

Nicolas REMY
nremy@arch.uth.gr

Maison en gabion, source inconnue

Φυσικές ιδιότητες των υλικών



Peter Zumthor
Pavillon Suisse à l'exposition universelle de Hambourg
Techniques et Architecture n° 479

Α' : Βάρος – Πυκνότητα- Σκληρότητα





1. Μαζά – Βάρος – Πυκνότητα

Μάζα και Βάρος

Πρέπει να καταλάβουμε καλά την διαφορά ανάμεσα στην μάζα και το βάρος. Στην καθημερινή ομιλία, αυτές οι δύο έννοιες θεωρούνται συχνά συνώνυμες αλλά στην πραγματικότητα, δεν εκφράζουν το ίδιο πράγμα.

Το ιστορικό παράδειγμα είναι το γνωστό Μήλο του Newton (1642 - 1727)

Το βάρος P σε Newton είναι ο πολλαπλασιασμός μίας μάζας M σε Kg με τη σταθερά της βαρύτητας g , σε m ανά s^2 .

$$P = M \times g$$

Υπενθύμιση :

μάζα ενός μήλου 100g

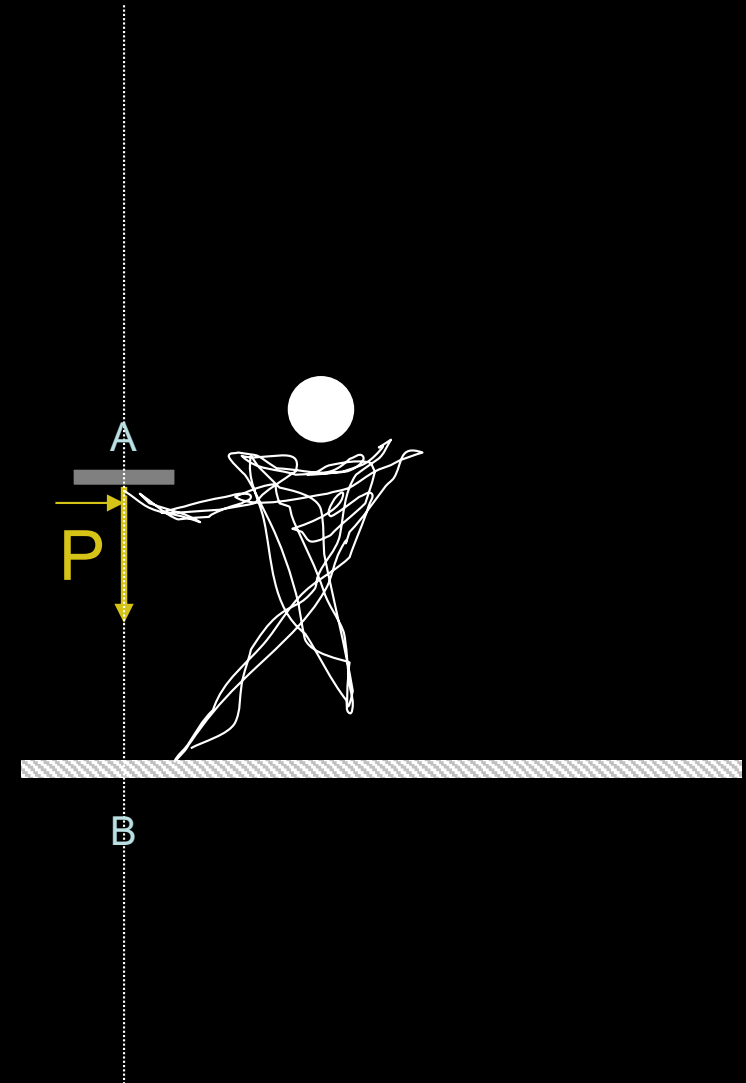
Βάρος αυτού του μήλου?

$$P = \text{μάζα} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P \approx \text{μάζα} \times 10 \text{ Newton}$$

$$\approx 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ Newton}$$

Το μήλο του Newton έχει την ίδια μάζα πάνω στην γη και πάνω στο φεγγάρι αλλά το βάρος του είναι διαφορετικό (το μήλο είναι πιο ελαφρύ στο φεγγάρι).





1. Μαζά – Βάρος – Πυκνότητα

Μάζα- Βάρος

Αντικείμενο	Μάζα (kg)	Βάρος (Newton)
. 1 μικρό μήλο	100g (0,1kg)	1 N
. 1 λίτρο νερό	1kg	10 N = 1daN (1 déca Newton)
. 1 τσιμεντόλιθος (5x20x20cm)	9kg	90 N
. 1 άνθρωπος...	72kg	720 N
. 2 σάκοι τσιμέντο 50kg	100kg	1000N = 1 kN (1 kilo Newton)
. 1 δρύινο δοκάρι (0,25x0,20x6)	200kg	2 kN
. 1 αυτοκίνητο	1000kg (1 tonne)	10 kN
. 1 πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα (5x5m, 16cm έρ.)	10t	100 kN
. 1 μηχανή τρένου	100t	1000 kN = 1 MN (1 méga Newton)
. Μικρή πολυκατοικία R+3 200m2 με κάλυψη από οπλισμένο σκυρόδεμα	1000t	10 MN
. Ο πύργος του Eiffel	10 000t	100 MN



1. Μαζά – Βάρος – Πυκνότητα

Πυκνότητα, Βάρος, Όγκος

Στην οικοδομική περιγράφουμε το βάρος ενός υλικού από την πυκνότητά του.

Ορισμός : η πυκνότητα d ενός υλικού X είναι:

$$d = \frac{\text{Κυβικό βάρος του } X}{\text{Κυβικό βάρος του νερού}}$$

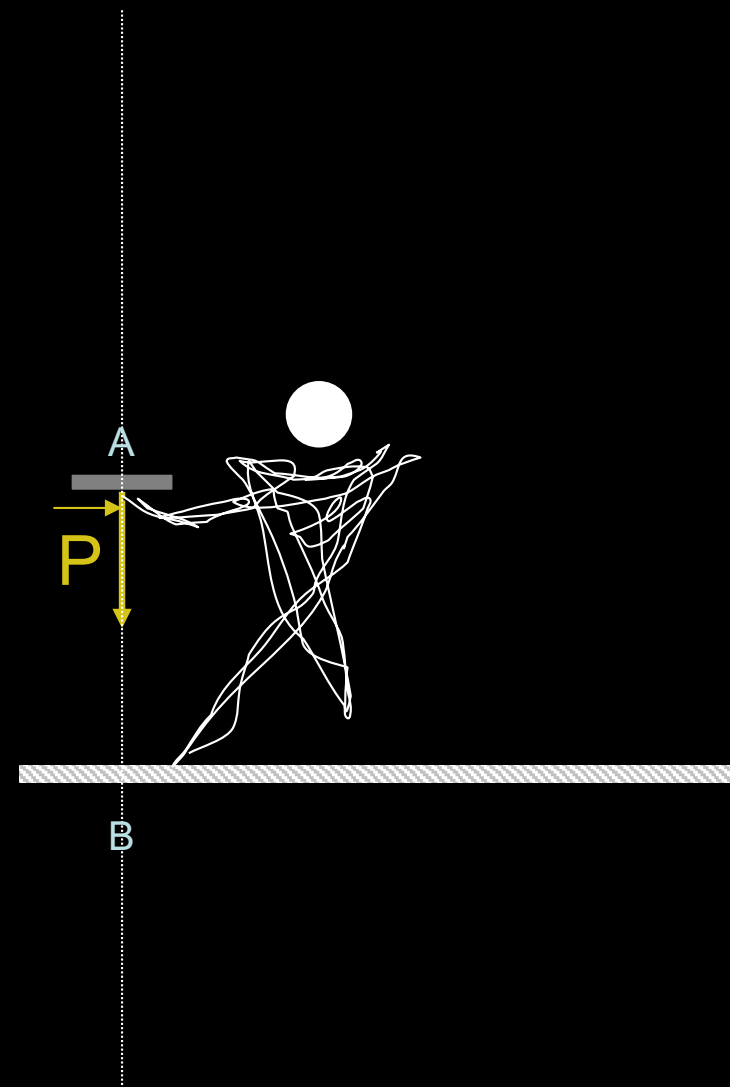
d είναι λοιπόν χωρίς μονάδα μέτρησης

Παραδείγματα

d ξύλο (pin) = 0,7

d οπλισμένο σκυρόδεμα = 2,5

d χάλυβας = 7,8





1. Μαζά – Βάρος – Πυκνότητα

Πυκνότητα, Βάρος, Όγκος

η πυκνότητα d ενός υλικού X είναι:

$$d = \frac{\text{Κυβικό βάρος του X}}{\text{Κυβικό βάρος του νερού}}$$

Υλικό	Μπετόν	Μπετόν αρμέ	Ασβεστόλιθος	Μάρμαρο	Χάλυβας	Αλουμινίου	Ρητινοφόρο Ξύλο	Φυλλοφόρο Ξύλο
Πυκνότητα	2,2	2,5	1,8	2,8	7,8 - 8	2,7	0,6	0,8

Υλικό	Γυαλί	Γύψος	Πλήρες τούβλο	Διάτρητο τούβλο	Άμμος χαλίκι	Ξερό χώμα	Υγρό χώμα
Πυκνότητα	2,5	1,2	2	1	1,8	1,8	2,1



2- Σκληρότητα

Ορισμός

Η σκληρότητα ενός υλικού δηλώνεται συνήθως από έναν αριθμό που αναφέρεται στον πίνακα **MOHS**. Πρόκειται για μία λίστα μεταλλευμάτων στην οποία κάθε μέταλλευμα μπορεί να χαράξει το προηγούμενο στη λίστα αλλά όχι αυτό το οποίο ακολουθεί. (<http://en.wikipedia.org>)

Mohs hardness ▲	Mineral ▶	Absolute Hardness ▶	Image ▶
1	Talc ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)	1	
2	Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	3	
3	Calcite (CaCO_3)	9	
4	Fluorite (CaF_2)	21	
5	Apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$)	48	



2- Σκληρότητα

5	Apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$)	48	
6	Orthoclase Feldspar (KAlSi_3O_8)	72	
7	Quartz (SiO_2)	100	
8	Topaz ($\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH}, \text{F})_2$)	200	
9	Corundum (Al_2O_3)	400	
10	Diamond (C)	1600	



2- Σκληρότητα

..... Ενδιάμεση σκληρότητα

Hardness	Substance or Mineral
0.2-0.3	Cs, Rb
0.5-0.6	Li, Na, K
1	Talc, graphite
1.5	Ga, Sr, In, Sn, Ba, Tl, Pb
2	hexagonal BN ^[10] , Ca, Se, Cd, sulfur, Te, Bi
2.5 to 3	Mg, Au, Ag, Al, Zn, La, Ce
3	Calcite, Cu, As, Sb, Th
4	Fluorite, Fe, Ni
4 to 4.5	Pt, Steel
5	Apatite, Co, Zr, Pd
5.5	Be, Mo, Hf
6	Orthoclase, Ti, Mn, Ge, Nb, Rh, uranium
6 to 7	Glass, fused quartz, Iron pyrite, Si, Ru, Ir, Ta
7	Quartz, vanadium, Os, Re
7.5 to 8	Hardened steel, Tungsten, emerald
8	Topaz, Cubic Zirconium
8.5	Chrysoberyl, Cr
9	Corundum, Carborundum (SiC), Tungsten carbide
<10	Rhenium diboride, Tantalum carbide, Boron ^{[11][12]}
10	Diamond
>10	Nanocrystalline diamond



3- Πορώδες

Ορισμός

Ευρωπαϊκός κανονισμός NBN EN 1936

Αυτός ο κανόνας δείχνει το ποσοστό του συνολικού όγκου (εμφανές όγκου) που αποτελείται από πόρους. Διακρίνουμε δύο τύπους πορώδες :

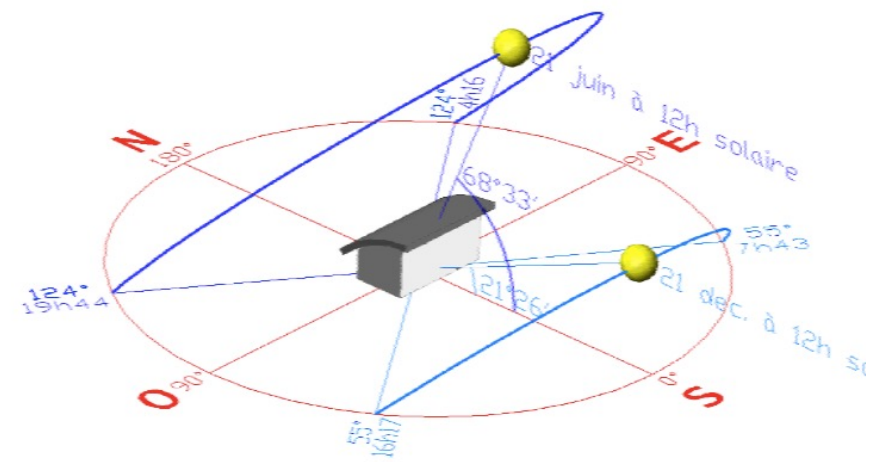
- Το κλειστό πορώδες: οι πόροι του λίθου χωρίζονται μεταξύ τους.
- Το ανοιχτό πορώδες: τα βαθουλώματα συνδέονται μεταξύ τους από κανάλια μικρά ή μεγάλα τα οποίο καθιστούν τον λίθο περισσότερο ή λιγότερο διαπερατό.

Στην θέση του πορώδες, δηλώνεται συχνά και η απορροφητικότητα ως τεχνικό χαρακτηριστικό του υλικού. Η απορροφητικότητα δίνεται σε ποσοστό % της μάζας (μάζα νερού που έχει απορροφηθεί σε σχέση με τη μάζα ενός στεγνού δοκιμαστικού σωλήνα).

Ενδεικτικές τιμές του πορώδες (σε % του όγκου):

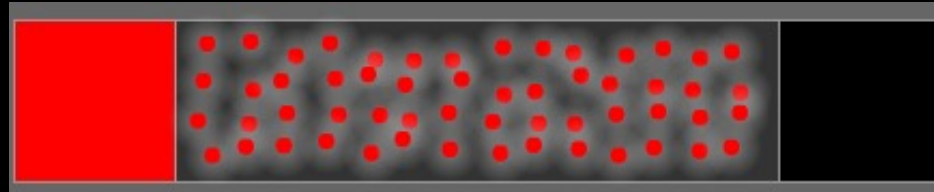
Μαλακή ασβεστούχος πέτρα (λευκή πέτρα)	5 à 50 %
Μάρμαρο και συμπαγής ασβεστούχος πέτρα	0,2 à 5 %
γρανίτης	0 à 2 %
πλάκα	> 3 %

B' : Θερμικές ιδιότητες



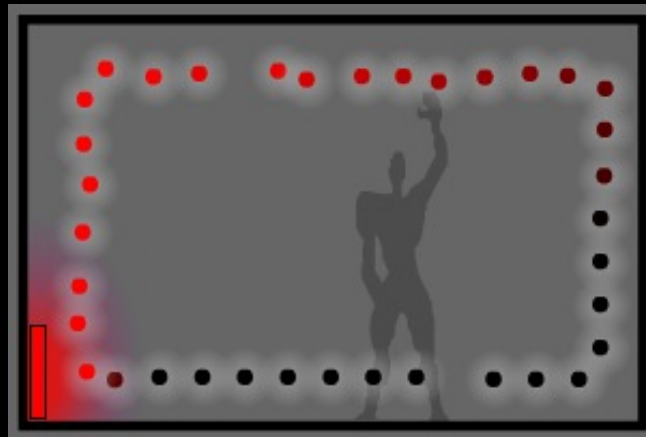
ετάδοση θερμότητας και κτήρια

Αγωγή →



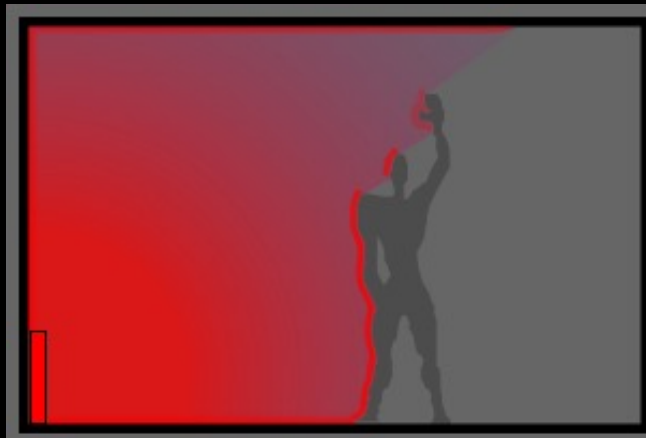
Διαφορά
θερμοκρασίας,
Υλικό

Συναγωγή →



Θερμοκρασία,
Ταχύτητα αέρα,
Ροή

Ακτινοβολία



Θερμοκρασίες
επιφανειών, «πως»
βλέπει η μια επιφάνεια
την άλλη

1. Θερμική διαστολή

$$L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

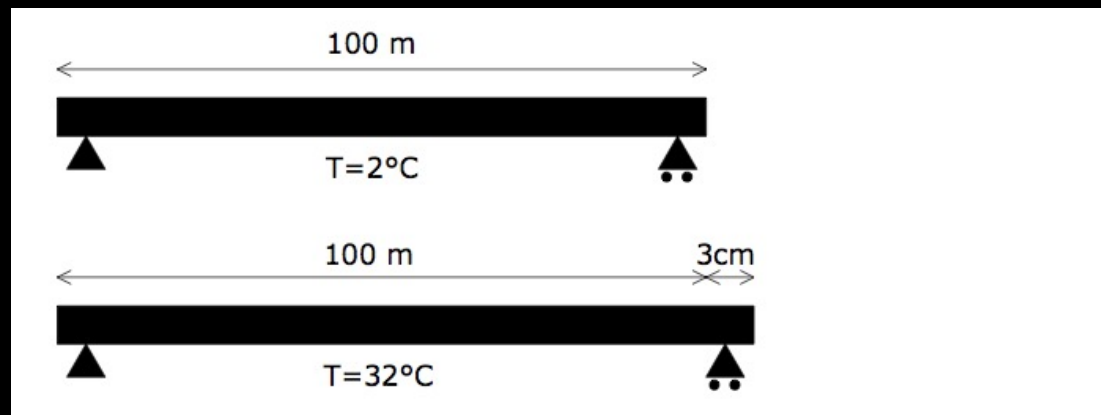
L_0 αρχικό μήκος

L μήκος μετά θερμική διαστολή

α συντελεστής θερμικής διαστολής

ΔT παραλλαγές της θερμοκρασίας

Υλικό	α
Χάλυβας	$12 \cdot 10^{-6}$
Μπετόν	$10 \cdot 10^{-6}$
Ξύλο	$8 \cdot 10^{-6}$
Αλουμίνιο	$23 \cdot 10^{-6}$
Γυαλί	$9 \cdot 10^{-6}$
Τούβλο	$5 \cdot 10^{-6}$



2. Θερμική αγωγιμότητα – λ [$W/m.^\circ C$]

- Αυτή η έννοια περιγράφει την ικανότητα ενός σώματος αν είναι καλός ή κακός αγωγός της θερμότητας
- Ονομάζεται θερμική αγωγιμότητα
- μετριέται για 1m του υλικού
και
- για μια διαφορά της θερμοκρασίας ενός 1 βαθμού (Celcius η Kelvin)

Υλικό	λ ($W/m.^\circ C$)
Χάλυβας	52
Μπετόν	1,75
Ξύλο	0,052 – 0,29
Μόνωση	$\lambda < 0,065$

3. Θερμική αγωγιμότητα – λ [$W/m.^\circ C$]

3.1 θερμική αντοχή - R [$^\circ C.m^2 / W$]

Η θερμική αντοχή ενός υλικού :



$$R = e / \lambda$$

. $e = 5\text{cm}$ μόνωσης

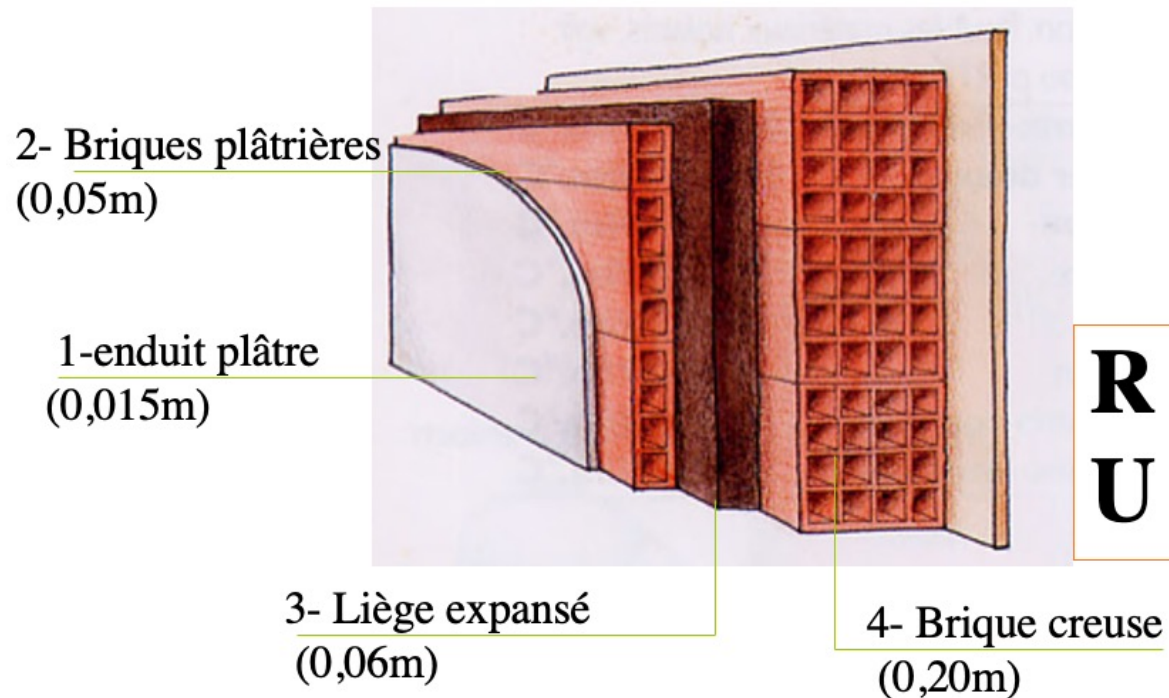
$$R_1 = 0,05 / 0,04 = 1,25^\circ C.m^2/W$$

. Ποιο πάχος σκυροδέματος χρειάζεται για να έχου την ίδια μόνωση ;

$$R_{\mu\pi\epsilon\tau\acute{o}\nu} = R_1 = 1,25^\circ C.m^2/W = e / \lambda$$

$$e = 2,2\text{m} !!!!!$$

Exemple n°1 : Mur de briques standard



R
W/ m².°C

1	0,03
2	0,10
3	1,50
4	0,40

$$\mathbf{R = 2,224}$$
$$\mathbf{U = 0,45}$$

Προσθέτουμε τις αντιστάσεις !

4. Ο θερμικός συντελεστής - U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

Ο θερμικός συντελεστής conductance ενός υλικού :

$$U = 1 / R$$

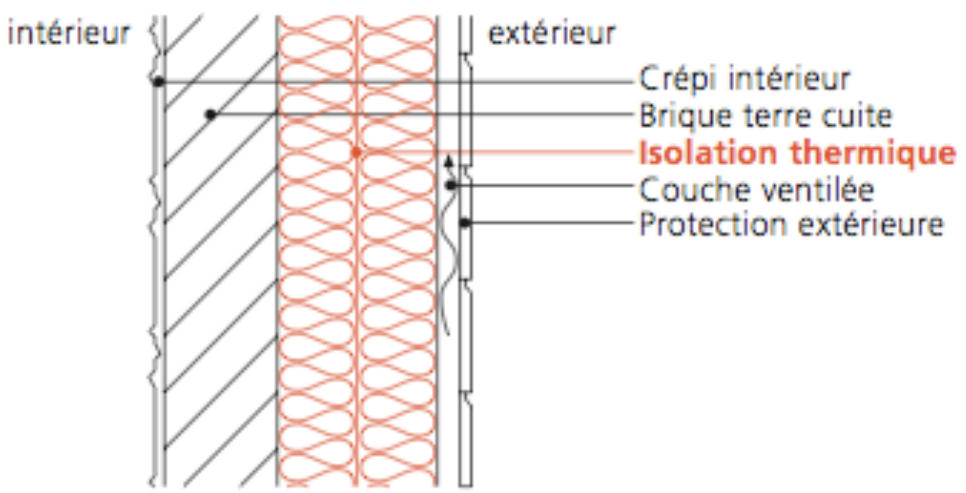
Ο θερμικός συντελεστής ορίζεται ως το αντίθετο της θερμικής αντοχής

Υλικό	U ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
Παράθυρα	1,1
Mineral wool	0,20-0,22

4. Ο θερμικός συντελεστής - U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$ /]

Ο θερμικός συντελεστής conductance ενός υλικού :

$$U = 1 / R$$

W 5											
											
λ W/(m·K)	Epaisseur d'isolation, en cm (au total)										Valeur U en W/(m ² · K)
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
0.050	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	
0.045	0.35	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	
0.040	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	
0.035	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	
0.030	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
0.025	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	
0.020	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	

5- Θερμοχωρητικότητα – C [$\text{kJ/m}^3 \text{ } ^\circ \text{C}$] Ή Θερμική αδράνεια

- Αυτή η έννοια περιγράφει την ικανότητα ενός σώματος να συσσωρεύσει μία ποσότητα θερμότητας και μετά να την επιστρέψει στο περιβάλλον
- Ονομάζεται *Θερμοχωρητικότητα ή θερμική αδράνεια*
- μετριέται σε Κιλό Joules για 1m^3 του υλικού και
- για μια παραλαγγή της θερμοκρασίας από 1 βαθμός (Celcius η Kelvin)

Υλικό	C ($\text{J/}^\circ\text{C}$)
Χάλυβας	3780
Μπετόν	2160
Ξύλο	1-1,25

Αυτή η φυσική ιδιότητα περιγράφει τη θερμική αδράνεια ενός υλικού

6- θερμική αδράνεια ενός υλικού

- Μετριέται, μεταξύ άλλων, από τη *Θερμοχωρητικότητα C*



Το κελάρι : Μεγάλη Θερμική αδράνεια



η σκηνή : Θερμική αδράνεια = 0

7- θερμικές στρατηγικές για την σύνθεση των κτηρίων



Ο χειμώνας: η στρατηγική της ζέστης



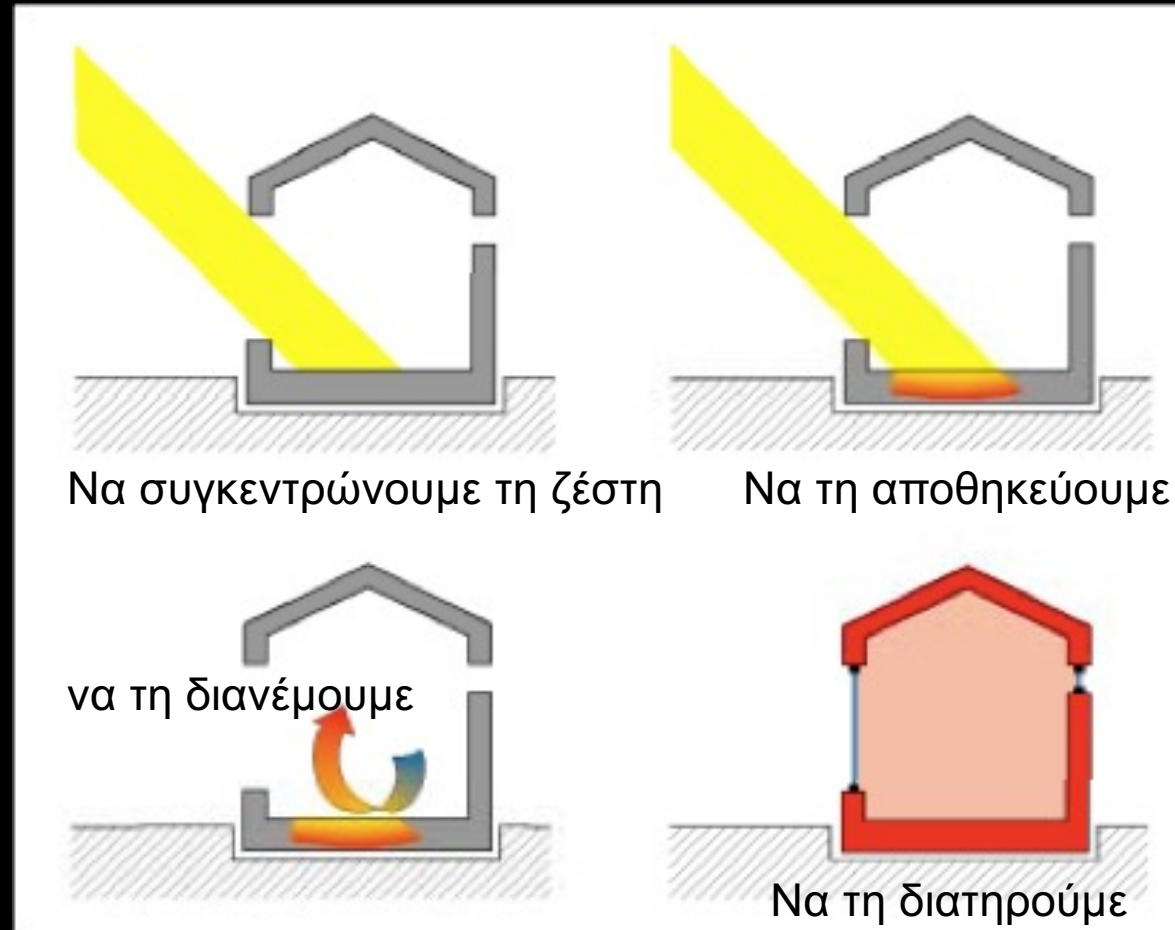
Το καλοκαίρι : η στρατηγική του κρύου

Υποθέσεις:

- Το εύκρατο κλίμα
- Μόνιμη χρήση του χώρου

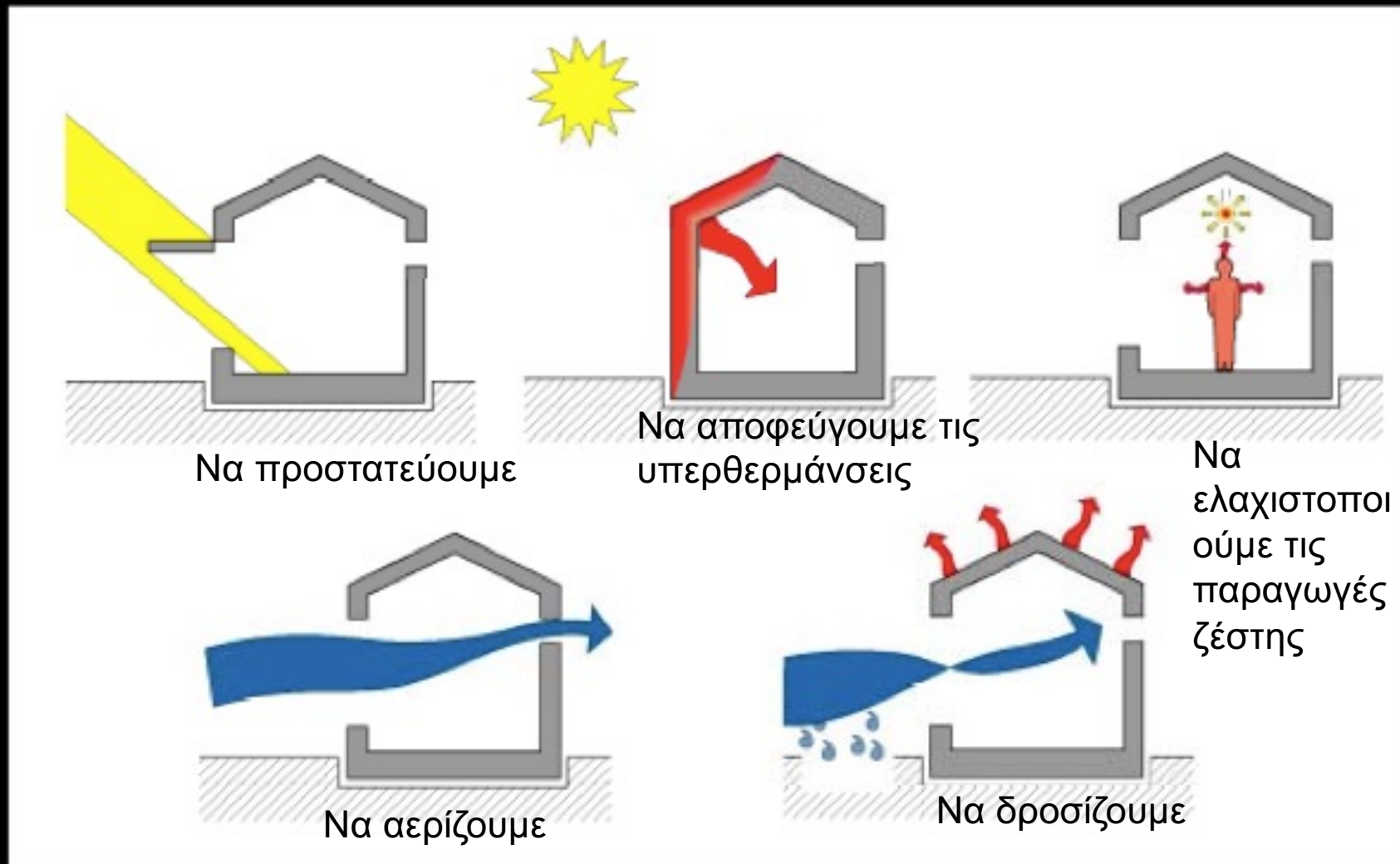
Για ένα ζεστό κλίμα και μία προσωρινή χρήση του χώρου πρέπει να εφαρμόσουμε αυτές τις στρατηγικές. Pour un climat chaud et une occupation temporaire des locaux, ces stratégies doivent être adaptées.

7- θερμικές στρατηγικές για την σύνθεση των κτηρίων



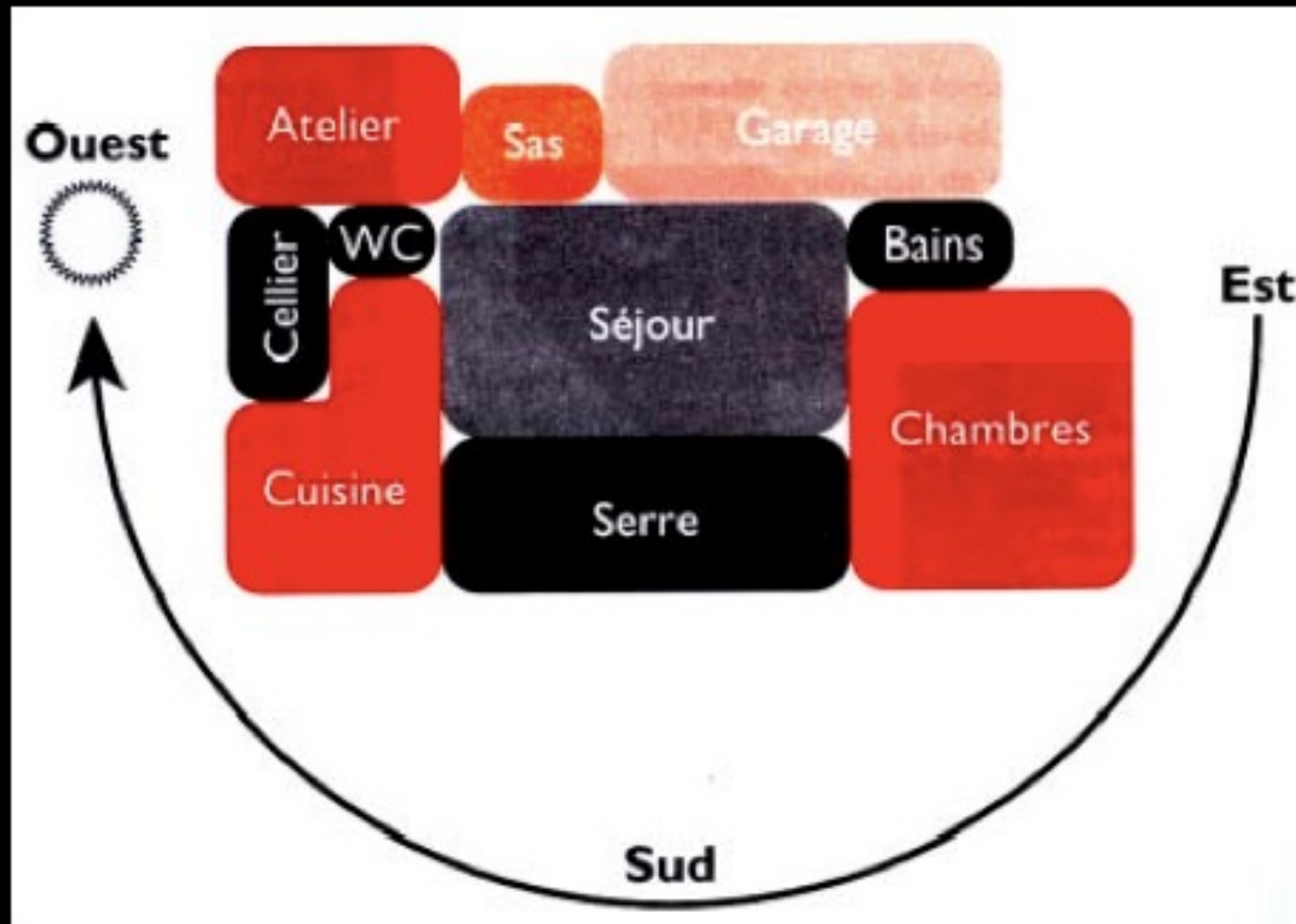
Ο χειμώνας: η στρατηγική της ζέστης

7- θερμικές στρατηγικές για την σύνθεση των κτηρίων



Το καλοκαίρι : η στρατηγική του κρύου

7- θερμικές στρατηγικές για την σύνθεση των κτηρίων



Το καλοκαίρι : η στρατηγική του κρύου