



Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

BAKGROUNDSDOKUMENT: BRUKSSKEDE – OPERATIV ENERGI



Agenda

1) Kvantifiering av operativ energi

- Introduktion
- Byggnadens plats och klimat
- Beräkningsmetod för energibehov
- Algoritm för kvantifieringen av energi (bruksskede)

2) Kalibrering och validering av algoritmen

- Referensutrymme (EN 15265:2007)
- Referenslägenhet (anpassad från EN 15265:2007)
- Fallstudie av bostadshus

3) Slutliga kommentarer



1) Kvantifiering av operativ energi

Introduktion

Algoritmen för kvantifiering av energi under i
bruksskedet utvecklades i ett tidigare RFCS
forskningsprojekt



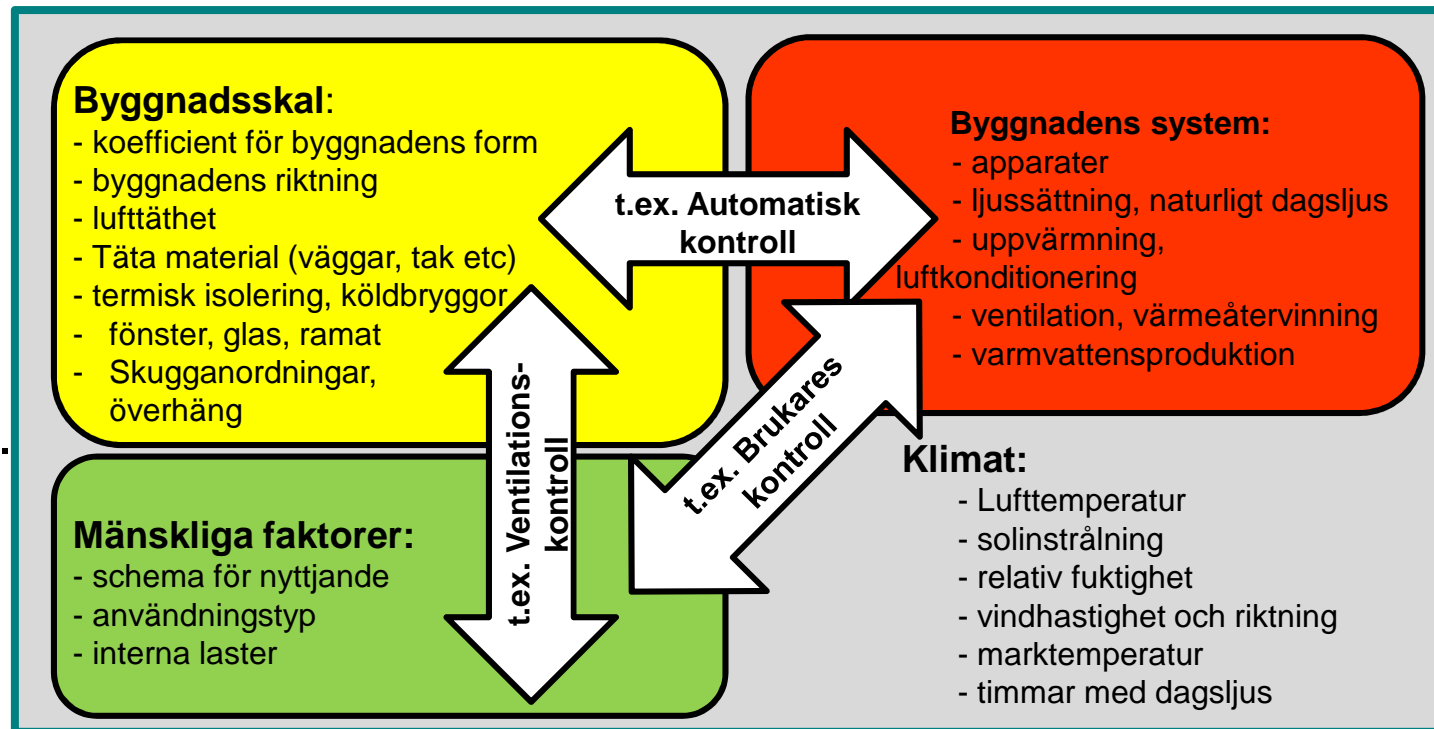
SB_Steel (2014), Sustainable Building Project in Steel. Draft final report. RFSR-CT-2010-00027. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel.



Introduktion

Den termiska prestandan och energieffektiviteten hos byggnaden beror på många parametrar.

Därför är det mycket svårt att exakt förutsäga en byggnads operativa energi.



Det här är ännu svårare under tidigare designskeden, på grund av bristande tillgänglighet på indata och dess risk att vara inexakt.



Byggnadens plats och klimat

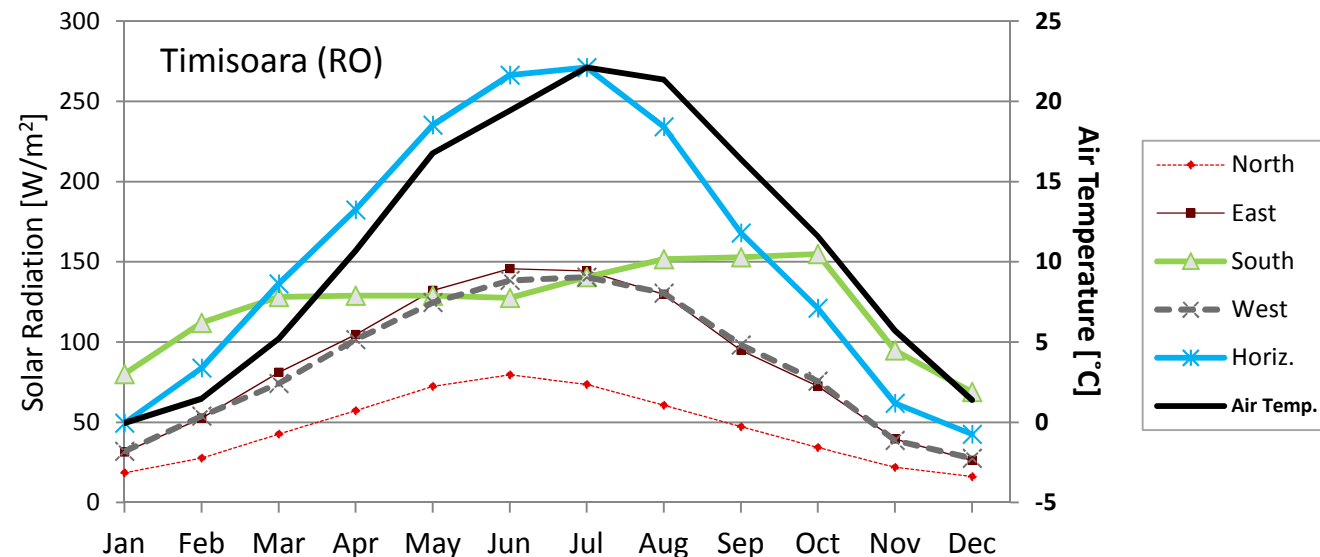
En byggnads plats, i termer av klimatförhållanden, är av yttersta vikt vid beräkningen av termiskt beteende. Därför måste två huvudsakliga klimatparametrar definieras för att kunna beräkna energibehovet:

- lufttemperatur;
- solinstrålning på en yta med en given riktning.

Den huvudsakliga delen av dessa klimatdata hämtades från programvaran EnergyPlus med energisimulering och väderdatabas (EERE-USDoE, 2014), resterande del tillhandahålls genom projektpartners.

EERE-USDoE (2014), Energy Efficiency and Renewable Energy Website from the United States Department of Energy:

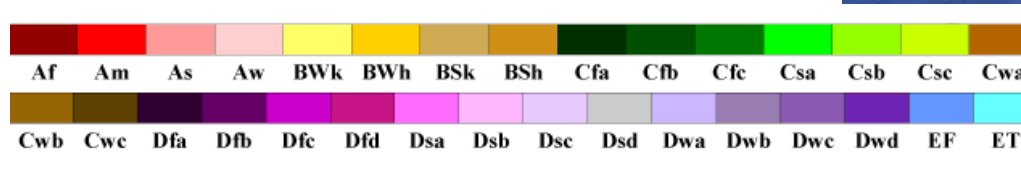
http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/?region=6&wmo_region=6



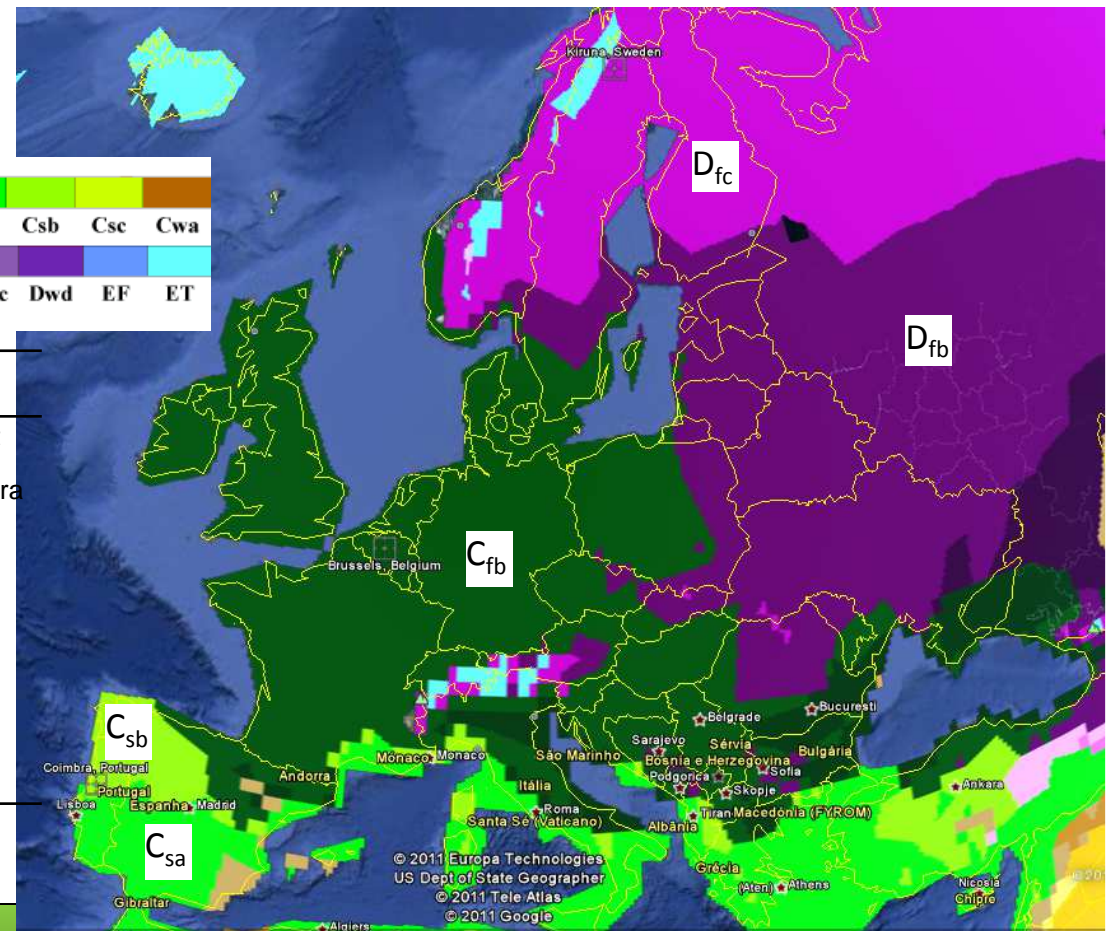


Byggnadens plats och klimat

Metoden är för närvarande kalibrerad för fem klimatreioner, klassifierade enligt Köppen-Geigers klimatklassifikation: (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc.



Huvudklimat:	Lokalt klimat:	Temperatur:
A: ekvatorial	W: öken	h: varm torr F: polarfrost
B: torr	S: stäpp	k: kall torr T: polartundra
C: varmt tempererat	f: full fuktighet	a: het sommar
	s: sommartorka	b: varm sommar
D: snö	w: vintertorka	c: sval sommar
E: polär	m: monsuner	d: extremt kontinental





Byggnadens plats och klimat

52 städer i databasen

Stad	Land	Klimat-region	Stad	Land	Klimat-region	Stad	Land	Klimat-region
Amsterdam	Nederländerna	Cfb	Kiev	Ukraina	Dfb	Oslo	Norge	Dfb
Ankara	Turkiet	Csb	Kiruna	Sverige	Dfc	Östersund	Sverige	Dfc
Arhanglesk	Ryssland	Dfc	Kraków	Polen	Cfb	Paris	Frankrike	Cfb
Aten	Grekland	Csa	La Coruña	Spanien	Csb	Porto	Portugal	Csb
Barcelona	Spanien	Csa	Lissabon	Portugal	Csa	Poznan	Polen	Cfb
Berlin	Tyskland	Cfb	Ljubljana	Slovenien	Cfb	Prag	Tjeckien	Cfb
Bilbao	Spanien	Cfb	London	England	Cfb	Rom	Italien	Csa
Bratislava	Slovakien	Cfb	Lublin	Polen	Dfb	Salamanca	Spanien	Csb
Bryssel	Belgien	Cfb	Madrid	Spanien	Csa	Sanremo	Italien	Csb
Cluj-Napoca	Rumänien	Dfb	Marseille	Frankrike	Csa	Sevilla	Spanien	Csa
Coimbra	Portugal	Csb	Milano	Italien	Cfb	Stockholm	Sverige	Dfb
Gdansk	Polen	Cfb	Minsk	Vitryssland	Dfb	Tampere	Finland	Dfc
Geneve	Italien	Csb	Montpellier	Frankrike	Csa	Timisoara	Rumänien	Cfb
Graz	Österrike	Dfb	Moskva	Ryssland	Dfb	Wien	Österrike	Dfb
Hamburg	Tyskland	Cfb	Munchen	Tyskland	Cfb	Warsawa	Polen	Dfb
Helsingfors	Finland	Dfb	Nantes	Frankrike	Cfb	Wroclaw	Polen	Cfb
Istanbul	Turkiet	Csa	Nice	Frankrike	Csb			
Katowice	Polen	Cfb	Opole	Polen	Cfb			



Beräkningsmetod för energibehov

Den förenklade algoritmen som tillämpas i AMECO 3 möjliggör förutsägelse för byggnadens energibehov för:

- Uppvärmning av utrymmen;
- Nedkylning av utrymmen;
- Tappvarmvattenförsörjning (DHW)

Den här algoritmen baseras på föreskrifter som finns i flera internationella standarder.

Beräkning av förbrukning för uppvärmning och kyla följer den månatliga quasi-steady-state-metoden som hämtats från **ISO 13790 (2008)**.

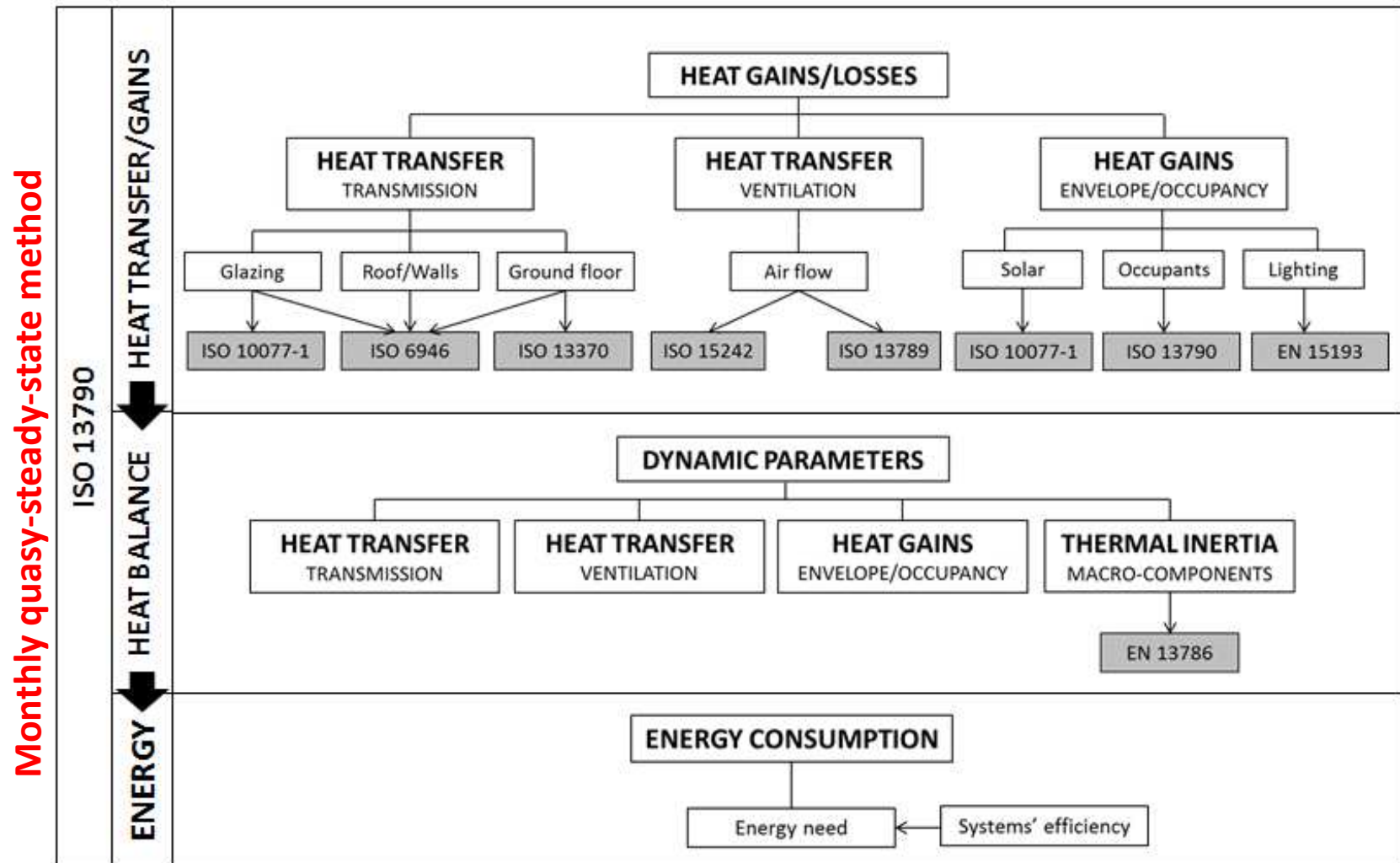
Energibehovet för tappvarmvattensproduktion beräknas enligt **EN 15316-3-1 (2007)**.

ISO 13790 (2008), Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN – European committee for Standardization.

EN 15316-3-1 (2007), Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN – European committee for Standardization.



Beräkningsmetod för energibehov





Algoritm för kvantifiering av energi (bruksskede)

Huvudsakliga indata

BYGGNADENS PLATS → relaterat till klimat (för specifika stads- eller klimatregioner):

- i) lufttemperatur;
- ii) solinstrålning på en yta med en given riktning.

BYGGNADSTYP: t.ex. bostad, kontor, kommersiell eller industriell.

BYGGNADSSKAL baserat på makrokomponenter (t.ex. väggar, golv, tak, bottenvåning, öppningar).

BYGGNADENS DIMENSIONER och RIKTNING (t.ex. längd, bredd, höjd och våningar.

INOMHUSFÖRHÅLLANDEN: börvärden för uppvärmning och kylning, luftflödes hastighet i relation till ventilation.

BYGGNADSSYSTEM för uppvärmning och kylning, och för tappvarmvattensproduktion.

Huvudsakligt utflöde

Energi till uppvärmning och kylning av ett utrymme samt tappvarmvattensproduktion.

Värmebalansen mellan byggnadens centrala konstruktionsdelar (så som väggar, tak och fönster).



Algoritm för kvantifiering av energi (bruksskede)

Huvudsaklig procedur för att beräkna energibehovet för **UPPVÄRMNING**, $Q_{H,nd}$:

1) Värmebalans antar KONTINUERLIG uppvärmning:

a) $Q_{H,ht}$ Total värmeöverföring (via transmission + via ventilation) → (värmeförluster)

b) $Q_{H,gn}$ Totala värmelaster (interna + sol)

c) $\eta_{H,gn}$ Utnyttjandefaktor

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

2) Korrektion för INTERMITTENT uppvärmning:

a) Reduktionsfaktor för intermittent uppvärmning ($a_{H,red}$)

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} Q_{H,nd,cont}$$



Algoritm för kvantifiering av energi (bruksskede)

Huvudsaklig procedur för att beräkna energibehovet för **KYLNING**^{*}, $Q_{C,nd}$:

1) Värmebalans antar KONTINUERLIG kylning:

a) $Q_{C,ht}$ Total värmeöverföring (via transmission + via ventilation)

b) $Q_{C,gn}$ Totala värmelaster (intern + sol)

c) $\eta_{C,ls}$ Utnyttjandegrad för kyla

Jämförelse med
uppvärmningsläget

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

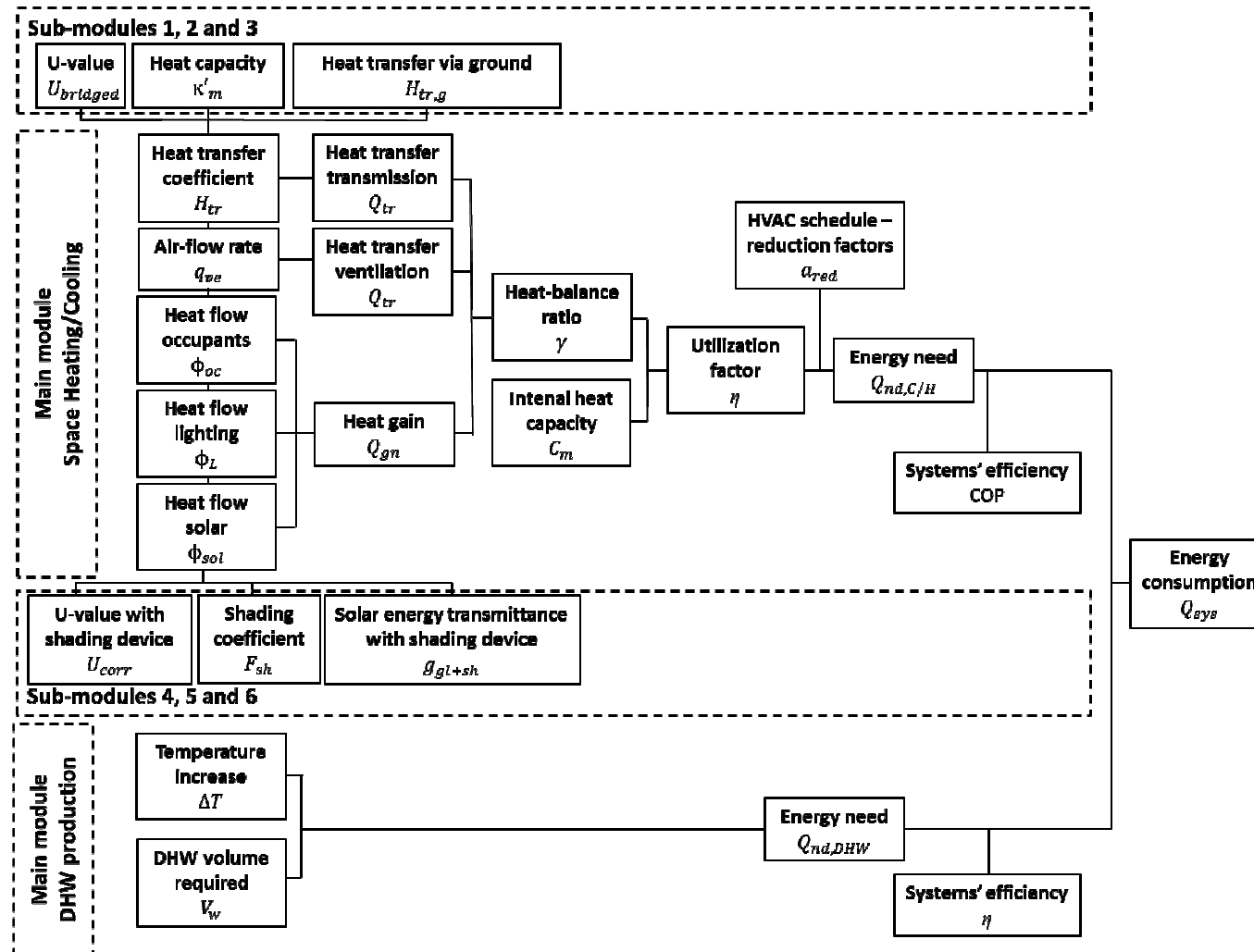
2) Korrektion för INTERMITTENT kylning:

a) Reduktionsfaktor för intermittent kylning

* Liknande angreppssätt som uppvärmning



Algoritm för kvantifiering av energi (bruksskede)





2) Validering av tillämpade metoder

Beräkningen av energibehov

Algoritmen som tillämpas för att förutsäga energibehovet för byggnadens uppvärmning/kylning kalibrerades och dess tillförlitlighet verifierades på olika nivåer ([Santos et al. 2014](#)):

- Referensutrymme ([EN 15265:2007](#));
- Referenslägenhet (anpassad i enlighet [EN 15265:2007](#));
- Fallstudie med bostadshus

P. SANTOS; R. MARTINS; H. GERVÁSIO; L. SIMÕES DA SILVA, "Assessment of building operational energy at early stages of design – A monthly quasi-steady-state approach", *Energy and Buildings* (ISSN: 0378-7788), vol. 79, pp. 58–73, 2014.

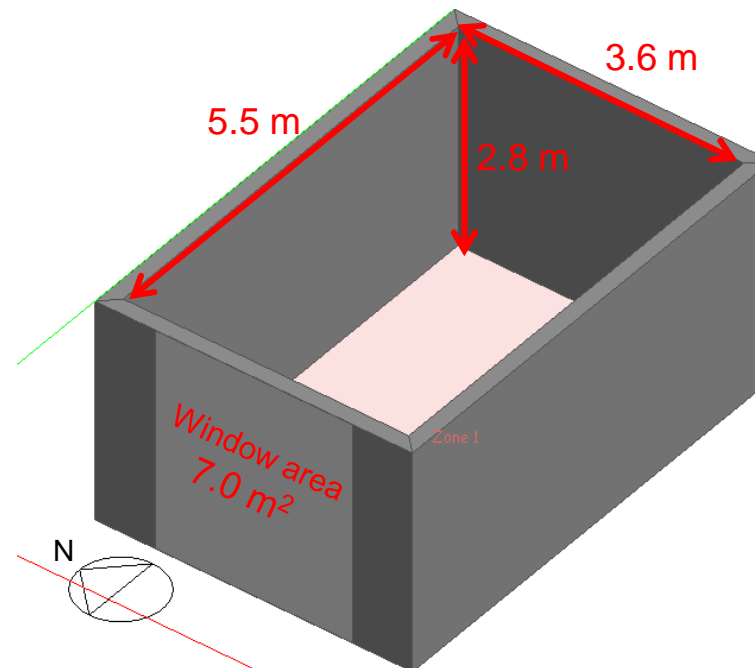
EN 15265 (2007), Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures. CEN - European Committee for Standardization.



Referensutrymme (EN 15265:2007)

Denna standard föreskriver en serie med 12 testfall för ett typrum, t ex kontorsutrymme.

(Informativ)	Test 1 Referensfall Test 2 Större värmetröghet Test 3 Inga interna värmelaster Test 4 Inget solskydd
Intermittent HVAC (Normativ)	Test 5 = Test1 + Test 6 = Test2 + Test 7 = Test3 + Test 8 = Test4 + <div style="text-align: center;">HVAC endast 8h00-18h00 från Måndag till Fredag</div>
Intermittent HVAC + Yttre tak (Normativ)	Test 9 = Test5 + Test 10 = Test6 + Test 11 = Test7 + Test 12 = Test8 + <div style="text-align: center;">Yttre tak</div>

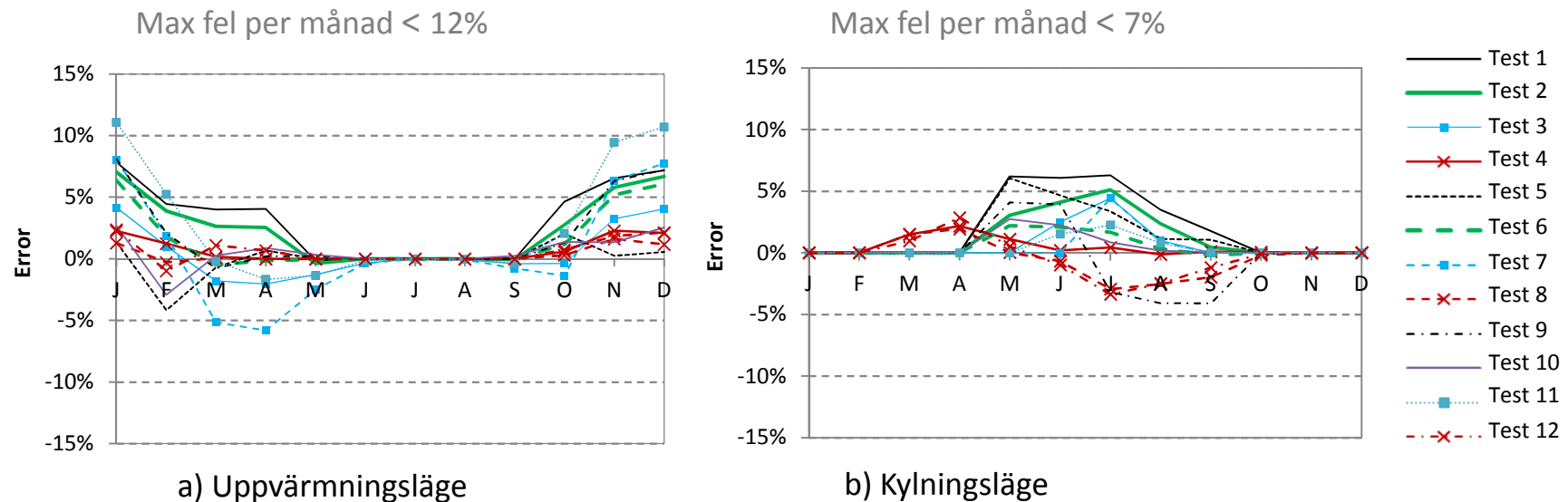


Dessa testfall synliggör påverkan från olika nyckelparametrar för algoritmen i energiberäkningen, så som: skugganordningar, termisk massa, intermittent eller kontinuerligt HVAC-system, interna laster, etc.



Referensutrymme (EN 15265:2007)

Algoritmens precision är beroende av: testfallet, månaden och uppvärmnings- eller kylningsläge.

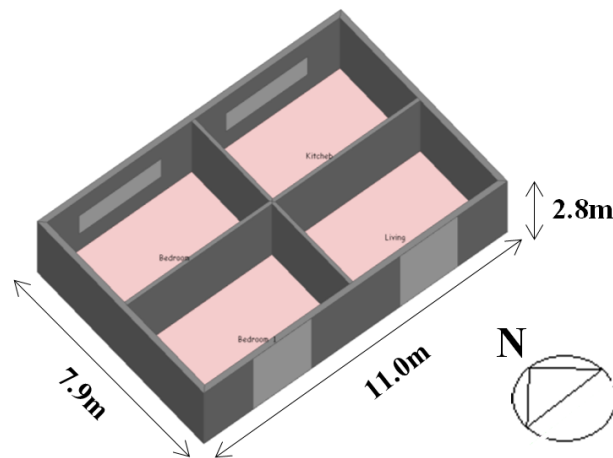


Månatlig precision för uppvärmnings-/kylningsalgoritmen: Tolv testfall från EN 15265:2007.



Referenslägenhet (anpassad från EN 15265:2007)

Eftersom den månatliga algoritmen har som mål att förutsäga energibehovet för hela byggnader istället för att endast fokusera på ett utrymme, som fallet är i EN 15265 (2007), är alla kalibreringar utförda med ett nytt set av testfall baserat på de typiska byggnadsegenskaperna (lägenhet) som illustreras här.



a) Byggnadsmodell (innerdimensioner)

Inslag	U-värde [W/m ² .K]	κ_m [J/m ² .K]
Yttre vägg	0.493	81297
Inre vägg	-	9146
Tak	0.243	6697
Bottenvåning	-	63380

κ_m Arealens värmekapacitet

b) Termiska egenskaper hos skalet

Testfall	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Skugganordning
T1	35	36	54	PÅ
T2				AV
T3	25	20	40	PÅ
T4				AV
T5	15	12	24	PÅ
T6				AV

GFR: Förhållande mellan glas och golv; NGWR: Nordligt riktat förhållande glas och golv;
SGWR: south-oriented glazed to wall ratio.

c) Testfallets huvudsakliga variabler

Referensbyggnad använd för att kalibrera korrektionsfaktorer







Fallstudie med bostadshus

Bostadshus med två våningar och stomme uppbyggd av tunnplåtsreglar (LSF) i Coimbra.



Syd-västlig vy

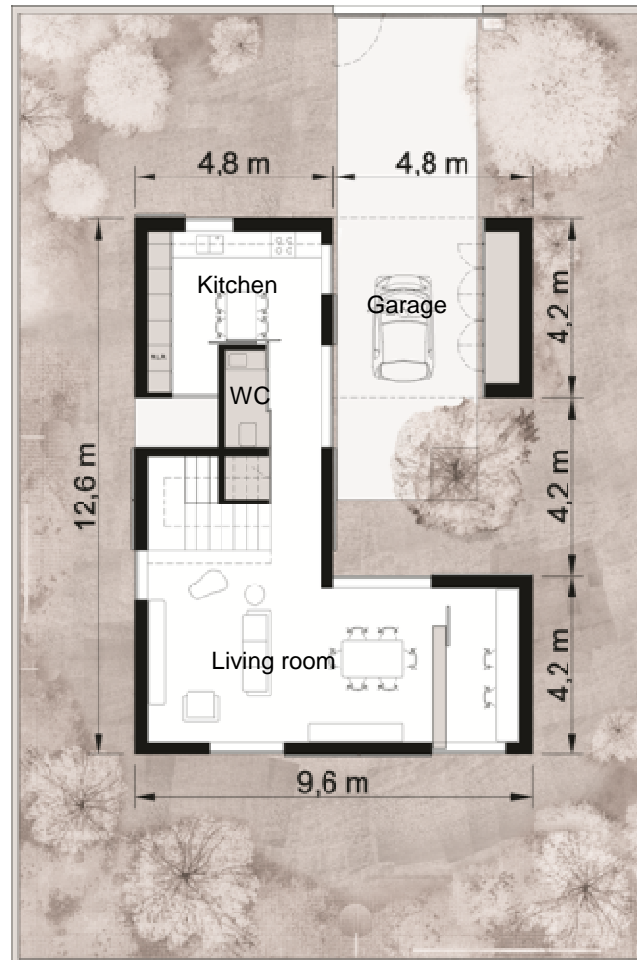
Nord-västlig vy



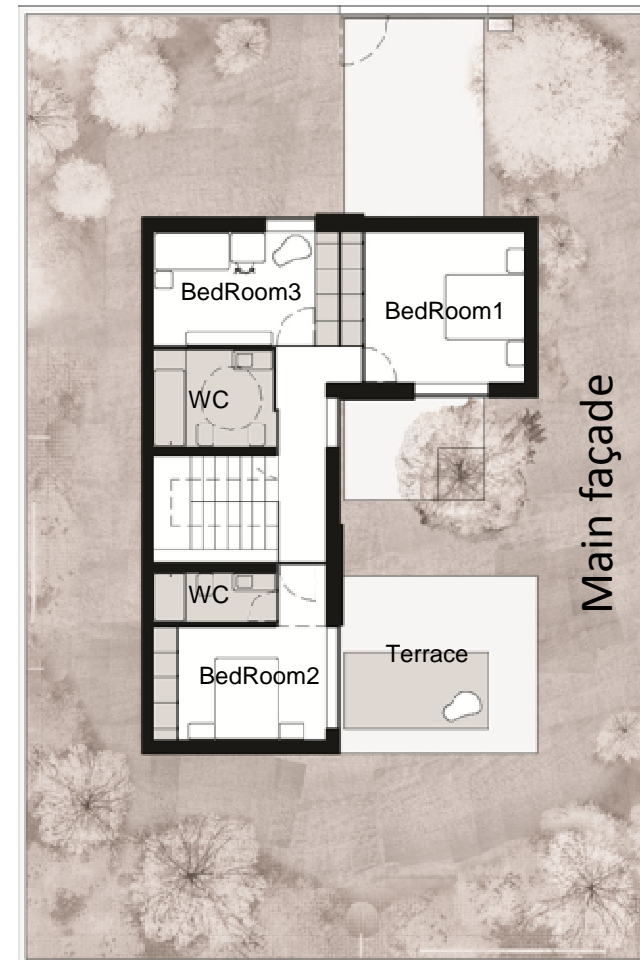


Fallstudie med bostadshus

Ground-floor level



First-floor level



Main façade

Byggnadens
planlösningar



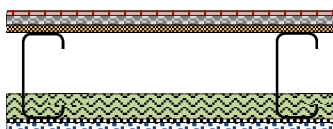
Fallstudie med bostadshus

Klimatskal:

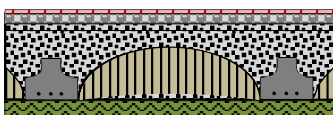
Takbjälklag



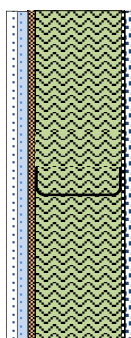
Mellanbjälklag



Bottenbjälklag



Yttervägg



Innervägg



Termiska egenskaper:

Inslag	U-värde [W/m ² .K]	κ_m [J/m ² .K]
Takbjälklag	0.37	13435
Mellanbjälklag	-	61062
Bottenbjälklag	0.60	65957
Yttervägg	0.29	13391
Innervägg	-	26782

Skal med glas:

Termiska egenskaper:

Material	U-värde [W/m ² .K]	SHGC
PVC-ram och dubbel panel (8+6 mm, med en luftficka på 14 mm)	2.60	0.78

SHGC – koefficient för solvärmelaster

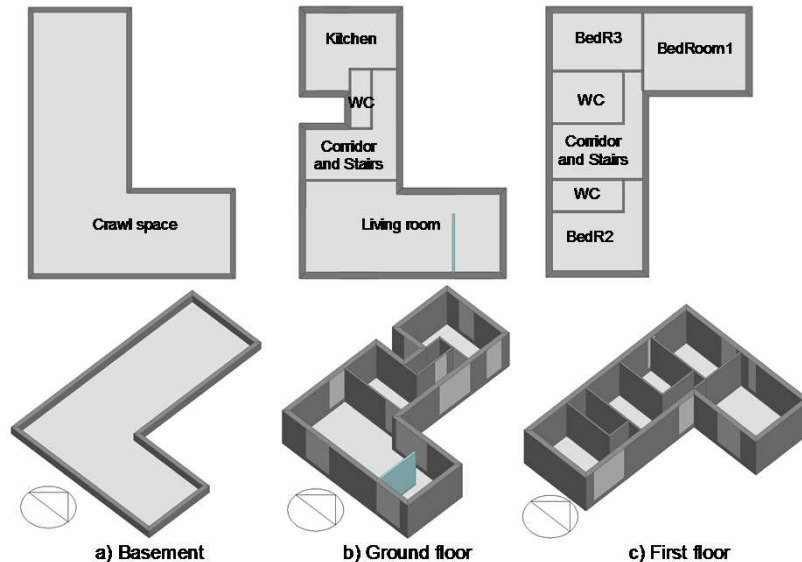


Fallstudie med bostadshus

Referensresultaten för denna byggnad hämtades från olika dynamiska simuleringar.

Tools:  **DesignBuilder** SOFTWARE  **EnergyPlus**

Denna modell sattes samman med 10 termiska zoner



Våningarnas planlösning



Omloppsvy av DsB-modellen

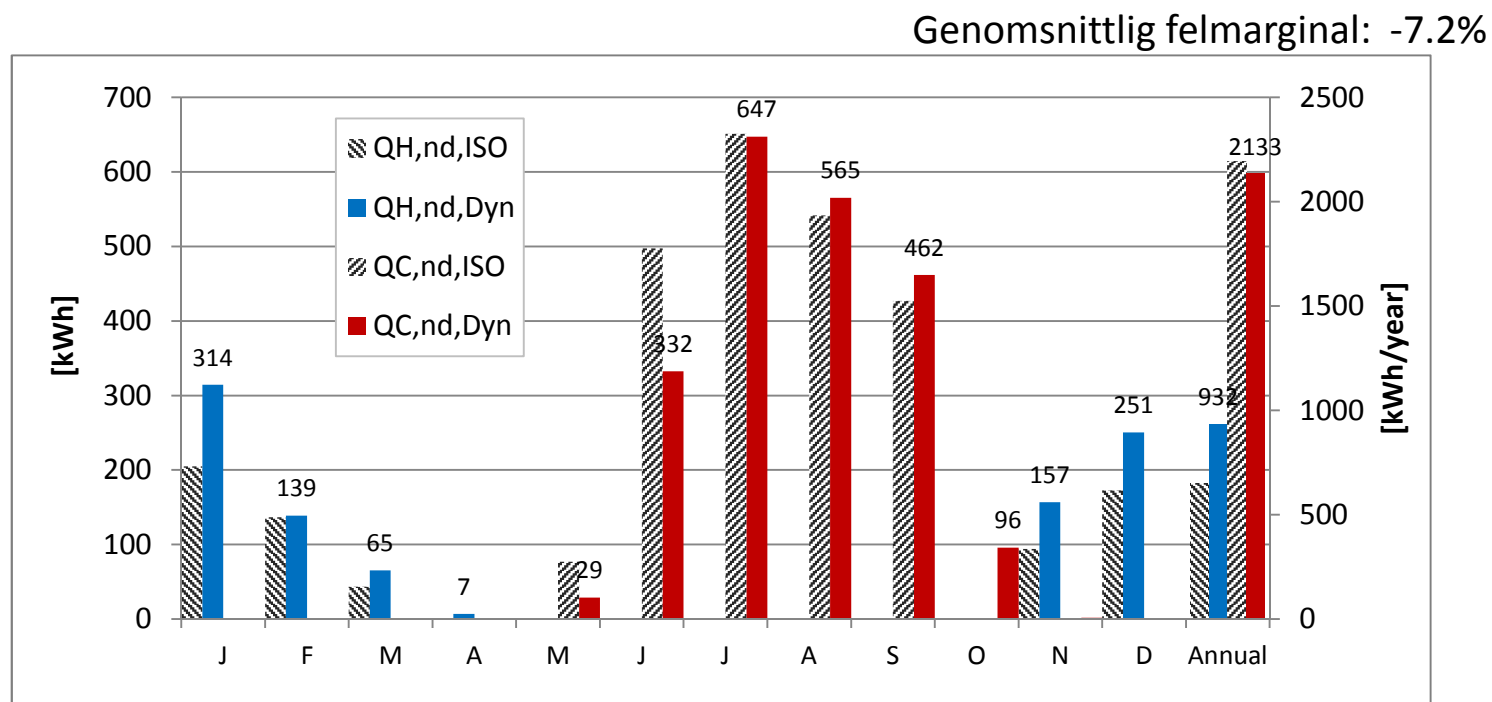


Skuggförhållande den 10e Aug.



Fallstudie med bostadshus

Resultat:



Byggnadens energibehov för uppvärmning och kylning:
dynamiska simulationer (Dyn) vs månatlig algorithm (ISO)



3) Slutliga kommentarer

- Analysen av inbyggd och operativ energi är väsentlig för utförandet av en livscykelanalys.
- Det är inte lätt att exakt förutsäga en byggnads operativa energi eftersom den beror på så många parametrar.
- En förenklad algoritm användes för att kvantifiera energibehovet för uppvärmning/kylning, och för kvantifieringen av tappvarmvattensproduktion, med referens till vissa internationella standarder.
- Den månatliga quasi-steady-state-metoden hämtades ISO 13790 och metoden verifierades genom jämförelse med avancerade dynamiska simuleringar.
- Jämförelse av resultaten leder till slutsatsen att metodens exakthet är tillfredsställande (genomsnittligt felvärde $< 10\%$).