



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ, ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου, *Πολυτεχνείο Κρήτης*

Ιωάννης Σκιάς, M.Sc, *SKIAS engineering T.O.*

Επ. Καθ. Διονυσία Κολοκοτσά, *Πολυτεχνείο Κρήτης*

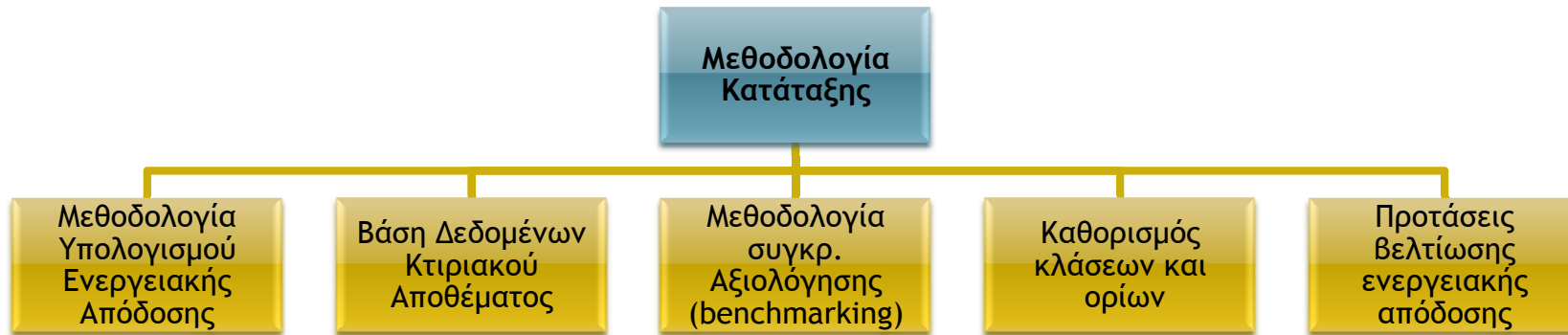
Καθ. Γεώργιος Σταυρακάκης, *Πολυτεχνείο Κρήτης*



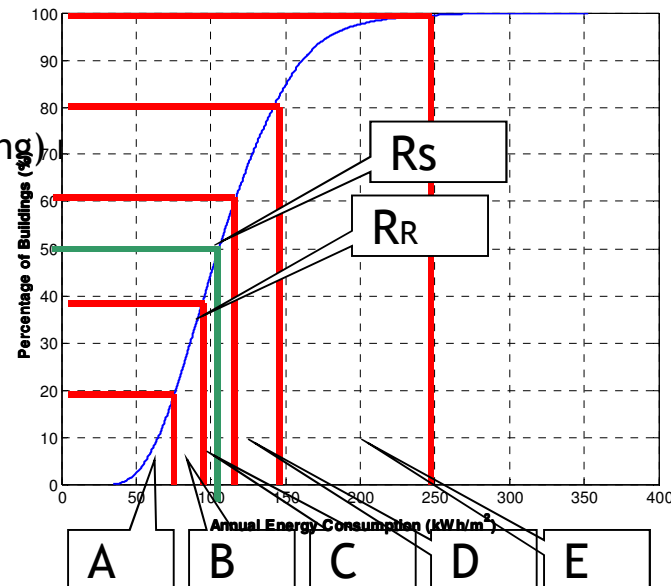
ΕΙΣΑΓΩΓΗ: STATE-OF-THE-ART



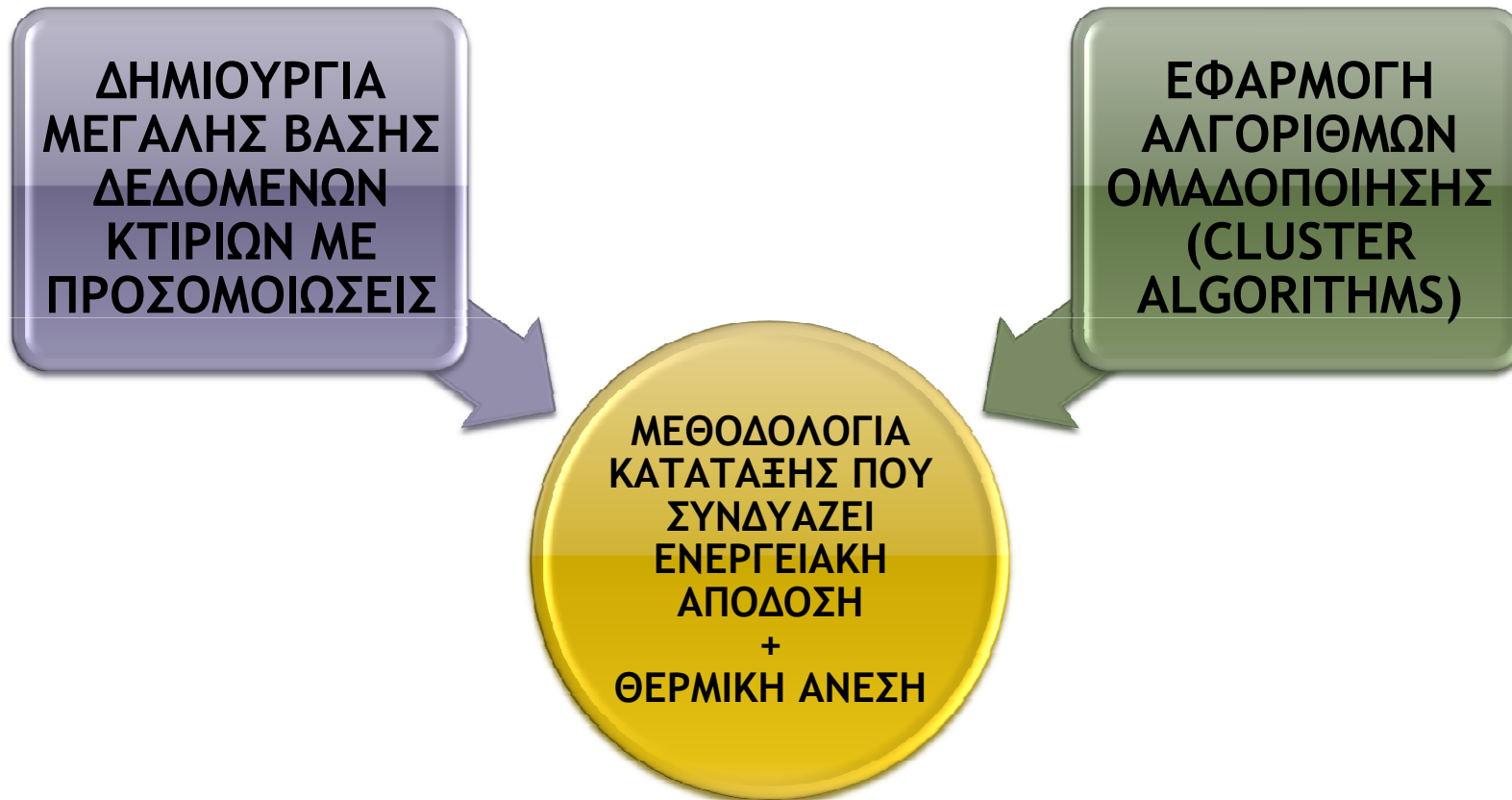
15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



- Μεθοδολογίες υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
 - εργαλεία (ESP-r, Energy Plus, DOE II, TRNSYS, πρόγραμμα του ΤΕΕ για KENAK)
- Βάσεις κτιριακών δεδομένων:
 - Μόνο από ενεργειακές επιθεωρήσεις
- Μεθοδολογία συγκριτικής αξιολόγησης (benchmarking)
 - Διαμέριση ίσων συχνотήτων (EFD)
 - Με βάση το κτίριο αναφοράς (CEN)
 - Με εφαρμογή fuzzy clustering



ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ VIRTUAL BUILDING DATASET (VBD)

- ◎ Φιλοσοφία Εικονικής Βάσης Δεδομένων (VIRTUAL BUILDING DATASET - VBD) κτιρίων γραφείων:
 - Βασίζεται στη δημιουργία και προσομοίωση «τυχαίων» κτιρίων γραφείων.
 - Ο όρος «τυχαίο» αναφέρεται στην τυχαία επιλογή (ομοιόμορφη κατανομή) όλων των παραμέτρων που καθορίζουν την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.
 - Τα τυχαία κτίρια υπακούουν στα κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των κτιρίων γραφείων στην Ελλάδα.
- ◎ Δημιουργία VBD με συνεργασία TRNSYS και MATLAB:
 - Το TRNSYS αποτελεί τον πυρήνα της διαδικασίας (μοντελοποίηση και προσομοίωση των κτιρίων)
 - Το MATLAB χρησιμοποιείται για τις περιφερειακές διαδικασίες (δημιουργία των input files, συλλογή και αποθήκευση των αποτελεσμάτων, κ.α.)
- ◎ Η VBD περιλαμβάνει:
 - Όλα τα κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του κάθε κτιρίου.
 - Την ετήσια ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση και ψύξη ανά m^2 θερμαινόμενου χώρου ($kWh/m^2/y$).
 - Τον δείκτη PMV (%) (σύμφωνα με το Πρότυπο CEN EN1525): το ποσοστό του χρόνου από το χρόνο λειτουργίας του κτιρίου όπου το PMV παίρνει τιμές $-0.7 < PMV < +0.7$.



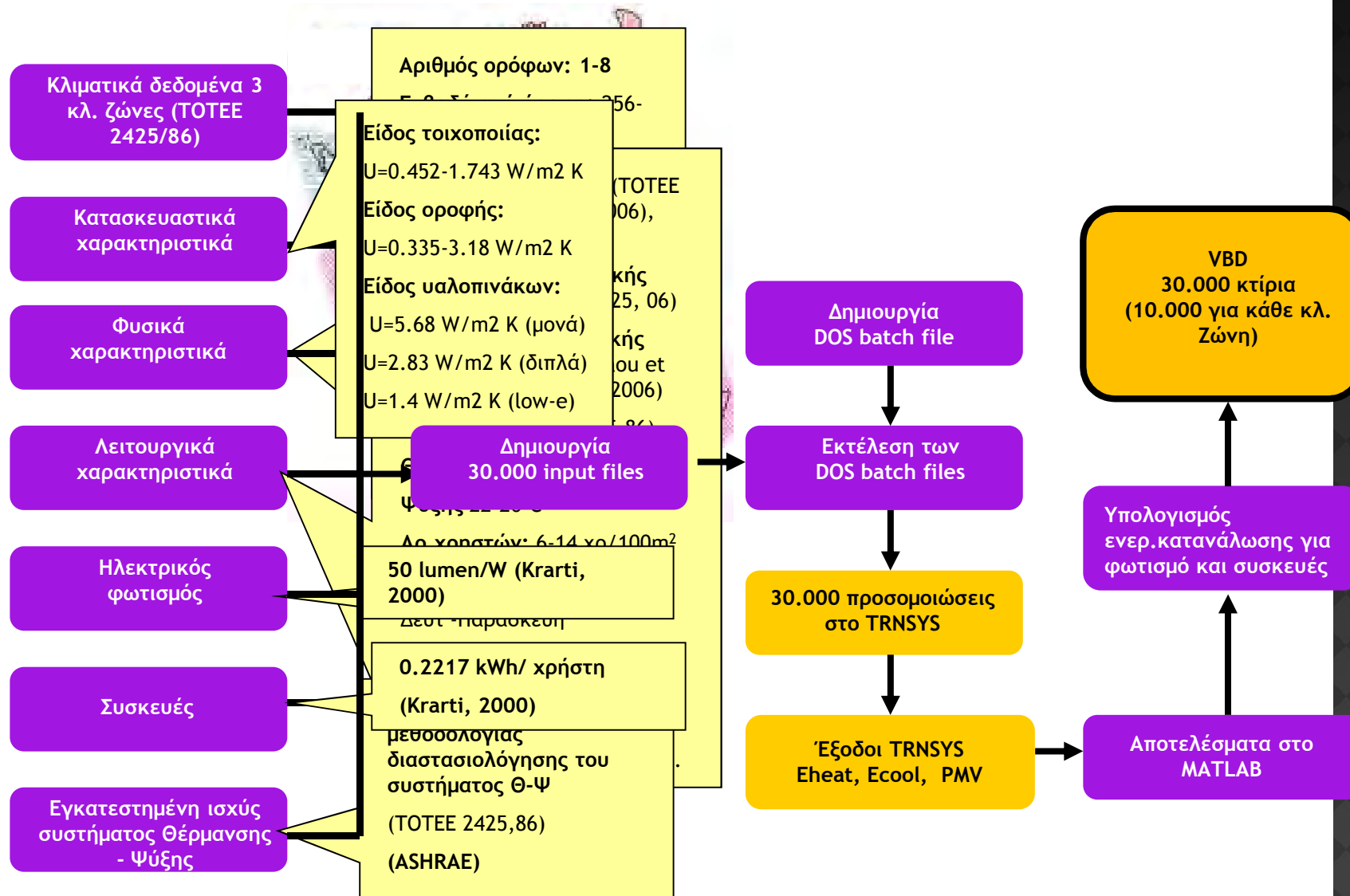
15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



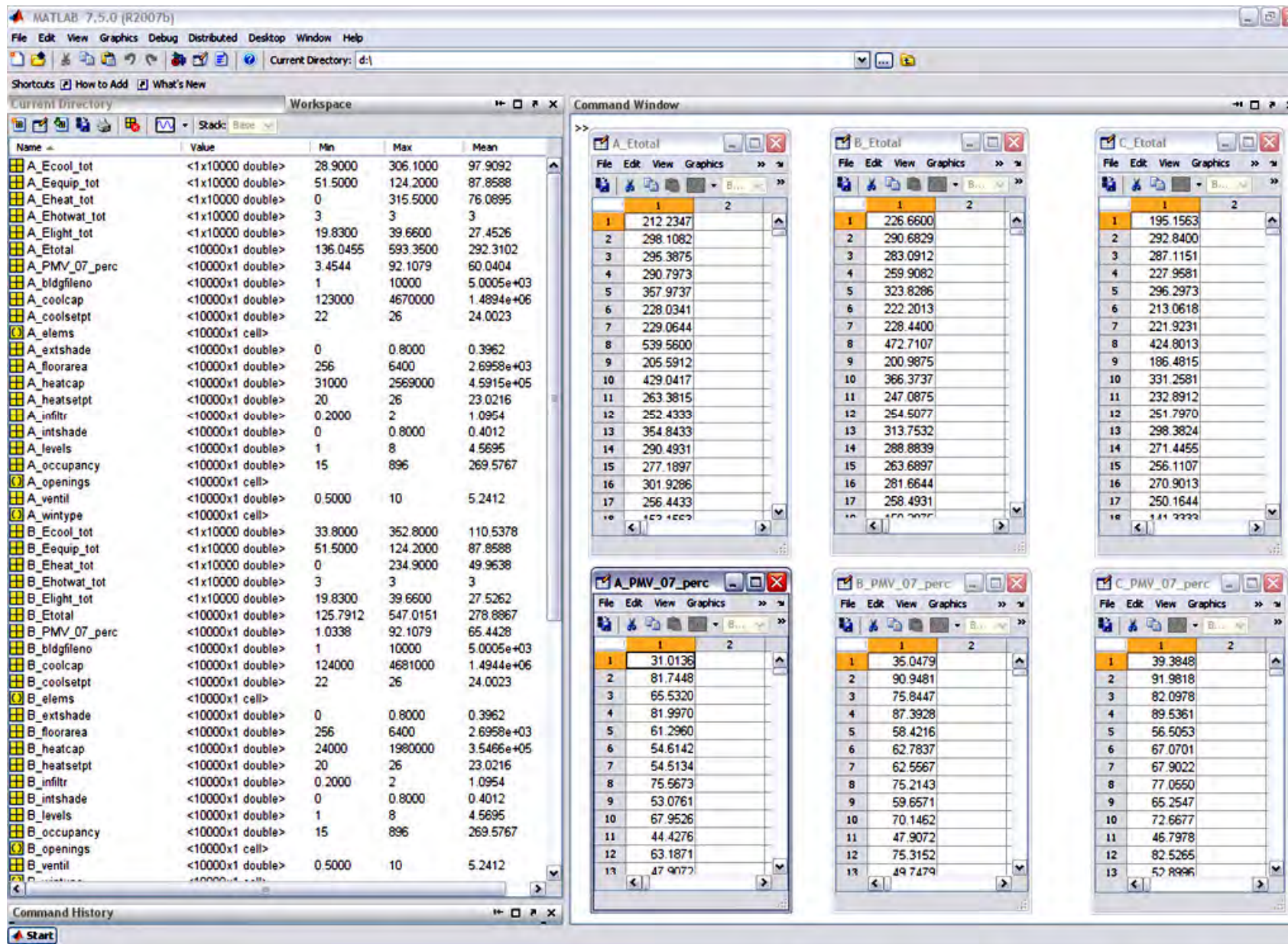
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ VBD



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



Η VBD ΣΤΟ MATLAB



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



H VBD ΣΤΟ EXCEL

Microsoft Excel - results_A.dat

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help | XML Tools

Type a question for help

77%

Go to Office Live Open Save

Anal

CLIMATIC ZONE A

FILE NO.	LEVELS	ELEMENTS	FLOOR AREA	OPENINGS	WINTYPE	OCCUPANTS/LEVEL	INFILTRATION	VENTILATION	INT SHADE	EXT SHADE	HEATING CAP.	COOLING CAP.	HEATING SET	COOLING SET	E_HEAT	E_COOLE	E_LIGHT	E_EQUIP	E_HOTWAT	E_TOTAL	IPMV	≤0.7
1	2	33	5929.0	1100	3	593	0.2	8.3	0.4	0.5	367000.0	2891000.0	25	26	41.0	60.1	20.2	87.9	3.0	212.2	31.0	
2	2	22	3969.0	0110	2	556	0.3	3.9	0.7	0.0	411000.0	2112000.0	20	23	21.7	117.7	32.5	123.2	3.0	298.1	81.7	
3	5	22	784.0	1011	3	78	1.9	4.9	0.3	0.7	105000.0	405000.0	23	23	71.0	109.1	24.8	87.5	3.0	295.4	65.5	
4	7	11	3481.0	1010	3	348	1.5	4.6	0.2	0.2	1293000.0	2447000.0	21	25	107.1	66.0	26.8	87.9	3.0	290.8	82.0	
5	5	11	1225.0	1010	3	159	1.3	5.2	0.7	0.7	492000.0	898000.0	24	26	145.5	74.5	20.9	114.1	3.0	358.0	61.3	
6	3	22	3364.0	1101	3	269	1.7	5.9	0.3	0.6	331000.0	1645000.0	23	24	60.0	72.2	22.5	70.3	3.0	228.0	54.6	
7	5	43	3721.0	0110	3	260	2.0	3.1	0.2	0.7	227000.0	1731000.0	25	22	42.4	95.1	27.2	61.4	3.0	229.1	54.5	
8	8	11	266.0	1101	1	26	0.3	9.9	0.5	0.3	172000.0	202000.0	23	23	231.4	176.2	39.7	89.3	3.0	539.6	75.6	
9	2	33	1936.0	1001	2	136	0.9	7.9	0.5	0.4	167000.0	917000.0	23	25	53.4	65.6	21.8	61.8	3.0	205.6	53.1	
10	5	11	361.0	1110	3	22	1.6	9.7	0.8	0.6	172000.0	253000.0	23	24	225.6	119.3	27.5	53.6	3.0	429.0	68.0	
11	6	22	841.0	0110	2	101	0.7	4.7	0.7	0.5	132000.0	448000.0	21	26	49.7	80.6	24.5	105.6	3.0	263.4	44.4	
12	2	11	3136.0	0011	2	345	1.0	0.9	0.0	0.3	1209000.0	2279000.0	20	23	37.1	93.6	22.0	96.7	3.0	252.4	63.2	
13	1	11	3600.0	0011	1	216	0.5	6.1	0.0	0.3	1438000.0	2496000.0	24	25	210.3	88.4	20.4	52.7	3.0	354.8	47.9	
14	1	22	3721.0	1110	1	447	1.5	7.4	0.4	0.4	477000.0	1958000.0	20	24	61.6	97.5	22.8	105.6	3.0	290.5	51.4	
15	8	22	3844.0	0011	1	500	1.8	2.7	0.2	0.0	558000.0	2074000.0	20	25	45.3	80.3	34.2	114.4	3.0	277.2	54.4	
16	7	11	784.0	0111	2	71	0.8	4.0	0.3	0.5	378000.0	569000.0	20	22	65.4	125.6	28.3	79.6	3.0	301.9	78.3	
17	7	43	2025.0	1011	3	162	1.4	9.7	0.5	0.7	149000.0	962000.0	20	22	40.1	122.6	20.4	70.3	3.0	256.4	49.1	
18	4	43	4761.0	1001	2	333	0.5	2.3	0.3	0.7	329000.0	2231000.0	23	26	31.2	36.8	20.7	61.5	3.0	153.2	58.5	
19	4	22	2025.0	1110	1	162	0.3	7.1	0.5	0.6	380000.0	1035000.0	23	24	105.3	74.3	28.3	70.3	3.0	281.2	61.9	
20	6	33	784.0	0011	2	94	1.6	9.2	0.7	0.3	80000.0	404000.0	24	25	69.9	102.4	20.9	105.4	3.0	301.6	42.6	
21	8	39	784.0	0011	2	110	0.6	6.7	0.3	0.5	93000.0	119000.0	24	23	55.2	152.5	36.1	123.3	3.0	372.1	71.0	
22	6	43	1764.0	1110	2	194	1.5	5.4	0.6	0.4	176000.0	886000.0	21	25	46.8	76.5	29.6	96.7	3.0	252.6	59.5	
23	7	33	6241.0	1100	2	562	0.5	5.9	0.7	0.5	364000.0	2995000.0	26	26	40.3	49.6	21.8	79.2	3.0	193.9	39.5	
24	3	33	361.0	1011	1	40	1.5	9.6	0.6	0.6	105000.0	201000.0	23	25	153.6	110.9	39.7	97.4	3.0	404.6	43.7	
25	1	43	4624.0	0110	1	601	1.1	7.5	0.3	0.8	385000.0	2384000.0	20	24	39.8	97.2	34.8	114.3	3.0	289.1	53.5	
26	7	22	1156.0	1010	2	116	1.0	5.8	0.5	0.1	142000.0	593000.0	26	25	77.5	87.0	33.0	88.2	3.0	288.8	34.9	
27	7	33	4489.0	0111	2	449	0.3	1.3	0.2	0.3	332000.0	2213000.0	23	26	6.0	66.8	33.0	87.9	3.0	196.8	56.5	
28	3	22	2916.0	0011	3	408	1.3	0.8	0.6	0.5	267000.0	1549000.0	24	22	23.0	153.5	24.8	123.0	3.0	327.3	89.9	
29	4	11	1849.0	0101	2	259	0.5	8.8	0.6	0.4	753000.0	1370000.0	24	26	184.1	85.8	31.5	123.1	3.0	427.5	55.9	
30	2	22	3249.0	1011	2	325	1.3	1.2	0.3	0.5	366000.0	1650000.0	21	25	31.2	60.3	33.0	87.9	3.0	215.4	76.8	
31	5	33	961.0	1100	3	86	0.9	3.4	0.3	0.2	88000.0	470000.0	22	24	35.0	87.9	39.7	78.7	3.0	244.3	78.4	
32	3	11	3844.0	1110	1	423	1.5	3.2	0.2	0.6	1582000.0	2771000.0	25	26	157.0	57.0	22.5	96.7	3.0	336.2	67.9	
33	8	22	2116.0	1001	1	190	1.1	7.3	0.5	0.4	311000.0	1080000.0	23	22	86.9	122.9	27.5	78.9	3.0	319.2	57.7	
34	3	22	1936.0	0101	3	213	0.2	6.2	0.7	0.6	209000.0	991000.0	21	25	46.0	76.8	20.4	96.7	3.0	242.9	66.7	
35	8	33	2401.0	1011	1	336	0.8	1.0	0.6	0.7	303000.0	1284000.0	22	23	14.5	102.6	27.2	123.0	3.0	270.3	88.7	
36	2	43	5776.0	1010	1	578	0.3	8.6	0.4	0.3	484000.0	2849000.0	22	26	47.3	60.2	27.9	88.0	3.0	226.4	33.4	
37	1	11	1600.0	1111	1	160	0.4	7.8	0.3	0.7	789000.0	1178000.0	20	24	171.6	105.1	21.3	87.9	3.0	388.9	37.5	
38	3	43	5929.0	0111	1	830	0.3	3.0	0.8	0.2	444000.0	3082000.0	23	23	22.9	108.1	26.1	123.1	3.0	283.2	87.2	
39	8	43	3481.0	1010	1	209	0.7	8.3	0.8	0.0	265000.0	1606000.0	25	25	55.1	57.9	33.0	52.8	3.0	201.9	51.1	
40	2	43	2704.0	1011	2	189	1.3	6.2	0.5	0.1	266000.0	1282000.0	24	22	63.1	117.3	23.6	61.4	3.0	268.4	56.8	
41	5	33	2601.0	1010	1	208	1.6	3.4	0.7	0.5	288000.0	1264000.0	20	22	49.7	84.6	21.6	70.3	3.0	229.2	54.0	
42	2	33	255.0	1100	2	26	0.3	2.3	0.3	0.2	49000.0	134000.0	25	23	13.6	255.1	38.9	89.3	3.0	399.9	36.0	
43	8	33	3249.0	0110	3	227	1.7	9.1	0.1	0.1	228000.0	1523000.0	25	25	51.3	69.7	23.6	61.4	3.0	209.0	49.4	
44	7	33	3364.0	0101	2	235	0.3	1.3	0.7	0.3	233000.0	1575000.0	23	26	13.6	45.2	28.7	61.4	3.0	151.9	62.8	
45	7	33	900.0	0101	3	81	1.2	2.2	0.4	0.3	85000.0	442000.0	24	25	38.2	78.5	21.6	79.1	3.0	220.4	67.2	
46	2	11	6084.0	0011	1	791	0.2	5.4	0.2	0.6	2371000.0	4441000.0	21	26	102.3	71.9	26.4	114.3	3.0	317.9	48.2	
47	5	43	576.0	0110	2	58	0.5	1.8	0.4	0.6	67000.0	289000.0	22	23	7.7	128.4	23.1	88.5	3.0	250.7	91.8	
48	7	33	1156.0	1011	2	92	1.4	6.8	0.1	0.0	168000.0	578000.0	21	22	70.4	137.7	27.9	70.0	3.0	309.0	61.5	
49	7	11	400.0	1111	2	32	0.9	0.6	0.7	0.7	225000.0	291000.0	21	24	23.2	99.1	30.5	70.3	3.0	226.1	78.6	
50	5	22	676.0	1010	2	95	1.6	1.9	0.7	0.2	117000.0	373000.0	24	25	49.4	110.0	33.6	123.5	3.0	319.5	65.9	
51	4	22	4356.0	1100	1	261	1.6	5.4	0.2	0.1	490000.0	2086000.0	21	24	61.5	61.7	33.6	52.7	3.0	212.5	53.5	
52	1	43	1764.0	0111	1	123	1.8	3.6	0.6	0.3	233000.0	853000.0	22	24	69.1	68.5	23.6	61.3	3.0	225.5	59.2	
53	5	33	729.0	1111	3	87	1.0	1.3	0.7	0.2	115000.0	377000.0	23	22	14.4	187.7	30.5	104.9	3.0	340.5	90.8	
54	8	43	1296.0	1101	2	143	1.3	6.8	0.5	0.5	171000.0	664000.0	23	25	71.5	85.1	25.8	97.0	3.0	282.4	56.4	
55	5	43	2401.0	0101	2	168	0.7	8.1	0.5	0.0	174000.0	1126000.0	23	24	44.9	80.5	34.8	61.5	3.0	224.7	54.5	
56	3	11	5476.0	1100	3	602	1.4	7.8	0.1	0.0	2006000.0	3878000.0	23	22	178.0	142.6	23.3	96.6	3.0	443.5	73.7	
57	2	43	2025.0	0011	3	243	1.8	7.7	0.3	0.3	127000.0	1020000.0	23	24	37.9	101.8	28.7	105.5	3.0	276.9	54.3	
58	7	22	4225.0	1001	1	465	1.4	6.9	0.8	0.6	466000.0	2170000.0	25	26	72.5	57.6	21.3	96.8	3.0	251.2	42.8	
59	5	33	6400.0	1001	2	448	0.4	2.6	0.1	0.1	403000.0	2998000.0	23	25	28.6	47.0	21.3	61.5	3.0	161.4	75.2	
60	2	43	1156.0	1111	2	127	0.8	2.7	0.3	0.2	176000.0	600000.0	24	26	49.5	85.8	24.8	96.6	3.0	259.7	48.1	
61	5	11	1444.0	0111	2	144	1.9	2.7	0.4	0.4	604000.0	1033000.0	25	22	143.3	135.5	26.4	87.7	3.0	395.9	89.2	

results_A/

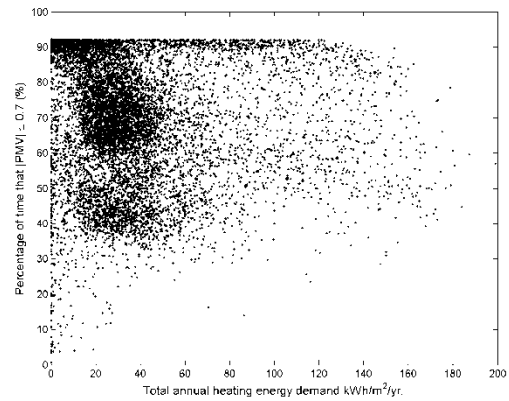
Ready



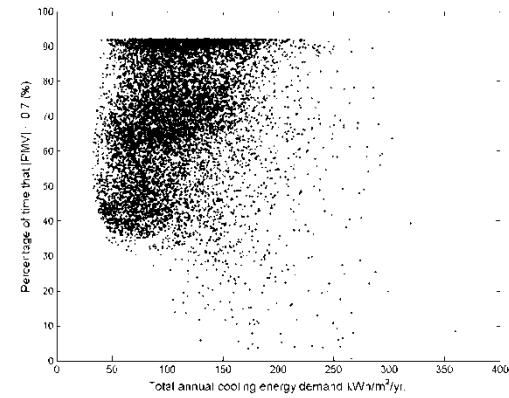
15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ VS ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

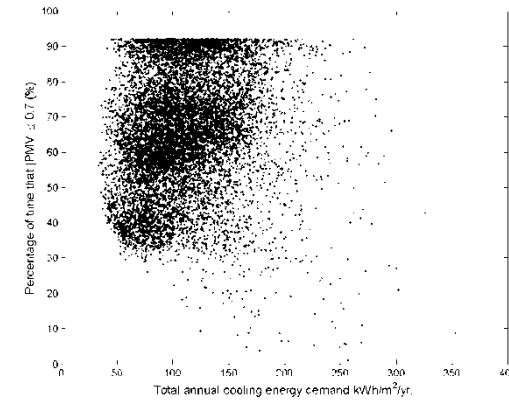
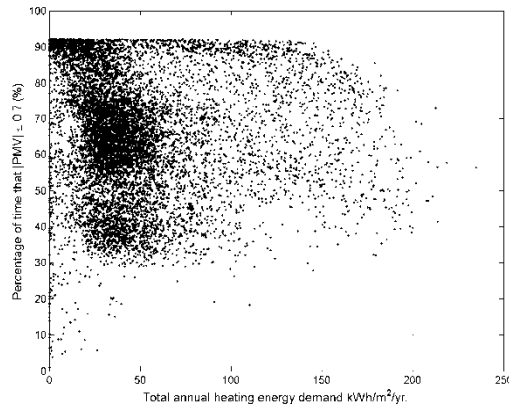
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ VS ΔΕΙΚΤΗΣ PMV



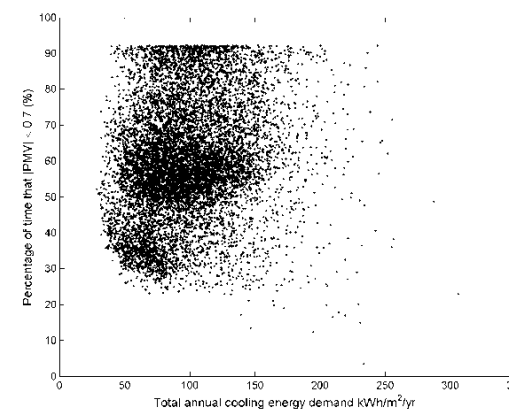
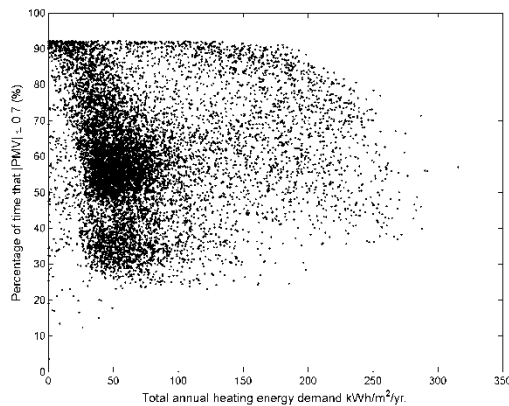
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΓΙΑ ΨΥΞΗ VS ΔΕΙΚΤΗΣ PMV



ΚΛ. ΖΩΝΗ Α



ΚΛ. ΖΩΝΗ Β



ΚΛ. ΖΩΝΗ Γ



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ VBD

- ◎ Η VBD αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του κτιριακού αποθέματος στην Ελλάδα, το οποίο μπορεί να γενικευτεί:
 - Σε επίπεδο είδος κτιρίου (νοσοκομεία, σχολεία, κατοικίες κ.α.).
 - Σε επίπεδο χώρας (αλλάζοντας κλιματικά δεδομένα και κατασκευαστικά στοιχεία).
- ◎ Η μέθοδος μπορεί να αντικαταστήσει τη χρονοβόρα διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων για συλλογή κτιριακών δεδομένων.
- ◎ Βασικό πλεονέκτημα της VBD είναι η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα με βάση:
 - Το μέγεθος της VBD.
 - Τα κλιματικά δεδομένα.
 - Τη χώρα και τη νομοθεσία που διέπει την κατασκευή και λειτουργία κτιρίων.
 - Την κατηγορία των κτιρίων (γραφεία, σχολεία, νοσοκομεία, κατοικίες).
- ◎ Η VBD μπορεί να επικαιροποιείται:
 - Με προσθήκη νέων υλικών και τεχνολογιών στην βιβλιοθήκη της.
 - Με ενσωμάτωση νέων μεθοδολογιών εξοικονόμησης ενέργειας (π.χ. BEMS).
- ◎ Η εγκυρότητα της VBD εξαρτάται από την ακρίβεια επιλογής των παραμέτρων.



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010

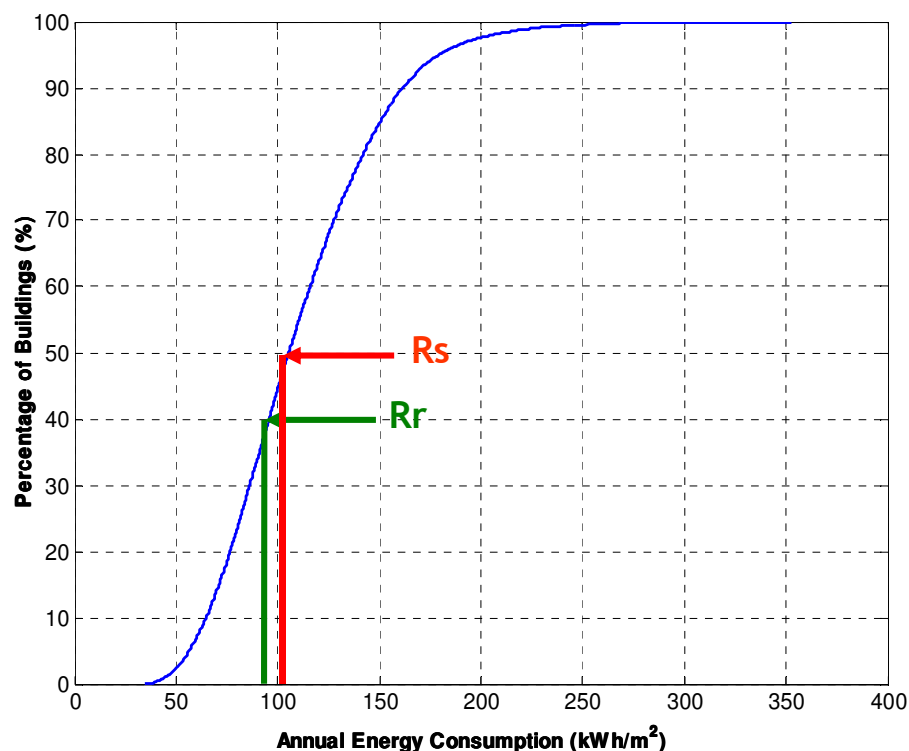
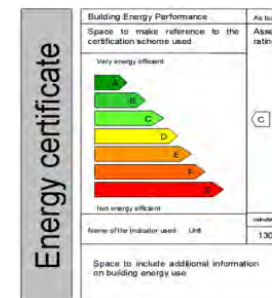


SKIAS
engineering

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ CEN ΣΤΗ VBD

EN ISO 15217- ANNEX B

- **Rs**: Δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης κτιριακού αποθέματος (Building stock reference/benchmark).
- **Rr**: Δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς κανονισμού. (Energy performance regulation reference/benchmark).
- **EP**: Ενεργειακή απόδοση (kWh/m²/yr).



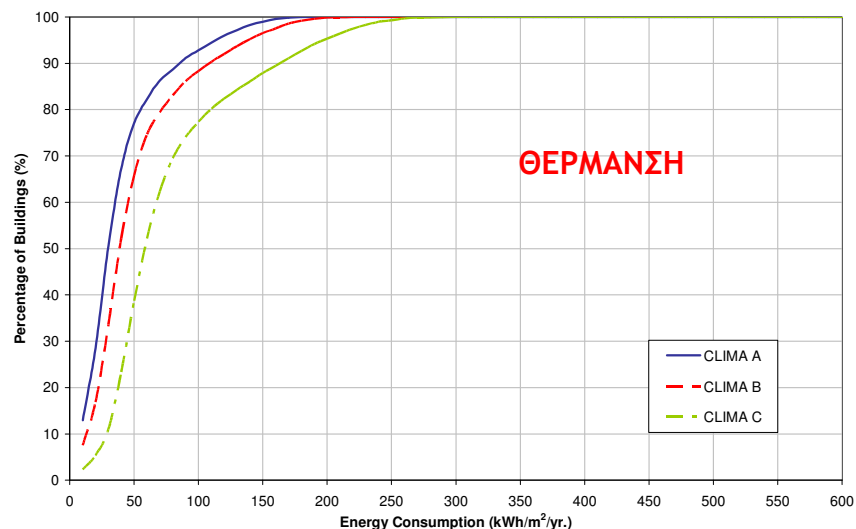
Αν $EP/R_r \leq 1$, τότε $C = EP/R_r$
Αν $1 \leq EP/R_s$, τότε $C = 1 + EP/R_s$
Στις άλλες περιπτώσεις
 $C = 1 + (EP - R_r) / (R_s - R_r)$

Class	
A	$C < 0.5$
B	$0.5 \leq C < 1$
C	$1 \leq C < 1.5$
D	$1.5 \leq C < 2$
E	$2 \leq C < 2.5$
F	$2.5 \leq C < 3$
G	$3 \leq C$

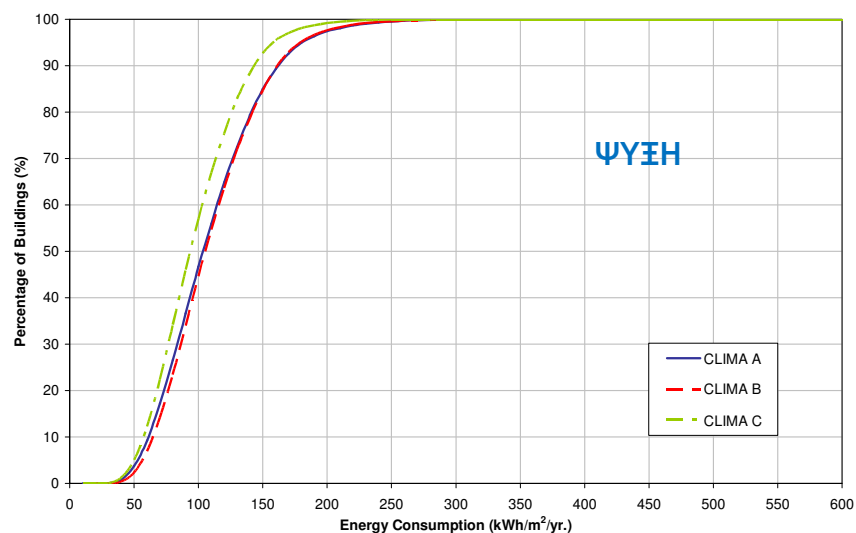
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - BENCHMARKS



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



ΘΕΡΜΑΝΣΗ	Κλιματικές ζώνες		
	A	B	C
Building Stock Reference R_{s-h} (σε kWh/m ² /y)	30	39	58
Building Regulation Reference R_{r-h} (σε kWh/m ² /y)	22	29	44



ΨΥΞΗ	Κλιματικές ζώνες		
	A	B	C
Building Stock Reference R_{s-c} (σε kWh/m ² /y)	104	105	94
Building Regulation Reference R_{r-c} (σε kWh/m ² /y)	78	79	70



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΡΙΑ

	Energy Demand for Heating (EH) kWh/m ² /year		
Energy Classes	Clim. Zone A	Clim. Zone B	Clim. Zone C
A	EH<11	EH<15	EH<22
B	11≤EH<22	15≤EH<29	22≤EH<44
C	22≤EH<26	29≤EH<34	44≤EH<51
D	26≤EH<30	34≤EH<39	51≤EH<58
E	30≤EH<45	39≤EH<58	58≤EH<87
F	45≤EH<59	58≤EH<78	87≤EH<116
G	59≤EH	78≤EH	116≤EH

	Energy Demand for Cooling (EC) kWh/m ² /year		
Energy Classes	Clim. Zone A	Clim. Zone B	Clim. Zone C
A	EC<39	EC<39	EC<35
B	39≤EC<78	39≤EC<79	35≤EC<70
C	78≤EC<91	79≤EC<92	70≤EC<82
D	91≤EC<104	92≤EC<105	82≤EC<94
E	104≤EC<156	105≤EC<158	94≤EC<140
F	156≤EC<207	158≤EC<211	140≤EC<187
G	207≤EC	211≤EC	187≤EC



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ (CLUSTER ALGORITHMS) ΣΤΗ VBD -ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

1. Hierarchical Clustering (HC)
2. K-Means Clustering (ΚΜC)
3. Gaussian Mixture Models Clustering (GMM)
4. Fuzzy C-Means Clustering (FC)
5. Neural Clustering (SOM)

Για $k=2-9$
κλάσεις

3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (ΔΕΙΓΜΑ VBD)

1. ΕΝΕΡ. ΑΠΑΙΤ. ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ
2. ΕΝΕΡ. ΑΠΑΙΤ. ΓΙΑ ΨΥΞΗ
3. ΔΕΙΚΤΗΣ PMV

Για 3 κλ.
ζώνες

360 ΠΙΝΑΚΕΣ
ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

3 ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗΣ

1. Silhouette
2. Davies-Bouldin
3. Dunn

+

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΝΕΡΓ.ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ (μέθοδο &
αριθμό κλάσεων) ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ:

ΤΙΣ ΕΝΕΡ. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ
ΤΙΣ ΕΝΕΡ. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ
ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: 24 ΑΠΟ 360 ΠΙΝΑΚΕΣ (HC)

HEATING DEMAND FOR CLIMATIC ZONE A (kWh/m ² /year)								
Class	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9
A	0.00-63.30	0.00-34.20	0.00-24.80	0.00-20.00	0.00-16.30	0.00-15.00	0.00-11.90	0.00-11.30
B	63.40-199.00	34.30-82.00	24.90-54.00	20.10-41.50	16.40-32.70	15.10-30.30	12.00-24.70	11.40-23.50
C		82.10-199.00	54.10-99.00	41.60-72.40	32.80-52.50	30.40-47.40	24.80-37.10	23.60-35.40
D			99.30-199.00	72.50-113.80	52.60-81.00	47.50-68.80	37.20-53.20	35.50-50.40
E				114.00-199.00	81.10-118.20	69.90-97.00	53.30-74.90	50.50-69.50
F					118.40-199.00	97.40-129.20	75.10-100.90	69.70-91.50
G						129.60-199.00	101.10-131.30	91.60-114.90
H							131.80-199.00	115.10-140.80
I								141.40-199.00
HEATING DEMAND FOR CLIMATIC ZONE B (kWh/m ² /year)								
Class	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9
A	0.00-77.00	0.00-45.20	0.00-32.80	0.00-26.90	0.00-22.00	0.00-19.10	0.00-16.50	0.00-14.60
B	77.10-234.90	45.30-100.50	32.90-67.60	27.00-52.20	22.10-42.00	19.20-36.70	16.60-31.70	14.70-28.10
C		101.00-234.90	67.70-119.50	52.30-87.80	42.10-66.70	36.80-55.80	31.80-46.60	28.20-40.20
D			119.70-234.90	87.90-134.50	66.80-100.50	55.90-81.60	46.70-66.50	40.30-54.10
E				134.70-234.90	101.00-142.20	81.70-114.30	66.70-92.30	54.20-72.70
F					142.30-234.90	114.70-151.70	92.50-121.60	72.80-97.20
G						151.80-234.90	121.70-155.00	97.30-125.60
H							155.20-234.90	125.80-157.80
I								157.90-234.90
HEATING DEMAND FOR CLIMATIC ZONE C (kWh/m ² /year)								
Class	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9
A	0.00-111.50	0.00-71.90	0.00-54.20	0.00-46.80	0.00-38.40	0.00-31.70	0.00-27.00	0.00-25.60
B	111.60-315.50	72.00-145.50	54.30-102.20	46.90-81.60	38.50-64.20	31.80-54.10	27.10-46.60	25.70-44.40
C		145.60-315.50	102.30-169.40	81.70-130.40	64.30-99.20	54.20-79.20	46.70-65.50	44.50-61.40
D			169.50-315.50	130.50-189.30	99.30-145.70	79.30-113.60	65.60-90.40	61.50-81.90
E				189.40-315.50	145.80-198.10	113.70-156.40	90.50-123.40	82.00-108.00
F					198.30-315.50	156.50-204.30	123.50-162.30	108.10-139.00
G						204.50-315.50	162.40-207.10	139.10-173.40
H							207.30-315.50	173.80-214.00
I								214.20-315.50



1^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗΣ



15%

Hierarchical Clustering								
	Number of Clusters (k)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Silhouette Index	0.55926	0.53841	0.52150	0.41132	0.43892	0.42337	0.50622	0.41389
Davies - Bouldin Index	0.43847	0.52261	0.49984	0.41874	0.45755	0.46825	0.47949	0.45549
Dunn Index	3.60780	3.29750	2.48760	2.99150	2.62570	2.25390	2.84430	2.44710
K-means Clustering								
	Number of Clusters (k)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Silhouette	0.57740	0.504208	0.53441	0.52742	0.52344	0.52814	0.52708	0.52471
Davies - Bouldin	0.59292	0.55173	0.53410	0.53063	0.52337	0.51645	0.51276	0.51153
Dunn	2.97910	2.38230	2.05210	1.84640	1.64960	1.50080	1.50520	1.26230
Gaussian Clustering								
	Number of Clusters (k)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Silhouette	0.58135	0.54356	0.53062	0.52725	0.52257	0.52698	0.52706	0.52348
Davies - Bouldin	0.56967	0.54764	0.53298	0.52667	0.52082	0.51444	0.50943	0.50900
Dunn	3.32200	2.50180	2.04790	2.08520	1.71430	1.54020	1.60710	1.28990
Fuzzy Clustering								
	Number of Clusters (k)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Silhouette	0.57642	0.53972	0.53413	0.52565	0.52354	0.52848	0.52384	0.52377
Davies - Bouldin	0.59491	0.55395	0.53365	0.53148	0.52293	0.51549	0.51557	0.51227
Dunn	2.94820	2.32140	2.02080	1.84620	1.62320	1.48790	1.42470	1.23520
Neural Clustering								
	Number of Clusters (k)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Silhouette	0.57735	0.54201	0.53440	0.52749	0.52344	0.52813	0.52387	0.52388
Davies - Bouldin	0.59302	0.55174	0.53416	0.53061	0.52337	0.51649	0.51559	0.51233
Dunn	2.97770	2.38160	2.05490	1.84570	1.64960	1.50000	1.43090	1.21530

ΒΗΜΑΤΑ

- Επιλογή του k που αντιστοιχεί σε βέλτιστες τιμές για κάθε δείκτη σε κάθε περίπτωση
- Περιορισμοί:
 $k \geq 5$ για ενέργεια
- Για τις τιμές k που έχουν επιλεγεί με τα βήματα 1 & 2 κάθετα επιλέγουμε τον αλγόριθμο ομαδοποίησης με τη βέλτιστη τιμή του δείκτη επικύρωσης

Στο παράδειγμα επιλέγουμε:

Hierarchical: $k=5$ και 9

Fuzzy: $k=7$



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΣΕΩΝ(κ)
Heating demand classifications		
Silhouette	Hierarchical Clustering	6
Davies - Bouldin	Hierarchical Clustering	7
Dunn	Hierarchical Clustering	6 ή 7
Cooling demand classifications		
Silhouette	Hierarchical Clustering	5
Davies - Bouldin	Hierarchical Clustering	8
Dunn	Hierarchical Clustering	6
Thermal Comfort Classifications		
Silhouette	Neural Clustering	3
Davies - Bouldin	Gaussian Clustering	3
Dunn	Fuzzy Clustering	3



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



ΓΙΑ ΤΑ ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- ◎ Αποτελέσματα των δεικτών επικύρωσης (cluster validity results).
- ◎ Κριτήρια με βάση το Πρότυπο CEN EN 15217
 - Το κτίριο αναφοράς κανονισμού "Energy Performance Regulation reference" R_r πρέπει να βρίσκεται στο όριο των κλάσεων B και C.
- ◎ Προστέθηκε μία ακόμη κλάση που να περιλαμβάνει τα κτίρια με καλύτερη ενεργειακή απόδοση από τις βέλτιστες τιμές της VBD.



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ

	Heating Energy Demand (DH) kWh/m ² /year		
Energy Classes	Climatic Zone A	Climatic Zone B	Climatic Zone C
A+	DH<12	DH <17	DH <27
A	12 ≤ DH <25	17 ≤ DH <32	27 ≤ DH <47
B	25 ≤ DH <37	32 ≤ DH <47	47 ≤ DH <66
C	37 ≤ DH <53	47 ≤ DH <67	67 ≤ DH <91
D	53 ≤ DH <75	67 ≤ DH <92	91 ≤ DH <124
E	75 ≤ DH <101	92 ≤ DH <122	124 ≤ DH <162
F	101 ≤ DH <132	122 ≤ DH <155	162 ≤ DH <207
G	132 ≤ DH <199	155 ≤ DH <235	207 ≤ DH <316
H	199 ≤ DH	235 ≤ DH	316 ≤ DH

	Cooling Energy Demand (DC) kWh/m ² /year		
Energy Classes	Climatic Zone A	Climatic Zone B	Climatic Zone C
A+	DC<33	DC<34	DC<29
A	33 ≤ DC <63	34 ≤ DC <66	29 ≤ DC <59
B	63 ≤ DC <84	66 ≤ DC <86	59 ≤ DC <76
C	84 ≤ DC <103	86 ≤ DC <105	76 ≤ DC <92
D	103 ≤ DC <123	105 ≤ DC <124	92 ≤ DC <109
E	123 ≤ DC <146	124 ≤ DC <145	109 ≤ DC <128
F	146 ≤ DC <172	145 ≤ DC <171	128 ≤ DC <149
G	172 ≤ DC <213	171 ≤ DC <211	149 ≤ DC <182
H	213 ≤ DC	211 ≤ DC	182 ≤ DC

	Percentage of time that IPMVI ≤ 0.7 (PMV _{IND} %)		
Comfort Classes	Climatic Zone A	Climatic Zone B	Climatic Zone C
1	77 < PMV _{IND}	75 < PMV _{IND}	71 < PMV _{IND}
2	55 < PMV _{IND} ≤ 77	53 < PMV _{IND} ≤ 75	48 < PMV _{IND} ≤ 71
3	PMV _{IND} ≤ 55	PMV _{IND} ≤ 53	PMV _{IND} ≤ 48

29/11/2010

18

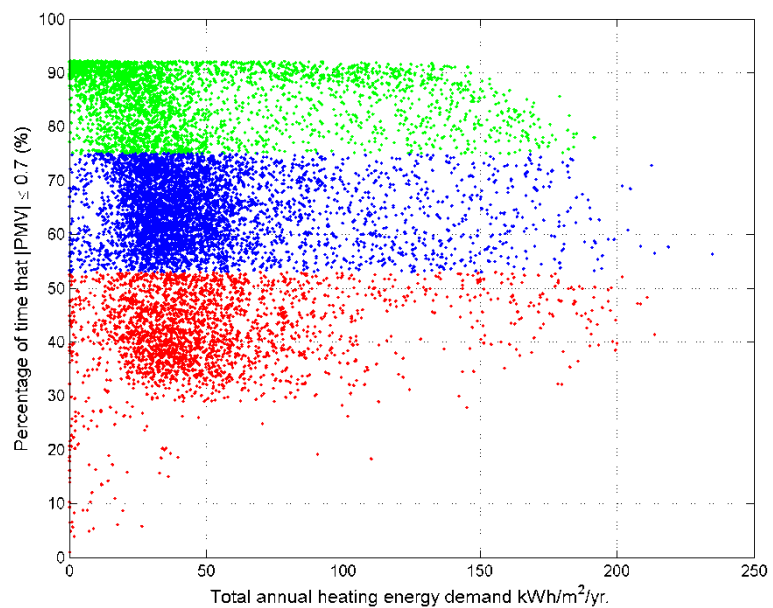
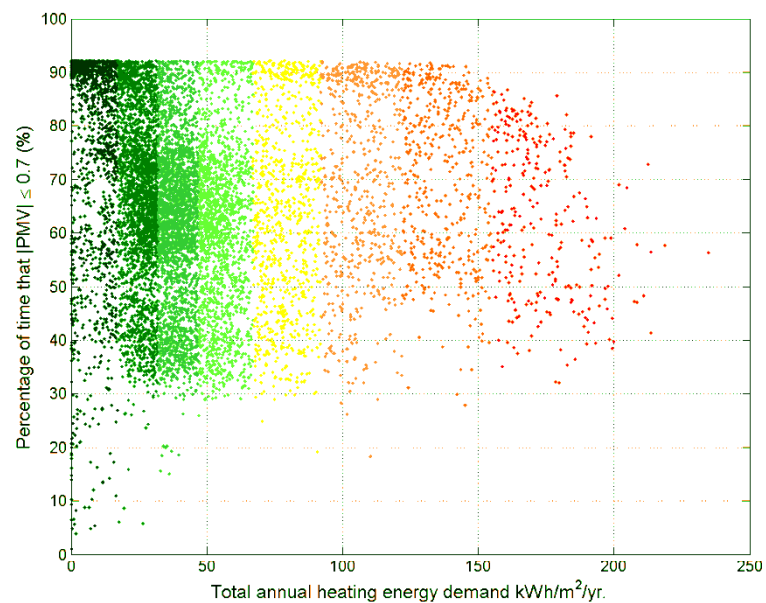


15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010

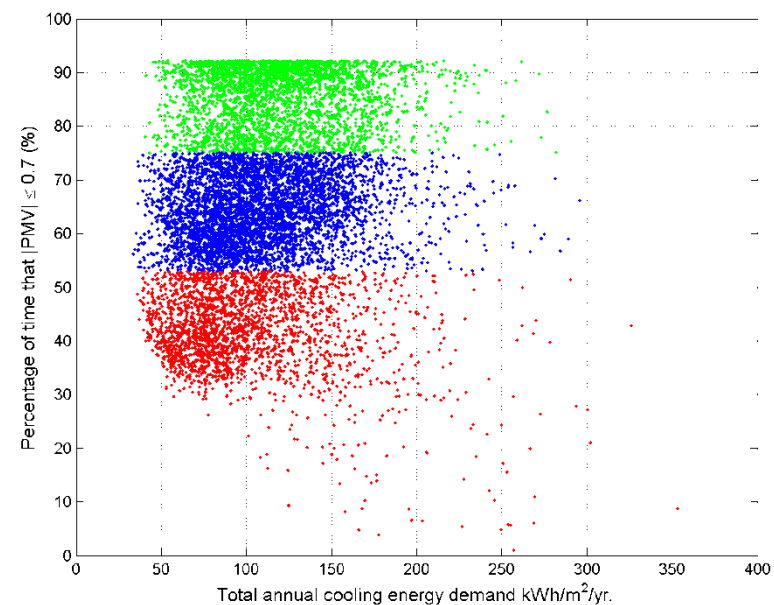
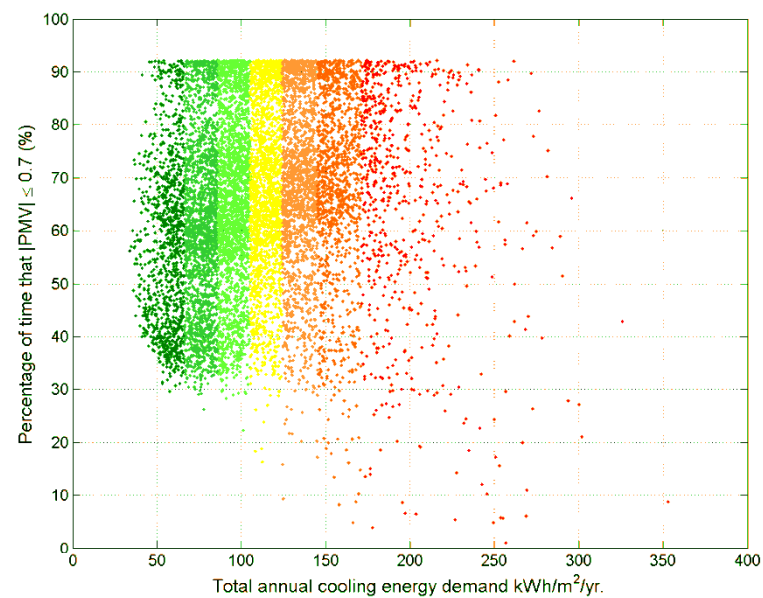




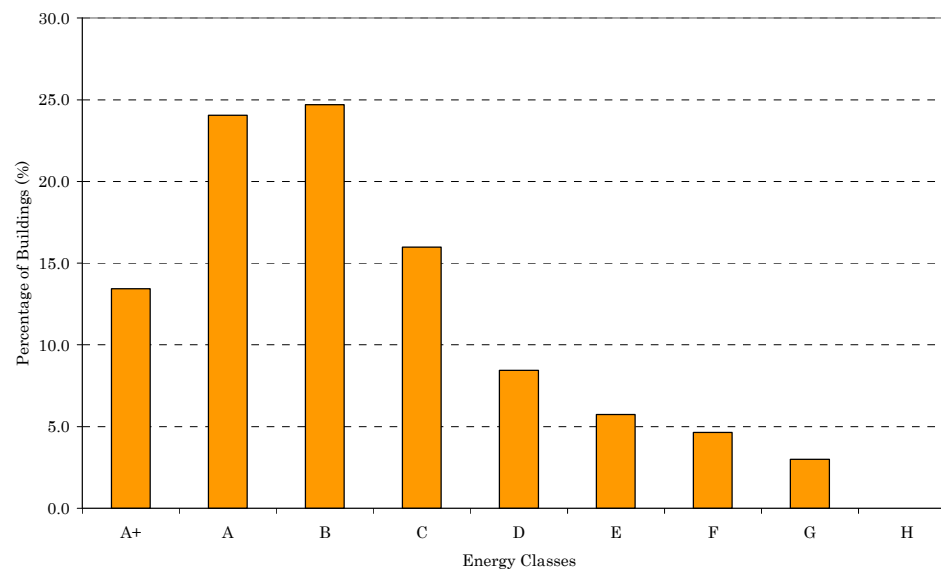
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ VS ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ



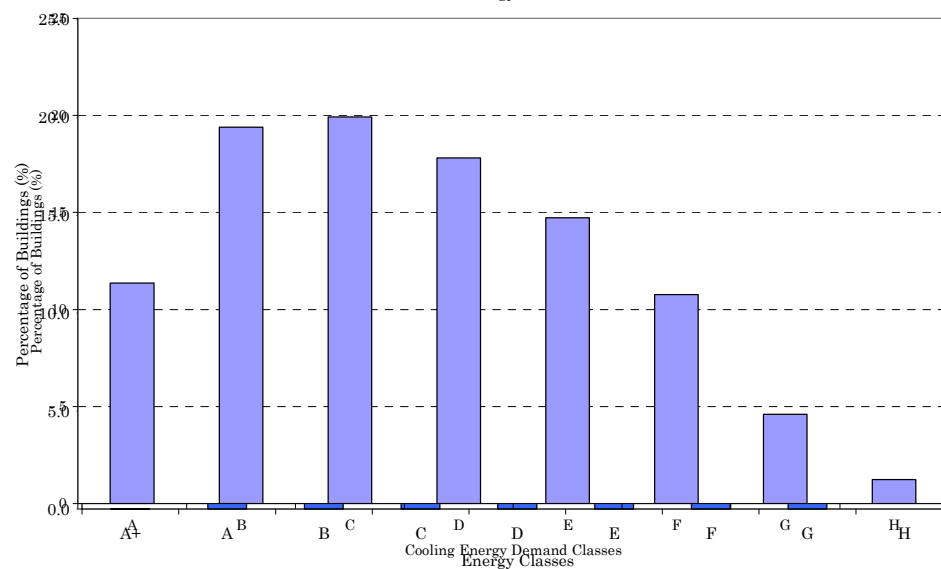
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΨΥΞΗ VS ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ



ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΚΛΑΣΕΙΣ (ΚΛ. ΖΟΝΕ Β)



ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ
ΒΑΣΗ ΤΗ
ΜΕΘΟΔΟ Κ-
MEANS



ΨΥΞΗ ΜΕ ΒΑΣΗ
ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ Κ-
MEANS

ΣΥΓΚΡΙΣΗ CLUSTER VS CEN

Heating Energy Demand (DH) kWh/m ² /year (CL. ZONE B)			
Energy Classes	Cluster	Energy Classes	CEN
A	DH<17	A	DH<15
B	17 ≤DH<32	B	15 ≤DH<29
C	32 ≤DH<47	C	29 ≤DH <34
D	47 ≤DH<67	D	34 ≤DH <39
		E	39 ≤DH <58
E	67 ≤DH<92	F	58 ≤DH <78
		G	78 ≤DH
F	92 ≤DH<122		
G	122 ≤DH<155		
H	155 ≤ DH<235		
I	235 ≤DH		

- Η Cluster μέθοδος είναι πιο ενθαρρυντική στην Κλάση Α.
- Για την κλάση Β “minimum requirements class” (όρια κανονισμού) τα όρια είναι πολύ κοντά
- Η Cluster μέθοδος έχει μεγαλύτερο εύρος κλάσεων D και E. Ενθαρρύνονται τα ενεργειοβόρα Ελληνικά κτίρια να βελτιωθούν στην κλάση Β μετά από παρεμβάσεις.
- Η Cluster μέθοδος έχει μεγαλύτερο εύρος (17-235 kWh/m²/yr) σε σύγκριση με τη CEN(15-78 kWh/m²/yr). Αυτό συμβαίνει γιατί η προτεινόμενη μεθοδολογία βασίζεται σε 30.000 δεδομένα, ενώ η CEN βασίζεται μόνο σε 1 δεδομένο την τιμή αναφοράς του κτιριακού αποθέματος.
- Η προτεινόμενη μεθοδολογία λαμβάνει υπόψη τα ενεργειακά χαρακτηριστικά όλων των κτιρίων και όχι μόνο τα ενεργειακά χαρακτηριστικά του κτιρίου που αντιστοιχεί στο 50% του δείγματος.



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ◎ Η VBD αποτελεί ένα αξιόπιστο και ευέλικτο εργαλείο για:
 - Καθορισμό ενεργειακών κλάσεων και εφαρμογή μεθόδων κατάταξης.
 - Μελέτη των παραμέτρων και της επίδρασής στην ενεργειακή κατανάλωση ενός μεγάλου δείγματος κτιρίων.
 - Εκπαίδευση και αξιολόγηση νευρωνικών δικτύων.
 - Εφαρμογή πολύ-κριτηριακής ανάλυσης για εξέταση σεναρίων μετασκευών εξοικονόμησης ενέργειας (κριτήρια λήψης απόφασης).
 - Διερεύνηση αποδοτικότητας νέων μεθόδων σε ομάδες κτιρίων (πχ. Ψυχρών υλικών, BEMS, είδη θερμομόνωσης κ.α.).
 - Γενικότερα για όποια διαδικασία ή μέθοδο απαιτείται μεγάλος αριθμός αναλυτικών κτιριακών δεδομένων.
- ◎ Η προτεινόμενη μεθοδολογία κατάταξης (cluster algorithms):
 - 9-κλάσεων κατάταξη με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση (K-means)
 - 9-κλάσεων κατάταξη με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη (Neural SOM)
 - 3-κλάσεων κατάταξη με βάση τη θερμική άνεση (Fuzzy)
 - Είναι πιο ενθαρρυντική στην A+ κλάση (πρότυπα κτίρια) και στην κλάση B (κτίρια κανονισμού-αποδεκτό όριο).
 - Οι 9 κλάσεις (έναντι των 7 του CEN) βοηθούν στην ανάπτυξη σεναρίων αναβάθμισης κλάσης και επιδοτήσεων.
 - Έχει μεγαλύτερο εύρος (λαμβάνει υπόψη όλο το δείγμα)
 - Παρέχει δυνατότητα διερεύνησης των κοινών χαρακτηριστικών των κτιρίων που ομαδοποιούνται στην ίδια κλάση.



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

- ⊙ Κατάταξη με βάση την ενεργειακή κατανάλωση ή/και την πρωτογενή ενέργεια (εισαγωγή κατάλληλων δεικτών, βαθμών απόδοσης, COP).
- ⊙ Εφαρμογή της μεθοδολογίας σε όλα τα είδη κτιρίων (κατοικίες, σχολεία, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εμπορικά).
- ⊙ Ενσωμάτωση και άλλων δεικτών ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος (ποιότητα αέρα, οπτική άνεση, θόρυβος).
- ⊙ Εκπαίδευση νευρωνικού δικτύου, ώστε κάθε κτίριο να κατατάσσεται με βάση τα χαρακτηριστικά του.



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010



Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου

Φυσικός M.Sc., Ph.D.

tnikolaou@electronics.tuc.gr



15^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2010»
Αθήνα, 22-23 Νοεμβρίου 2010

