



以建築能效制度實現淨零住宅

BERS 2024年版簡介

郭柏巖 朝陽科技大學 建築系
2024

住宅能效評估系統R-BERS

Building Energy-Efficiency Rating System for Residential

2024版

住宅專用	新建住宅	<p>R-BERSn 新建住宅</p> <p>R-BERSn 2024</p>	<p>RP-BERSn 新建集合住宅 共用空間</p> <p>RP-BERSn 2024</p>
------	------	---	--

全棟住宅評估

考量評估的私人居住單元多為毛胚房時，可只評估公共空間

集合住宅公設用電有很大差異

2024版

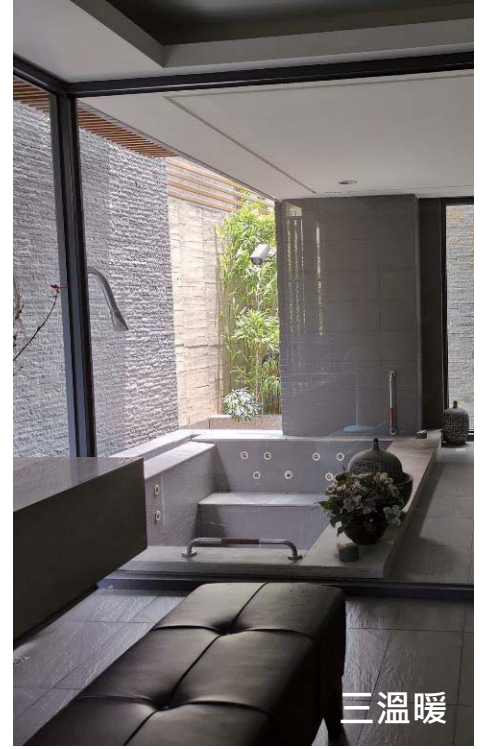
- 過去的研究主要以每戶平均分攤的公共用電統計為主
- 集合住宅公共用電佔**33~38%**

分類	樣本數	每年戶均大公用電量 (kWh/戶.yr)		備註
		中位數	平均數	
基本公設型- 平面停車	47	418	447	公設僅地下停車場、大廳、管理室、小辦公室兼會議室等之社區。
基本公設型- 機械停車	14	518	618	
中等公設型	53	560	638	除了基本公設項目外，另有健身房、閱覽室、兒童遊戲室、KTV、會議室等之社區。
多元公設型	27	1,004	1,215	除了中等公設項目外，另有SPA三溫暖、溫水泳池、宴會廳、電影院、視聽室、休閒會館等多元設施之社區。
總平均	141	--	682.8	--

(資料來源：台灣能源期刊)

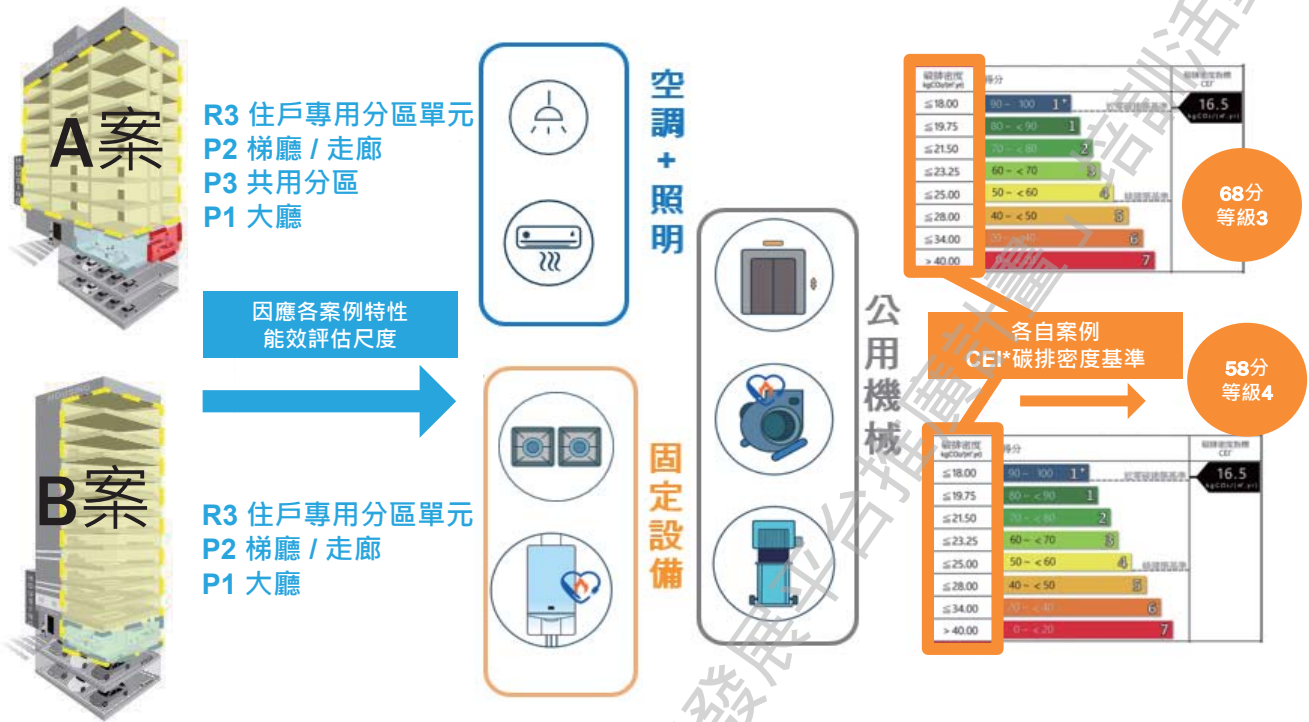
各式各樣的公共設施：視聽室、KTV、三溫暖...族繁不及備載，**難以量化與限制**

2024版



計算理論採「動態分區EUI」

2024版



新建住宅建築能效評估的設備

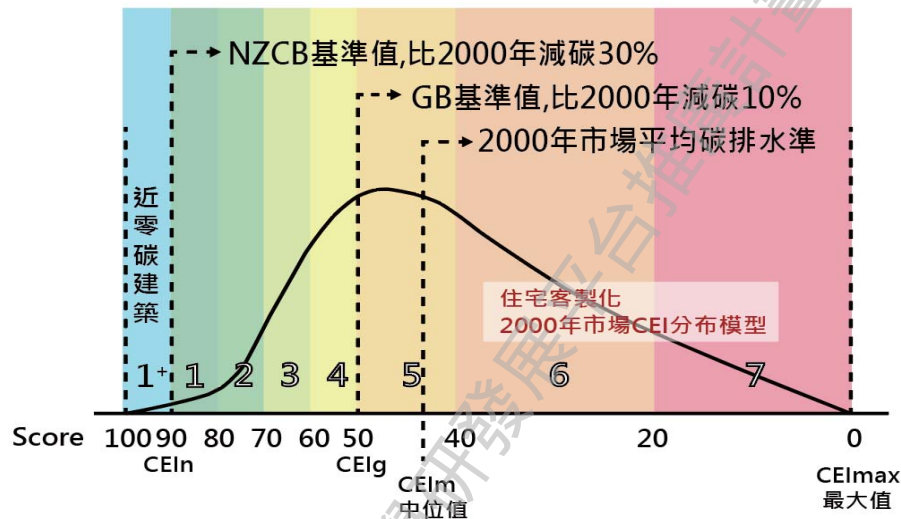
2024版



住宅能效的評分尺度

2024版

- 新建住宅能效評估系統R-BERSn (Building Energy-efficiency Rating System for New Residential Buildings)。
- 以能效計算邊界ECB之減碳率CRR(Carbon Reduction Rate)來定義，住宅之零碳建築NZCB基準定義為相對於能效計算邊界ECB，減碳率CRR 30%以上之住宅建築。



R-BERS的能效計算方式

2024版

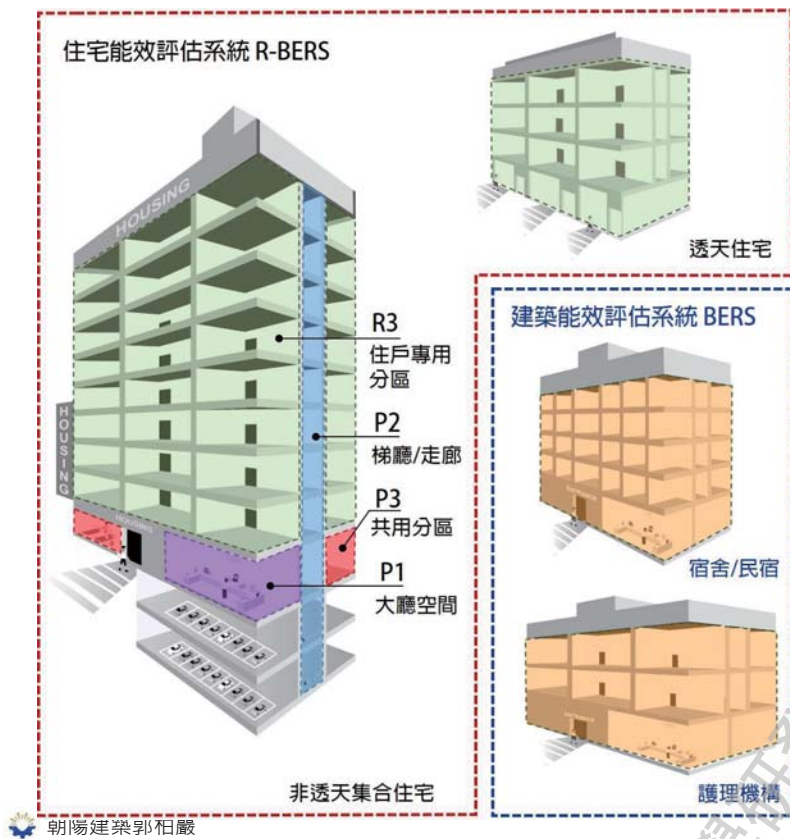
- R-BERS以「碳排密度」電密度為評估指標CEI，無論是電度(kWh)或瓦斯度(m³)皆換算為CO₂碳排，使用EEV、EAC、EL，以及部分設備碳排表計算。
- CEI (碳排密度指標Carbon Emission Intensity) =
 - + 住宿單元碳排 (集合住宅的空調、照明)
 - + 固定設備碳排 (熱水器、瓦斯爐)
 - + 公共空間碳排 (照明、空調)
 - + 公共機械碳排 (電梯、抽風機、電梯、水泵)

	評估耗能分區	評估耗能設備項目
透天住宅	住戶空間	4項設備：空調、照明、熱水、爐台
非透天集合住宅	住戶空間	4項設備：空調、照明、熱水、爐台
	公共空間	5項設備：空調、照明、電梯、揚水泵、地下停車送排風機

R-BERS住宅的碳排構成：

3種類的住戶型態+3種公設分區

2024版

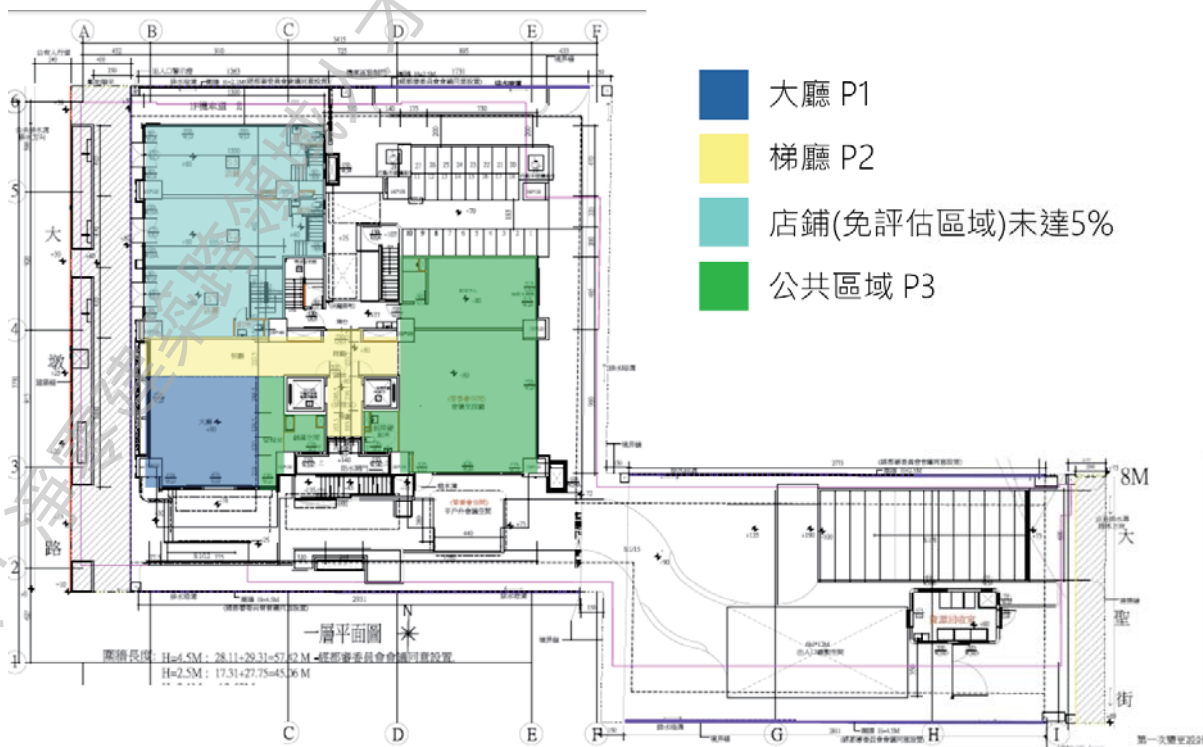


- R1. 透天獨棟住宅
- R2. 透天連棟住宅
- R3. 非透天集合住宅住戶專用分區
- P1. 非透天集合住宅大廳分區(大廳空間)
- P2. 非透天集合住宅梯廳分區(梯廳與住戶連通走廊)
- P3. 非透天集合住宅之一般公共分區(健身房、閱覽室、兒童遊戲室、KTV、會議室、視聽室、社區辦公室.....等)

9

Step 1：計算住戶與公用空間的面積

同建照若內含總面積5%以下之非屬住宅、集合住宅類別空間時，則該部分可被忽略而不予評估（例如一樓的商店面積未達5%） 2024版



1F平面圖

Step 2 : 計算客製化R-BERS能效尺標

2024版

- 最大值 $CEI_{max} = (\Sigma \text{空調\&照明碳排最大值} + \text{FCE} + \text{MCE設備碳排}) \div \text{評估面積TAF}$
- 基準值 $CEI_g = (0.9 \times \Sigma \text{空調\&照明碳排中位值} + \text{FCE} + \text{MCE設備碳排}) \div \text{評估面積TAF}$
- nZCB值 $CEI_n = (0.7 \times \Sigma \text{空調\&照明碳排中位值} + \text{FCE} + \text{MCE設備碳排}) \div \text{評估面積TAF}$

	耗能分區	照明 LEUI		間歇空調 EUI(kWh /m ² yr)		
		LEUImin	LEUImax	北部	中部	南部
		LEUI	LEUI	AEUImin	AEUImin	AEUImin
R.住宅單位	R1. 透天獨棟住宅	5.87	9.78	7.02 8.69 20.74	8.12 10.06 24.20	9.91 12.36 29.65
	R2. 透天連棟住宅	19.54		5.13 6.48 15.48	5.93 7.52 18.36	7.23 9.23 21.66
	R3. 非透天集合住宅住戶專用分區	6.9 11.51 23.04		8.25 10.22 24.38	9.97 12.35 29.7	10.11 12.61 30.26
P.共用部分 (透天住宅類免評估)	P1. 非透天集合住宅大廳分區(大廳空間)	22.13 44.05 73.42		9.95 15.78 24.49	11.15 18.85 28.03	14.26 22.62 32.67
	P2. 非透天集合住宅梯廳分區(梯廳與住戶連通走廊)	3.78 7.57 12.60		0	0	0
	P3. 非透天集合住宅一般共用分區(健身房、閱覽室、兒童遊戲室、KTV、會議室、視聽室、社區辦公室、活動中心等)	13.06 25.93 43.27		14.15 21.79 32.69	16.44 26.91 38.98	21.34 32.97 46.40

本表 EUI 基準為研究團隊設定人員標準起居生活模式與照明、空調營運時程標準情境以 eQuest 軟體與 TMY3 氣象資料模擬而得

Step 3 : 計算FCE固定設備碳排 (集合住宅)

2024版

- 非透天集合住宅 (人數MP)
 - $MP(\text{每戶平均居住人數}) = (2.0 \times NFs + 3.0 \times NFm) / (NFs + NFm)$
 - NFs : 申請案之小套房戶數(戶) , 由平面圖判讀
 - NFm : 申請案二房以上小套房戶數(戶) , 由平面圖判讀
- $FCE = MP \times (YCE1 \times NF1 + YCE2 \times NF2 + YCE3 \times NF3 + YCE4 \times NF4)$

燃氣熱水器+燃氣爐台+用電熱水器+用電熱水器

不計算家庭中非固定式設備耗電

僅計算固定設備：熱水與爐台設備的效率係數

2024版

設備類別參數m	耗能設備效率係數Emn					碳排基準YCEm (kgCO ₂ /人.yr)	
	一級能效 Em1	二級能效 Em2	三級能效 Em3	四級能效 Em4	五級能效 Em5		
1. 瓦斯熱水器 (即熱式熱水器)	E11=0.80	E12=0.91	E13=0.95	E14=1.0	無此類	北、中、南氣候區 74.9、72.5、70.1	
2. 用電熱水器	2.1 儲備型熱水器	E21=0.94	E22=0.95	E23=0.97	E24=0.98	E25=1.00	北、中、南氣候區 149.8、 145.0、 140.1
	2.2 末端蓄熱式熱水器	E26=0.89	E27=0.90	E28=0.92	E29=0.93	E210=0.95	
	2.3 熱泵熱水器	節能標章E211=0.26、無標章E212=0.30					
	2.4 瞬熱式熱水器	E213=1.00					
3. 燃氣爐台	E31=0.85	E32=0.90	E33=0.95	E34=1.00	無此類	78.5	
4. 用電爐台	IH電磁爐·E41=0.78·鹵素爐/電陶爐·E42=1.0					70.1	

Step 4：計算MCE公用機械碳排（集合住宅）

2024版

$$MCE = (VEc \times AFp$$

↑
地下停車場通風系統之年耗電基準

↑
地下停車場空間面積，不含電梯廳、儲藏室、機械雜物間等空間

$$+ EEc \times Ne$$

↑
電梯之年耗電基準

↑
電梯台數

$$+ 0.0183 \times Q \times PHc) \times \beta 1$$

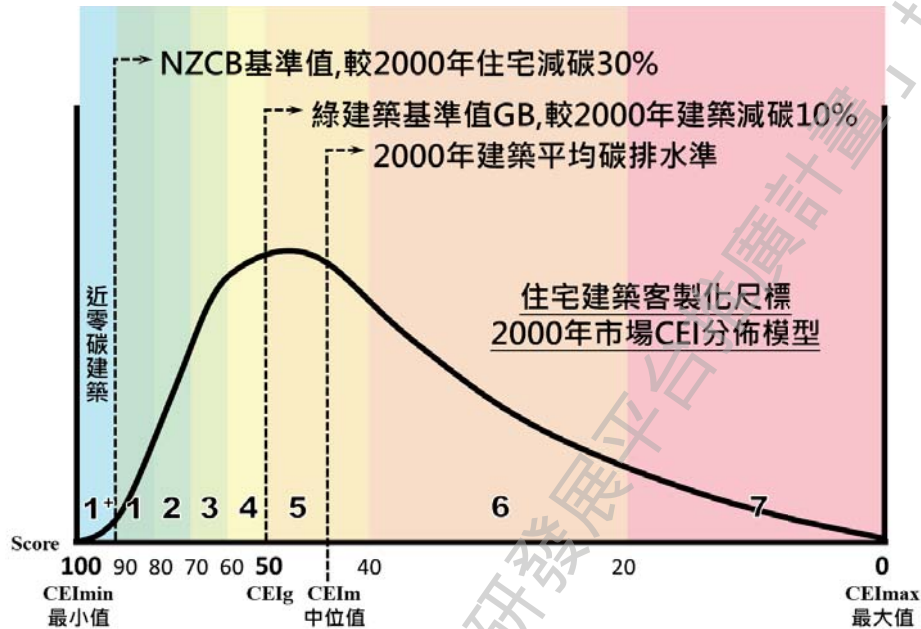
↑
住戶(住宅之共用空間用水量免計)+有共用住宅水塔的非住宅空間(餐廳、店鋪、銀行、旅館...等)=全年用水量

↑
揚水泵揚程基準(附自來水昇位圖與PHc計算書。)

Step 5：完成客製化R-BERS能效尺標

2024版

- 以上步驟可算出：最大值 CEI_{max} 、基準值 CEI_g 、nZCB值 CEI_n
- 這是根據評估案件所客製化的R-BERS分級標準



Step 6：計算集合住宅碳排密度指標 CEI^*

2024版

- 集合住宅住宅 CEI^*

引用申請綠建築時的EEV、EAC、EL

$$CEI^* = \left[(AEUIm1 \times (EAC1 - 0.12 \times EEV) + LEUIm1 \times EL1) \times TAF1 \times \beta 1 \right]$$

碳排密度指標 (1) 住宿空調&照明設計碳排

$$+ FCE^* + \left(\sum_j AEUImj \times AFj \times (EAC2 - 0.12 \times EEV) + \sum_j LEUImj \times AFj \times EL2 \right) \times \beta 1$$

(2) 固定設備設計碳排 (3) 公用空間空調&照明設計碳排

$$+ MCE^* \bigg] \div \text{評估總樓板面積TAF}$$

(4) 公用機械設計碳排

Step 7 : R-BERS的能效得分與分級標示

2024版

- 當 $CEI^* \leq CEI_g$ 時

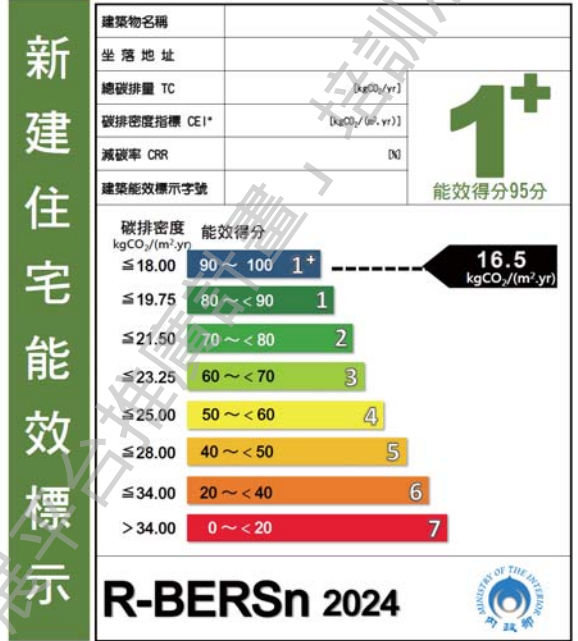
$$SCORE_{EE} = 50 + 40 \times (CEI_g - CEI^*) / (CEI_g - CEI_n)$$

- 當 $CEI_g < CEI^*$

$$SCORE_{EE} = 50 \times (CEI_{max} - CEI^*) / (CEI_{max} - CEI_g)$$

- 計算該案件各個分級的EUI :

等級標示	能效得分標示	EUI範圍判斷數學標示符號	能效等級CEI基準值計算法
1+	90~100	\leq	CEIn
1	80~<90	\leq	CEIn + (10/40) × (CEI _g - CEIn)
2	70~<80	\leq	CEIn + (20/40) × (CEI _g - CEIn)
3	60~<70	\leq	CEIn + (30/40) × (CEI _g - CEIn)
4	50~<60	\leq	CEI _g
5	40~<50	\leq	CEI _g + (10/50) × (CEI _{max} - CEI _g)
6	20~<40	\leq	CEI _g + (30/50) × (CEI _{max} - CEI _g)
7	0~<20	>	CEI _g + (30/50) × (CEI _{max} - CEI _g)



Step 8 : 淨零建築NZB的評估 (終極目標)

2024版

- 必須先取得近零碳建築1+等級。
- 採購綠能量與該案專屬基地內外設施之綠能生產量所計算之總碳排放量TGCO，大於或等於該案全年總碳排放量TC。

$$TC = \frac{(ACE^* + LCE^*)}{0.4} + FCE^{**} + MCE^*$$

總碳排放量 空調,照明,家電合計碳排 用電固定設備碳排 共用機械碳排

$$TGCO = \underline{TGC} \times \beta_1 \geq TC$$

總綠能碳
抵換量

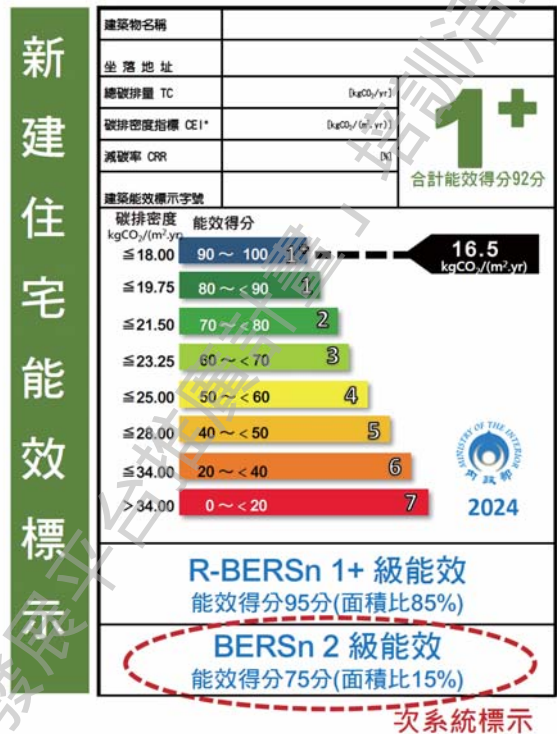
採購綠能量與
該案專屬基地
內外設施之綠
能生產量合計
之總發電

評估案的
總碳排放量

不同能效標示混用時如何標示？

2024版

- 混用面積小時
 - 任一類次系統面積未達總面積5%時，可免除該次系統部分之評估。
- 混用面積大時
 - 當申請案出現多種系統評估時，以各系統能效得分對各系統評估樓地板面積的加權能效得分為該案的合計能效得分。
- 採用不同標示系統時
 - 分別計算能效得分與面積加權計算。



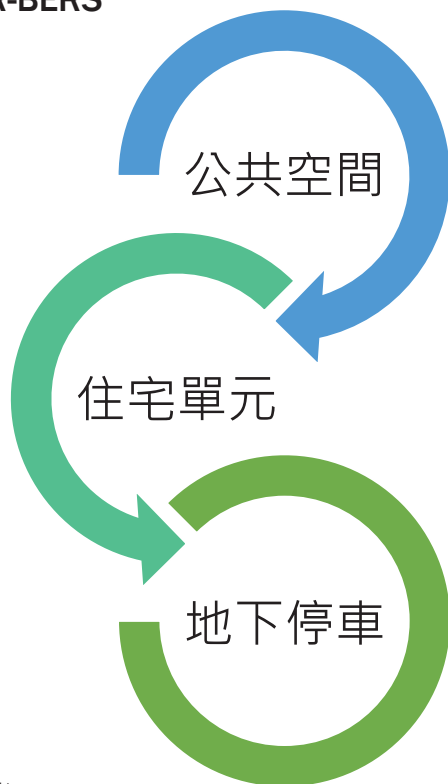
近零碳建築的策略 與跨域整合

先公後私、以大帶小

住宅建築採用多項節能設備

2024版

住宅建築R-BERS



- 良好的外殼設計
- 節能的空調
- 節能的燈具
- 合理的揚水泵
- 動力回生電梯

- 節能爐台
- 節能熱水器
- 節能冷氣
- 節能燈具

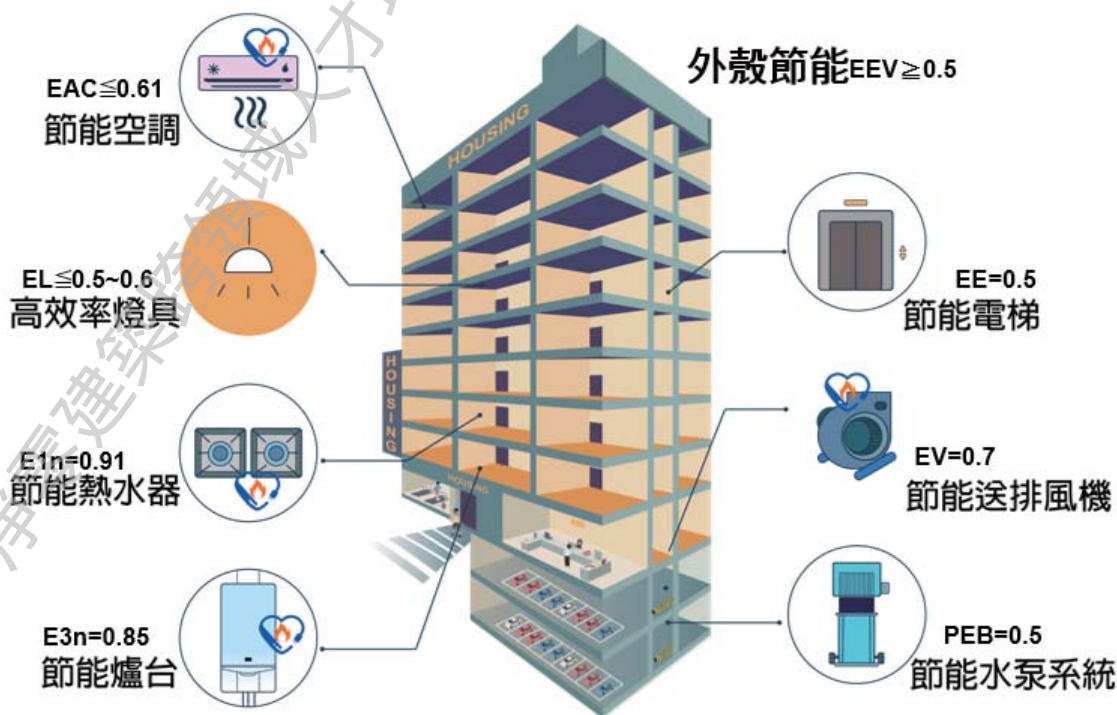
- 具節能標章風機
- 節能的燈具

家電產品

- 分階段提高能效基準
 - 節能家電減徵貨物稅
- 車用充電樁設備
- 修正公寓大廈管理條例

達成住宅建築能效1+之策略

2024版



策略1：提升外殼節能設計

2024版

- 優化外殼等價開窗率Req，指建築物各方位外殼透光部位，經標準化之日射、遮陽及通風修正計算後之開窗面積，對建築外殼總面積之比值。

公式參數	公式用意	可操作設計策略
f_k	k 方位日射修正係數	<ul style="list-style-type: none"> • 水平面(屋頂)盡量不設置水平天窗，若要設天窗請採高凸狀北向垂直面天窗，若設水平天窗，其開窗率應抑制於10%以下，且必須採用外遮陽。 • 減少外牆開窗率，降低日射量 • 切忌採用大玻璃造型設計
K_i	開窗部分之外遮陽係數	<ul style="list-style-type: none"> • 開窗部位需有足夠深度的外遮陽或陽台 • 依照不同方位設置水平、垂直或水平+垂直遮陽
Vac	自然通風空調節能率	<ul style="list-style-type: none"> • 空間設計以自然通風設計為主

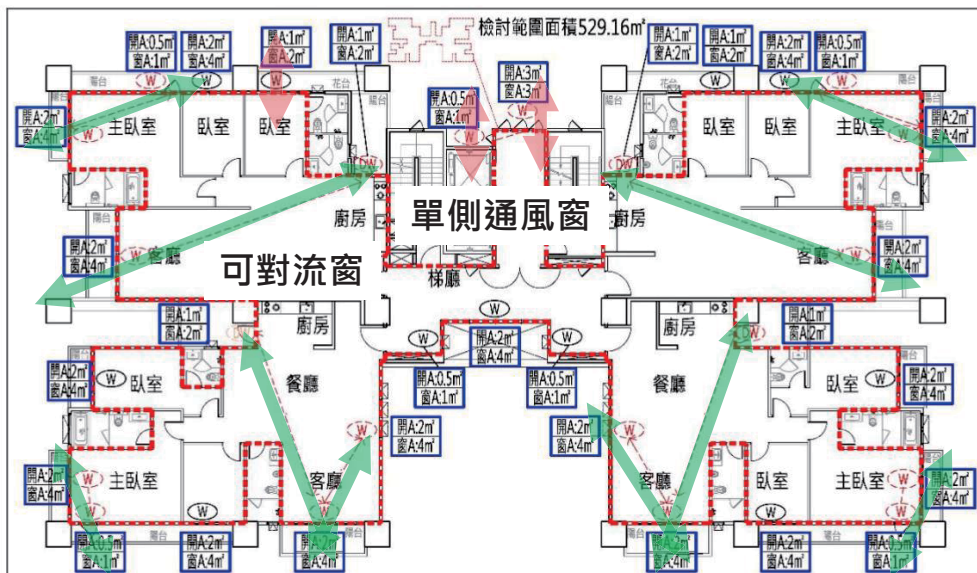
REQ在北部氣候區應低於13%、中部氣候區應低於15%與南部氣候區應低於18%之基準值

策略2：鼓勵住宅的自然通風

2024版

在涼爽季節中可停止空調而採用自然通風，自然通風空調節能率 Vac 讓使用者可減少空調運轉時間而減少空調耗能的比例。 $Vac = 0.87$ ，為自然通風條件良好而可節約空調能源13%（相對於通風最差的間歇空調住宅）。

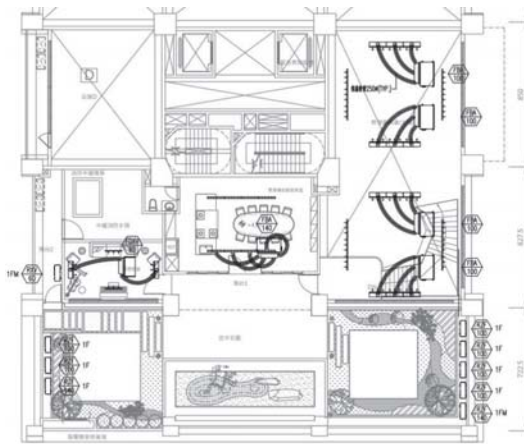
可對流窗面積比單側通風窗有3倍之自然通風效益



策略3：提升空調節能設計

2024版

- 公共空間若採用中央空調系統時，應確保空調熱負荷計算正確，避免空調超量設計，並選用高效率冷凍主機或個別空調機。
- 住宅單元應採用具有一級能源效率分級標示的個別空調機。



圖片來源: <https://www.linkedin.com/pulse/global-vrf-system-market-expected-see-growth-rate-1244-toshit-bhawsar>



圖片來源: <https://www.mhih-ac.com/tc/products/split-type-air-conditioner>

策略4：提升照明節能設計

2024版

- 所有居室應可自然採光、在滿足照度之下降低燈具數量、採用最高效率的光源及燈具、空間內宜區分背景照明及重點照明、做好分區開關控制並配合自動感知與調光。
- 採用節能型的LED光源。



背景照明及重點照明

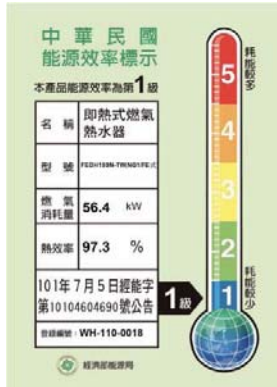


高效率的光源及燈具

策略5：採用更節能的固定設備

2024版

- 熱水系統應盡量使用能源效率分級優異的熱水器，或使用熱泵熱水器或太陽能熱水系統，且應採用有保溫披覆層的熱水管路系統。
- 廚房烹飪設備避免採用電陶爐，應使用有一級能源效率分級標示的瓦斯爐台或IH爐。



策略6：採用節能的公用機械設備

2024版

- 電梯採用變壓變頻永磁同步馬達電梯即可達到良好節能效率。
- 電力回收電梯等節能電梯，主要是回收電能；當主機運轉於發電(動)機狀態(如空載上行、滿載下行)時才有最好效果。



各建築類型電梯電力回生裝置尖離峰節能率比較

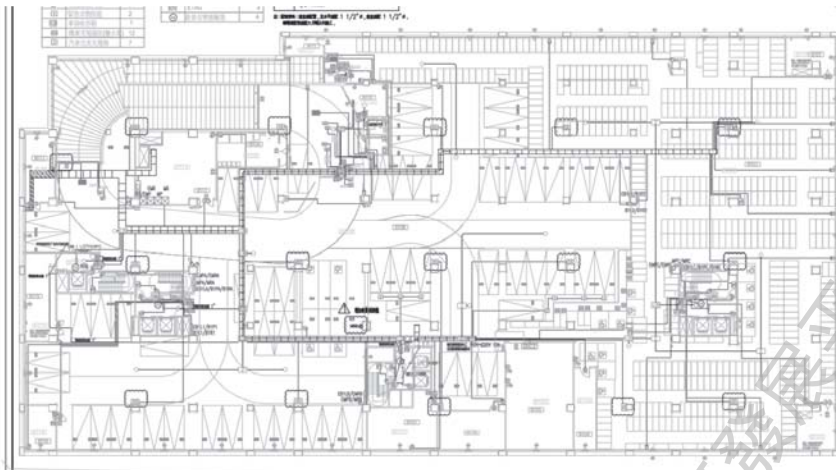
(財團法人台灣綠色生產力基金會·2016·電梯電力回生裝置節能應用技術手冊)

依據各建築類型取樣結果得知，尖離峰使用頻率與回饋電量之回生率成正比關係。即電梯系統使用率越高者，節能潛力越佳。電梯樓層越高，機械位能差越大，越節能。

策略7：提升地下停車抽排風系統

2024版

- 採用CO偵測變頻風機控制系統。
- 停車場每400m²面積至少設置一個安裝在距地面高度 0.9~ 1.8m 間且連動變頻風機控制系統之CO感知器，且應有CO濃度大於 9ppm時連動啟動抽排風機制之設定。



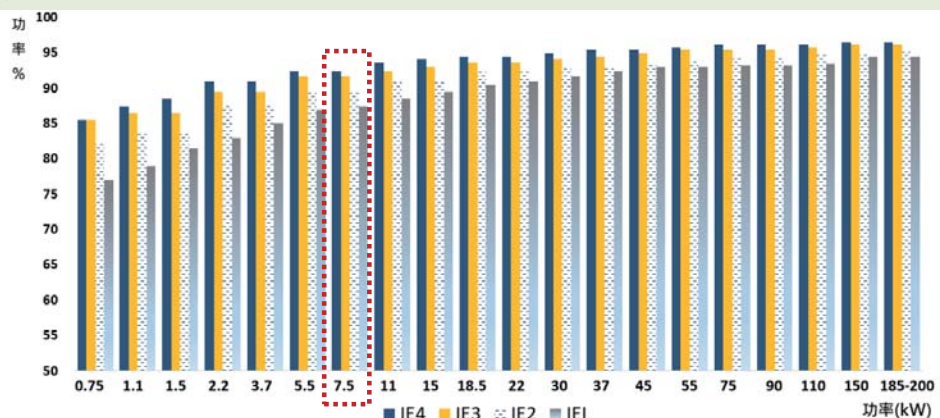
具節能標章風扇

策略8：採用適當的揚水泵

2024版

- 水塔送水系統應選用合適揚程與送水量之揚水泵（不應超量設計），應選用IE3或IE4之節能水泵。

以7.5 kW之電動機為例，IE2比IE1效率高2.5%，IE3比IE2效率高2.2%，IE4比IE3效率高0.7%
顯示出馬達越往高效率，效率提升的幅度越小，技術難度增大



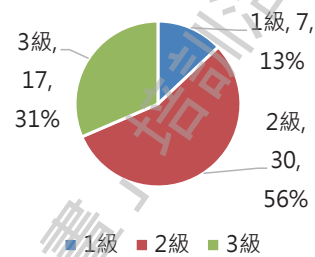
電動機自105.7.1起實施IE3效率基準，目前國際上如歐盟已率先於112.7實施75kW以上電動機IE4效率基準，美國亦預定於116.6實施75kW以上電動機IE4效率基準。為與國際接軌，並引導產業研發生產高效率產品供國內使用，114.7.1 經濟部提升75kW以上電動機之能源效率基準至IE4。

新建集合住宅建築能效分析

2024版

■ R-BERSn (全棟評估) 評估結果

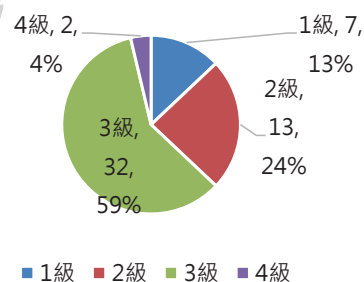
- 全部通過「3級」以上評估，公有與民間住宅2級最多。
- 2級占比最多為56%、1級7件占13%



■ RP-BERSn (部分評估) 評估結果

- 全部通過評估，3級占比最多為59%、1級7件占13%
- 僅評估共用空間的照明、空調、電梯、水泵、抽排風機等項目，相同案件能效等級降低1~2級

本研究調查之住宅能效等級 R-BERSn

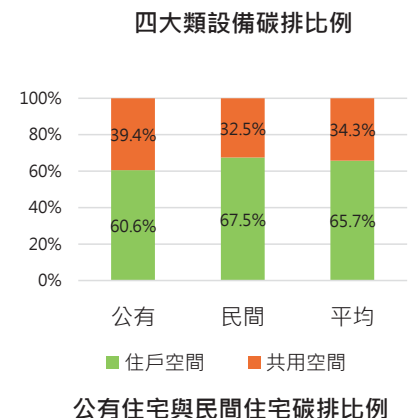
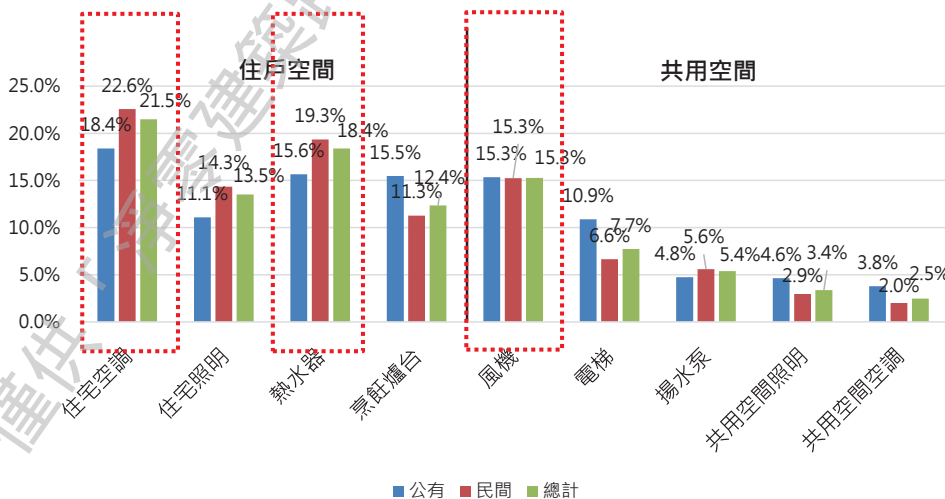
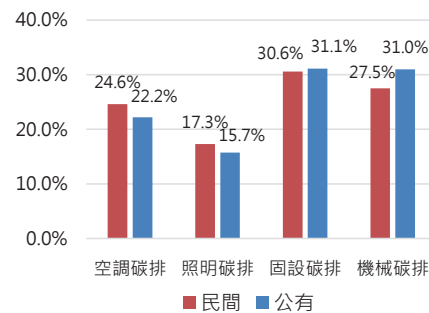


案件編號	R-BERSn	SCORE _{EE}	RP-BERSn	SCORE _{EE}	級數差距
平均級數	2	73.3	3	69.1	1

新建集合住宅碳排構成分析

2024版

- 固定設備(爐台、熱水器)碳排占比30.6~31.1%最高，機械設備(電梯、揚水泵、停車場抽排風機)碳排占27.5~31.0%次之
- 平均共用空間碳排65.7%、住戶空間碳排34.3%



以14樓集合住宅為例

機電 + 設備工程約佔18% (15 ~ 20%)

2024版

預算試算

■ 條件：基地400P；RC造 B3、14F；總樓地板3,000P

編號	工程項目	預算區間	試算	說明
A	假設工程	9,000~15,000	11,000	無塔吊、施工電梯；工程良好管理
B	基礎工程	18,000~45,000	35,000	連續壁不須地質改良
C	結構工程	40,000~85,000	42,000	RC構造
D	外牆工程	11,500~30,000	15,000	國產外牆磚、少量金屬與格柵
E	裝修工程	18,000~30,000	24,000	一般建材、大廳石材
F	門窗工程	8,500~10,000	9,200	第一級鋁窗與鑄鋁防爆門
G	雜項工程	1,300~2,200	1,500	
H	景觀工程	4,000~6,800	5,000	住宅區及植栽品相佳·綠建築
I	機電工程	30,000~36,000	31,000	一級設備材料及廠商
G	設備工程	6,000~15,000	8,500	30P~40P·無機械停車及空調·國產一級廚具、進口品牌衛浴設備
	管理及利潤	12%~18%	204,064	優良有口碑營造商
	營業稅		10,203	
	總計		214,267	每坪約21.4萬元

66

主辦單位：臺北市都市更新處

執行單位：社團法人臺北市都市更新整合發展協會

感謝聆聽 敬請討論