MOE | BuildingDesign

BIM Tools

BIM som platform for automatisering
af energi- og indeklimasimulering

Steffen Maagaard

Hvem er jeg…?

Steffen E. Maagaard
Koncernkompetencechef
Energi & Indeklima
Civilingeniør, M.Sc.
Mobil: 25 40 01 90
Mail: sem@moe.dk
dk.linkedin.com/in/steffenmaagaard

Bygningsingeniør, B.Sc., m. speciale i installationsteknik
Ingeniørhøjskolen i Århus 2006

Civilingeniør, M.Sc., Indeklima og Energi
Aalborg Universitet 2008

Koncernkompetencechef Energidesign & Indeklima
MOE Rådgivende Ingeniører A/S

Ekstern Lektor
Aarhus Universitet

DGNB Auditor
DK-GBC 2012, udvikling af DGNB i LCC-teknikgruppe

Passivhus designer
Gennemført 3 certificeringer

MOE A/S

800+ medarbejdere

100+ ejere

85+ års erfaring

6 kontorer i Danmark

1 datterselskab i Norge

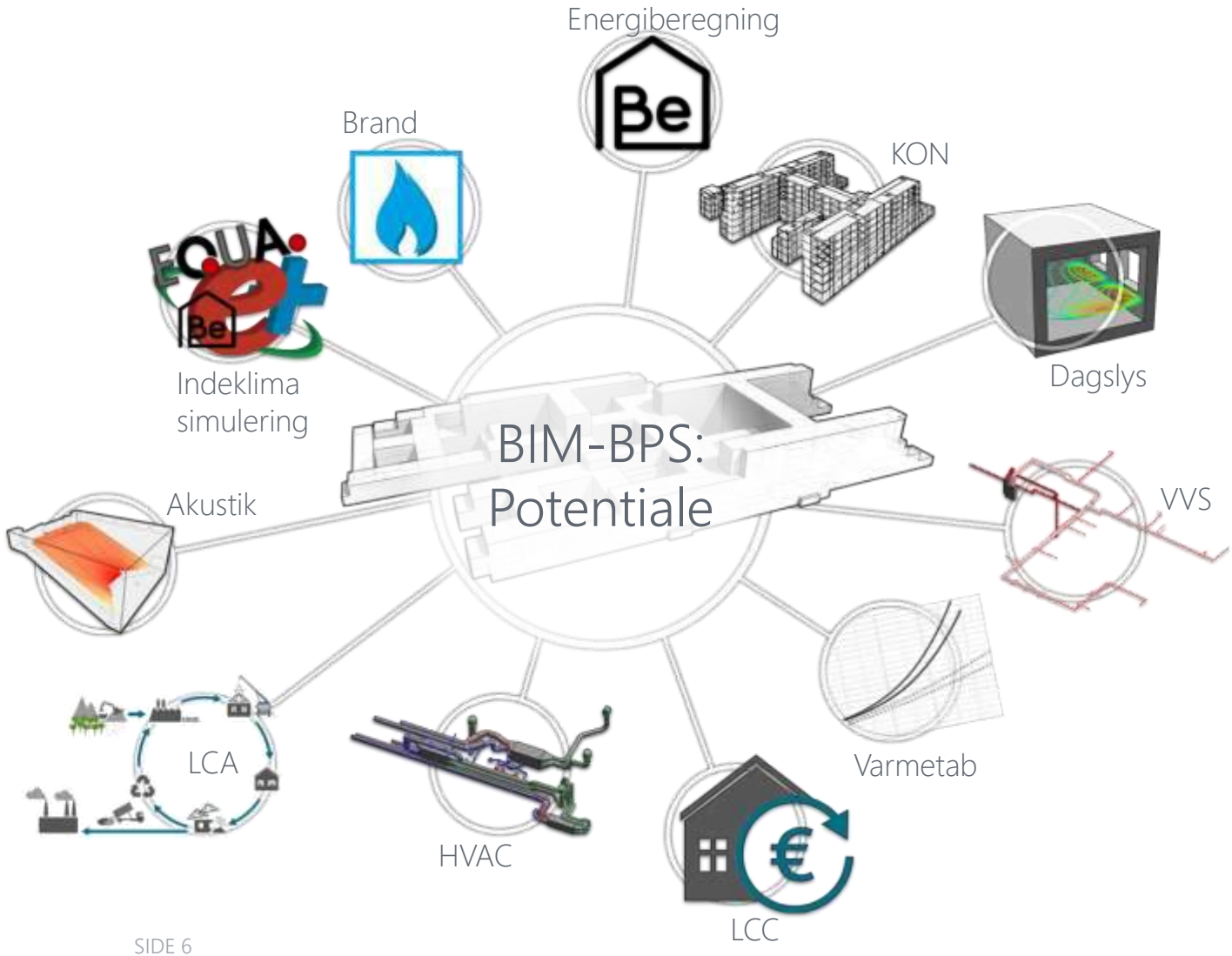
1 datterselskab i Manila

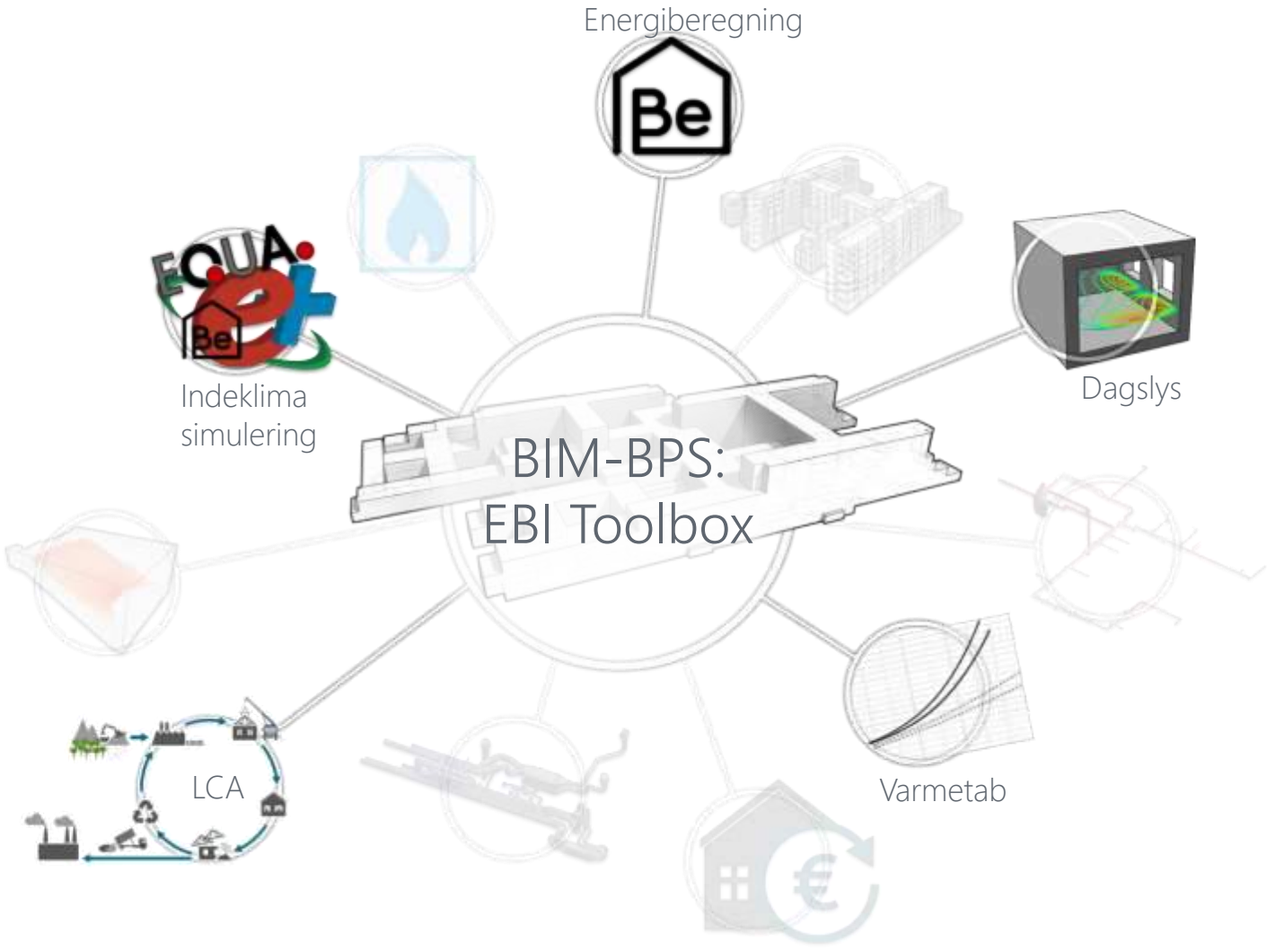
MOE | BuildingDesign

FORSKNING OG UDVIKLING AF NYE VÆRKTØJER DER GIVER BEDRE BESLUTNINGER I DEN TIDLIGE DESIGNFASE

BIM i projekteringen

- på den intelligente måde


Energiberegning
Brand
KON
Indeklima
simulering
Dagslys
BIM-BPS:
Potentiale
Akustik
VVS
LCA
HVAC
Varmetab
LCC


Energiberegning
Indeklima simulering
Dagslys
BIM-BPS:
EBI Toolbox
LCA
Varmetab

Tilgang til udvikling

- Opmåling er tidskrævende og kan være komplekst
- Antallet af simuleringer er tidskrævende
- Manuelle aktiviteter kan (desværre) være fejlbehæftet
- Manuelle aktiviteter kan outsources, hvormed ”følingen” og indsigten i projektet mistes
- Formidling af resultater kan være svært i BIM-miljøet

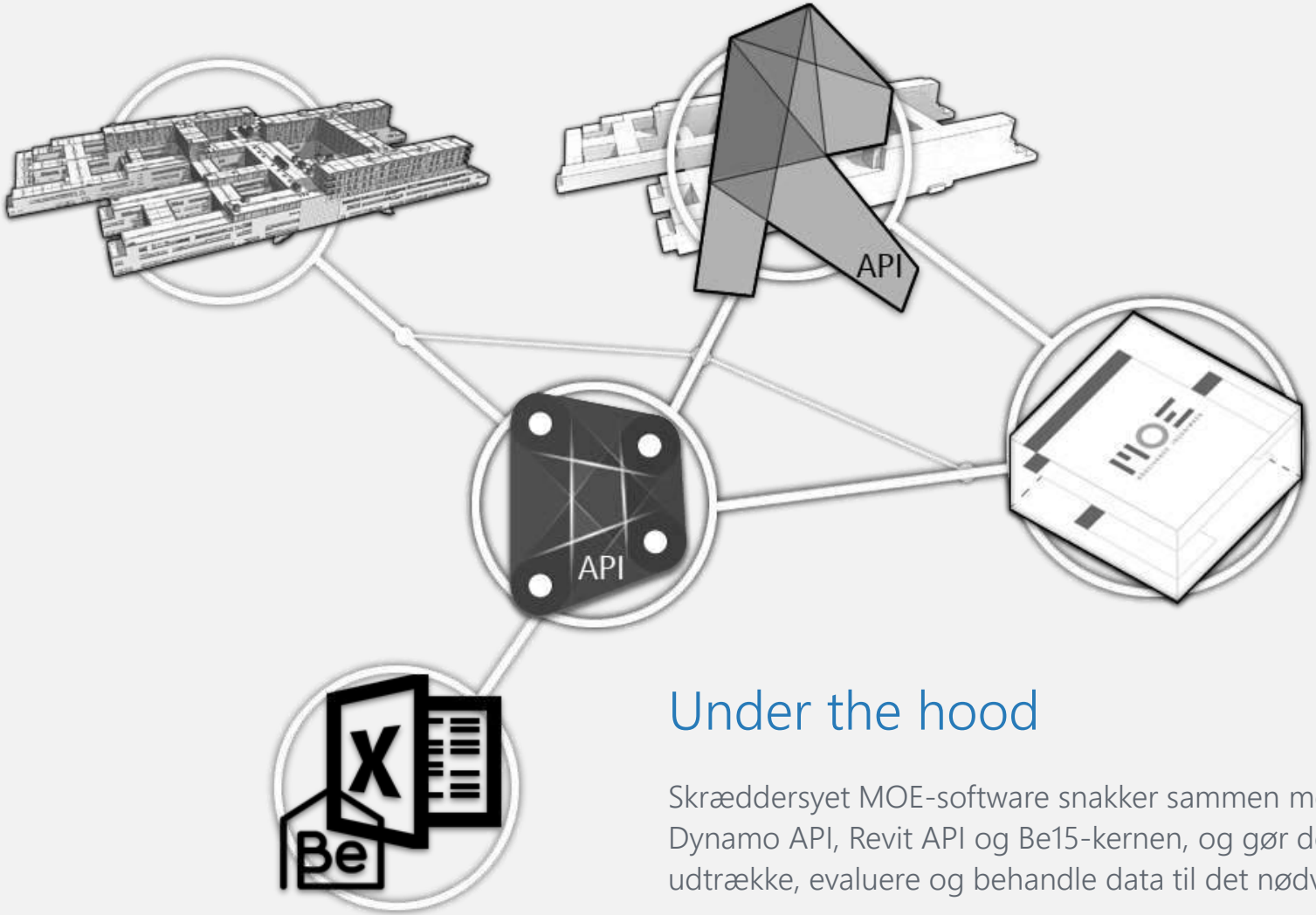
- Automatisering
  - Konsistens mellem mængder og opmålingsregler
  - Eliminering af fejlopmålinger
  - Tidsbesparelse
  - Data og muligheder for formidling

Komplekst byggeri - behov for automatiserede værktøjer

Komplekst byggeri - behov for automatiserede værktøjer

Komplekst byggeri - behov for automatiserede værktøjer

UNDERVISNING



Under the hood

Skræddersyet MOE-software snakker sammen med både Dynamo API, Revit API og Be15-kernen, og gør det muligt at udtrække, evaluere og behandle data til det nødvendige output

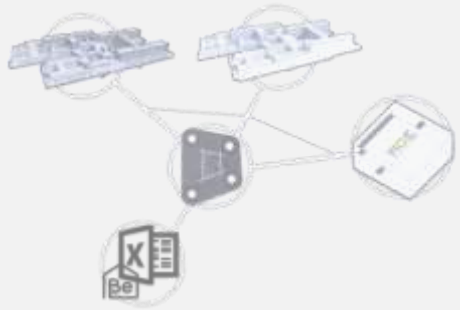
MOE Nodes

- Implementering af supplerende funktioner i Dynamo
- Samtidig interaktion med både Dynamo API og Revit API (5000+ linjer C# udviklet in-house)
- 180+ Nodes
  - Fuldt kompatible med indbyggede Nodes og datatyper
  - Sammensættes til fagspecifikke scripts
  - Tværfaglige anvendelsesmuligheder
- Løbende udvikling
  - Mulighed for skræddersyede funktioner

Værktøjer til EBI-projektering

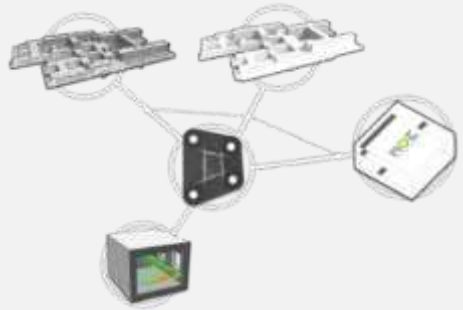
ENERGI:

BE15



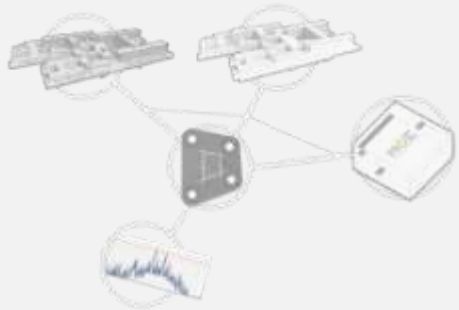
DAGSLYS:

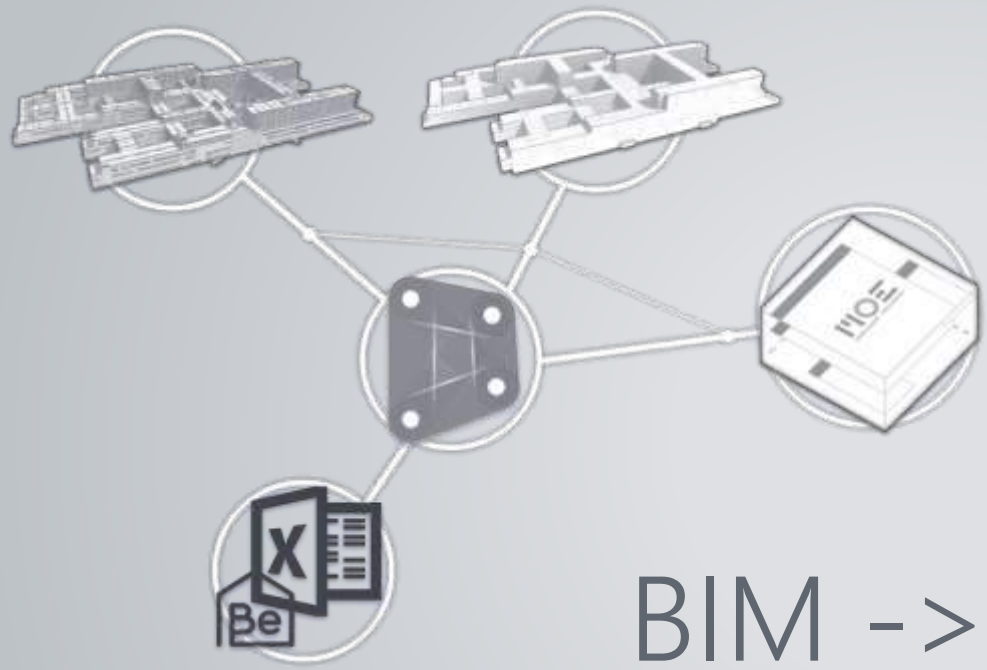
10%-reglen



INDEKLIMA:

SOMMERKOMFORT

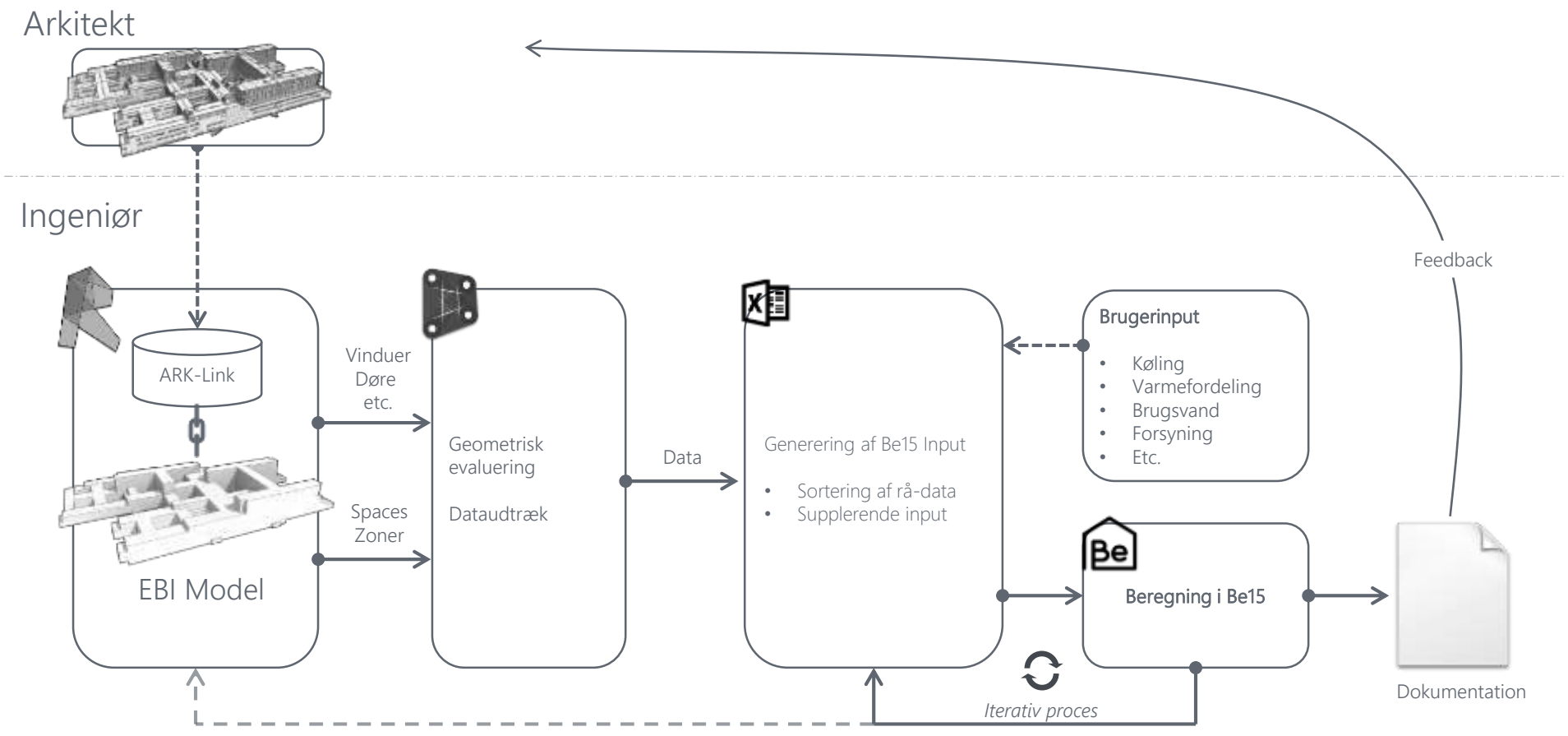




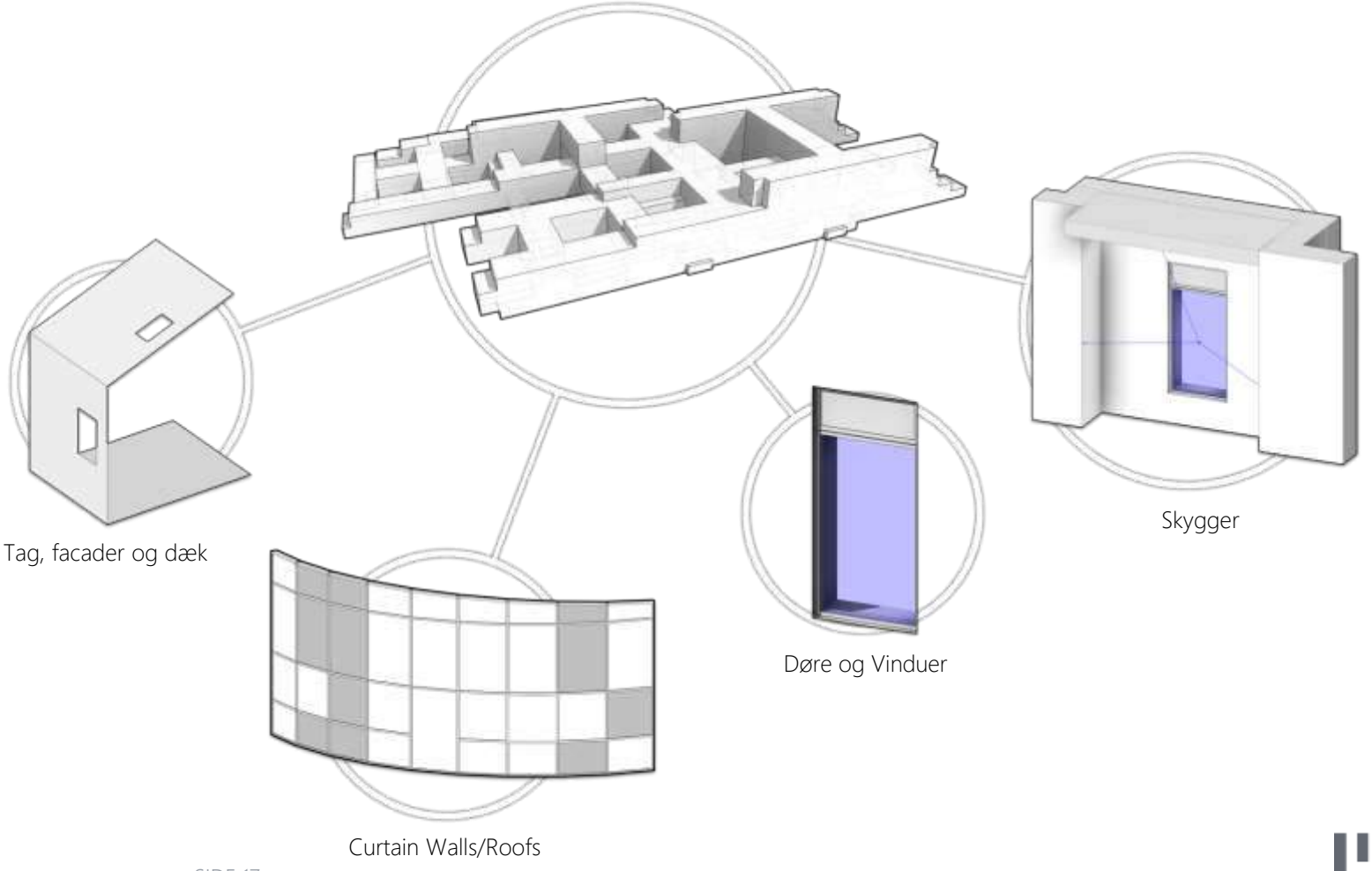
BIM -> Energiberegninger

- Automatisering af Be-beregninger

Energiberegning: Principielt Workflow

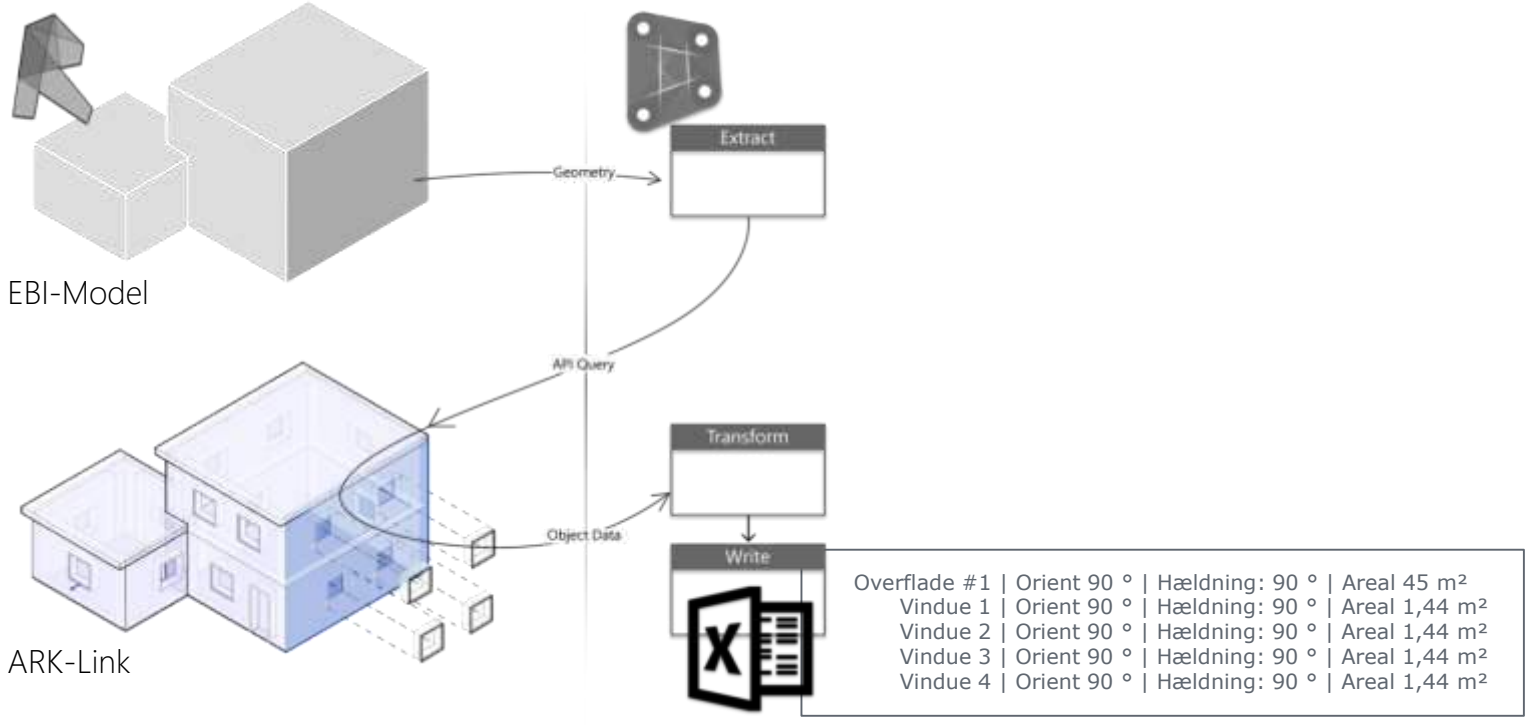


Energiberegning: Nøglefunktioner



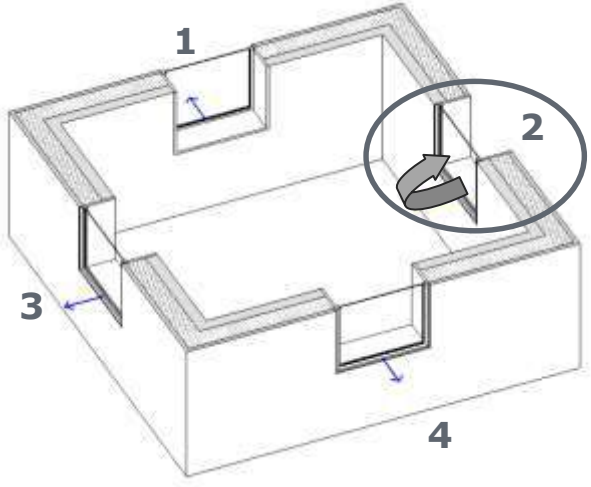
Kombineret data

- Samlet behandling af kombineret data fra flere modeller
  - Filtreret udtræk fra arkitektmodel på baggrund af data fra energimodel



Kontekst evaluering

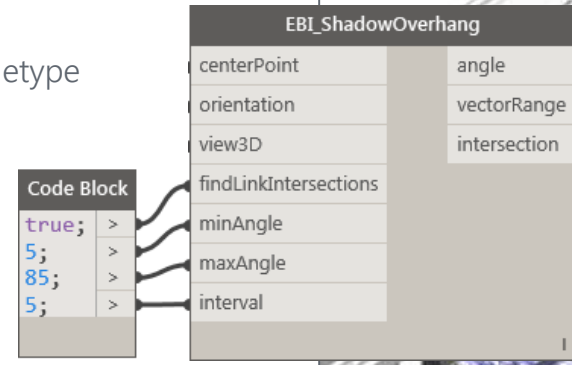
- Analytisk orientering frem for modelleret



Vindue	Modelleret Orientering	Evalueret Orientering
1	Nord	Nord
2	Vest	Øst
3	Vest	Vest
4	Syd	Syd

Skyggeberegning

- Operation for dør/vindue
  - Evaluering af vinkler for hver skyggetype
    - Brugerdefineret spænd/interval



- Eksempel

Antal døre/vinduer	581
Evalueringer/dv (17*4)	68
Evaluering i alt	39508
Beregningstid	5-7 min

- Output

Horisont	Udhæng	Venstre	Højre	Vindueshul
55	0	10	10	12
50	0	40	10	12
45	0	15	10	12
40	0	15	10	12
35	40	15	0	9
35	40	10	0	7
35	0	15	10	12
35	40	20	0	7

Eksport sortering

Vinduesskemaer genereres automatisk på baggrund af vinduestype, orientering og skyggeforhold, og kan kopieres direkte til Be15

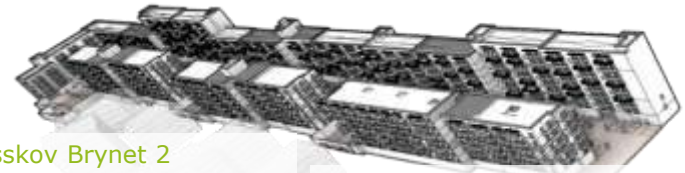
VINDUER & YDERDØRE

I dette faneblad opsummeres vinduerne til Be15-inputskemaer på baggrund af vinduestype, orientering, areal og skyggeforhold.

Opgørelse af vinduer og yderdøre til Be15

Skema	Nr.	Vinduer og yderdøre	Antal	Orient	Hælde.	Areal (m²)	U (W/m²K)	b	Ht (W/K)	Ff (-)	g (-)	Skygger	Fc (-)	Dim.Inde (C)	Dim.Ude (C)	Tab (W)	Qt
			20			57,42	0,96		55,36	0,82	0,52		-0,75			1771,4	
1	1	Dør	1	180	90	2,39	1,00	1	2,39	0,82	0,52	1 - Dør - Syd - 2,39 m² - 0,82 - 40 - 25 - 5 - 85 - 6	-0,80	20	-12	35,7	0
	2	Dør	1	180	90	3,19	1,00	1	3,19	0,83	0,52	2 - Dør - Syd - 3,19 m² - 0,83 - 0 - 25 - 50 - 5 - 6	-0,80	20	-12	102,1	0
	3	Vindue	1	0	90	5,94	1,00	1	5,94	0,82	0,52	3 - Vindue - Nord - 5,94 m² - 0,82 - 0 - 20 - 45 - 0 - 3	-0,80	20	-12	190,1	0
	4	Dør	1	0	90	6,93	1,00	1	6,93	0,81	0,52	4 - Dør - Nord - 6,93 m² - 0,81 - 30 - 20 - 0 - 85 - 2	-0,80	20	-12	221,8	0
	5	Dør	1	233,75	90	2,20	1,00	1	2,20	0,80	0,52	5 - Dør - Sydvest - 2,2 m² - 0,8 - 0 - 5 - 0 - 15 - 4	-0,80	20	-12	70,4	0
	6	Dør	1	233,75	90	2,20	1,00	1	2,20	0,80	0,52	6 - Dør - Sydvest - 2,2 m² - 0,8 - 0 - 5 - 0 - 10 - 4	-0,80	20	-12	70,4	0
	7	Dør	1	233,75	90	1,65	1,00	1	1,65	0,78	0,52	7 - Dør - Sydvest - 1,65 m² - 0,78 - 5 - 5 - 5 - 50 - 6	-0,80	20	-12	52,8	0
	8	Dør	1	233,75	90	2,20	1,00	1	2,20	0,80	0,52	8 - Dør - Sydvest - 2,2 m² - 0,8 - 5 - 5 - 0 - 20 - 4	-0,80	20	-12	70,4	0
	9	Glasparti	1	233,85	90	2,80	0,85	1	2,38	0,82	0,52	9 - Glasparti - Sydvest - 2,8 m² - 0,82 - 85 - 85 - 0 - 0 - 3	-0,80	20	-12	76,2	0
	10	Vindue	1	233,85	90	1,00	1,00	1	1,00	0,71	0,52	10 - Vindue - Sydvest - 1 m² - 0,71 - 85 - 85 - 0 - 0 - 3	-0,80	20	-12	32,0	0
	11	Vindue	1	53,75	90	1,65	1,00	1	1,65	0,81	0,52	11 - Vindue - Nordøst - 1,65 m² - 0,81 - 0 - 0 - 45 - 5 - 6	-0,80	20	-12	52,8	0
	12	Vindue	1	53,75	90	1,65	1,00	1	1,65	0,81	0,52	12 - Vindue - Nordøst - 1,65 m² - 0,81 - 0 - 0 - 70 - 5 - 6	-0,80	20	-12	52,8	0
	13	Vindue	1	53,75	90	1,65	1,00	1	1,65	0,81	0,52	13 - Vindue - Nordøst - 1,65 m² - 0,81 - 85 - 85 - 85 - 5 - 6	-0,80	20	-12	52,8	0
	14	Dør	1	53,75	90	1,65	1,00	1	1,65	0,78	0,52	14 - Dør - Nordøst - 1,65 m² - 0,78 - 0 - 0 - 5 - 40 - 6	-0,80	20	-12	52,8	0
	15	Glasparti	1	53,75	90	4,01	0,85	1	3,41	0,84	0,52	15 - Glasparti - Nordøst - 4,01 m² - 0,84 - 0 - 0 - 0 - 30 - 3	-0,80	20	-12	103,1	0
	16	Dør	1	0	90	2,39	1,00	1	2,39	0,82	0,52	16 - Dør - Nord - 2,39 m² - 0,82 - 0 - 45 - 55 - 5 - 6	-0,80	20	-12	35,7	0
	17	Glasparti	1	90	90	6,94	0,85	1	5,90	0,84	0,52	17 - Glasparti - Øst - 6,94 m² - 0,84 - 0 - 25 - 0 - 0 - 2	-0,80	20	-12	188,8	0
	18	Dør	1	143,75	90	2,02	1,00	1	2,02	0,84	0,52	18 - Dør - Sydøst - 2,02 m² - 0,84 - 0 - 0 - 5 - 5 - 6	-0,80	20	-12	64,6	0
	19	Dør	1	323,75	90	2,02	1,00	1	2,02	0,84	0,52	19 - Dør - Nordvest - 2,02 m² - 0,84 - 0 - 0 - 5 - 5 - 6	-0,80	20	-12	64,6	0
	20	Ovenlys	1	180	3	1,74	1,00	1	1,74	1,01	0,52	20 - Ovenlys - Syd - 1,74 m² - 1,01 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0	1,00	20	-12	55,7	0

Cases



Risskov Brynet 2

Bygherre: Domis Ejendomme

Arkitekt: Arkitema

Bruttoareal: 17.000 + 15.000 m²

Modelleringstid: **10 timer**

Opmålingstid: **30 min**

Jens Baggesensvej 7-9

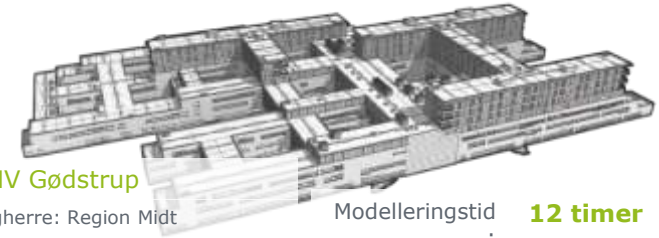
Bygherre: Mogens De Linde

Arkitekt: AART

Bruttoareal: 9.000 m²

Modelleringstid: **8 timer**

Opmålingstid: **20 min**



DNV Gødstrup

Bygherre: Region Midt

Arkitekt: Arkitema + AART

Bruttoareal: 98.000 m²

Modelleringstid: **12 timer**

Opmålingstid: **40 min**

Margrethehusene

Arkitekt: Friis Andersen

Bruttoareal: 10.000 m²

Modelleringstid: **2 timer**

Opmålingstid: **20 min**

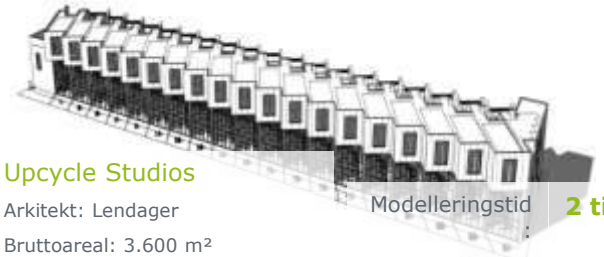
Ressourcerækkerne

Arkitekt: Lendager

Bruttoareal: 10.000 m²

Modelleringstid: **6 timer**

Opmålingstid: **30 min**



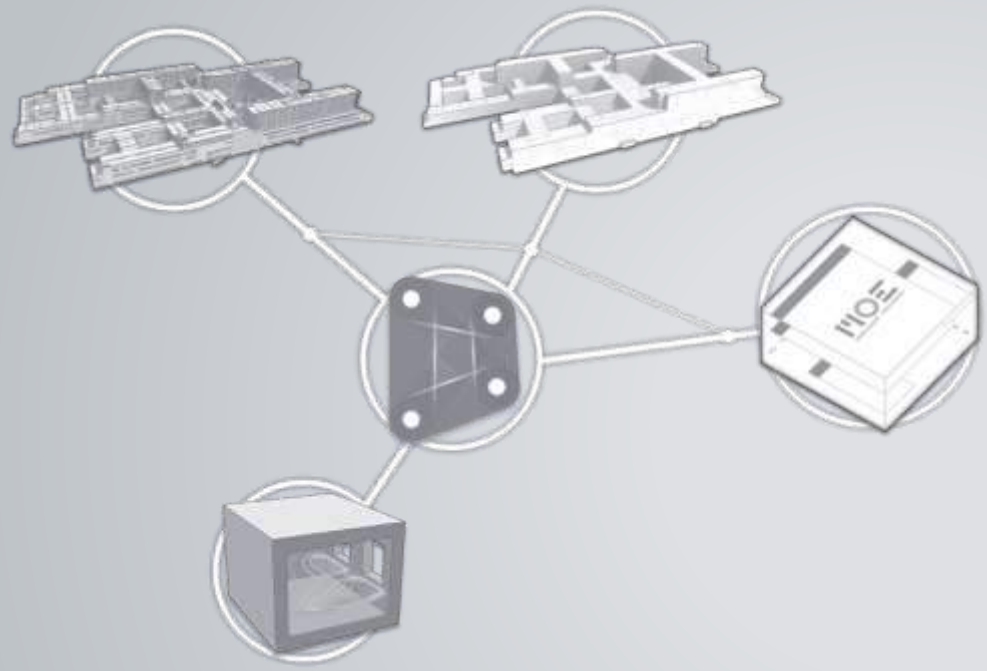
Upcycle Studios

Arkitekt: Lendager

Bruttoareal: 3.600 m²

Modelleringstid: **2 timer**

Opmålingstid: **30 min**



BIM -> Dagslys

- Automatisering af BR18

§379 | Dagslys

BR18 - Dokumentationsmuligheder af dagslysforhold		
Metode 1	10 % glasareal ift. relevant gulvareal inkl. skygger	• Evaluering af de geometriske forhold • Glasareal korrigeres for skygger og LT-værdi jf. vejledning med videre henvisning til • Krav baseret på erfaring • Gulvarealer defineret i BR • Rumdybde for arbejde max 8m
Metode 2	300 lux ved mindst 50 % af det relevante gulvareal i mindst 50 % af dagslystimerne	• Evaluering af belysningsstyrken • Klimabaseret dagslyssimulering (DRY 2013) • Metodik og standard reflektansværdier i vejledning • Krav involverer tidsaspekt
Alternativ	Dagslysfaktor DF_{gns} = 2,1 % i 50 % af rum DF_{min} = 0,7 % for hele rum	• Stationær betragtning af luxniveauer • Afprøvet og velkendt i branchen

Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys

Januar 2018

… OG såfremt det kan dokumenteres, at rummene er tilstrækkeligt belyste, kan andre beregningsmetoder benyttes som dokumentation.

§379 | 10 % metoden (vejledning)

- Krav: 10 % glasareal ift. relevant gulvareal inkl. skygger
  - Ikke til meget dybe rum (>8m)
  - Reducer omfang af rum der skal undersøges

- Udgivelse: *Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys*
  - Præcision og skærpelse af BR15
  - Metode for korrektion (reduktion af dagslys, udnyttelse og oplevelsen)

$$A_{Gkor,i} = F_{LT} \cdot F_{VÆG} \cdot F_{OMG} \cdot F_{OH} \cdot F_{SF} \cdot F_{AFS} \cdot F_{ATR} \cdot F_{RUM} \cdot F_{FL} \cdot A_{Gvin,i}$$

  - Korrektionsfaktorer for skygger og LT-værdi for hvért vindue
  - Særlige regler (overlap, flere vinduer, nedre grænse for korrektion på 0,5)

Dagslys: Udfordringer

- Forskellige rum med varierende glas og skygger
- Tidsforbrug til opmåling af rum og tilhørende glasarealer
- Vurdering af spillerum
  - Muligheder for at øge/reducere vinduesarealer

Opmåling af ét rum:

Dagslys: Ny tilgang

- Beregning og visualisering af *alle* rum
  - Kontrol af glas/gulv forhold iht. BR-krav
  - Indikator for overophedninsproblemer
  - Basis for detaljerede simuleringer
  - Korrektionsfaktorer fra ny BR18 Vejledning

Overskuelighed i Excel-værktøj

- Simpelt overblik
- Design undersøgelser direkte i Excel
- Anbefalinger til overholdelse af krav

DAGSLYS ved 10 %-reglen iht. BR18

Beboelsesrum	Forudsætninger				Korrektion		Resultat			Evaluering	
	Boligflumnavn	Gulvareal [m²]	Vinduesareal [m²]	Glasareal [m²]	Glasgulv-forhold [%]	Resulterende korrektionsfaktor	Korrigeret glasareal [m²]	Korrigeret glasgulv-forhold [%]	Krav [%]	Krav overholdt [JA/NJ]	Nødv. glasareal for overholdelse [m²]	Maks. Rumdybde
x	Lejl. 1 - 4. værelses (køkkenalrum)	24,3	9,8	7,6	31%	0,41	3,07	13%	10%	Ja	5,97	

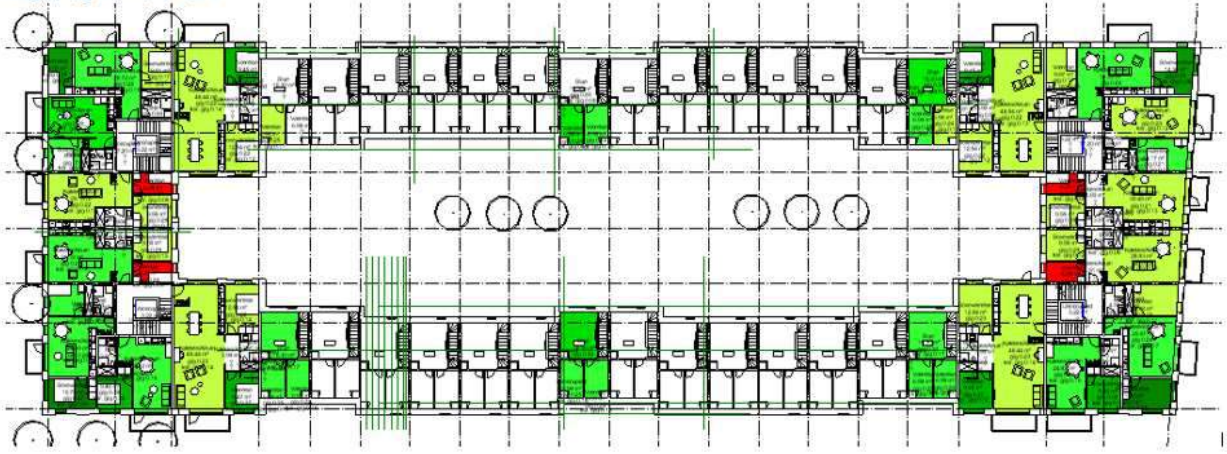
Vinduesegenskaber							LT-værdi		Vægtyk.		Omgivelser		Udhæng, h			Udhæng, v			Fremspring, h		Fremspring, v		Afskærmning			Atrium			Rum-dybde	Overlys		Fl. vinduer		Samlet	
Nr.	Type	Orient. [°]	Hældn. [°]	Areal [m²]	Ff [-]	Glasareal [m²]	LT-værdi	F_{LT}	Vægtyk.	$F_{vægt}$	$V_{Ø}$	F_{omg}	$V_{hæv,o}$	$V_{hæv,n}$	$V_{Ø}$	$F_{udhæng}$	$V_{hæv,o}$	$V_{hæv,n}$	$V_{Ø}$	$F_{fremspring}$	$V_{Ø}$	$V_{hæv,h}$	$F_{fremspring}$	Farve	Hældning	F_{afs}	LT-værdi	F_{Atrium}	Tagkonst.	F_{Tak}	Rum-dybde	F_{rum}	Overlys	$F_{overlys}$	Linie-areal	F_{fl}	Samlet korrektion, F_{Korr}	Korrigeret glasareal [m²]
1	V1	0	90	3,00	0,85	2,55	0,70	0,93	0,53	0,99	0	1,00	0	30	65	0,92	0	0	0	1,00	85	85	0,56	60	55	0,77	-	-	1,00		1,00	-	1,00	8,0	0,90	Nej	1,00	2,00	1,20	0,40	1,01
2	V2	180	90	4,00	0,85	3,40	0,70	0,93	0,53	1,00	45	0,50	65	20	52	0,72	0	0	0	1,00	0	0	1,00	85	85	0,56	-	-	1,00		1,00	-	1,00	7,0	0,90	Nej	1,00	2,00	1,20	0,20	0,69
3	Overlys	0	0	2,00	0,90	1,60	0,80	0,80	0,60	0,89	0	1,00	0	0	0	1,00	0	0	0	1,00	0	0	1,00	0	0	1,00	-	-	1,00		1,00	-	1,00	5,0	1,00	Ja	1,00	2,00	1,20	0,86	1,37
4																																								
5																																								
6																																								
7																																								
8																																								
9																																								
10																																								

Visualisering i Revit

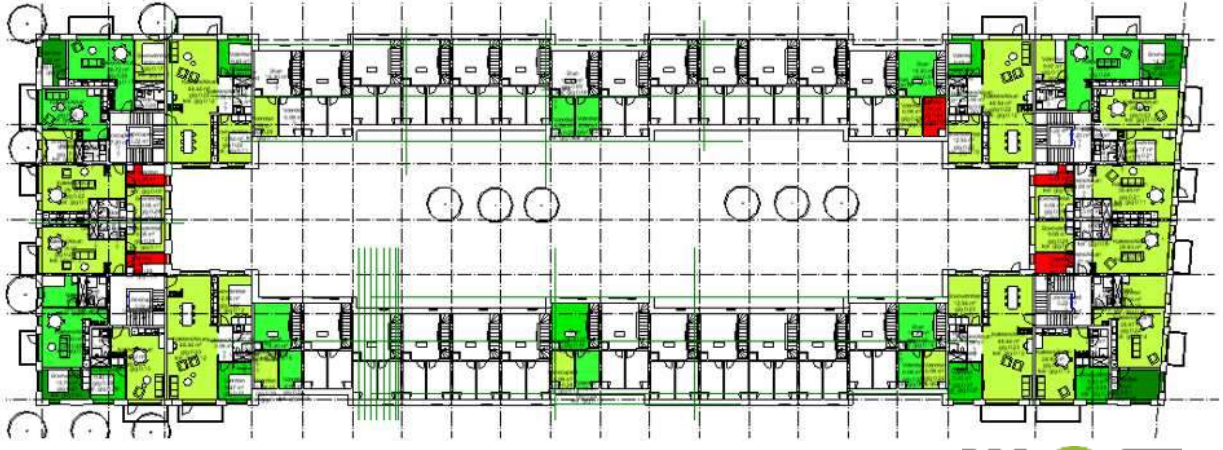
- Farvelægning ift. overholdelse af BR-krav
- Sikre et godt overblik og fokus på hvor problemerne er

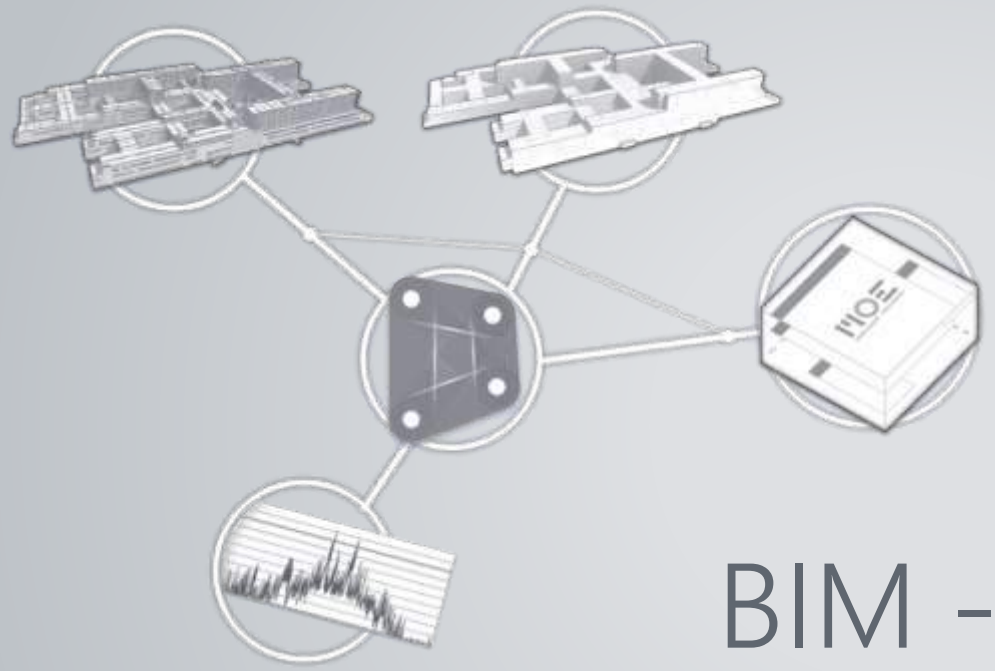
1. sal

Dagslys, g=0,54/LT=0,70



Dagslys, g=0,35/LT=0,60



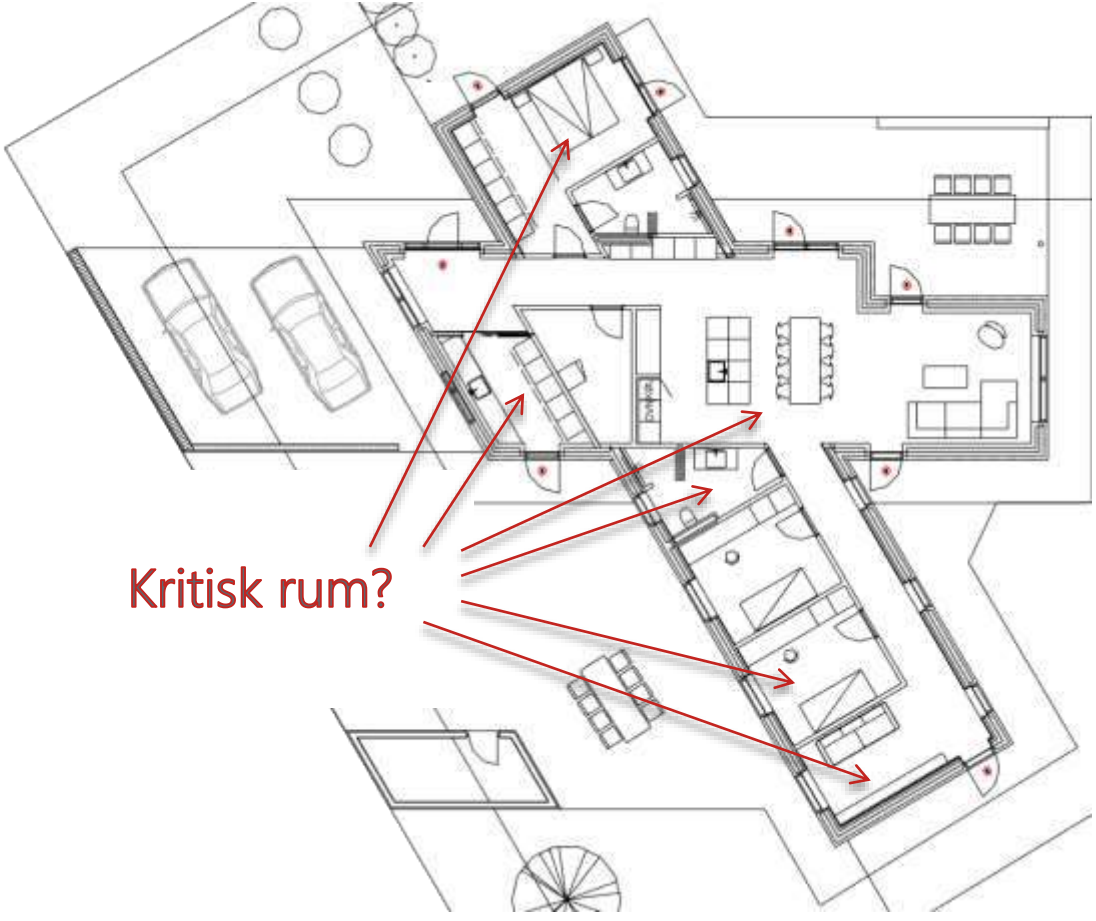


BIM -> Sommerkomfort

- Automatisering af indeklimakrav

Sommerkomfort: Udfordringer

- Identificering af kritiske rum
- Tidsforbrug til opmåling af rum, vinduer og skygger
- Input i Be15 – for hvert rum som regnes
- Betydende parametre
  - Gulvareal
  - Vinduesareal
  - Åbningsgrad i facaden
  - Skygger
  - (G-værdi)
- Formidling af resultater



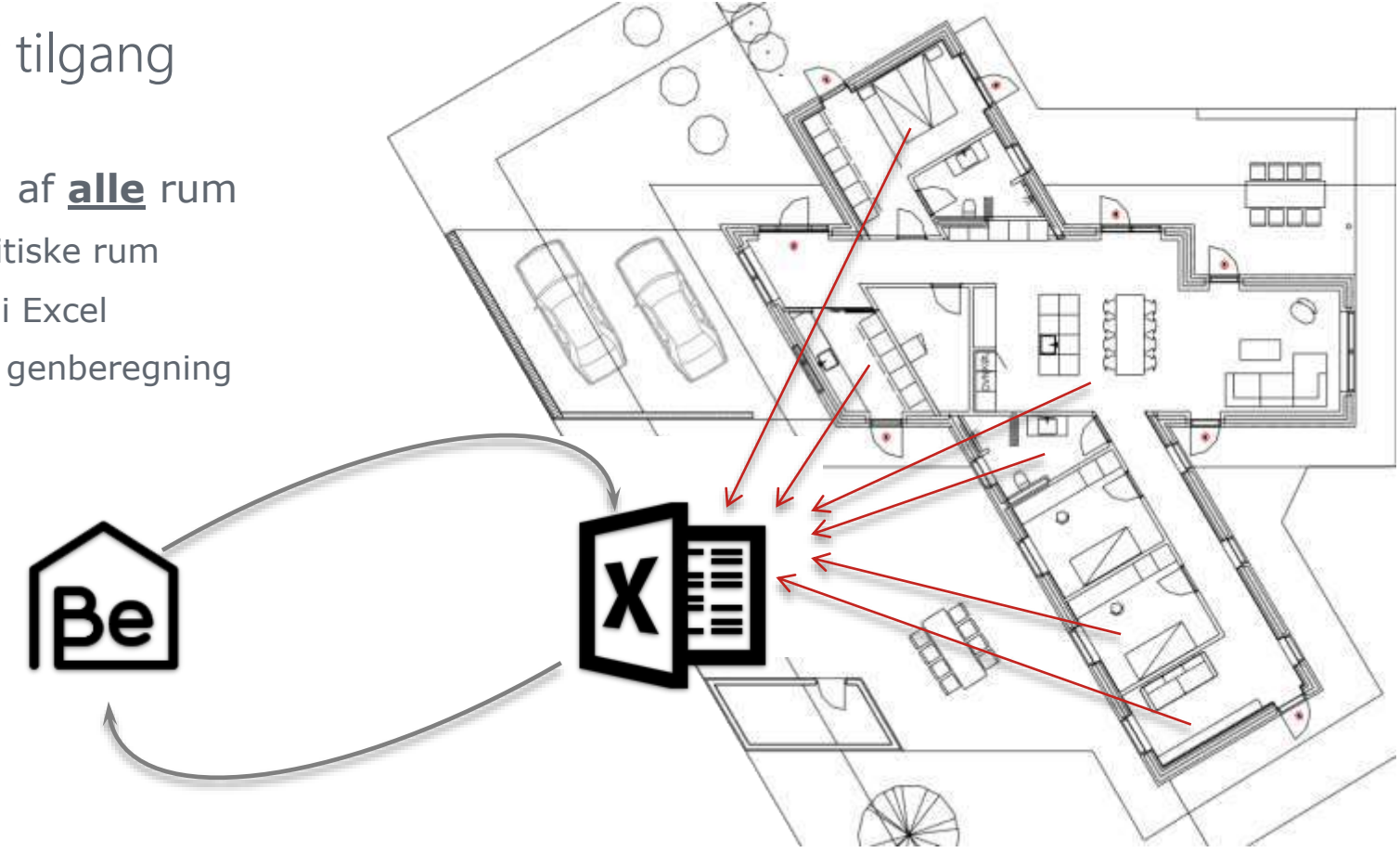
Følger standarderne i branchen

Undersøgelse af ”kritiske rum”

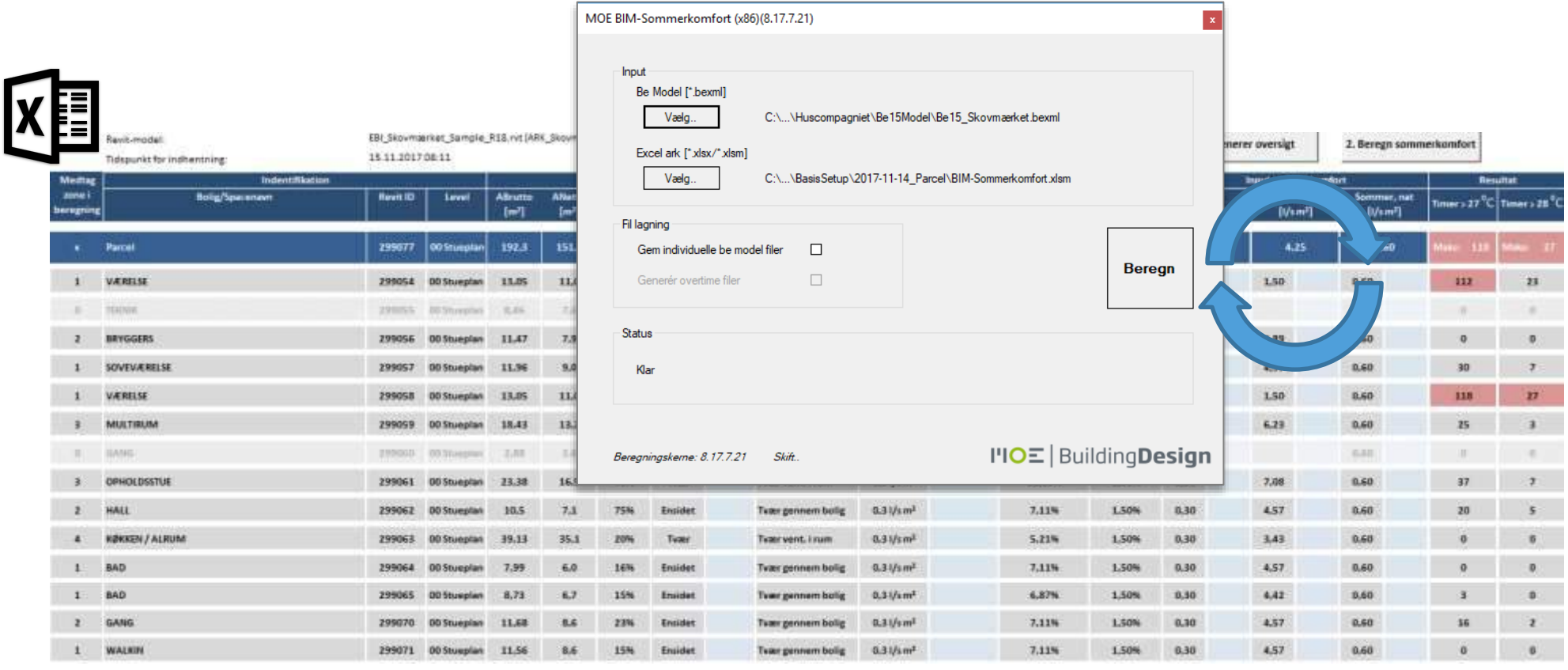
- Flere end 100 mulige kritiske rum

Sommerkomfort: Ny tilgang

- Automatisk beregning af **alle** rum
  - Let identificering af kritiske rum
  - Betydende parametre i Excel
    - Hurtig justering og genberegning



Udtræk og beregning

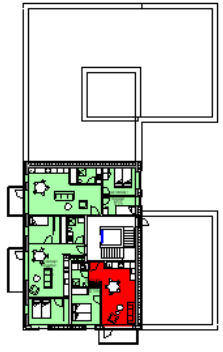


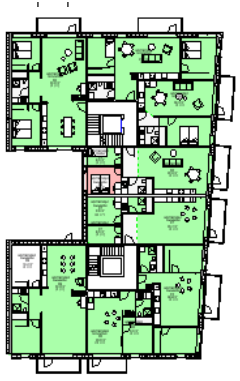
Visualisering af resultater

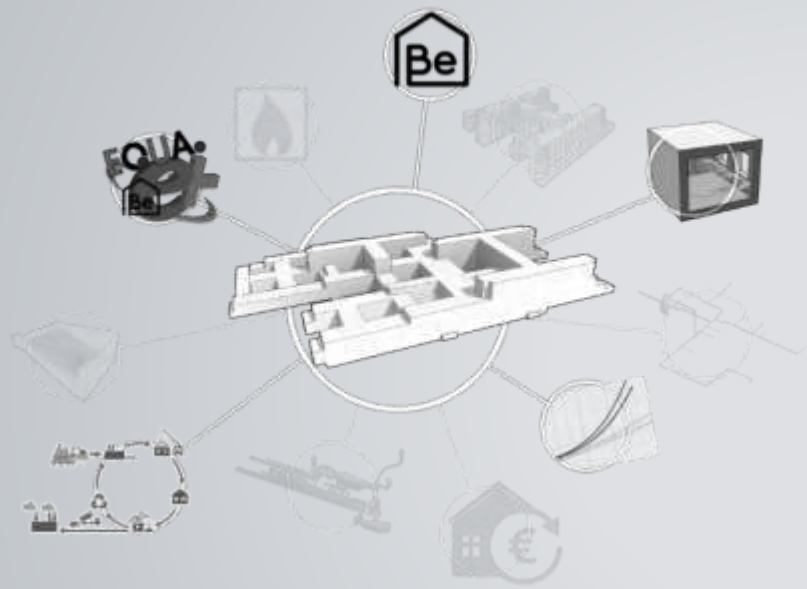
Sommerkomfort visualisering i Revit

G-værdi = 0,54

G-værdi = 0,35

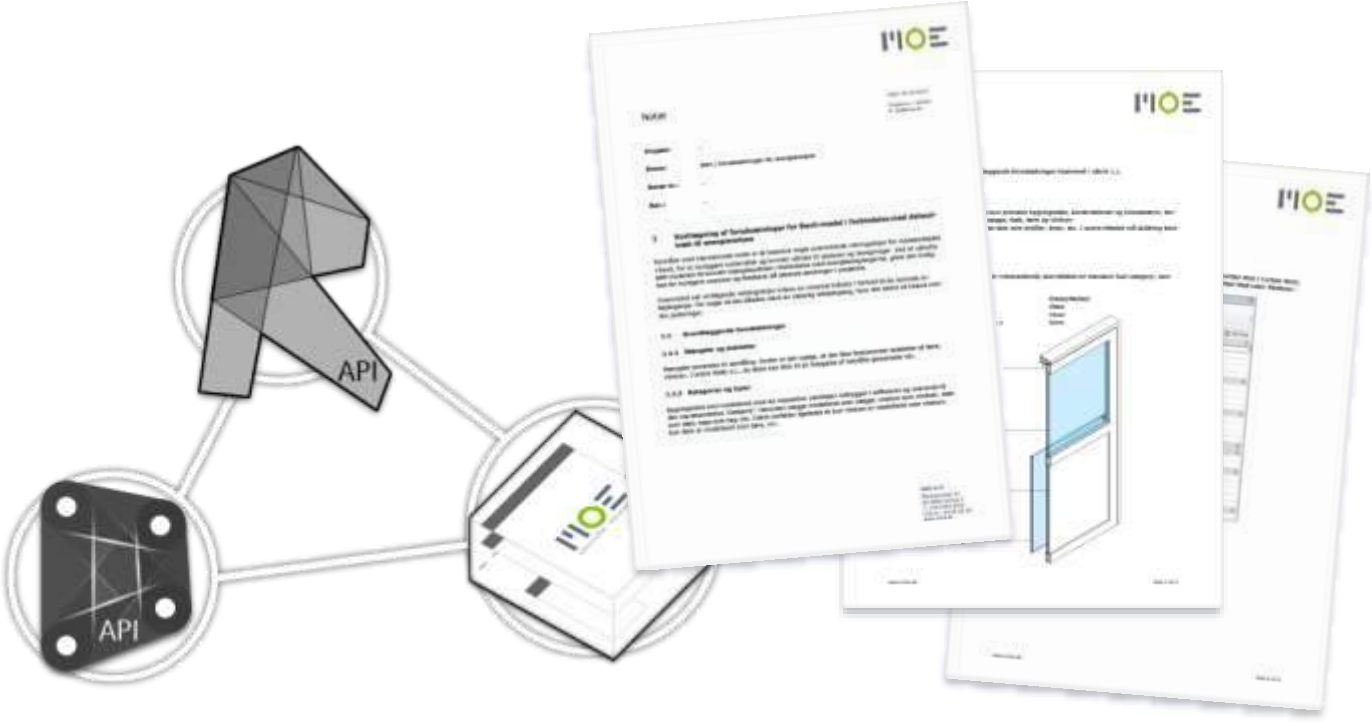






Værktøjer i praksis

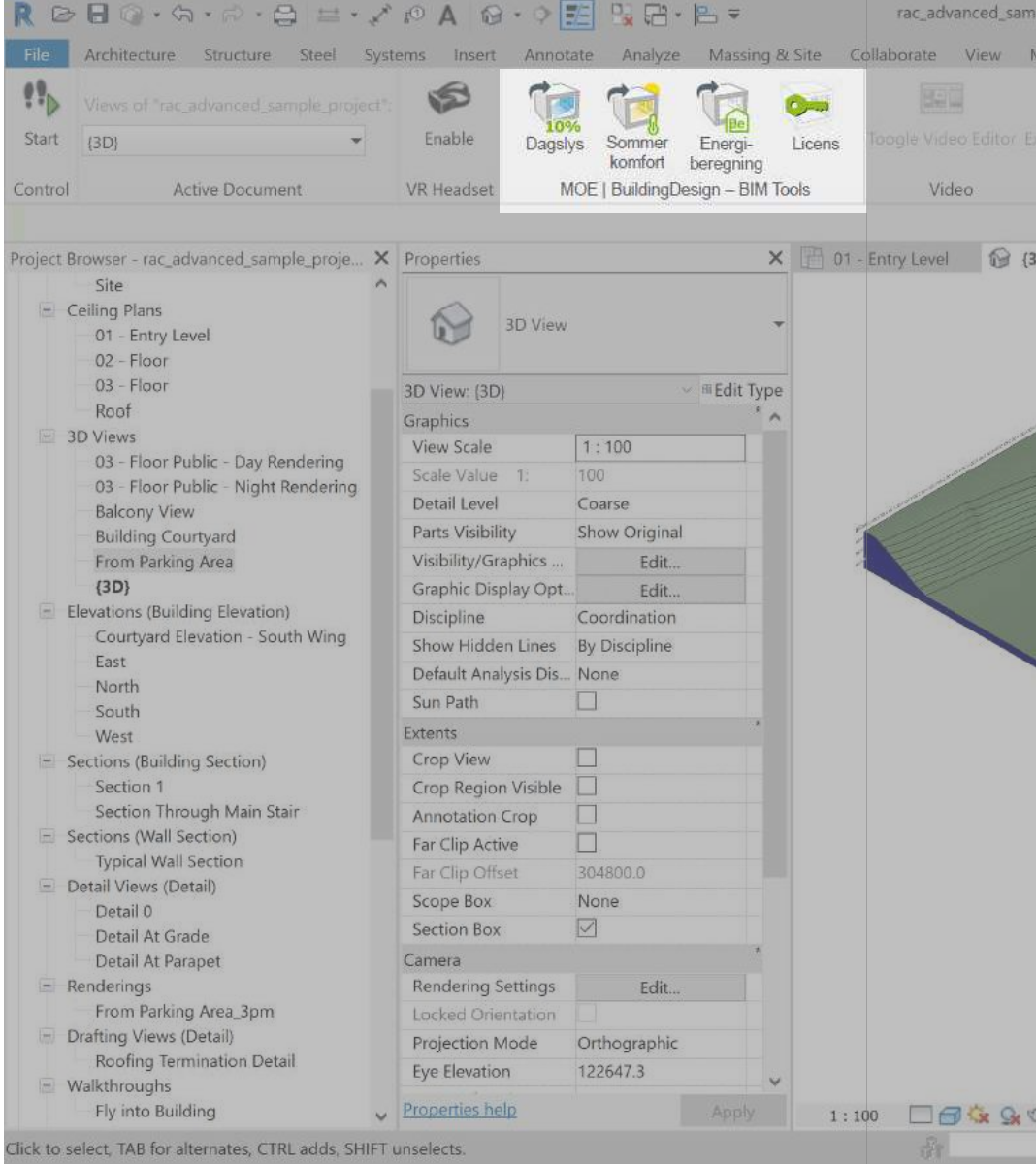
Forudsætninger



Integreret i Revit

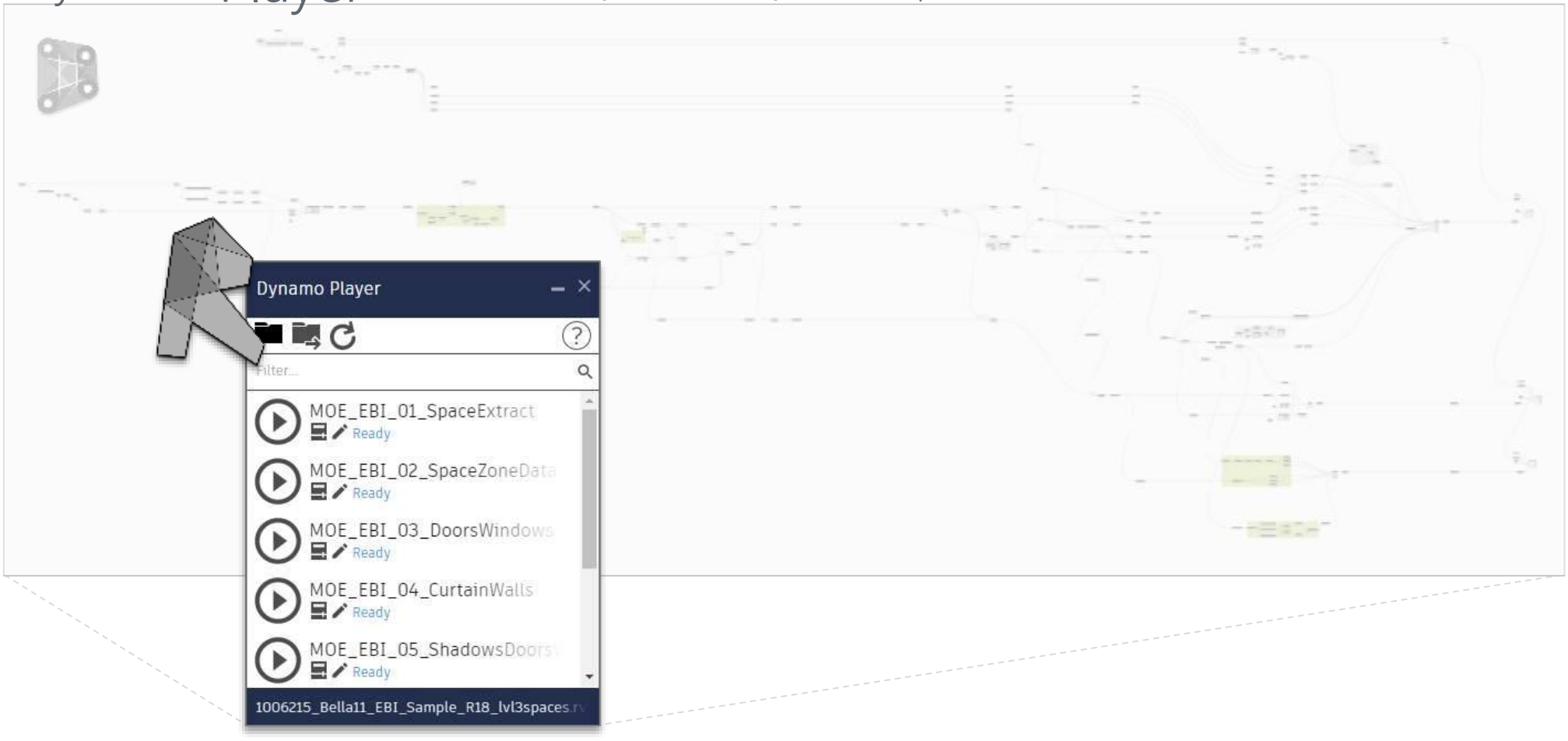
MOE | BuildingDesign toolbar

- BIM -> Dagslys
- BIM -> Sommerkomfort
- BIM -> Energiberegninger
- Licensstyring og updater



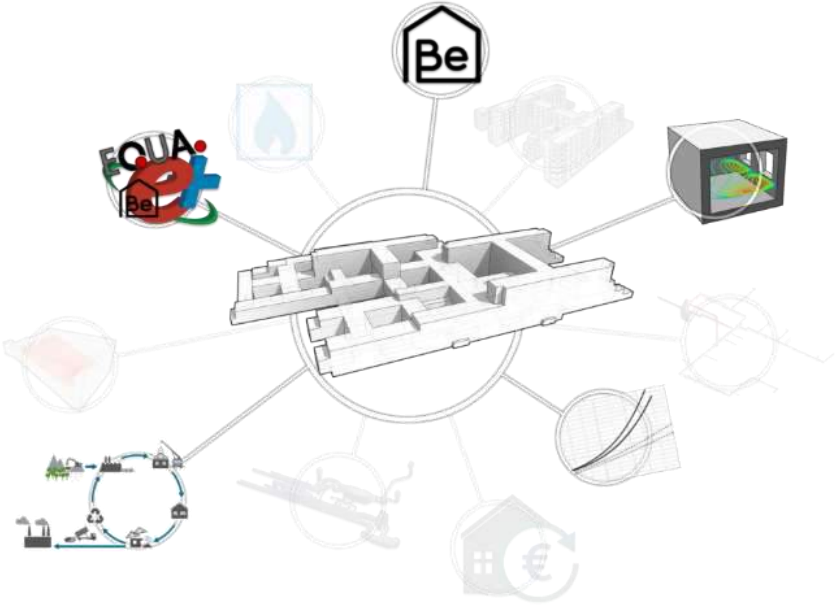
Dynamo Player

- Komplekse scripts
- Simpel anvendelse



EBI Toolbox

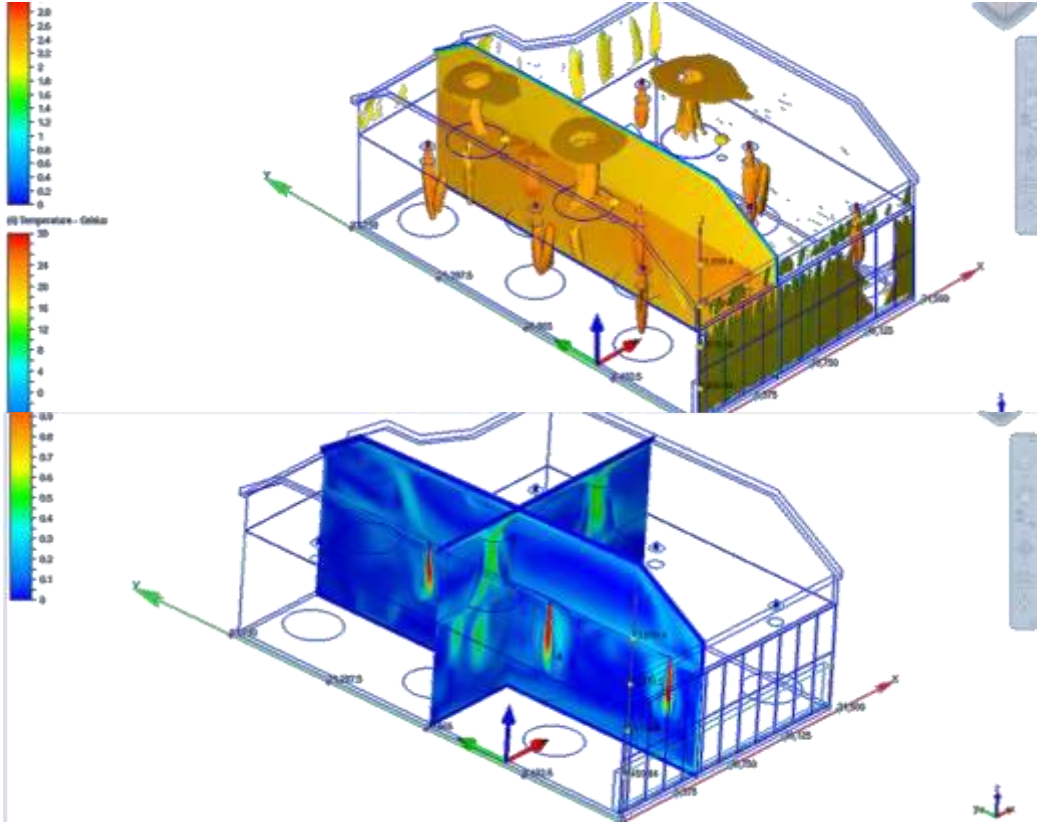
- Én værktøjskasse til det hele - med udgangspunkt i BIM-BPS modellen
  - ☑ Be15
  - ☑ Dagslys
  - ☑ Sommerkomfort
  - ☑ Varmetabsberegning + radiatordimensionering
  - ☑ LCA (kandidatprojekt | Aarhus Universitet)
  - ☑ Indeklima simuleringer (Erhvervs-PhD | AAU+Sbi)
  - ☐ …

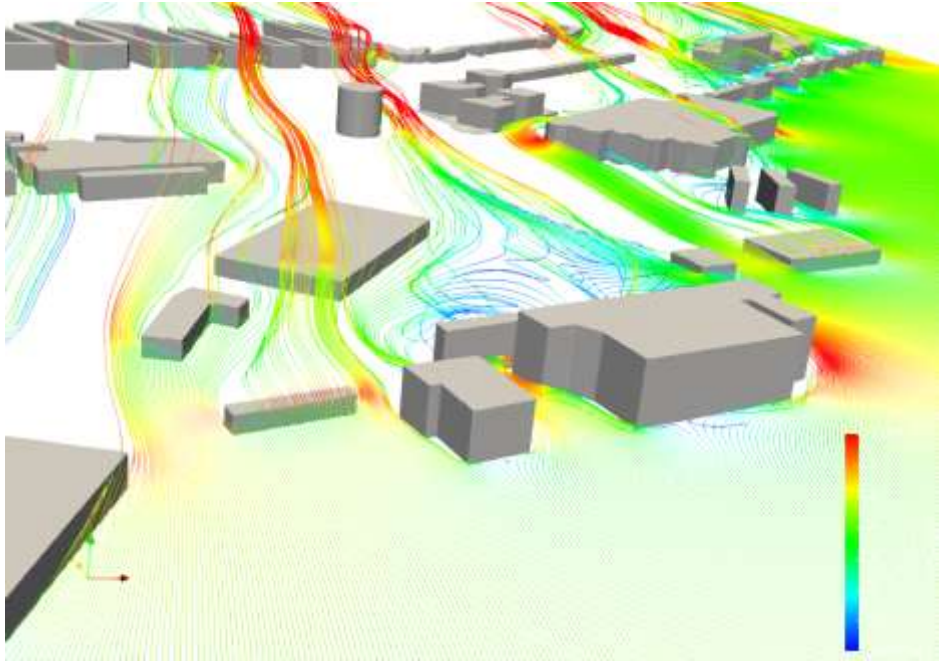


BIM -> CFD

- Avanceret strømningsanalyser

CFD analyser fra BIM-modellen





Klimatiseringsstrategi højlager

Opgave

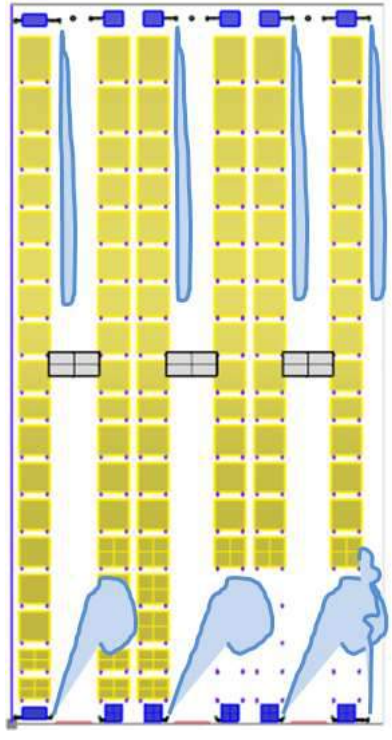
Udarbejdelse af ventilationsstrategi for stort højlager med temperaturkrav.

Fokuspunkter:

- God opblanding for at undgå for høj temperaturgradient
- Robusthed i design (Betydning af lagerfylds placering)
- Besparelsespotentiale (Reducere luftmængde)

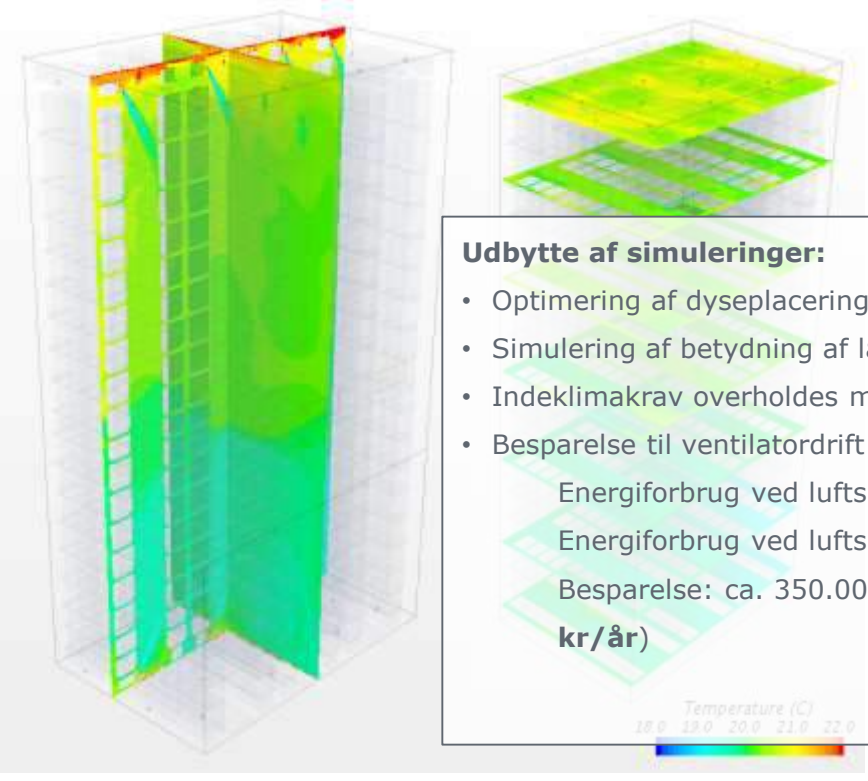
Ventilationsstrategi

- Lager opvarmes og køles via ventilationsluft
- Dyseindblæsning i top og bund
- Udsugning i gavl

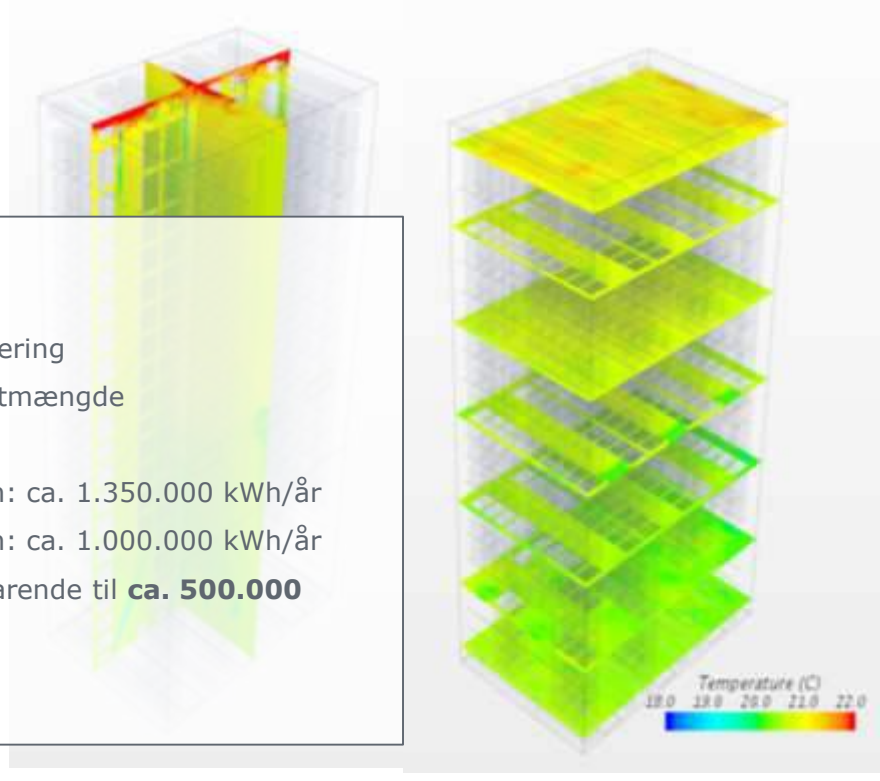


Klimatiseringsstrategi højlager

Luftskifte 2,0/h



Luftskifte 1,5 /h



Udbytte af simuleringer:

- Optimering af dyseplacering
- Simulering af betydning af lagerfylds placering
- Indeklimakrav overholdes med nedsat luftmængde
- Besparelse til ventilatordrift:

  Energiforbrug ved luftskifte på 2,0 /h: ca. 1.350.000 kWh/år

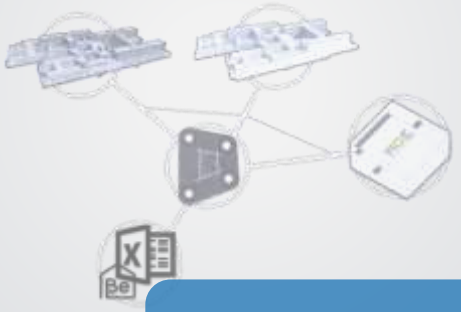
  Energiforbrug ved luftskifte på 1,5 /h: ca. 1.000.000 kWh/år

  Besparelse: ca. 350.000 kWh/år (svarende til **ca. 500.000 kr/år**)

Salg af værktøjer

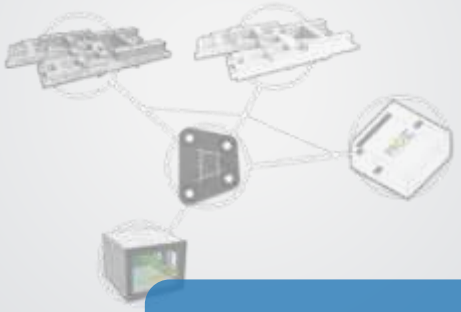
Værktøjer til EBI-projektering

ENERGI:
BE15



Licens pr. bruger:
15.000 kr./år

DAGSLYS:
10%-reglen



Licens pr. bruger:
10.000 kr./år

INDEKLIMA:
SOMMERKOMFORT

Licens pr. bruger:
10.000 kr./år

Fuldt forklarende manualer til alle værktøjer

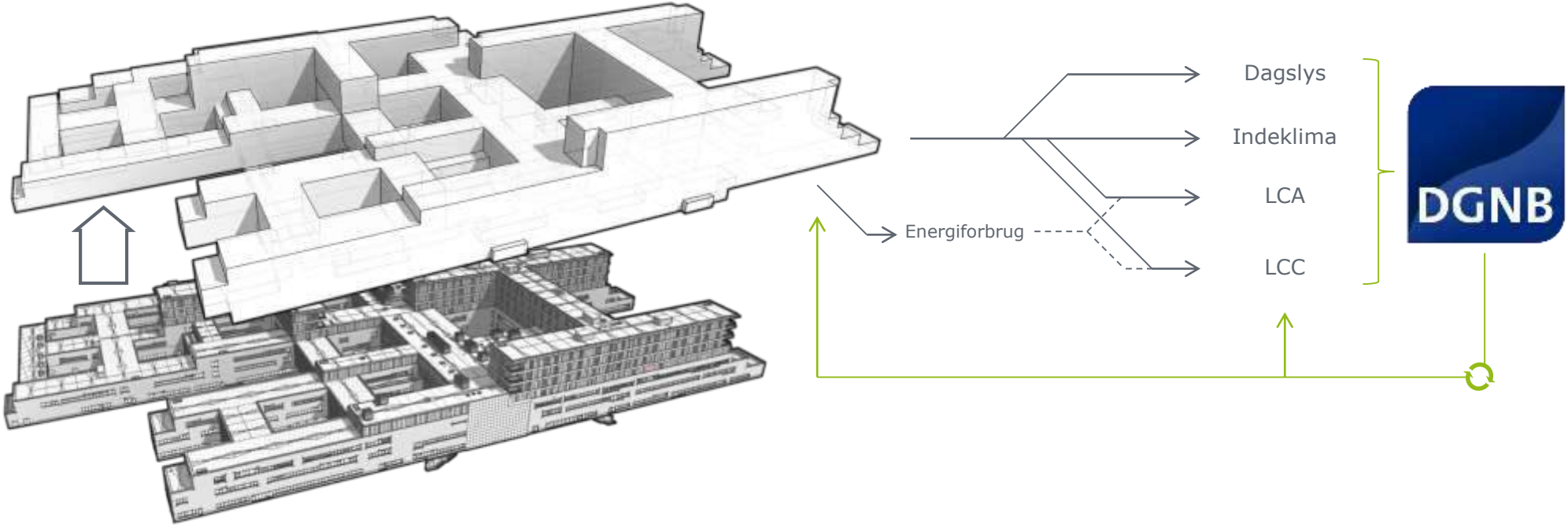
Afslutning

- Erfaringer og fremtid

Erfaringer med simuleringer fra BIM

- Stort potentiale i at udnytte informationerne i BIM-modellen
- Arbejdsgange minimeres og tidsforbrug reduceres kraftigt
- Sikre større konsistens mellem data og udveksling
- Bedre og fokuserede rådgivning der hvor udfordringerne er
- Kommunikation af resultater bliver nemmere

EBI Toolbox - Fremadrettet



MOE | BuildingDesign

buildingdesign.moe.dk

Steffen E. Maagaard
Koncernkompetencechef Energi & Indeklima
Civilingeniør, M.Sc.
Mobil: 25 40 01 90
Mail: sem@moe.dk
https://dk.linkedin.com/in/steffenmaagaard