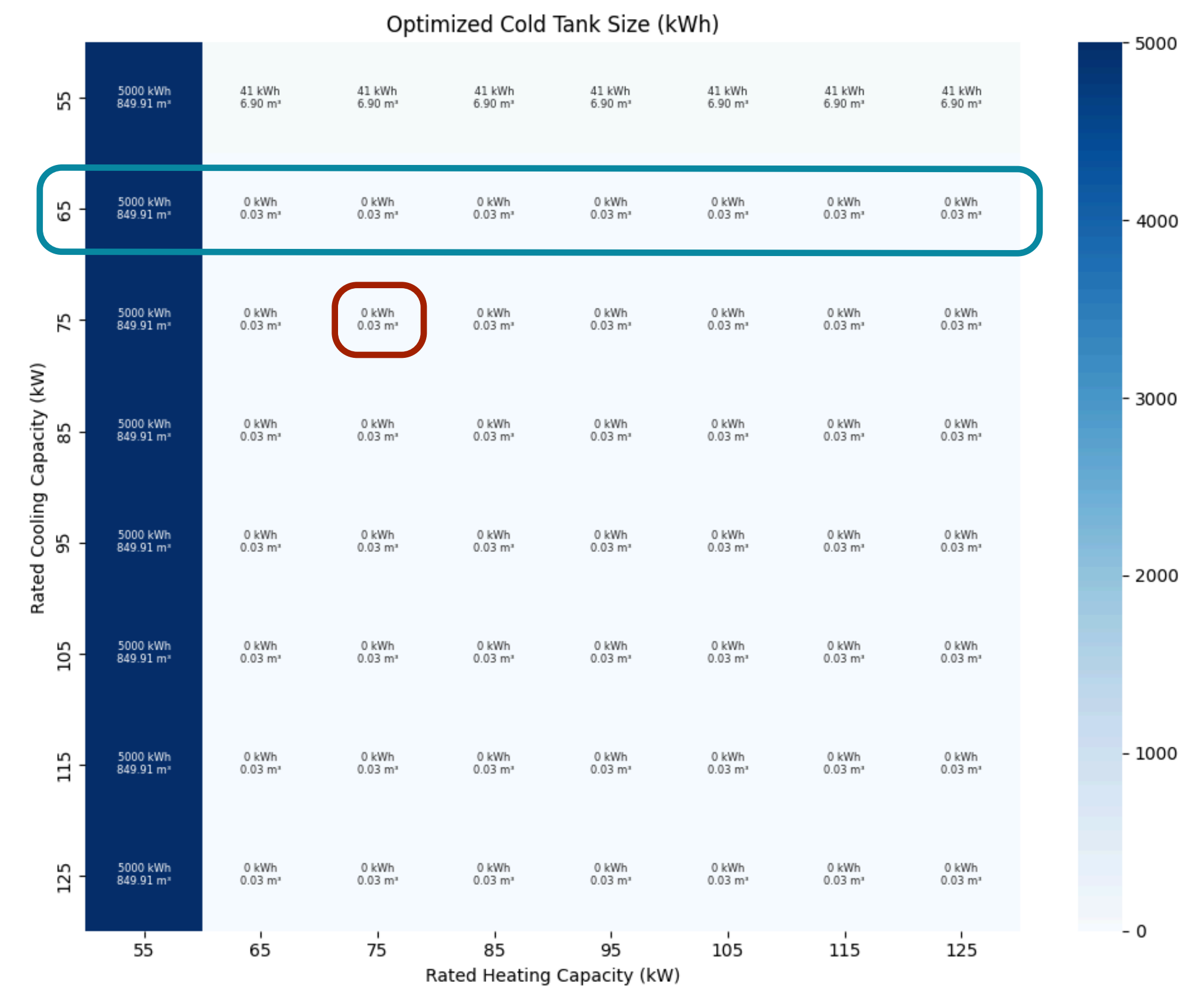
Heat maps Heating HP Capacity



75 kW: 256.26 m³

115 kW: 2.47 m³

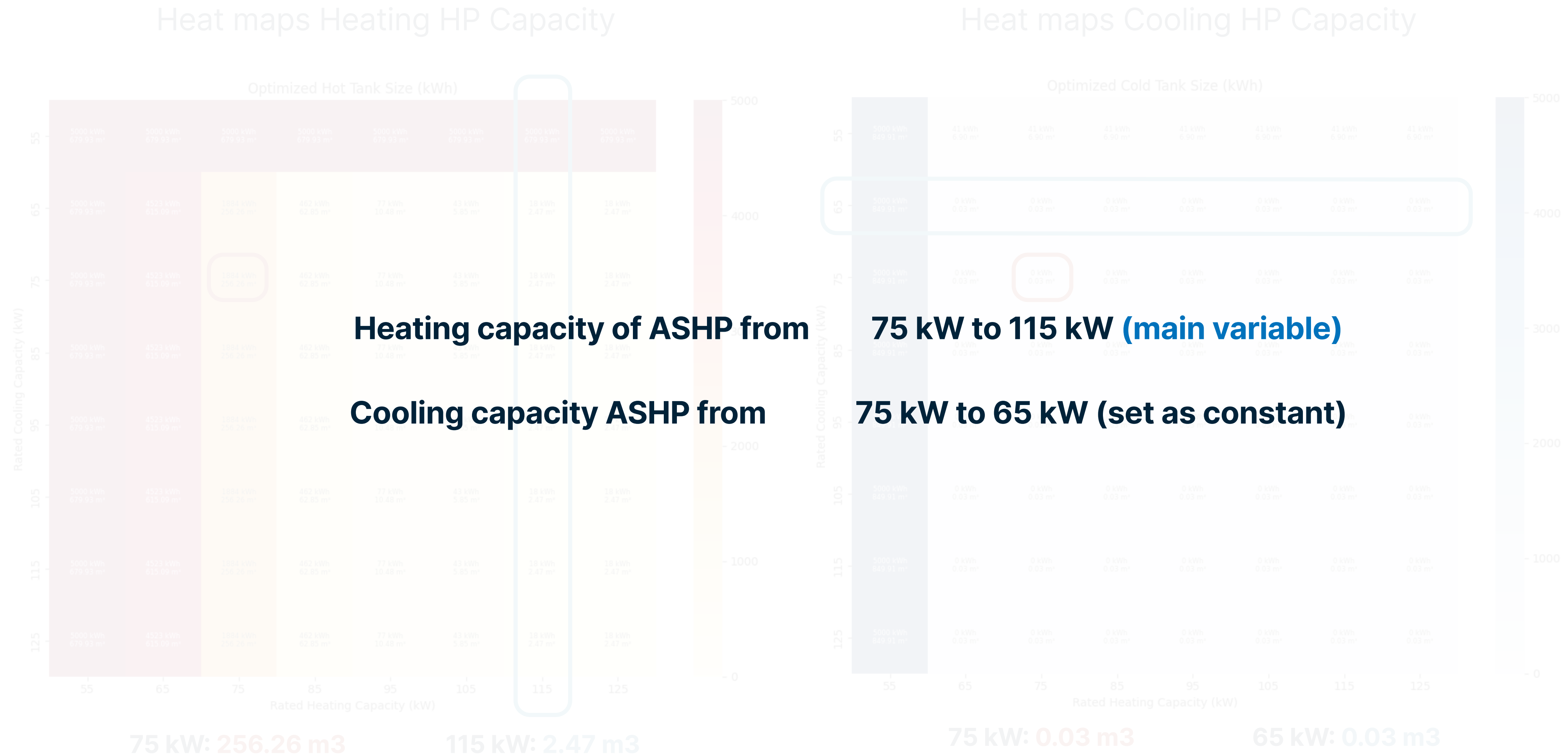
Heat maps Cooling HP Capacity



75 kW: 0.03 m³

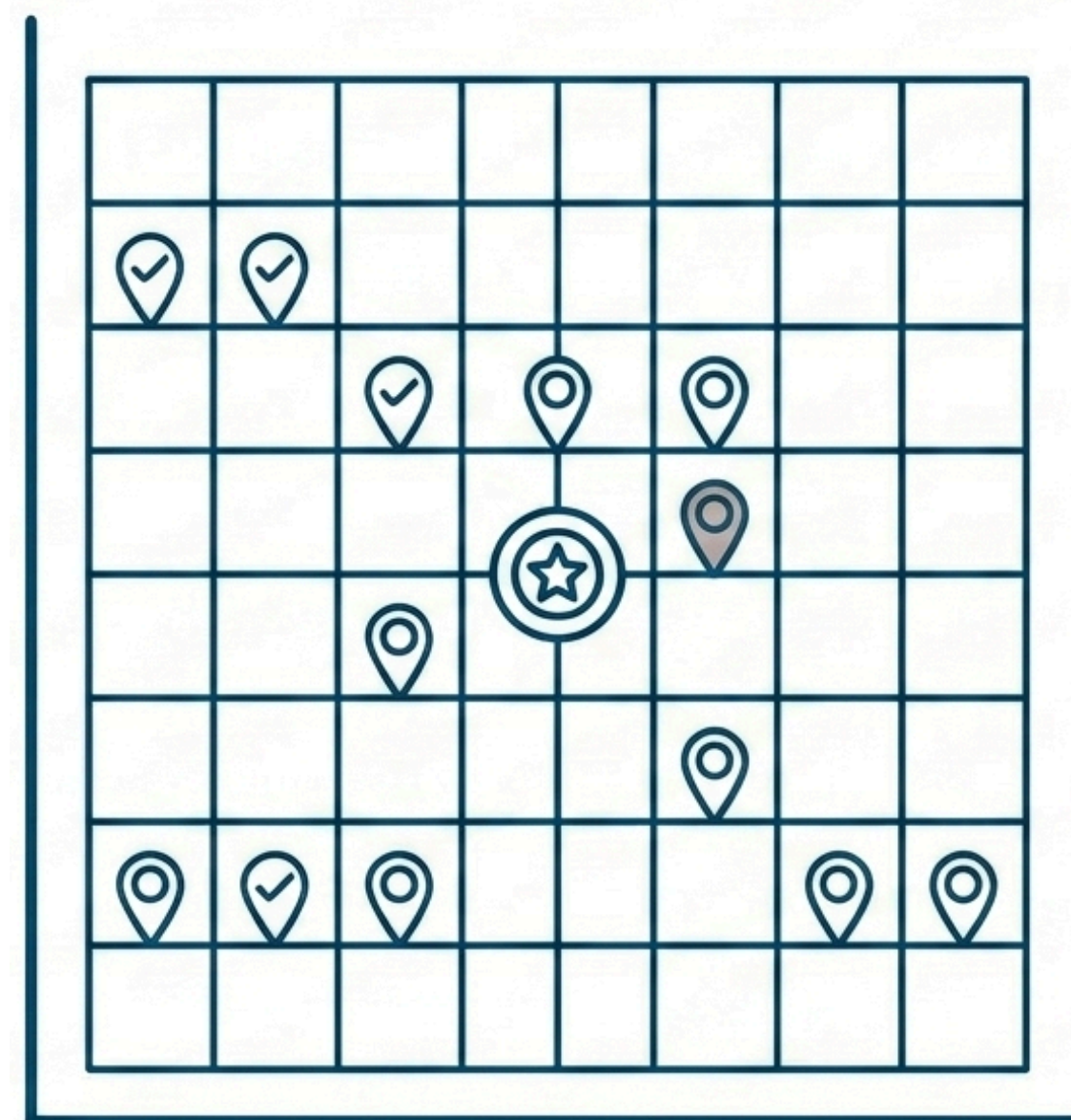
65 kW: 0.03 m³

Scenario A: Baseline without UFH - Sensitivity Analysis



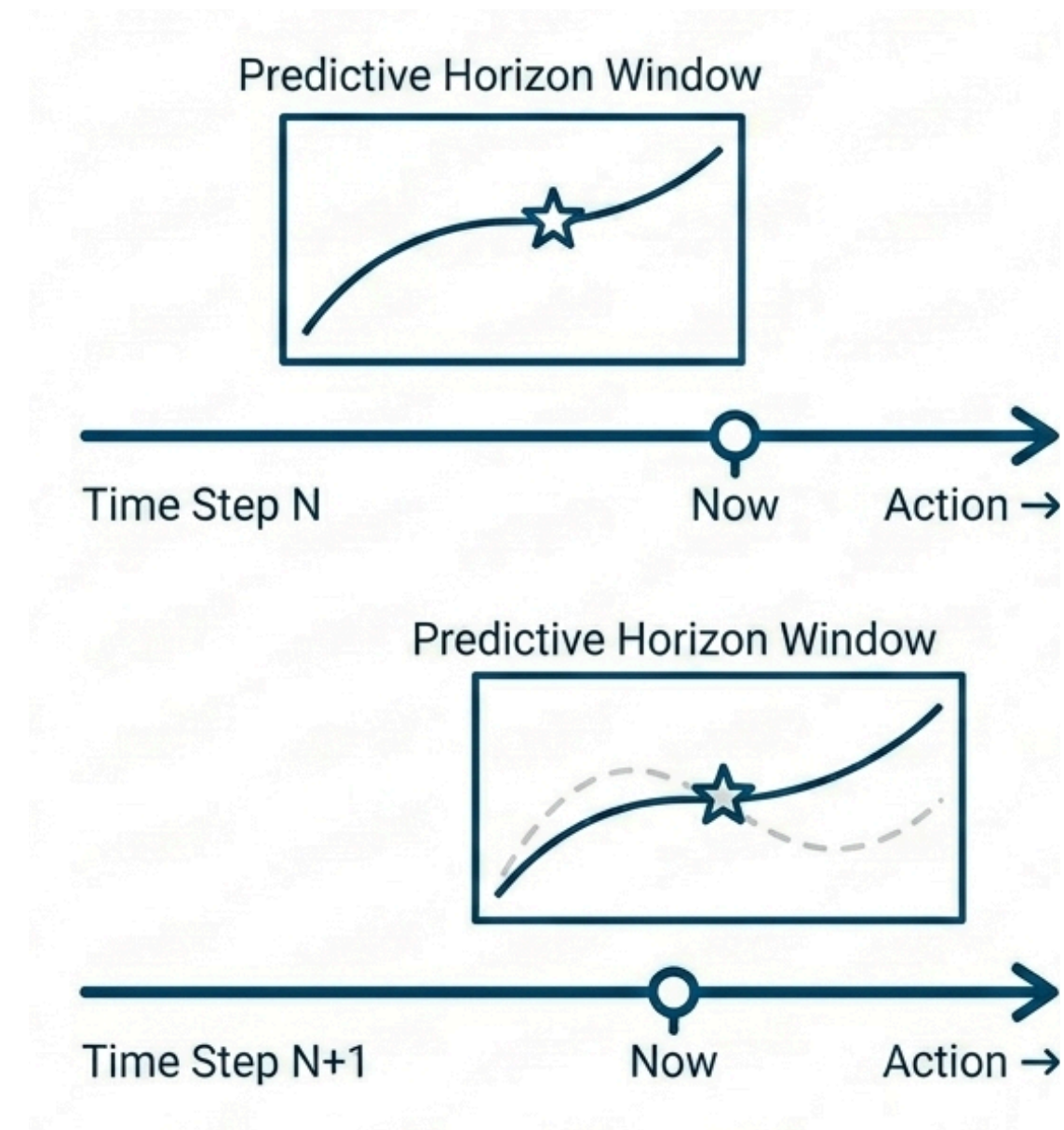
How to schedule the UFH?

Grid Search Method
(6-hour UFH block)



(E.g., every day from 07:00-13:00)

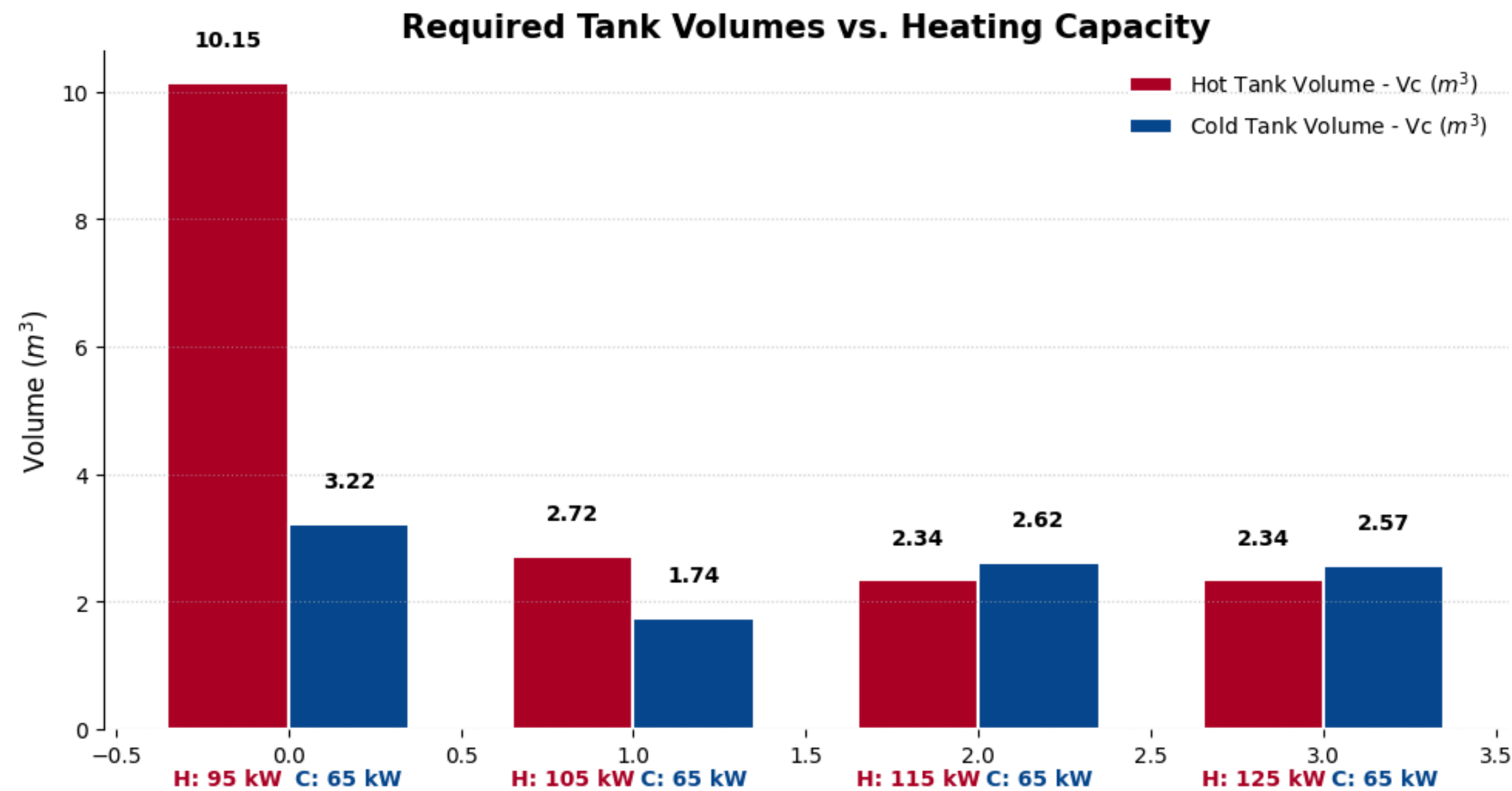
MPC Rolling Horizon
(0-24-hour UFH block)



(Different schedule every day or none)

Scenario B: With UFH - Sensitivity Analysis

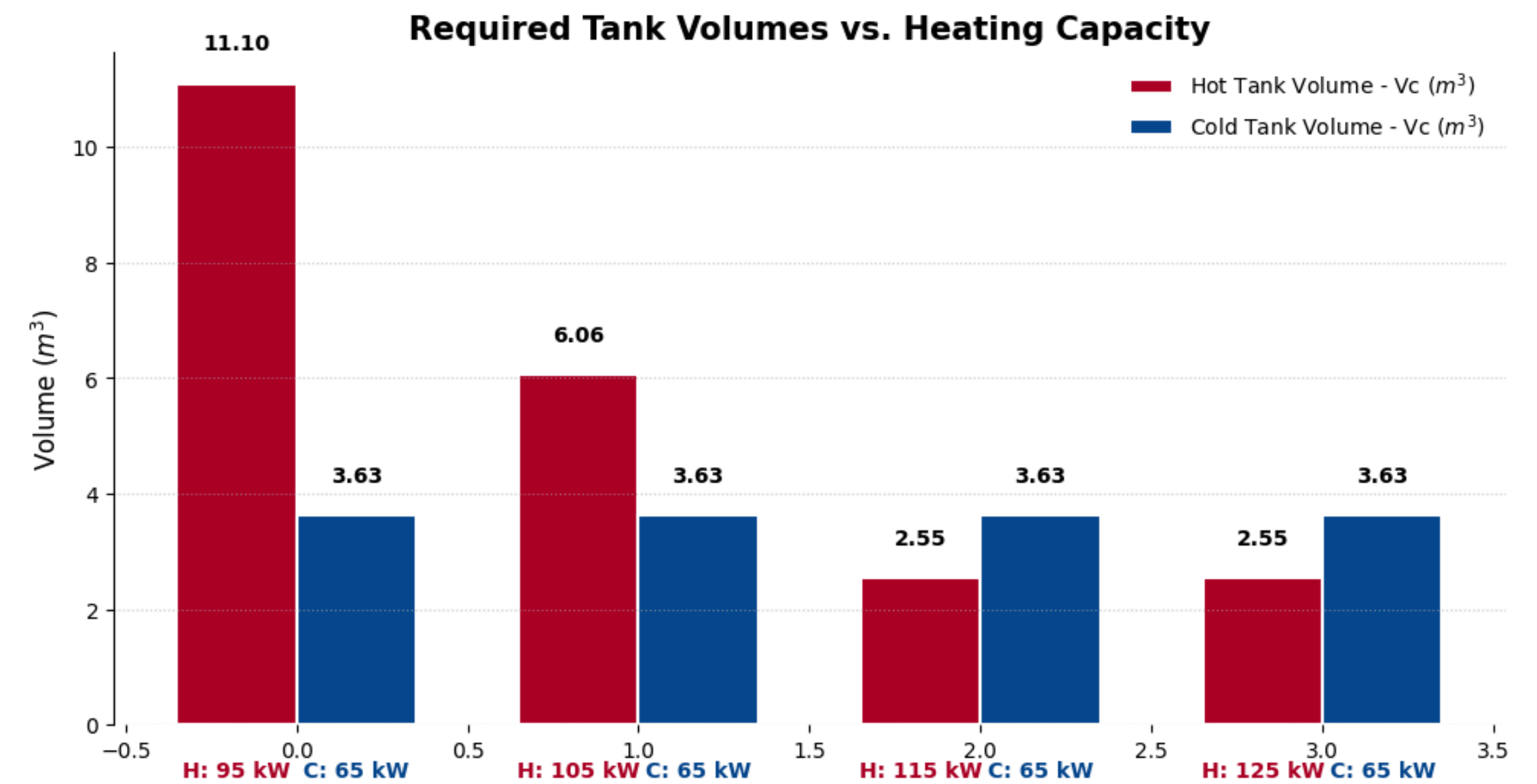
Fixed UFH schedule



115 kW: 2.34 m³

65 kW: 2.62 m³

Dynamic UFH schedule

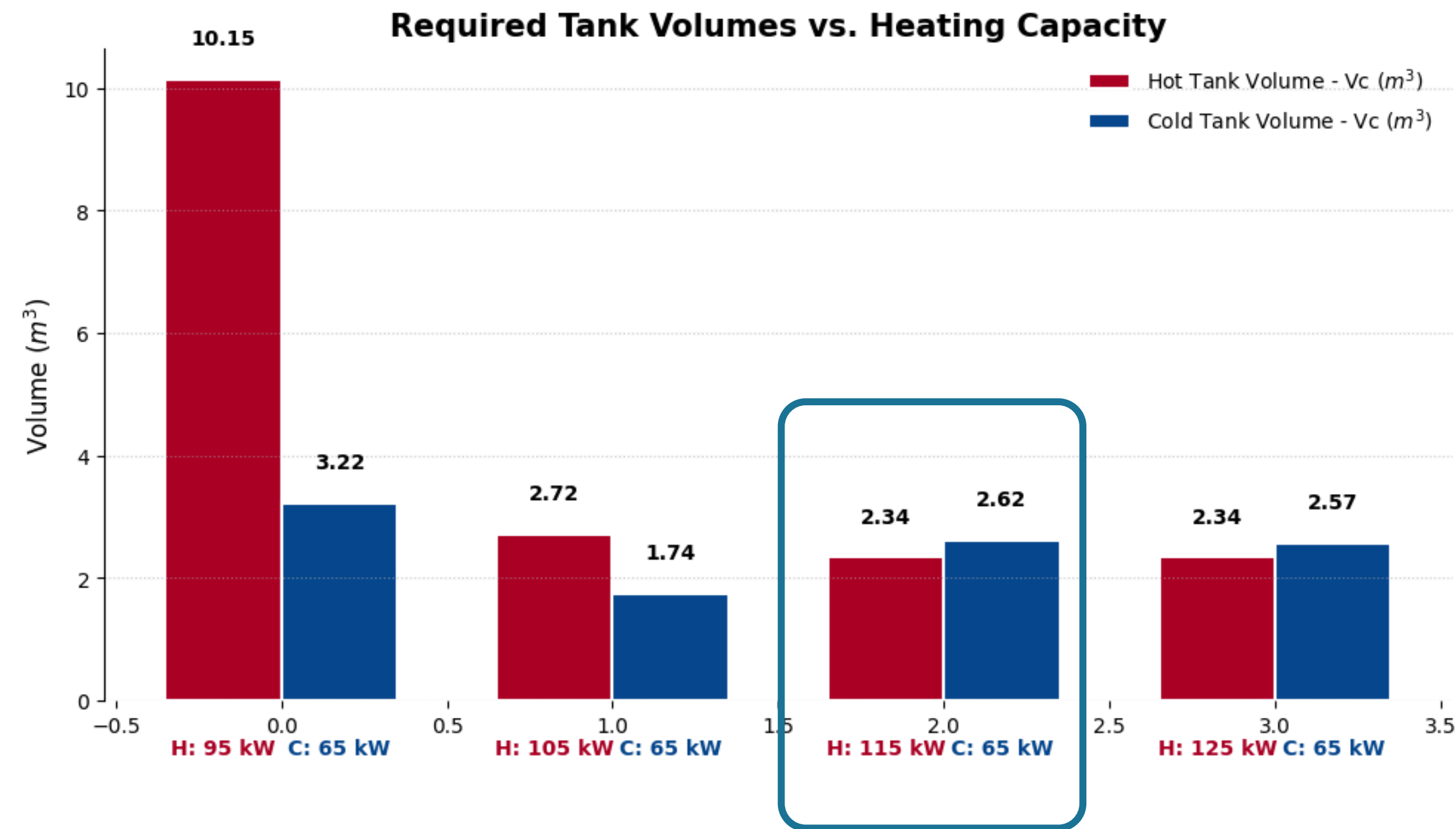


115 kW: 2.55 m³

65 kW: 3.63 m³

Scenario B: With UFH - Sensitivity Analysis

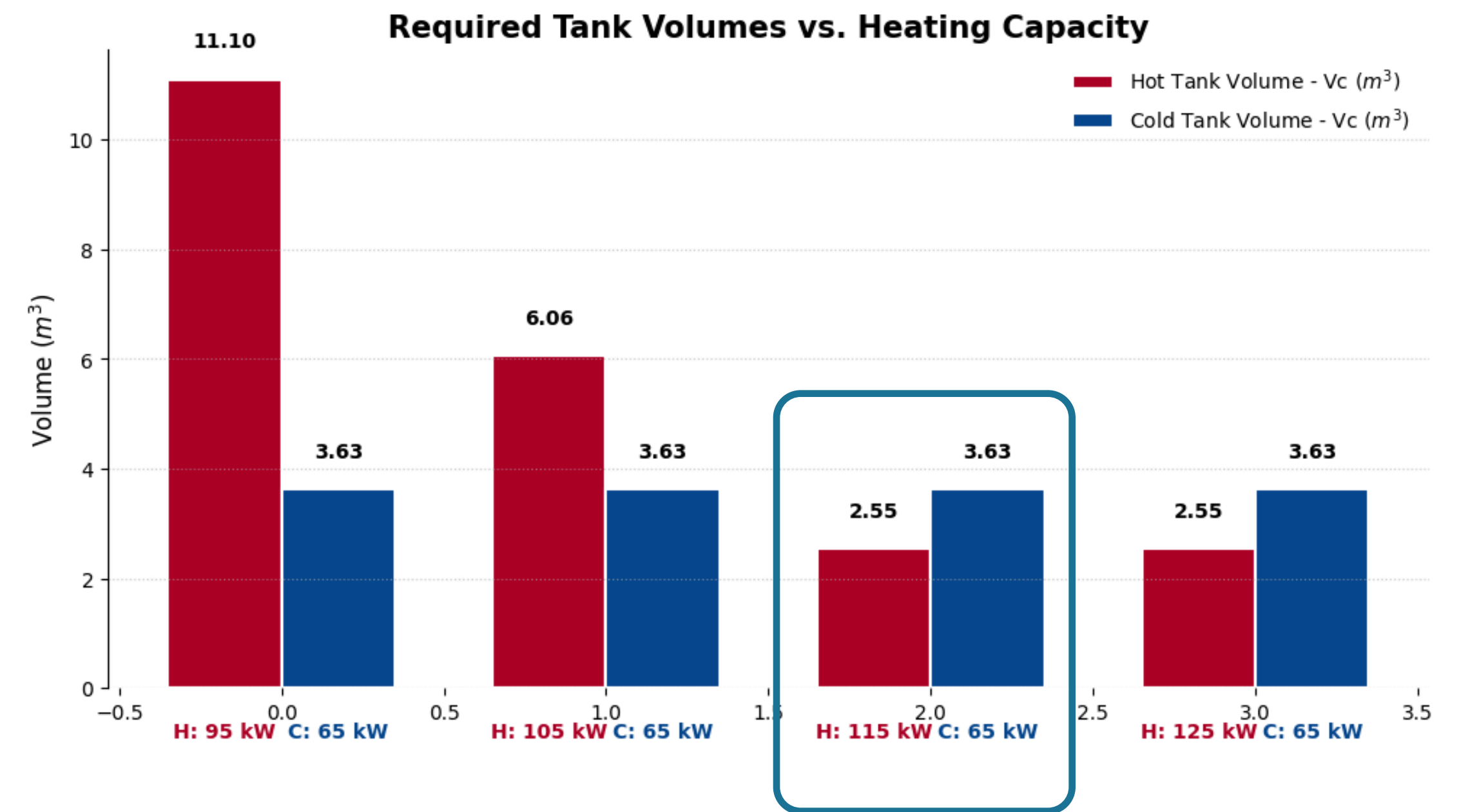
Fixed UFH schedule



115 kW: 2.34 m³

65 kW: 2.62 m³

Dynamic UFH schedule



115 kW: 2.55 m³

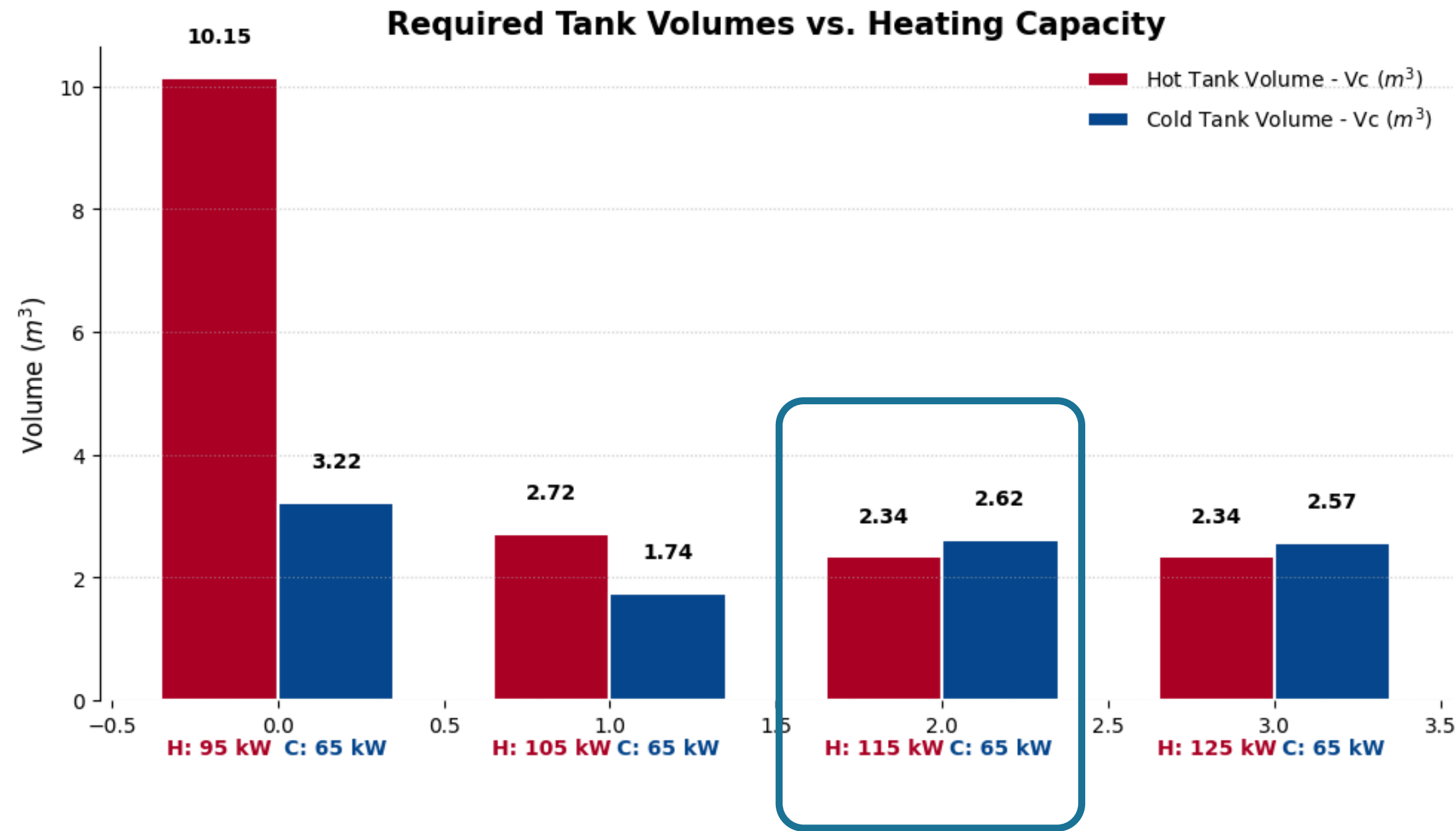
65 kW: 3.63 m³

Scenario B: With UFH - Sensitivity Analysis



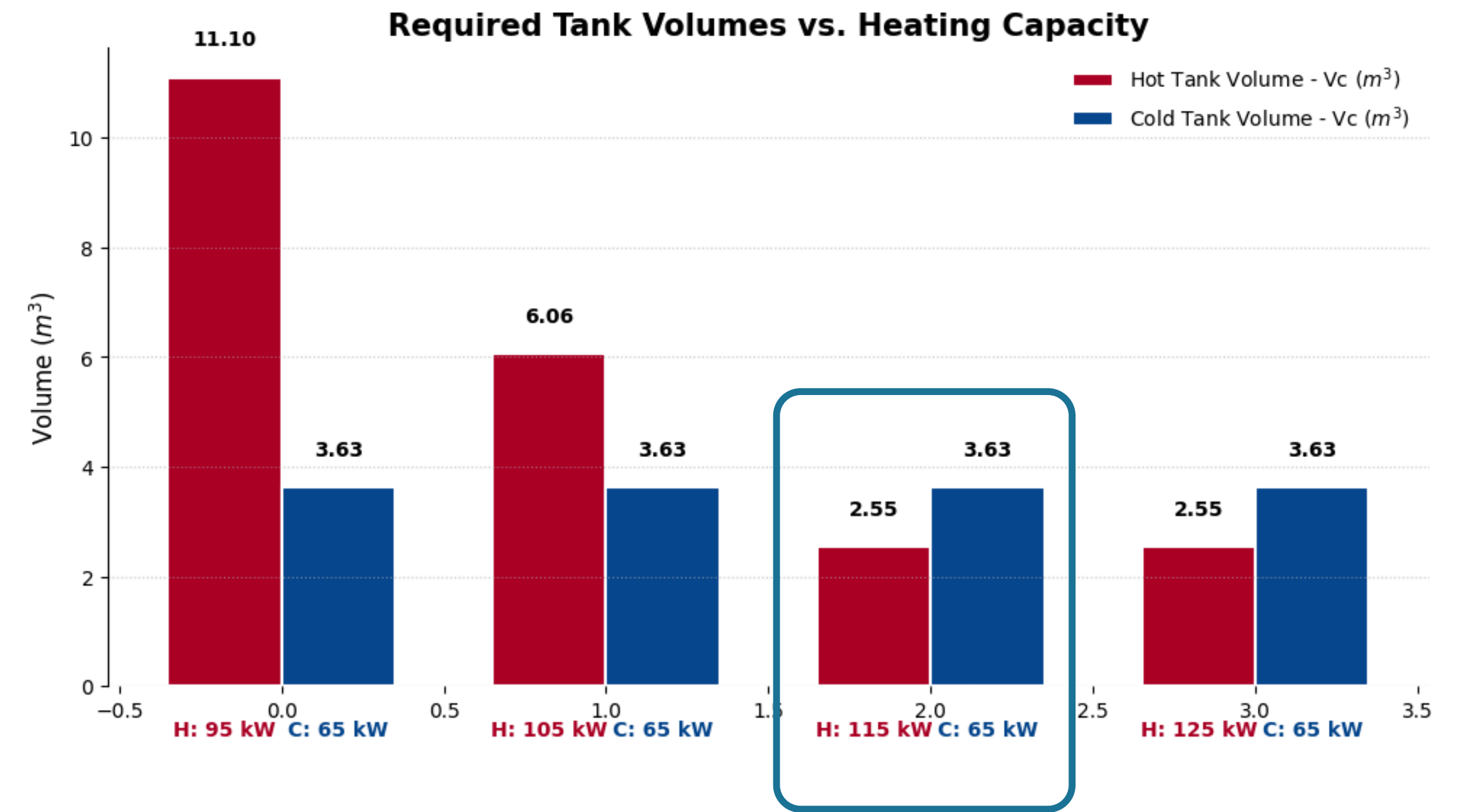
Fixed UFH schedule

Dynamic UFH schedule



115 kW: 2.34 m³

65 kW: 2.62 m³

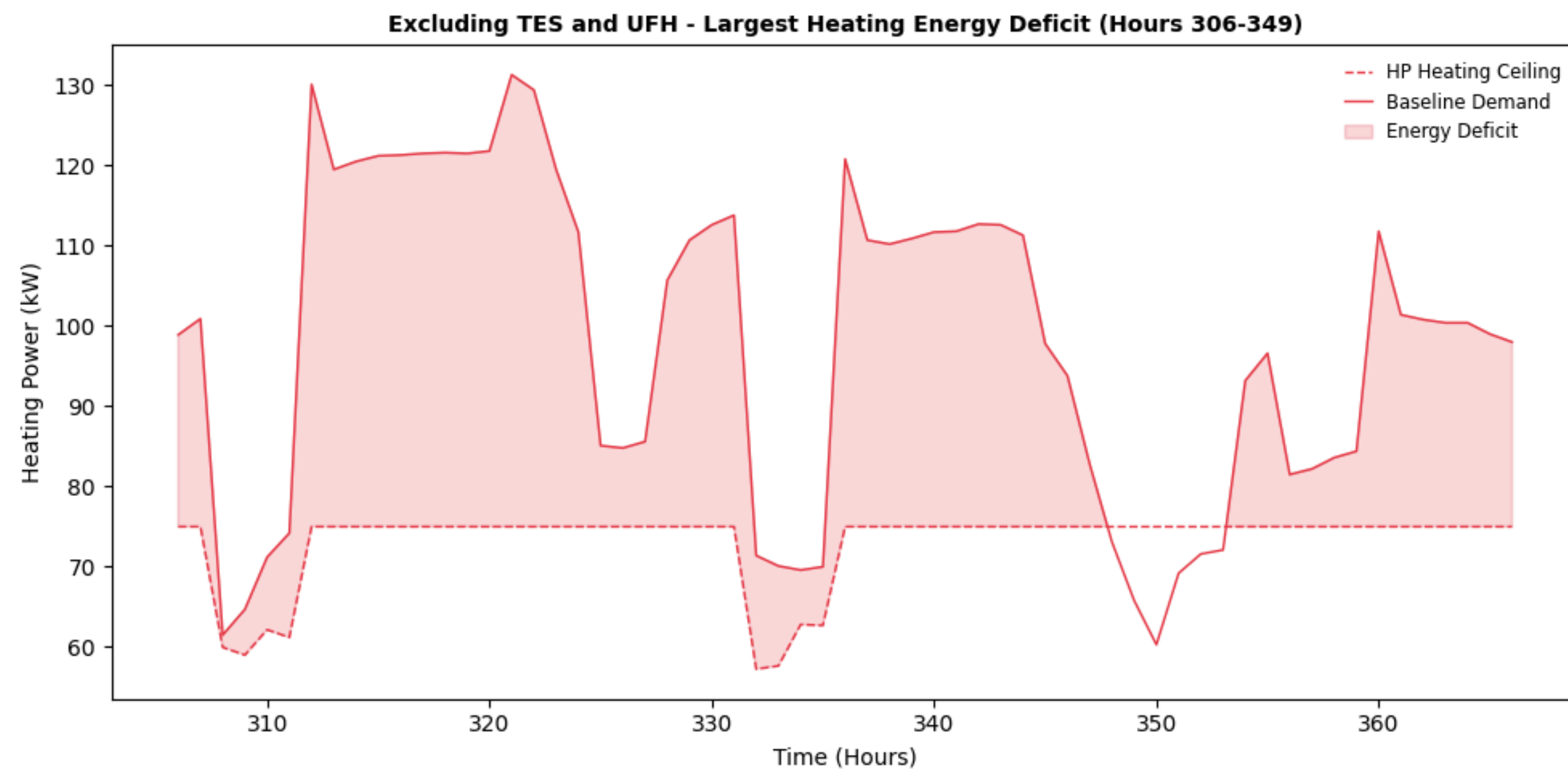


115 kW: 2.55 m³

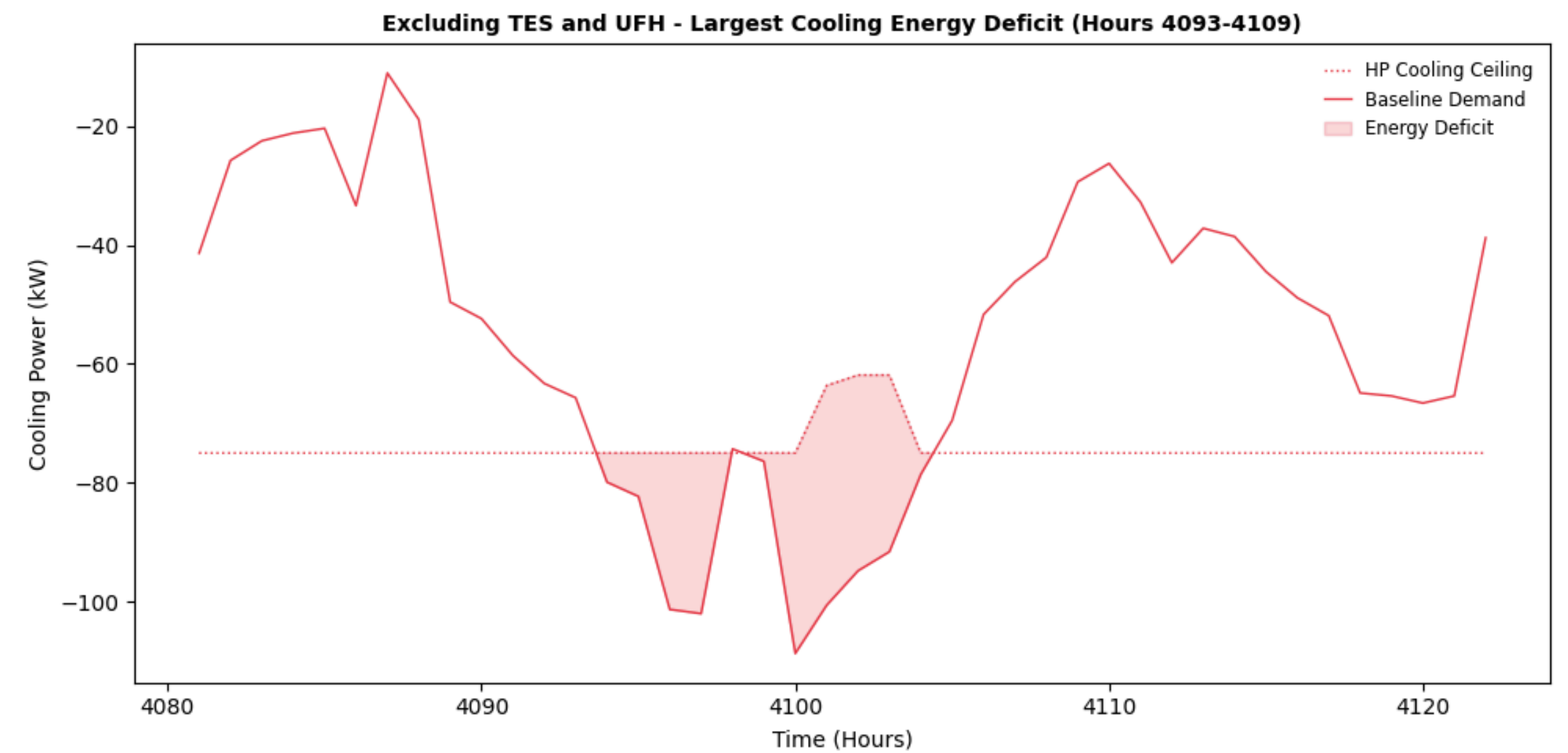
65 kW: 3.63 m³

Initial situation: no UFH/TES + 2× 75 kW HPs

Winter Largest Energy Deficit

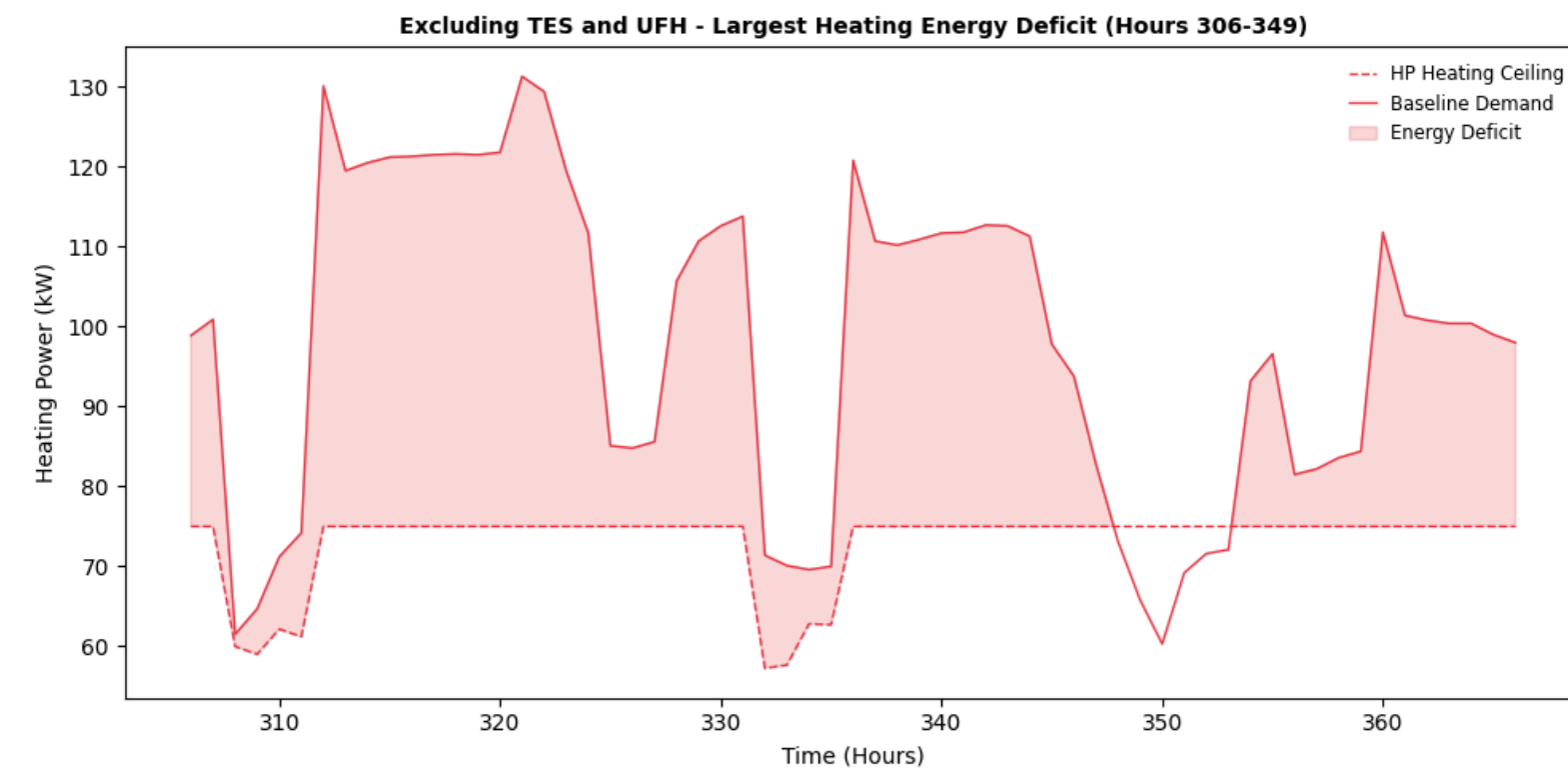


Summer Largest Energy Deficit

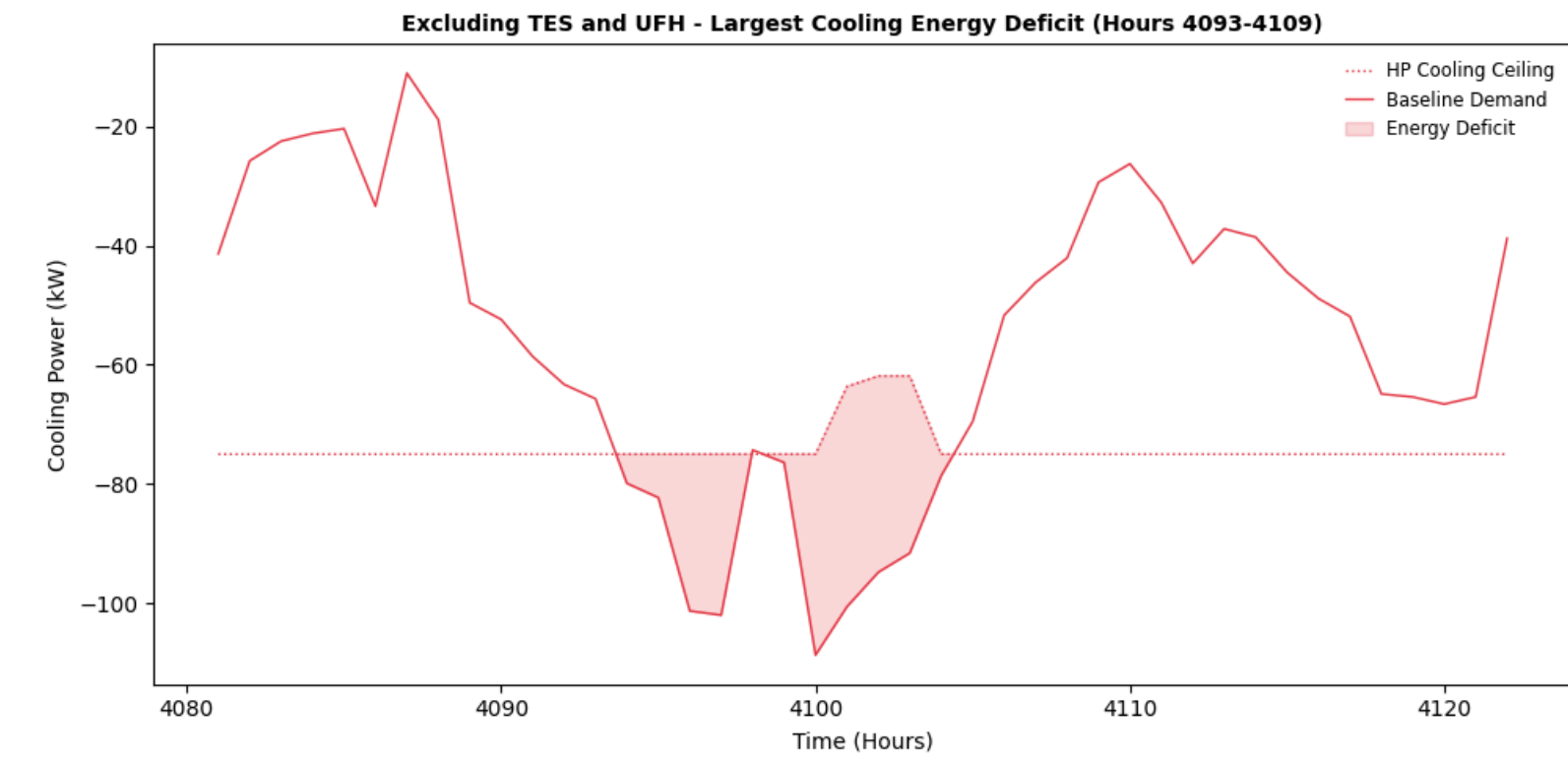


Initial situation: no UFH/TES + 2x 75 kW HPs

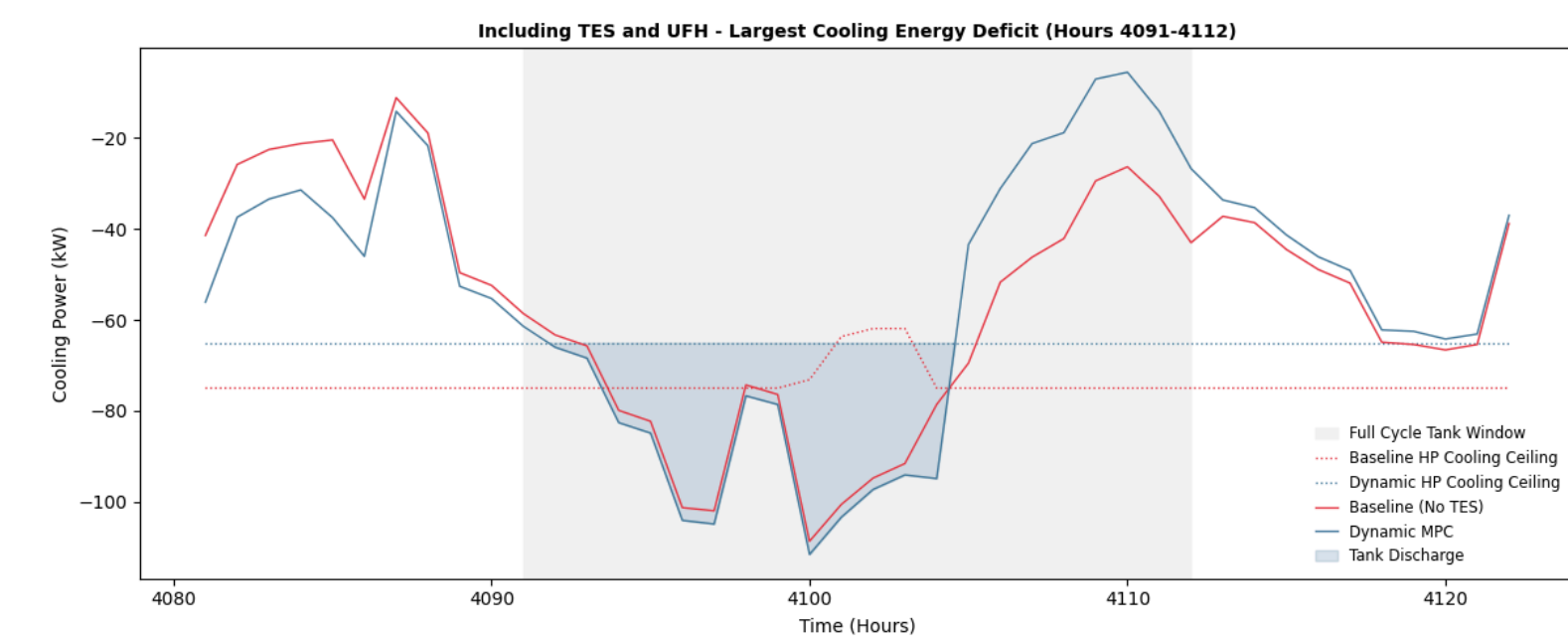
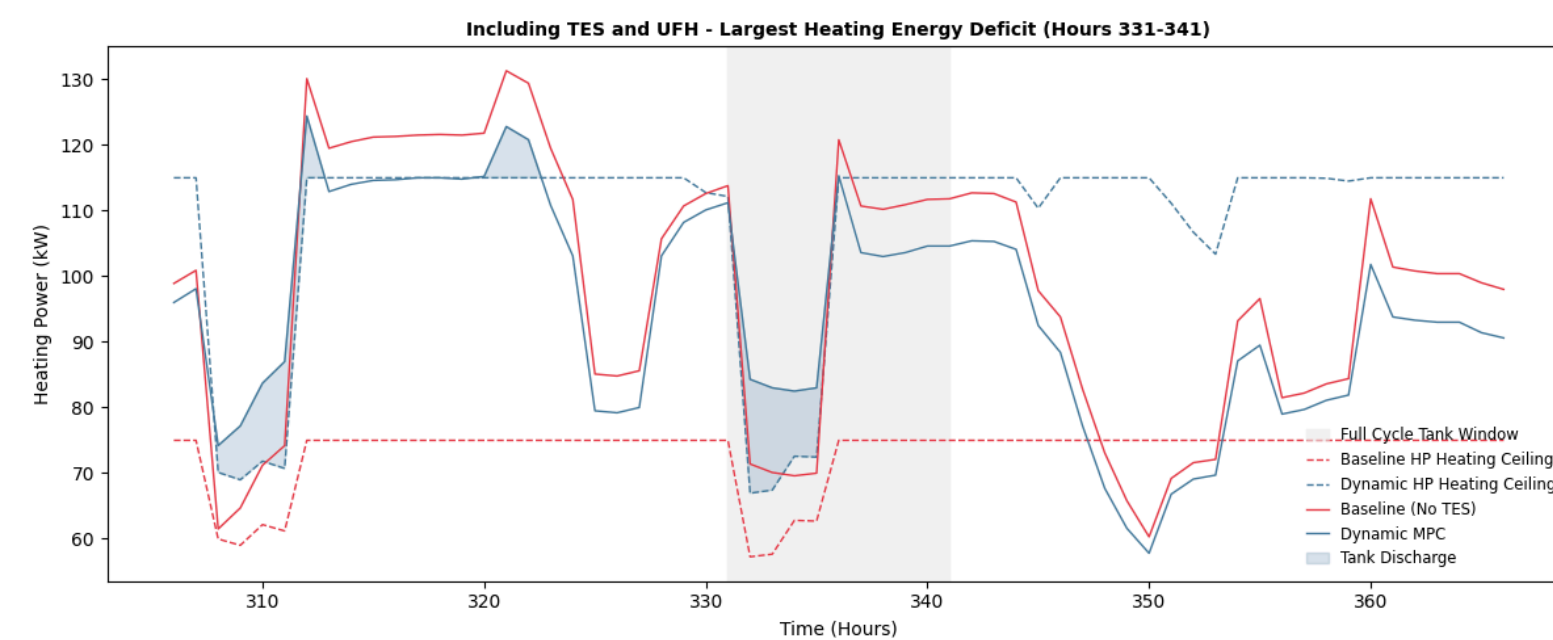
Winter Largest Energy Deficit



Summer Largest Energy Deficit



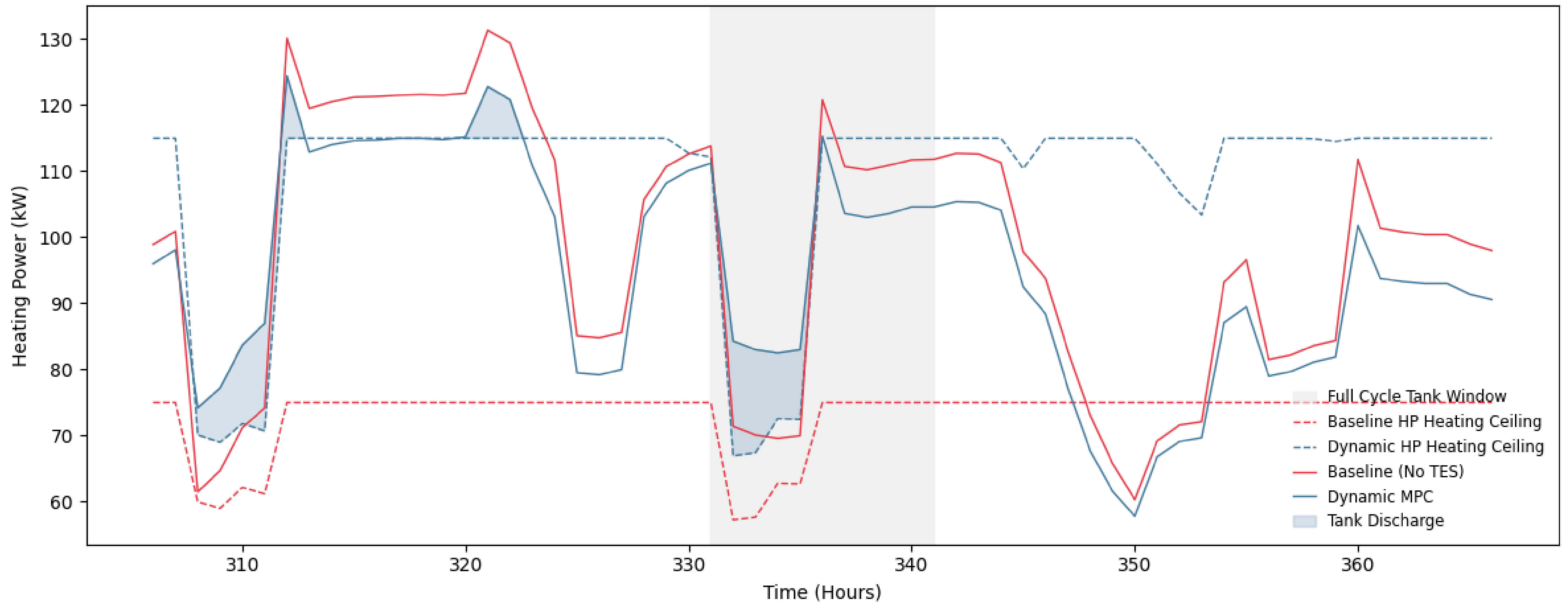
New situation: Applied Framework



Final verdict: Effect of TES + dynamic UFH + Control Strategy

Heating Largest Energy Deficit

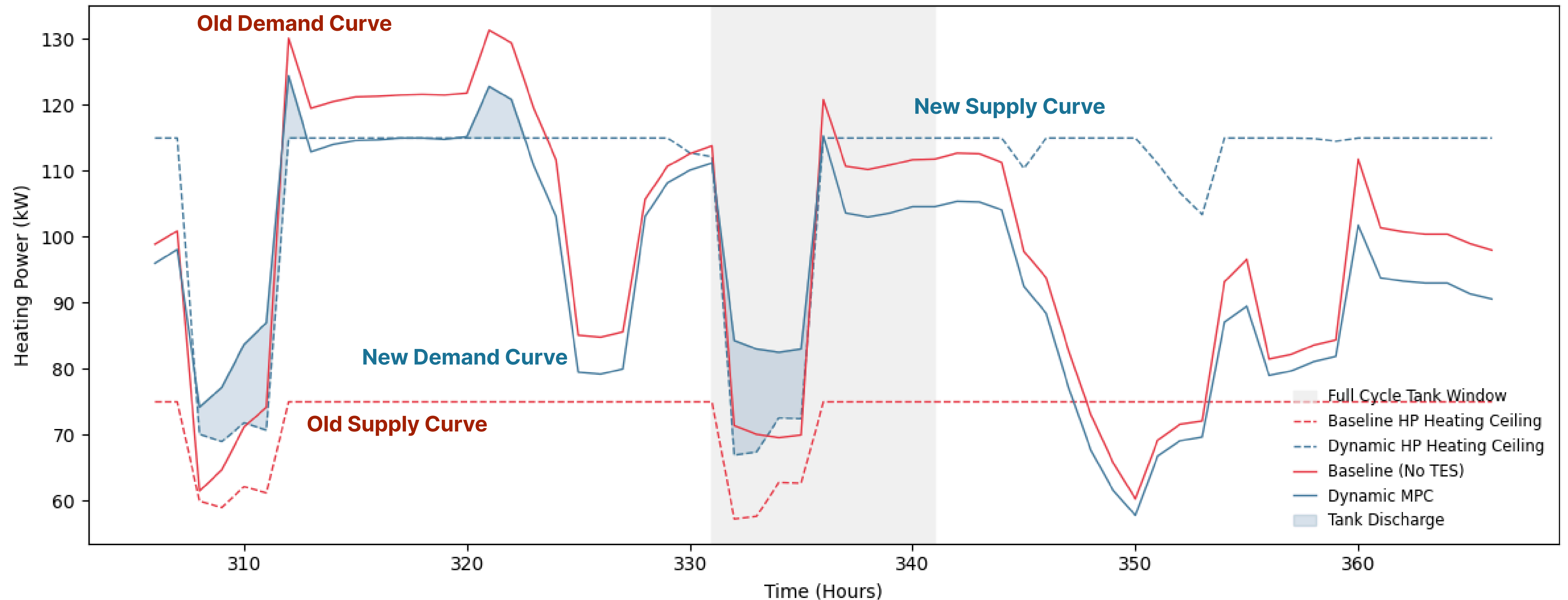
Including TES and UFH - Largest Heating Energy Deficit (Hours 331-341)



Final verdict: Effect of TES + dynamic UFH + Control Strategy

Heating Largest Energy Deficit

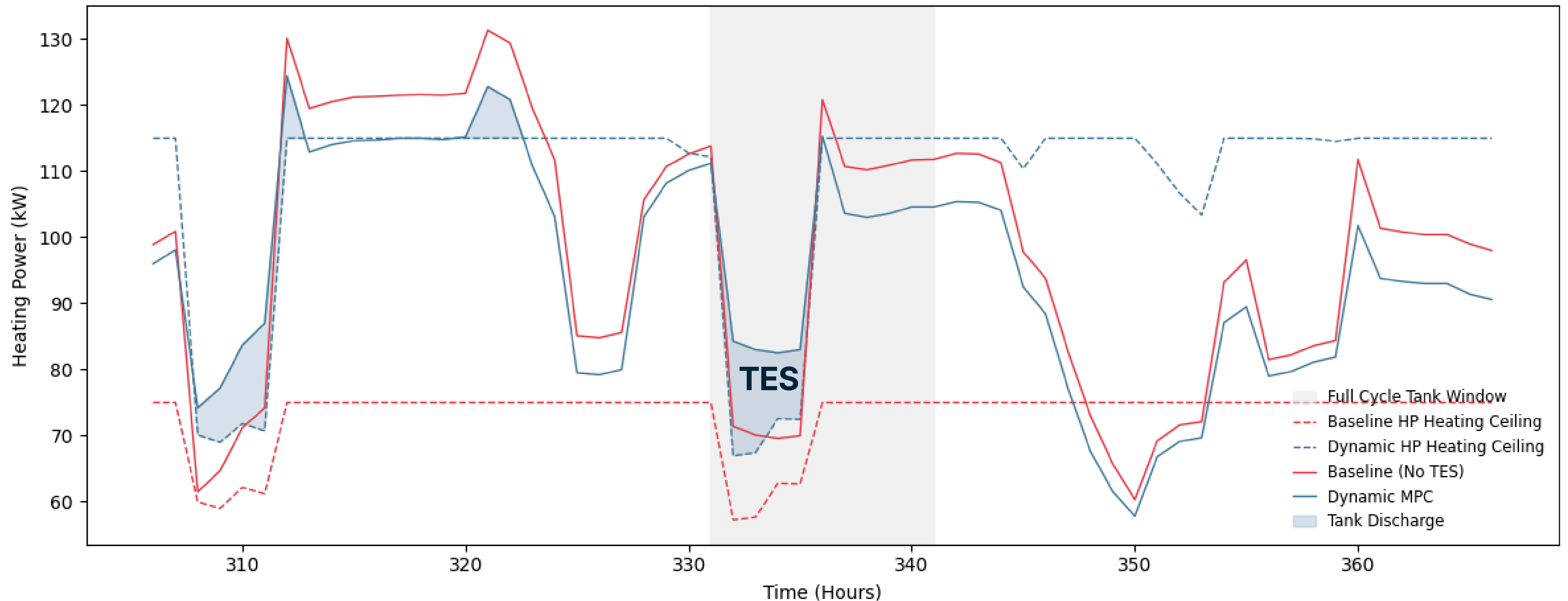
Including TES and UFH - Largest Heating Energy Deficit (Hours 331-341)



Final verdict: Effect of TES + dynamic UFH + Control Strategy

Heating Largest Energy Deficit

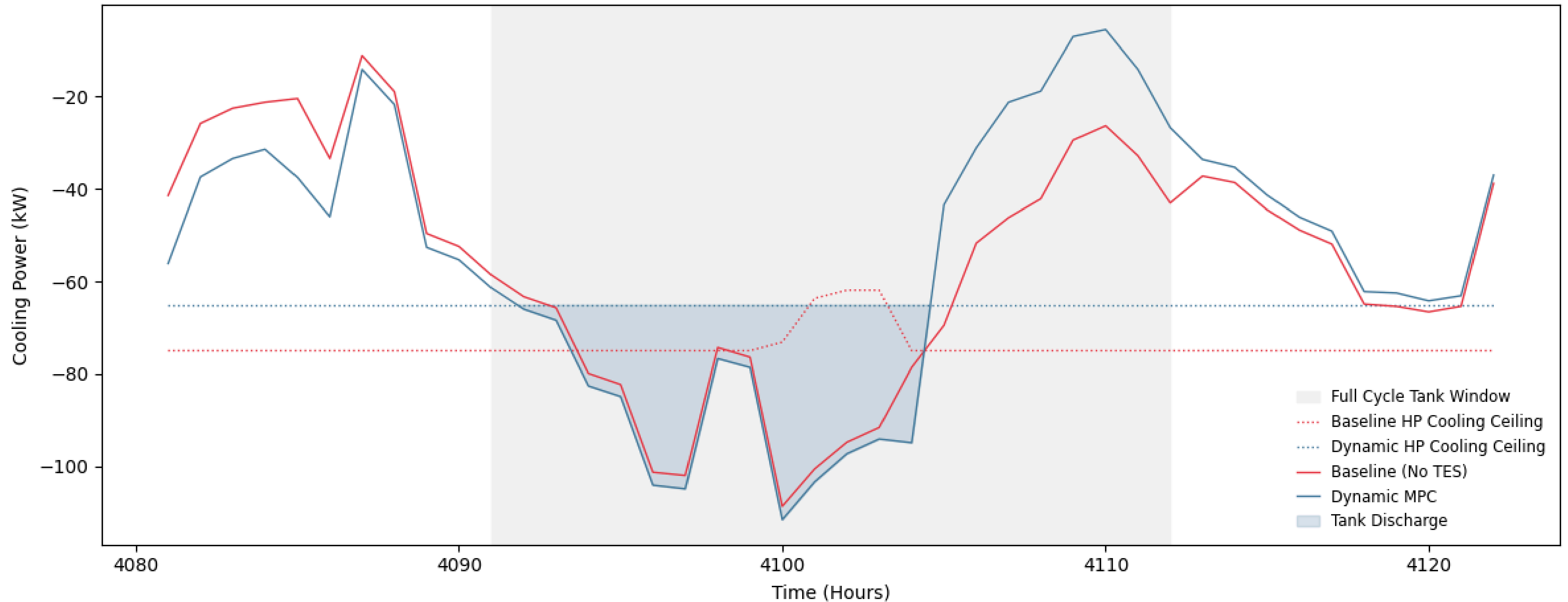
Including TES and UFH - Largest Heating Energy Deficit (Hours 331-341)



Final verdict: Effect of TES + dynamic UFH + Control Strategy

Cooling Largest Energy Deficit

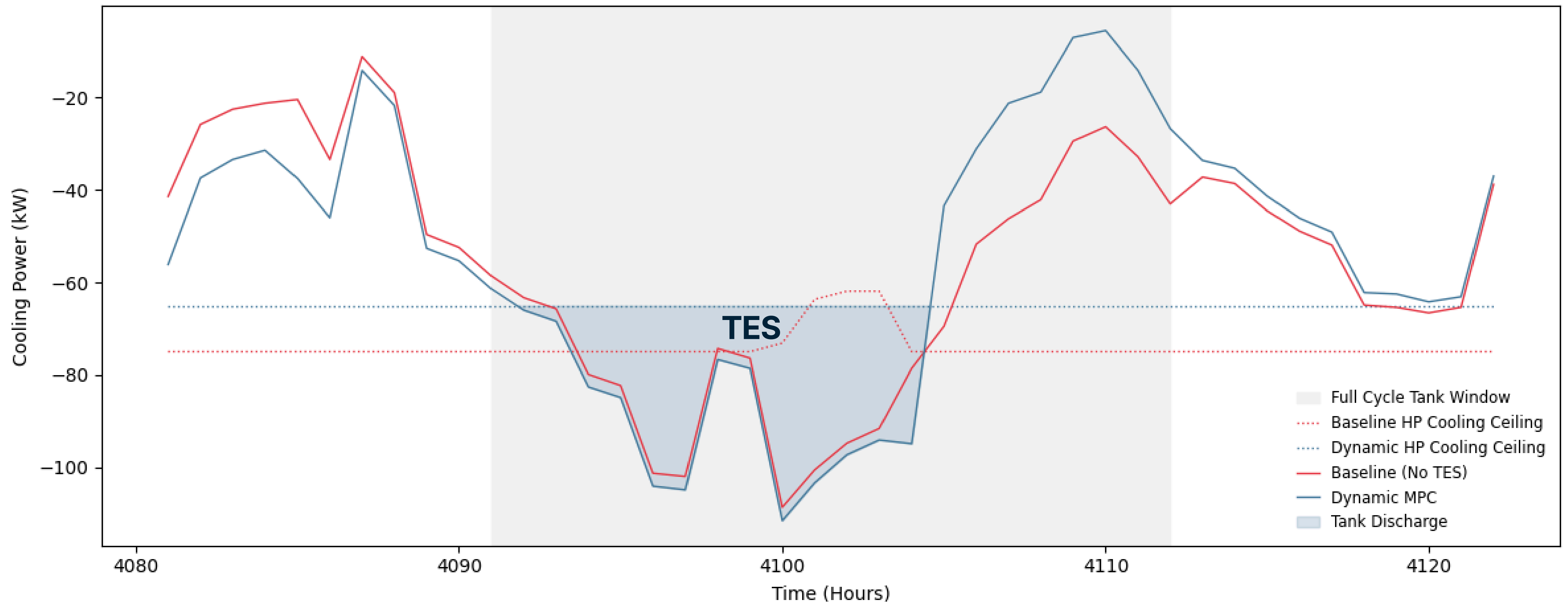
Including TES and UFH - Largest Cooling Energy Deficit (Hours 4091-4112)



Final verdict: Effect of TES + dynamic UFH + Control Strategy

Cooling Largest Energy Deficit

Including TES and UFH - Largest Cooling Energy Deficit (Hours 4091-4112)



Discussion & Conclusions

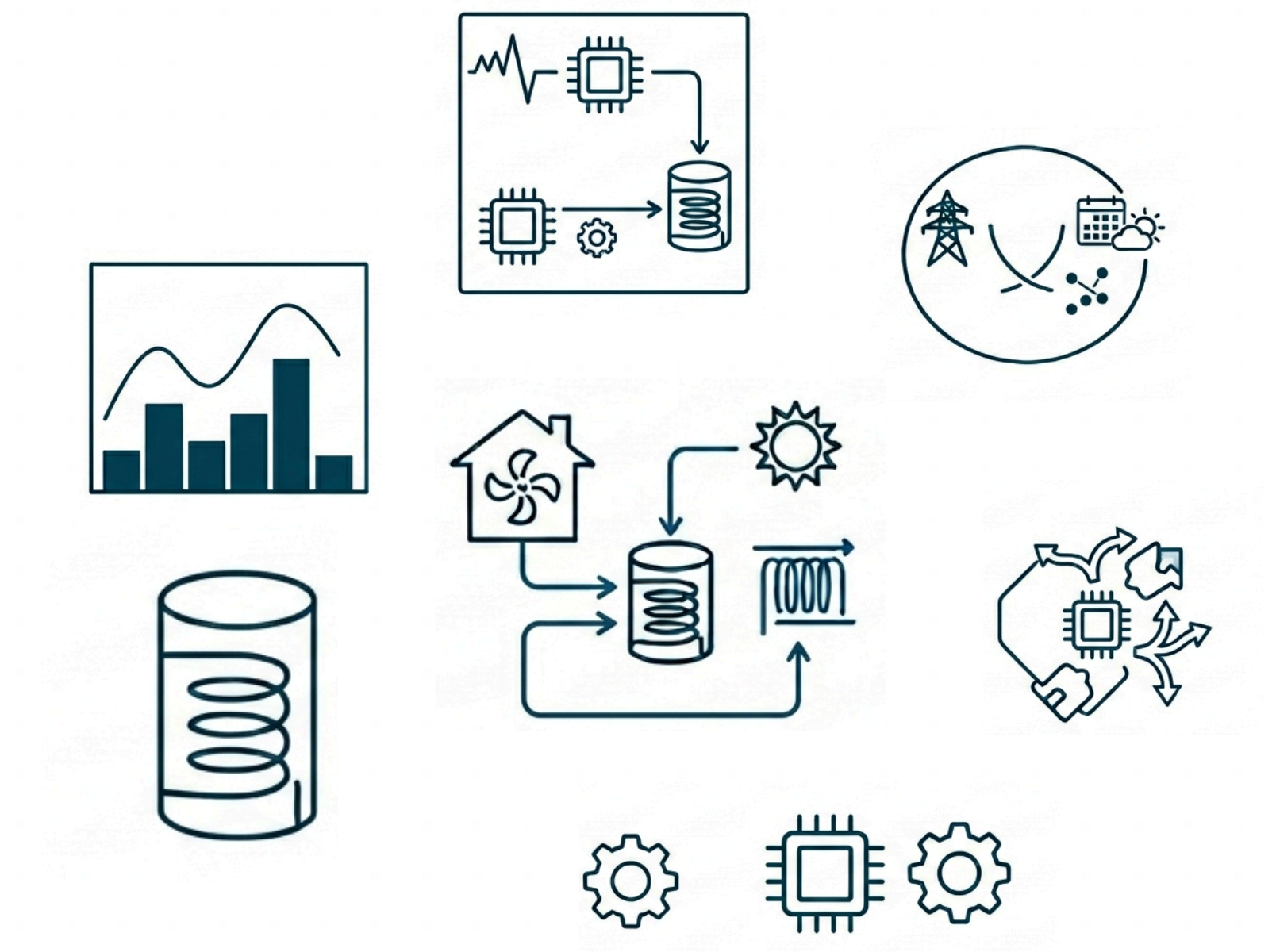
How can a design-to-operation framework facilitate the co-optimization of Thermal Energy Storage (TES) capacity and control strategies to enhance load-shifting potential while guaranteeing occupant thermal comfort in buildings?

Discussion & Conclusions

How can a design-to-operation framework facilitate the co-optimization of Thermal Energy Storage (TES) capacity and control strategies to enhance load-shifting potential while guaranteeing occupant thermal comfort in buildings?

Through:

- **Matching load profiles** to TES technologies
- **Compatible TES integration** with climate system and heat source
- **Systemic buffering** with control strategies (passive & active TES)
- **Constraint-aware** design (grid, climate datasets, system mechanics)
- **Flexibility** and adaptability



Discussion & Conclusions

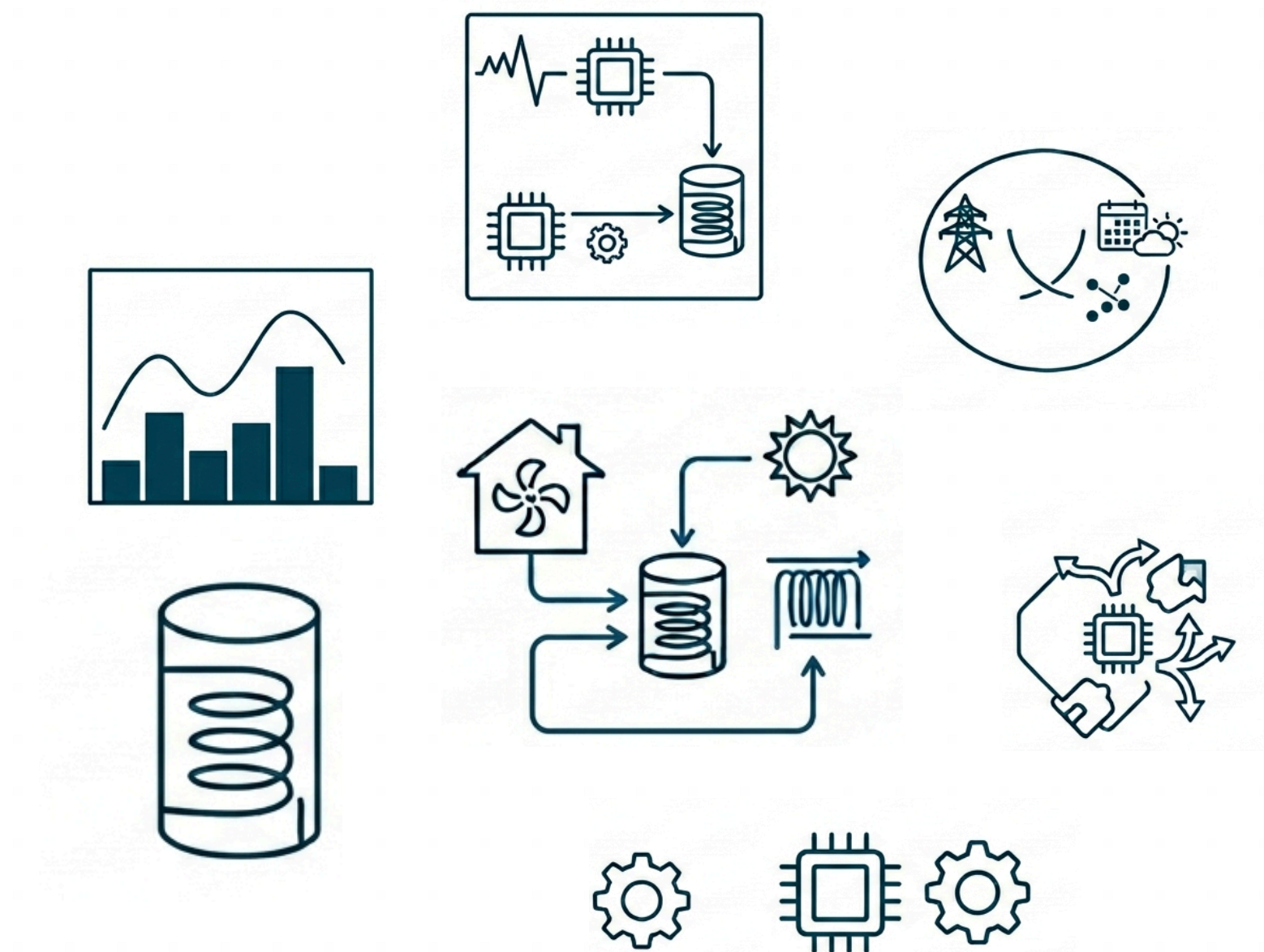
How can a design-to-operation framework facilitate the co-optimization of Thermal Energy Storage (TES) capacity and control strategies to enhance load-shifting potential while guaranteeing occupant thermal comfort in buildings?

Through:

- Matching **load profiles** to TES technologies
- **Compatible TES integration** with climate system and heat source
- **Systemic buffering** with control strategies (passive & active TES)
- **Constraint-aware** design (grid, climate datasets, system mechanics)
- **Flexibility** and adaptability

However:

- TES systems remain **context-specific**



► **Nieuwbouw en uitbreiding op de tocht**

Duizenden bedrijven wachten op stroom

Het bedrijfsleven komt in de knel door de tekorten op het energienetwerk. Op veel bedrijventerreinen moet de stekker uit nieuwe aanvragen worden getrokken.

Dennis Naaktgeboren

Utrecht

Uit onderzoek van NVM Business en databedrijf Brainbay blijkt dat ruim de helft van de bedrijventerreinen aan zijn plafond zit wat de afname van elektriciteit betreft. Drie op de tien locaties hebben geen extra stroom beschikbaar.

De wachtlijst voor nieuwe aansluitingen wordt alsmaar langer. In februari stonden er 9400 aanvragen in de wacht. In juli vorig jaar waren dat er nog 6000. Bedrijven moeten in sommige regio's tot zes of zeven jaar wachten op een aansluiting.

„Dit heeft tot gevolg dat vooral het midden- en kleinbedrijf dreigt vast te lopen”, zegt Irene Flotman, voorzitter van NVM Business. „Dat belemmert het lokale bedrijfsleven en de nationale economie én verzwakt de concurrentiepositie van Nederland.”

Slechts 5 procent van de bedrijventerreinen heeft nog voldoende mogelijkheden om stroom bij bedrijven te krijgen. Daardoor komen uitbreidingsplannen van bedrijven en nieuwbouwprojecten op de tocht te staan. De problemen zijn het grootst in Noord-Brabant, Gelderland en Limburg, waar op meer dan 90 procent van de terreinen geen nieuwe elektriciteitscapaciteit beschikbaar is. Alleen in delen van Zuid-Holland, Friesland en Flevoland is er nog enige beschikbaarheid van stroom.

Ook het gebrek aan locaties begint bedrijven op te breken. In vrijwel heel Nederland melden

NVM-makelaars dat er onvoldoende aanbod is voor ondernemers die een pand zoeken. Doordat een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk niet langer gegarandeerd is, worden bedrijven ook terughoudender met investeringen in nieuwe panden.

Plan uit Den Haag

De NVM roept het nieuwe kabinet op met een plan te komen. De makelaarsvereniging waarschuwt dat de aandacht niet alleen maar naar de woningbouw moet gaan. Bedrijventerreinen zijn verantwoordelijk voor ongeveer 50 procent van het totale gasverbruik en gebruiken 30 procent van de elektriciteit in Nederland.

Voorzitter van MKB-Nederland Jacco Vonhof ziet dat ook duizenden bedrijven worden beperkt in hun energietransitie en hun duurzame groei. „Dit moet met voorrang worden opgelost.” ► P15

► Nieuwbouw en uitbreiding op de tocht

Geen bedrijven wachten op stroom

Het bedrijfsleven komt in de knel door de tekorten op het energienetwerk. Op veel bedrijventerreinen moet de stekker uit nieuwe aanvragen worden getrokken.

Dennis Naaktgeboren

Utrecht

Uit onderzoek van NVM Business en databedrijf Brainbay blijkt dat ruim de helft van de bedrijventerreinen aan zijn plafond zit wat de afname van elektriciteit betreft. Drie op de tien locaties hebben geen extra stroom beschikbaar.

De wachtlijst voor nieuwe aansluitingen wordt alsmaar langer. In februari stonden er 9400 aanvragen in de wacht. In juli vorig jaar waren dat er nog 6000. Bedrijven moeten in sommige regio's tot zes of zeven jaar wachten op een aansluiting.

„Dit heeft tot gevolg dat vooral het midden- en kleinbedrijf dreigt vast te lopen”, zegt Irene Flotman, voorzitter van NVM Business. „Dat belemmert het lokale bedrijfsleven en de nationale economie én verzwakt de concurrentiepositie van Nederland.”

Slechts 5 procent van de bedrijventerreinen heeft nog voldoende mogelijkheden om stroom bij bedrijven te krijgen. Daardoor komen uitbreidingsplannen van bedrijven en nieuwbouwprojecten op de tocht te staan. De problemen zijn het grootst in Noord-Brabant, Gelderland en Limburg, waar op meer dan 90 procent van de terreinen geen nieuwe elektriciteitscapaciteit beschikbaar is. Alleen in delen van Zuid-Holland, Friesland en Flevoland is er nog enige beschikbaarheid van stroom.

Ook het gebrek aan locaties begint bedrijven op te breken. In vrijwel heel Nederland melden

NVM-makelaars dat er onvoldoende aanbod is voor ondernemers die een pand zoeken. Doordat een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk niet langer gegarandeerd is, worden bedrijven ook terughoudender met investeringen in nieuwe panden.

Plan uit Den Haag

De NVM roept het nieuwe kabinet op met een plan te komen. De makelaarsvereniging waarschuwt dat de aandacht niet alleen maar naar de woningbouw moet gaan. Bedrijventerreinen zijn verantwoordelijk voor ongeveer 50 procent van het totale gasverbruik en gebruiken 30 procent van de elektriciteit in Nederland.

Voorzitter van MKB-Nederland Jacco Vonhof ziet dat ook duizenden bedrijven worden beperkt in hun energietransitie en hun duurzame groei. „Dit moet met voorrang worden opgelost.” ► P15

► Nieuwbouw en uitbreiding op de tocht

Geen bedrijven wachten op stroom

Het bedrijfsleven komt in de knel door de tekorten op het energienetwerk. Op veel bedrijventerreinen moet de stekker uit nieuwe aanvragen worden getrokken.

Dennis Naaktgeboren
Utrecht

Uit onderzoek van NVM Business en databedrijf Brainbay blijkt dat ruim de helft van de bedrijventerreinen aan zijn plafond zit wat de afname van elektriciteit betreft. Drie op de tien locaties hebben geen extra stroom beschikbaar.

De wachtlijst voor nieuwe aansluitingen wordt alsmaar langer. In februari stonden er 9400 aanvragen in de wacht. In juli vorig jaar waren dat er nog 6000. Bedrijven moeten in sommige regio's tot zes of zeven jaar wachten op een aansluiting.

„Dit heeft tot gevolg dat vooral het midden- en kleinbedrijf dreigt vast te lopen”, zegt Irene Flotman, voorzitter van NVM Business. „Dat belemmert het lokale bedrijfsleven en de nationale economie. Het valt de concurrentie in Nederland niet mee.”

THE END

Slechts 5 procent van de bedrijventerreinen heeft nog voldoende mogelijkheden om stroom bij bedrijven te krijgen. Daardoor komen uitbreidingsplannen van bedrijven en nieuwbouwprojecten op de tocht te staan. De problemen zijn het grootst in Noord-Brabant, Gelderland en Limburg, waar op meer dan 90 procent van de terreinen geen nieuwe elektriciteitscapaciteit beschikbaar is. Alleen in delen van Zuid-Holland, Friesland en Flevoland is er nog enige beschikbaarheid van stroom.

Ook het gebrek aan locaties begint bedrijven op te breken. In vrijwel heel Nederland melden

NVM-makelaars dat er onvoldoende aanbod is voor ondernemers die een pand zoeken. Doordat een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk niet langer gegarandeerd is, worden bedrijven ook terughoudender met investeringen in nieuwe panden.

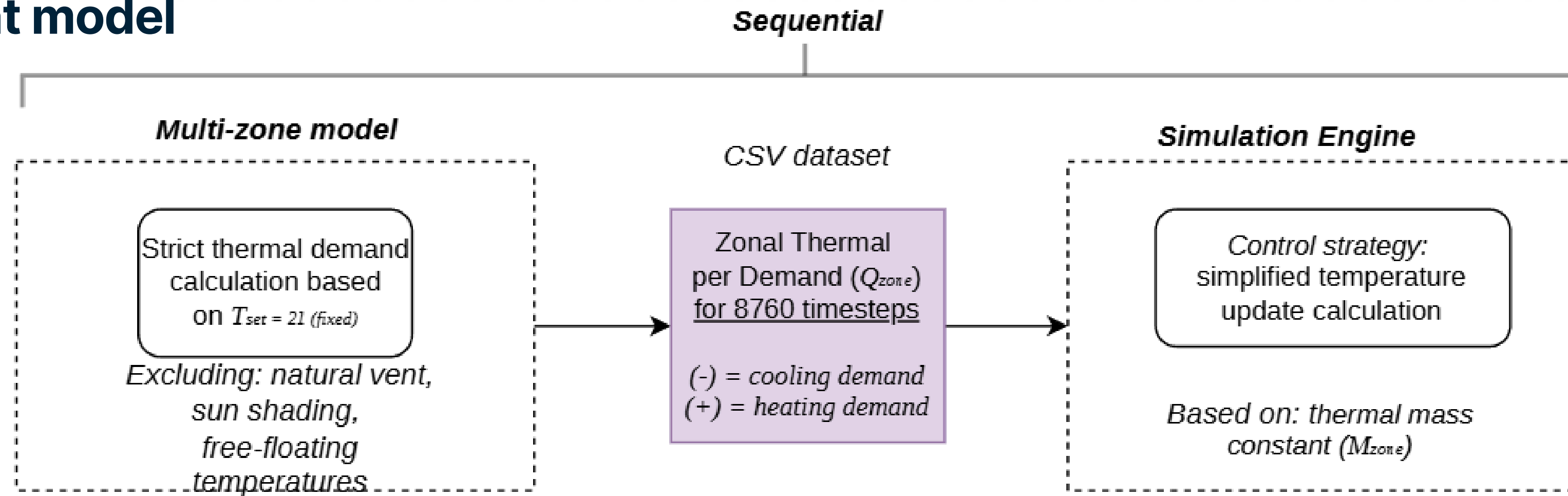
Plan uit Den Haag

De NVM roept het nieuwe kabinet op met een plan te komen. De makelaarsvereniging waarschuwt dat de aandacht niet alleen maar naar de woningbouw moet gaan. Bedrijventerreinen zijn verantwoordelijk voor ongeveer 50 procent van het totale gasverbruik en gebruiken 30 procent van de elektriciteit in Nederland.

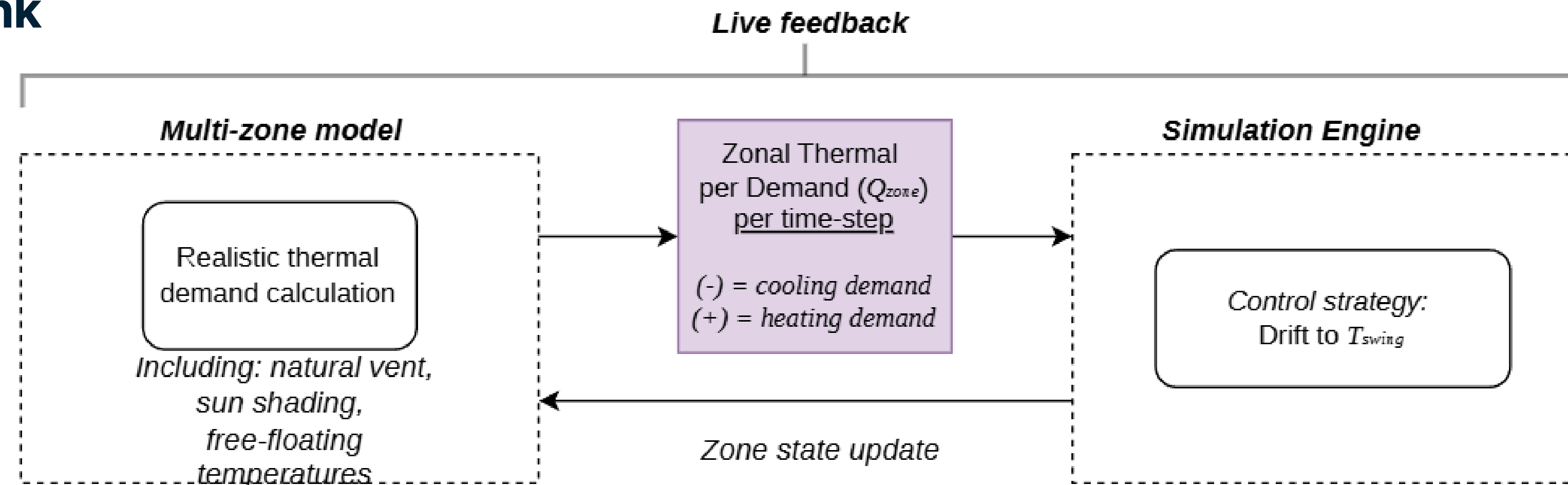
Voorzitter van MKB-Nederland Jacco Vonhof ziet dat ook duizenden bedrijven worden beperkt in hun energietransitie en hun duurzame groei. „Dit moet met voorrang worden opgelost.” ► P15

Main Recommendation

Current model

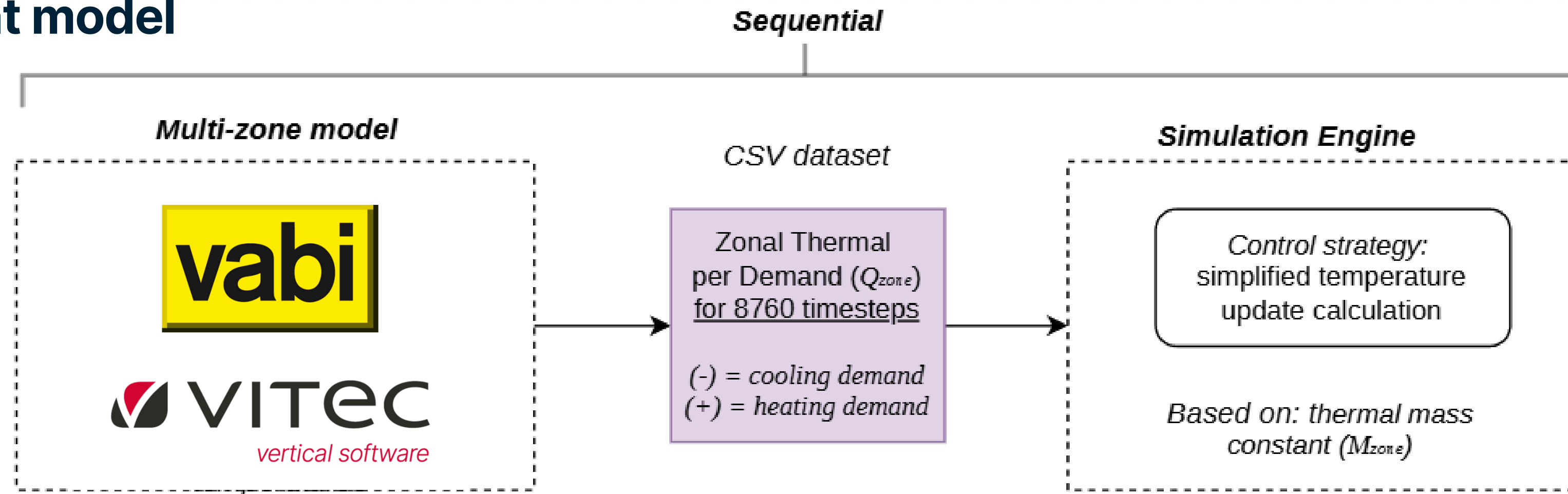


Live-link

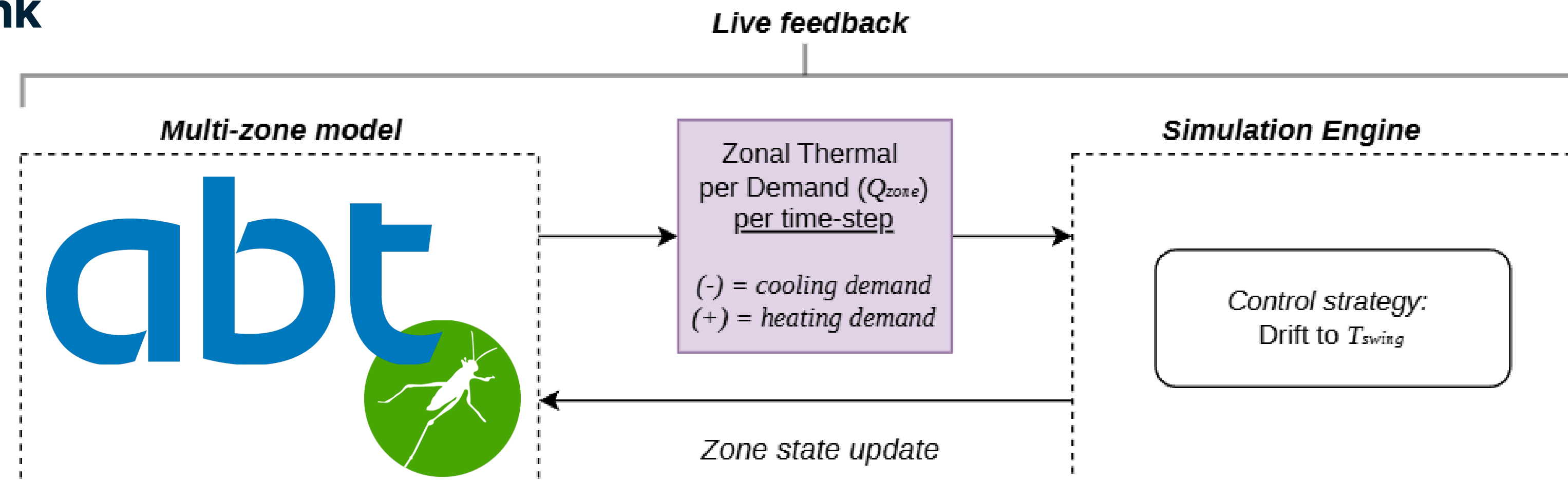


Main Recommendation

Current model



Live-link



Optimisation Recommendation

```
# Shared Building Settings
COMFORT = {
  'T_start': [21.0, 22.0, 21.0, 21.0, 21.0],
  'T_set':   [21.0, 22.0, 21.0, 21.0, 21.0],
  'T_swing': [2.0, 0.0, 2.0, 2.0, 2.0]
}

# Heat Pump Hardware Capacities (kW)
HP_CAPACITY = {
  'heating': 95.0,
  'cooling': 75.0,
  'min_mod_kva': 1.5
}

# Thermal Energy Storage (TES) Strategy Settings
TES_STRATEGY = {
  'heating': {
    'reheat_strat': "proportional",
    'reheat_prio': [1, 2, 3, 4, 5],
    'dis_strat': "proportional",
    'dis_prio': [1, 2, 3, 4, 5],
    'tes_first': [False] * 5,
    'delta_t': 10.0,
    'manual_kwh': None
  },
  'cooling': {
    'reheat_strat': "proportional",
    'reheat_prio': [1, 2, 3, 4, 5],
    'dis_strat': "proportional",
    'dis_prio': [1, 2, 3, 4, 5],
    'tes_first': [False] * 5,
    'delta_t': 8.0,
    'manual_kwh': None
  }
}

# Physical & System Constants
CONSTANTS = {
  's': 1.2,
  'rho': 1000,
  'cp': 4.18,
  'eta_str': 0.95,
  'dead_zone': 0.20,
  'drift_rate': 0.0001,
  'utilization_factor': 1.2
}

# Grid & Distribution Control
GRID_CONTROL = {
  'split_mode': 'proportional',
  'heating_share': 0.5,
  'show_flow_rates': True
}
```

Optimisation Recommendation

```
# Shared Building Settings
COMFORT = {
  'T_start': [21.0, 22.0, 21.0, 21.0, 21.0],
  'T_set': [21.0, 22.0, 21.0, 21.0, 21.0],
  'T_swing': [2.0, 0.0, 2.0, 2.0, 2.0]
}

# Heat Pump Hardware Capacities (kW)
HP_CAPACITY = {
  'heating': 95.0,
  'cooling': 75.0,
  'min_mod_kva': 1.5
}

# Thermal Energy Storage (TES) Strategy Settings
TES_STRATEGY = {
  'heating': {
    'reheat_strat': "proportional",
    'reheat_prio': [1, 2, 3, 4, 5],
    'dis_strat': "proportional",
    'dis_prio': [1, 2, 3, 4, 5],
    'tes_first': [False] * 5,
    'delta_t': 10.0,
    'manual_kwh': None
  },
  'cooling': {
    'reheat_strat': "proportional",
    'reheat_prio': [1, 2, 3, 4, 5],
    'dis_strat': "proportional",
    'dis_prio': [1, 2, 3, 4, 5],
    'tes_first': [False] * 5,
    'delta_t': 8.0,
    'manual_kwh': None
  }
}

# Physical & System Constants
CONSTANTS = {
  's': 1.2,
  'rho': 1000,
  'cp': 4.18,
  'eta_str': 0.95,
  'dead_zone': 0.20,
  'drift_rate': 0.0001,
  'utilization_factor': 1.2
}

# Grid & Distribution Control
GRID_CONTROL = {
  'split_mode': 'proportional',
  'heating_share': 0.5,
  'show_flow_rates': True
}
```

- Unique Variations for One Strategy + Priority pair:

$$1_{\text{Proportional}} + 120_{\text{Sequential}} = \mathbf{121}$$

- Unique Operational States per Tank:

$$121_{\text{Recharge}} \times 121_{\text{Discharge}} \times 32_{\text{TES_FIRST}} = \mathbf{468,512}$$

- Grand Total Unique Simulation Outcomes:

$$468,512 \times 468,512 \times 1_{\text{Proportional Grid Split}} = \mathbf{219,503,494,144}$$