

Definicje standardów i przykłady termomodernizacji budynków do standardu nZEB na świecie

dr inż. Jerzy Kwiatkowski

Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska



Zakres

- Wymagania i sytuacja w UE
- Definicje budynków zeroenergetycznych
- Definicja na potrzeby projektu KODnZEB
- Przykłady modernizacji na świecie

Standard budynków a wymagania UE

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków;
- Artykuł 9: *Państwa członkowskie zapewniają, aby:*
 - a) *Od dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii; oraz*
 - b) *Po dniu 31 grudnia 2018 r. nowe budynki zajmowane przez władze publiczne oraz będące ich własnością były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.*

Spotykane określenia budynków zeroenergetycznych

- budynek o niemal zerowym zużyciu energii;
- budynek o niskim zużyciu energii;
- budynek netto zeroenergetyczny (nZEB)
- budynek niemal netto zeroenergetyczny (nnZEB)
- Budynki zeroemisyjne (przykład Norwegii)

Budynek o niemal zerowym zużyciu energii - Dyrektywa

- Określony w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków;
- *„Budynek o niemal zerowym zużyciu energii oznacza budynek o bardzo wysokiej charakterystyce energetycznej określonej zgodnie z załącznikiem I. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w bardzo wysokim stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu”*

Country	Status of the definition	Main reference(s)	Year of enforcement		nZEB definition for new buildings						nZEB definition for existing buildings		
			Public	Non-public	EPBD scope of nZEB definition [1]	Numerical indicator	Maximum primary energy [kWh/m ² y]		Share of renewable energy	Other indicators	Status of the definition	Maximum primary energy [kWh/m ² y]	
							Residential buildings	Non-residential				Residential buildings	Non-residential buildings
Austria	✓	OIB Guidelines 6	1/01/2019	1/01/2021	✓ [7]		160	170 (from 2021)	Minimum share used in the draft B guidelines for all buildings	EP, CO ₂	✓	200	250 (from 2021)
Belgium - Brussels	✓	Amended Decree of 21/12/2007	1/01/2015	1/01/2015	✓				Qualitative	EP, OH	✓	54	~ 108 [2]
Belgium - Flanders	✓	Regulation of 29/11/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓				Quantitative [4]	EP, OH	Under development		
Belgium - Wallonia	Under development	Consolidated report to EC	1/01/2019	1/01/2019	✓	Under development			Quantitative	EP	Under development		
Bulgaria	Still to be approved	National nZEB Plan, BPIE study	1/01/2019	1/01/2021	✓	Still to be approved	~30-50	~40-60	Quantitative	EP	As for new buildings	~30-50	~40-60
							Included in the calculation; building needs to comply with class A					Included in the calculation; building needs to comply with class A	
Croatia	✓	Regulation OG 97/14, National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	33-41[3]	Under development	Minimum share in current requirements for all buildings	EP	ND		
Cyprus	✓	Decree 366/2014, Law 210(I)/2012	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	100	125	Quantitative	EP	As for new buildings	100	125
Czech Republic	✓	Regulation 78/2013 Coll.	2016-2018 depending on size	2018-2020 depending on size	✓	✓	75-80% [2,5]	90% [5]	Quantitative	EP, TS	As for new buildings	75-80% [2,5]	90% [5]
Denmark	✓	Building Regulations 2010	1/01/2019	1/01/2021	✓		20	25	Qualitative	EP, OH, TS	As for new buildings	20	25
Estonia	✓	Regulation 68:2012	1/01/2019	1/01/2021	✓ [7]				Qualitative		✗		
Finland	Under development	Consolidated report to EC	1/01/2018	1/01/2021	✓ [7]	ND			ND		ND		
France	Definition of Positive Energy Buildings under development [8]	Thermal Regulation 2012, National nZEB Plan	28/10/2011	1/01/2013	✓	✓	40-65 [2,3]	70-110 [2,3]	Quantitative [4]	EP, OH, TS	✓	80 [3]	60% PE [2]
Germany	Under development	KfW Efficiency House, National nZEB plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	40% PE [5]		Minimum share in current requirements for all buildings	EP	Under development	55% PE [5]	
Greece	Under development	Law 4122/2013	1/01/2019	1/01/2021	ND	ND			Minimum share in current requirements for all buildings		Under development		
Hungary	Under development	Amended decree 7/2006, study by University of Debrecen	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	50-72 [2]	60-115 [2]	Quantitative	EP	Under development		
Ireland	✓	Draft definition in National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	45	~60% PE [5]	Quantitative [4]	CO ₂	Under development	75-150	

✓ definition included in an official document ✗ no definition available ND - no data

Other indicators: CO₂ - Carbon emissions, EP - Envelope performance, OH - Overheating indicator, TS - Performance of technical systems

Country	Status of the definition	Main reference(s)	Year of enforcement		nZEB definition for new buildings					nZEB definition for existing buildings			
			Public	Non-public	EPBD scope of nZEB definition [1]	Numerical indicator	Maximum primary energy [kWh/m ² y]		Share of renewable energy	Other indicators	Status of the definition	Maximum primary energy [kWh/m ² y]	
							Residential buildings	Non-residential buildings				Residential buildings	Non-residential buildings
Italy	Still to be approved (under publication)	Draft of the new EPBD decree	1/01/2019	1/01/2021	✓	Still to be approved	Included in the upcoming updated version of the National nZEB Plan [2,3]		Quantitative	EP, TS	✓ As for new buildings	Included in the upcoming updated version of the National nZEB Plan [2,3]	
Latvia	✓	Regulation 383/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	95	95	✓ Quantitative	EP	✓ As for new buildings	95	95
Lithuania	✓	Regulation STR 2.01.09 :2012	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	Included in the calculation; building needs to comply with class A++		✓ Quantitative	EP	✓ As for new buildings	Included in the calculation; building needs to comply with class A++	
Luxembourg	✓ Details to be fixed	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✗ [6]	✓	Included in the calculation; building needs to comply with class A-A-A		✓ Qualitative	EP, CO ₂	ND		
Malta	Under development	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Current values revised	40	60	Qualitative	EP	ND		
Netherlands	✓	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	Included in the calculation; building needs to comply with energy performance coefficient = 0		✗	EP	ND		
Norway	Under development	Presentation by Research Centre on Zero Emission Buildings	1/01/2021	1/01/2021	✓	Under development					Minimum share in current requirements for all buildings	CO ₂ (main indicator), EP, TS	ND
Poland	Under development	Consolidated report to EC	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	60-75 [2]	45-70 [2]	✗		ND		
Portugal	Under development	Law 118/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	In current requirements for buildings			✗		ND		
Romania	✓	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	93-217 [2,3]	50-192 [2,3]	Quantitative	CO ₂	ND		
Slovakia	✓	Decree 364/2012	1/01/2019	1/01/2021	✗ [6]	✓			Quantitative	EP	ND		
Slovenia	Still to be approved	Official Journal 17/14, National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Still to be approved	45-50 [2]	70	Under development	EP	Still to be approved	70-90 [2]	100
Spain	Under development	Decree 235/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	Included in the calculation; it is foreseen that buildings will need to comply with class A		Minimum share in current requirements for all buildings	CO ₂ (main indicator)	Under development		
Sweden	Under development	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	30-75 [2,3]	30-105 [2,3]	✗		ND		
UK (England)	✓ Details to be fixed	National nZEB Plan, presentation by Zero Carbon Hub	1/01/2018 (from 2016 for residential buildings) [9]	1/01/2019 (from 2016 for residential buildings) [9]	✓	✓	~ 44 (2)	ND	✓ Qualitative	CO ₂ (main indicator), EP, TS	ND		
							Included in the calculation; building will need to comply with carbon emissions ~ 0						

✓ definition included in an official document ✗ no definition available ND - no data

Other indicators: CO₂ - Carbon emissions, EP - Envelope performance, OH - Overheating indicator, TS - Performance of technical systems

Budynek o niskim zużyciu energii - Polska

- Określony w Krajowym Planie mającym na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii
- Przez „budynek o niskim zużyciu energii” należy rozumieć budynek, spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością cieplną zawarte w przepisach techniczno-budowlanych, Warunki Techniczne, obowiązujące od 1 stycznia 2021 r., a dla budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością – od 1 stycznia 2019 r.

Budynek o niskim zużyciu energii - Polska

Lp.	Rodzaj budynku	Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/(m ² · rok)]		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r.**)
1	2	3		
1	Budynek mieszkalny:			
	a) jednorodzinny	120	95	70
	b) wielorodzinny	105	85	65
2	Budynek zamieszkania zbiorowego	95	85	75
3	Budynek użyteczności publicznej:			
	a) opieki zdrowotnej	390	290	190
	b) pozostałe	65	60	45
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	110	90	70

*) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

Lp.	Rodzaj budynku	Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔEP_L na potrzeby oświetlenia [kWh/(m ² · rok)] w zależności od czasu działania oświetlenia w ciągu roku t_0 [h/rok]**)		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r.**)
1	2	3		
1	Budynek mieszkalny:			
	a) jednorodzinny	$\Delta EP_L = 0$	$\Delta EP_L = 0$	$\Delta EP_L = 0$
	b) wielorodzinny			
2	Budynek zamieszkania zbiorowego			
3	Budynek użyteczności publicznej:			
	a) opieki zdrowotnej	dla $t_0 < 2500$ $\Delta EP_L = 50$	dla $t_0 < 2500$ $\Delta EP_L = 50$	dla $t_0 < 2500$ $\Delta EP_L = 25$
	b) pozostałe	dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta EP_L = 100$	dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta EP_L = 100$	dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta EP_L = 50$
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny			

*) Jeżeli w budynku należy uwzględnić oświetlenie wbudowane, w przeciwnym przypadku $\Delta EP_L = 0$ kWh/(m² · rok).
**) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

Lp.	Rodzaj budynku	Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔEP_C na potrzeby chłodzenia [kWh/(m ² · rok)**)		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r.**)
1	2	3		
1	Budynek mieszkalny:			
	a) jednorodzinny	$\Delta EP_C = 10 \cdot A_{TC}/A_f$	$\Delta EP_C = 10 \cdot A_{TC}/A_f$	$\Delta EP_C = 5 \cdot A_{TC}/A_f$
	b) wielorodzinny			
2	Budynek zamieszkania zbiorowego			
3	Budynek użyteczności publicznej:			
	a) opieki zdrowotnej	$\Delta EP_C = 25 \cdot A_{TC}/A_f$	$\Delta EP_C = 25 \cdot A_{TC}/A_f$	$\Delta EP_C = 25 \cdot A_{TC}/A_f$
	b) pozostałe			
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny			

gdzie:
 A_f – powierzchnia użytkowa ogrzewana budynku [m²].
 A_{TC} – powierzchnia użytkowa chłodzona budynkiem [m²].

*) Jeżeli budynek posiada instalację chłodzenia, w przeciwnym przypadku $\Delta EP_C = 0$ kWh/(m² · rok).
 **) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

$$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L$$

WT 2014

Budynek netto zeroenergetyczny (nZEB)

- Zużycie energii pierwotnej budynku wynosi 0 kWh/(m²rok);
- Budynek o bardzo wysokiej efektywności energetycznej zazwyczaj podłączony do systemu elektroenergetycznego;
- Roczny bilans energii pierwotnej na poziomie 0 kWh/(m²rok) prowadzi do sytuacji, w której znaczna część energii wyprodukowanej na miejscu będzie dostarczana do zewnętrznej sieci elektroenergetycznej. Wynika to z charakterystyki budynku netto zero energetycznego, w którym produkcja energii odbywa się w odpowiednich warunkach, a gdy one nie występują, wykorzystywana jest energia dostarczana z zewnętrznych sieci.

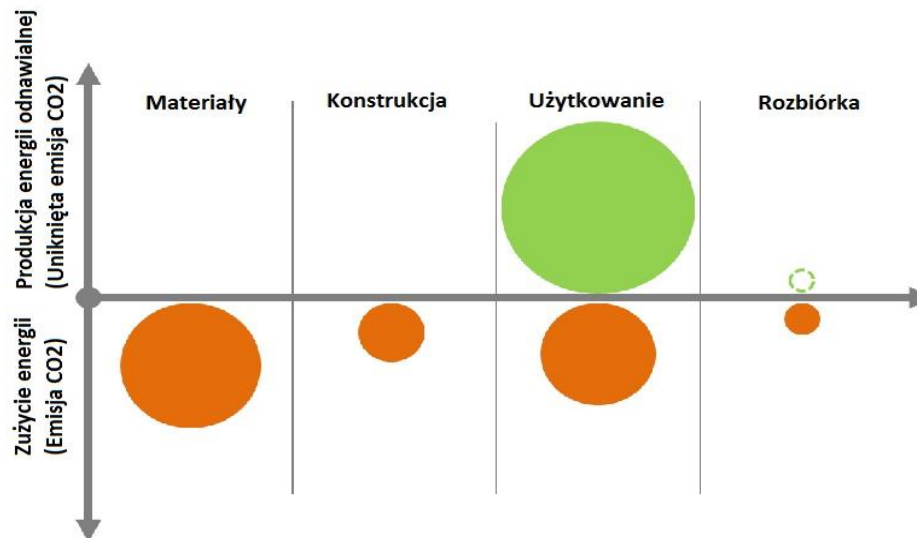
Budynek niemal netto zeroenergetyczny (nnZEB)

- Budynek określony przy wykorzystaniu reguły krajowego kosztu optymalnego zużywający więcej niż 0 kWh/(m²rok);
- Budynek o bardzo wysokiej efektywności energetycznej zazwyczaj podłączony do systemu elektroenergetycznego;
- Granica bilansowa budynku stanowi przyłączenie budynku do sieci energetycznych. Energia dostarczona netto stanowi różnicę między energią dostarczaną do budynku $E_{del,i}$ a energią wyeksportowaną do systemu $E_{exp,i}$, przy czym uwzględniany jest każdy nośnik energii.

$$E = \sum_i (E_{del,i} - E_{exp,i}) f_i$$

Norwegia jako przykład innego podejścia

- Oceniane są wskaźniki emisji CO₂ a nie wskaźniki zapotrzebowania na energię
- Centrum ZEB Trondheim stosuje różne definicje budynku zależnie od liczby rozpatrywanych faz życia budynku



Definicja nZEB – Norwegia

- Produkcja energii odnawialnej w budynku kompensuje emisję gazów cieplarnianych w okresie jego eksploatacji, **ZEB – O**;
- Produkcja energii odnawialnej w budynku kompensuje emisję gazów cieplarnianych w okresie jego eksploatacji oraz w procesie produkcji materiałów wykorzystanych w budynku, **ZEB – OM**;
- Produkcja energii odnawialnej w budynku kompensuje emisję gazów cieplarnianych w okresie jego budowy, eksploatacji oraz w procesie produkcji materiałów wykorzystanych w budynku, **ZEB – COM**;
- Produkcja energii odnawialnej w budynku kompensuje emisję gazów cieplarnianych w całym cyklu życia budynku, i materiałów budowlanych: budowa – eksploatacja – rozbiórka/recykling, **ZEB – COMPLETE**.

Definicja nZEB na potrzeby projektu KODnZEB

- Przyjęto, że budynek nZEB, jest to budynek o wskaźniku E_p , wynoszącym: więcej niż budynek zero-energetyczny ($0 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$) i mniej niż budynek spełniający wymagania minimalne.
- Zakładając liniowy spadek wartości E_p do zera w przypadku budynku zero-energetycznego, zdefiniowano budynek nZEB jako osiągający 90% spełnienia wymagań dla budynku zero-energetycznego.

Za spełnienie warunku budynku niemal zero-energetycznego (nZEB) w projekcie KODnZEB uważane będzie osiągnięcie wskaźników zapotrzebowania na energię pierwotną, wynoszącego dla:

- **Budynku DS. „Muszelka” – 20 kWh/m²/rok,**
- **Budynku edukacyjnego WIŚ – 20 kWh/m²/rok**

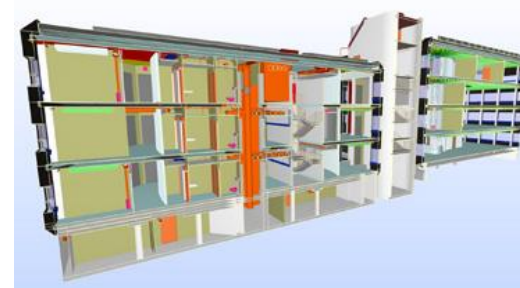
Budynek Power House Kjørbo

- Modernizacja 2 budynków biurowych o powierzchni 5180 m² wzniesionych w latach osiemdziesiątych XX w.
- Przed modernizacją oba budynki charakteryzowały się rocznym zapotrzebowaniem energii na poziomie ok. **250 kWh/m²rok**
- Uzyskał certyfikat środowiskowy BREEAM-NOR 'outstanding' zarówno w fazie projektowej jak i po wybudowaniu
- Spełnia poziom ambicji: ZEB-OM



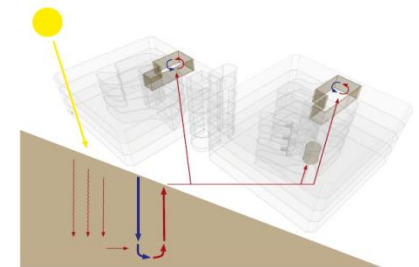
Budynek Power House Kjørbo

- Zastosowano koncepcję połączenia BIM (Building Information Modeling) ze skanowaniem laserowym w celu wykonania cyfrowych modeli wnętrza i otoczenia budynku,
- Obniżenie współczynnika U (SZ z 0,3 do 0,13; STD z 0,22 do 0,08, OK z 2,5 do 0,8 W/m²K),
- Szczelność z $n_{50} = 3,5 \text{ h}^{-1}$ do $n_{50} = 0,23 \text{ h}^{-1}$
- Okna zapewniające światło dzienne, ale elementy zacieniające ograniczające zyski słoneczne i efekt olśnienia,
- Okładziny zewnętrzne z opalanej osiki (niska energia wbudowana, brak konieczności konserwacji),



Budynek Power House Kjørbo

- Zróżnicowane środowiska pracy umożliwiające zarówno efektywną pracę indywidualną jak i grupową,
- Elementy tłumiące dźwięk,
- System wentylacji sterowany poziomem wymagań z wykorzystaniem czujników dwutlenku węgla,
- Minimalizacja długość przewodów nawiewnych i wywiewnych,
- Wykorzystano elementy konstrukcyjne budynku (klatki schodowe),
- Źródła światła wykorzystuje diody LED,
- Panele PV o mocy 312 kWp,
- Gruntowe pompy ciepła,



Budynek Power House Kjørbo

Bilans energii w dla 60-letniego okresu życia budynków Power House Kjørbo

SKŁADNIK BILANSU	Energia pierwotna [kWh/(m ² rok)]
Zapotrzebowanie na energię pierwotną w fazie użytkowania (z wyłączeniem wyposażenia)	-58,1
Energia wbudowana w materiałach	-30,4
Średnia produkcja energii elektrycznej przez PV (2014-2074)	121,8
Zużycie energii w trakcie budowy i transportu elementów	-5,0
Rozbiórka	-5,0
RAZEM	23,3

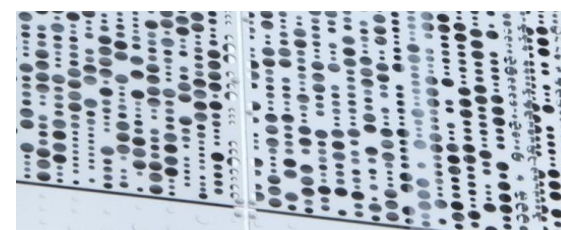
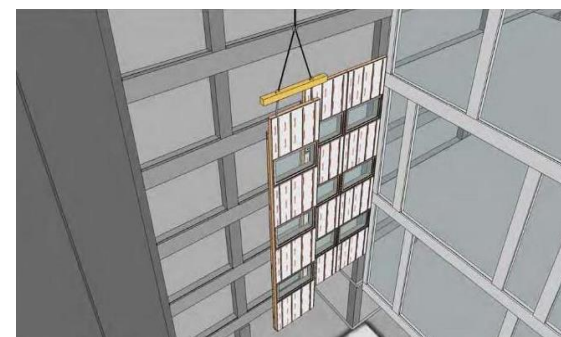
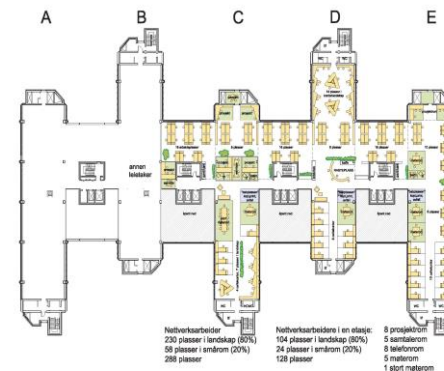
Budynek Skattedirektoratet

- 5 budynków biurowych połączonych łącznikami oddane do użytku na początku lat osiemdziesiątych XX w.
- Przed modernizacją typowe dla budynków norweskich ogrzewanie elektryczne i zużyciem energii **165 kWh/(m²rok)**,
- Po modernizacji uzyskał następujące certyfikaty środowiskowe: FutureBuilt, Passive building, BREEM-NOR Very Good, Energy class A,



Budynek Skattedirektoratet

- Zmiana bryły kompleksu – niekorzystny A/V, układ sprawia duże problemy komunikacyjne dla najemców,
- Niskie współczynniki przenikania ciepła w wszystkich przegrodach,
- Fasady z prefabrykowanych drewnianych paneli
- Wysoka szczelność budynku,
- Okładziny zewnętrzne z trwałego i taniego w utrzymaniu aluminium (z recyklingu).



Budynek Skattedirektoratet

- Zróżnicowane środowiska pracy umożliwiające zarówno efektywną pracę indywidualną jak i grupową,
- Zmniejszono zyski ciepła z komputerów indywidualnych z 200 do 120 W,
- Zewnętrzne elementy zacieniające
- Wymienniki do odzysku z powietrza usuwanego o sprawności temperaturowej równej 86%,
- Źródła światła wykorzystuje diody LED,
- Sterowanie automatyczne z wykorzystaniem czujników światła dziennego oraz czujników ruchu pracowników,
- Podstawowym źródłem ciepła dla całego obiektu jest wymiennik do odzysku ciepła zainstalowany w serwerowni (pompa ciepła powietrze-powietrze),



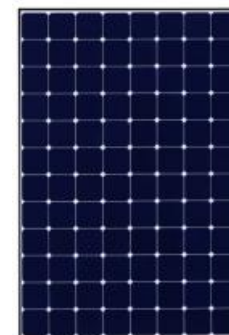
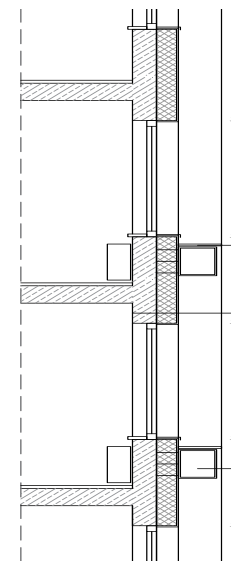
Budynek Skattedirektoratet

- Przed modernizacją, łączne zużycie energii (ogrzewanie i energia elektryczna) w budynku wyniosło 190 kWh/(m² rok).
- Po modernizacji, zostało ono zmniejszone do 103 kWh/(m² rok). Jednakże mniej więcej jedna trzecia tej wartości jest produkowana na miejscu (**pompy ciepła i ponowne wykorzystanie nadwyżki ciepła z serwerowni**).
- Roczne zużycie energii obliczone zgodnie z metodyką używaną w Norwegii do wystawiania świadectw energetycznych wynosi 68,7 kWh/(m² rok) co spełnia wymagania klasy A dla budynków biurowych.

Budynek gmachu WIBHiŚ

- Podwójna fasada na elewacji południowej i zachodniej,
- Wymiana okien i docieplenie przegród,
- Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła,
- Panele fotowoltaiczne 340 kWp (dach i fasady),
- Gruntowa pompa ciepła (c.w.u. i chłodzenie),
- Modernizacja oświetlenia (z 19,1 na 5,6 W/m²).

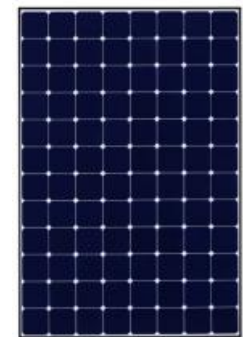
Zmiana E_p z 148,9 kWh/(m²rok) do 6,2 kWh/(m²rok)



X21 - 345 PANEL

Budynek DS. Muszelka

- Wymiana okien i docieplenie przegród (zastosowanie mat z aerożelu na ścianach),
- Centralna wentylacja mechaniczna wyciągowa z regulacją wydajności,
- Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła,
- Panele fotowoltaiczne 79 kWp (dach),
- Pompa ciepła na powietrzu wywiewanym (c.w.u.),
- Modernizacja oświetlenia (z 11,2 na 3,3 W/m²).



X21 - 345 PANEL

Zmiana EP z 298,5 kWh/(m²rok) do 17,9 kWh/(m²rok)

Dziękuję za uwagę

dr inż. Jerzy Kwiatkowski

Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji
Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska