



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki



Wydział
Inżynierii Lądowej

**Katedra Budownictwa Ogólnego
i Fizyki Budowli**

PATRYCJA SZOSTEK

Nr albumu: 138499

Kierunek studiów: Budownictwo
Studia I stopnia stacjonarne

**PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY
BUDYNKU RESTAURACJI WRAZ Z OBLICZENIAMİ
TERMICZNYMI I KONSTRUKCYJNYMI**

ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL DESIGN OF A
RESTAURANT BUILDING INCLUDING THERMAL AND
STRUCTURAL CALCULATIONS

PRACA DYPLOMOWA INŻYNIERSKA

Ocena pracy:

Data

Podpis promotora:

--	--	--

Promotor

Dr inż. Paweł Gałek

Kraków, luty 2024

Składam serdeczne podziękowania
Panu dr inż. Pawłowi Gałkowi za cierpliwość,
cenne wskazówki i poświęcony czas.

Patrycja Szostek

STRESZCZENIE

Celem niniejszej pracy było sporządzenie części projektu architektoniczno-budowlanego dla budynku restauracji. W części pierwszej dążono do obliczenia energii użytkowej dla wyżej wymienionego obiektu. W tym celu sporządzono obliczenia termiczne, w których uwzględniono wpływ transportu ciepła, jakim są: konwekcja, promieniowanie oraz przewodzenie. Rozpoczęto od zaprojektowania konstrukcji wraz z warstwami wykończeniowymi w programie AutoCAD2022, aby ustalić ilość i rodzaj mostków termicznych. Następnie obliczone zostały straty od przenikania ciepła w tych miejscach. Wzięto pod uwagę również wywiewanie ogrzanego powietrza z budynku przez wentylację mechaniczną, co wygenerowało zwiększoną ilość energii użytkowej. Rozpatrzono także zyski od promieni słonecznych przenikających do budynku przez oszklone powierzchnie. W części drugiej skupiono się na zaprojektowaniu zbrojenia płyty stropodachu. Podczas obliczeń wykorzystano warunki stanów granicznych nośności (SGN) oraz użytkowości (SGU) przy użyciu programu Mathcad 9.0.0.0. Projekt rozpoczęto poprzez wstępne dobranie wymiarów elementów konstrukcyjnych oraz materiałów, z których zostały wykonane. Następnie wykonano zestawienie obciążeń oraz model 3D konstrukcji zamodelowany w programie obliczeniowym RFEM 5.

SPIS TREŚCI

1	INFORMACJE OGÓLNE	6
1.1	PODSTAWA OPRACOWANIA	6
1.2	CEL PRACY	6
1.3	ZAKRES PRACY	6
2	OPIS TECHNICZNY	6
2.1	LOKALIZACJA	6
2.2	CHARAKTERYSTYKA BUDYNKU.....	7
2.2.1	Fundament.....	7
2.2.2	Ściany zewnętrzne i wewnętrzne, słupy żelbetowe	7
2.2.3	Strop nad parterem	8
2.2.4	Taras	8
2.2.5	Stropodach	8
2.2.6	Nadproża	9
2.2.7	Okna i drzwi.....	9
2.2.8	Schody.....	9
3	OBLICZENIA TERMICZNE	9
3.1	PRZEGRODY BUDYNKU ORAZ ICH WSPÓLCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA	9
3.2	STRATY OD MOSTKÓW TERMICZNYCH	10
3.3	STRATY OD WENTYLACJI MECHANICZNEJ	10
3.4	CAŁKOWITE ZYSKI CIEPŁA DLA KAŻDEGO MIESIĄCA	10
3.5	PODLICZENIE BILANSU STRAT I ZYSKÓW	10
3.6	WODA UŻYTKOWA	11
3.7	ENERGIA UŻYTKOWA.....	11
4	OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE STROPODACHU	11
4.1	MODEL KONSTRUKCJI	11
4.2	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	12
4.3	PRZYŁOŻENIE OBCIĄŻEŃ NA MODEL.....	13
4.4	KOREKTA MOMENTU BEZWŁADNOŚCI BELEK ŻELBETOWYCH.....	14

5	WNIOSKI.....	15
6	BIBLIOGRAFIA.....	15
7	ZESTAWIENIE RYSUNKÓW	16

ZAŁĄCZNIK NR 1

ZAŁĄCZNIK NR 2

ZAŁĄCZNIK NR 3

1 Informacje ogólne

1.1 Podstawa opracowania

Przedmiotem niniejszej pracy jest projekt budynku restauracji wraz z obliczeniami termicznymi i konstrukcyjnymi, który to sporządzono na podstawie poniższych programów:

- a) Program AutoCad firmy Autodesk.
- b) Program do obliczeń statyczno – wytrzymałościowych RFEM firmy Dlubal.
- c) Program PTC Mathcad Express Prime 9.0.0.0
- d) Program do obliczeń termicznych THERM 7.6
- e) Program rysunkowy Paint

1.2 Cel pracy

Celem opracowania jest wykonanie obliczeń termicznych budynku restauracji oraz obliczeń statyczno - wytrzymałościowych wybranego elementu konstrukcyjnego.

1.3 Zakres pracy

- Opis techniczny projektowanego budynku
- Obliczenia termiczne
- Obliczenia konstrukcyjne płyty stropodachu
- Podsumowanie
- Rysunki architektoniczne oraz konstrukcyjno-wykonawcze zbrojenia płyty stropodachu

2 Opis techniczny

2.1 Lokalizacja

Budynek jest zlokalizowany w Krakowie (213m n.p.m.), na ul. Armii Krajowej, nr działek 304/21, 304/22. Teren jest płaski, zaliczony do drugiej kategorii geotechnicznej. Do analizy obciążenia śniegiem przyjęto strefę 3, a do analizy oddziaływań wiatru strefę 1.

2.2 Charakterystyka budynku

Projektowany budynek to obiekt gastronomiczny, składający się z dwóch kondygnacji nadziemnych. Jest to konstrukcja płytowo-belkowa wykonana z monolitycznych elementów żelbetowych tj. stropów oraz belek i słupów. Do zaprojektowania budynku wykorzystano beton klasy C25/30 oraz stali konstrukcyjnej RB500W. Jako fundament zastosowano żelbetową płytę grzewczą, wypełnieniem ścian są bloczki z betonu komórkowego, wyjątek stanowi ściana przy wypuszczeniu drugiej kondygnacji i schodach, która to wykonana jest z żelbetu. Dach zaprojektowano jako stropodach zielony. Na I piętrze przewidziano taras na całej szerokości budynku. Główną ideą przy projektowaniu rozwiązań konstrukcyjnych było stworzenie budynku o jak najmniejszym zapotrzebowaniu na energię, tj. unikanie mostków termicznych. Elementy nośne w budynku stanowią płyta stropowa i płyta stropodachu przenoszące obciążenia powierzchniowe na belki stropowe. Umożliwiają one w bezpieczniejszy sposób przenieść siły na słupy żelbetowe, które to przenoszą również poziome siły od wiatru. Następnie obciążenie jest transmitowane do gruntu poprzez płytę fundamentową.

2.2.1 Fundament

Fundament budynku stanowi płyta fundamentowa grzewcza wykonana według rozwiązania firmy Finnfoam grubości 200mm, z pogrubieniami do 400mm po całym obwodzie budynku oraz w miejscach występowania słupów w wewnętrznej części. Zdecydowano się na takie rozwiązanie z uwagi na jak najlepsze zaizolowanie budynku. Odpowiednia izolacja płytami XPS Finnfoam 300 hamuje przepływ ciepła z wnętrza budynku do gruntu, a dodatkowo zapewnia prawie idealny profil komfortu cieplnego w pomieszczeniu.

2.2.2 Ściany zewnętrzne i wewnętrzne, słupy żelbetowe

Ściany zewnętrzne składają się z konstrukcyjnych słupów żelbetowych o przekroju 350 mm x 350 mm, których wypełnieniem są bloczki z betonu komórkowego H+H Gold+ 5,0-600 grubości 240mm. Aby zapewnić dobrą izolacyjność przegrody docieplono ją styropianem grafitowym Swisspor Lambda Max Fasada grubości 150mm o współczynniku przewodzenia ciepła lambda równym 0,31 W/m*K. Ściany wewnętrzne wykonane są z tych samych bloczków, co wypełnienie ścian zewnętrznych.

2.2.3 Strop nad parterem

Warstwę konstrukcyjną stanowią belki żelbetowe o przekroju 350 mm x 600 mm oraz płyta żelbetowa monolityczna grubości 200 mm. Na płycie znajduje się warstwa akustyczna z wełny mineralnej Stropoterm grubości 60 mm o klasie reakcji na ogień A1, dająca pewność ochrony pożarowej i zmniejszenie szansy dostania się ognia na dalsze kondygnacje. Jako warstwy wykończeniowe zastosowano wylewkę 40 mm oraz panele podłogowe ułożone na gąbce podkładowej.

2.2.4 Taras

Konstrukcję tarasu wykonano jako płytę żelbetową o grubości 160 mm, która jest umiejscowiona 240 mm niżej, niż płyta stropu wewnątrz budynku. Wynika to z konieczności wyrównania poziomów warstw wykończeniowych tarasu oraz stropu nad parterem. Z tego też powodu przekrój belki przy połączeniu płyt wynosi 350 mm x 840 mm. Następnie znajduje się warstwa odwadniająca wykonana z papy bitumicznej grubości 2 mm, na której ułożono warstwę termoizolacyjną Swisspor Hydro Lambda ze spadkiem 2%. Warstwę kolejną stanowią legary ułożone na stopkach i klinach poziomujących Harpun ułożone na warstwie wiatrochronnej. Na nich znajdują się deski tarasowe o przekroju 100 mm x 15 mm.

2.2.5 Stropodach

Dach został zaprojektowany jako stropodach zielony z roślinnością ekstensywną bez możliwości użytkowania (jedynie wtedy, gdy istnieje taka potrzeba). Konstrukcję stanowi płyta żelbetowa grubości 160mm, na której znajduje się warstwa wodoszczelna – papa antykorzenna marki Swisspor o grubości 5 mm. Następnie znajdują się warstwa spadkowa utworzona z płyt styropianowych Swisspor Hydro Lambda. Aby zapobiec uszkodzeniu konstrukcji przez korzenie roślin zastosowano geowłókninę wzmocnioną metalową wkładką. Warstwę drenującą wykonano ze żwiru o frakcji 16/32 mm o grubości 100 mm, na której znajdują się warstwa ziemi uprawnej grubości 200 mm, między którymi zastosowano warstwę separacyjną z geowłókniny.

2.2.6 Nadproża

Jako nadproża okien i drzwi wykorzystano rozwiązanie H+H Gold+ belka nadprożowa – zbrojona o przekroju 115 mm x 125 mm. Głębokość oparcia jest zależna od rozpiętości w świetle otworu, szczegółowe informacje znajdują się w katalogu produktów H+H.

2.2.7 Okna i drzwi

W budynku zastosowano okna jednoskrzydłowe, rozwierno-uchylne firmy Aluprof o przekroju 1230 mm x 1480 mm. Wyjście na taras umożliwiają drzwi balkonowe tej samej firmy w systemie przesuwным. Ich wymiary wynoszą 2400 mm x 2100 mm. Przewidziano również dwoje drzwi zewnętrznych firmy Euora o wymiarach 1000 mm x 2100 mm.

2.2.8 Schody

Zaprojektowano schody żelbetowe dwubiegowe, łamane. Szerokość stopnia wynosi 300 mm, a wysokość 170 mm. Wymiary spocznika wynoszą 1600 mm x 1550 mm.

3 Obliczenia termiczne

Poniżej zamieszczono główne punkty dotyczące obliczeń termicznych. Szczegółowy tok postępowania znajdują się w załączniku nr 2.

3.1 Przegrody budynku oraz ich współczynniki przenikania ciepła

Ściana zewnętrzna (bloczek H+H)	$U = 0,151 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Ściana zewnętrzna (ściana żelbetowa)	$U = 0,189 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Strop (część nadwieszenia)	$U = 0,148 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Stropodach	$U = 0,149 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Taras	$U = 0,108 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Podłoga na gruncie	$U = 0,076 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

3.2 Straty od mostków termicznych

Współczynnik przenoszenia ciepła dla strefy ogrzewanej bezpośrednio do środowiska zewnętrznego:

$$H_{tr.ie,1} = 234.753 \frac{W}{K}$$

Współczynnik przenoszenia ciepła ze strefy ogrzewanej do gruntu:

$$H_{tr.ig,1} = 19.615 \frac{W}{K}$$

Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie dla strefy ogrzewanej:

$$H_{tr.s,1} = 254.368 \frac{W}{K}$$

3.3 Straty od wentylacji mechanicznej

Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła ze strefy ogrzewanej:

$$H_{ve,1} = 173.024 \frac{W}{K}$$

3.4 Całkowite zyski ciepła dla każdego miesiąca

Do obliczeń wzięto pod uwagę zyski ciepła od promieni słonecznych przenikających do budynku przez powierzchnie przeszklone oraz wewnętrzne zyski ciepła. Podsumowując uzyskane wyniki największy zysk otrzymamy w lipcu tj. 3926,59 kW*hr, a najmniejszy w lutym – 2508,78 kW*hr.

3.5 Podliczenie bilansu strat i zysków

Całkowita ilość ciepła przenieszonego ze strefy ogrzewanej:

$$Q_{H.nd.s} = 17273.966 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

3.6 Woda użytkowa

Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania wody użytkowej:

$$Q_{w.nd} = 18548.339 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

3.7 Energia użytkowa

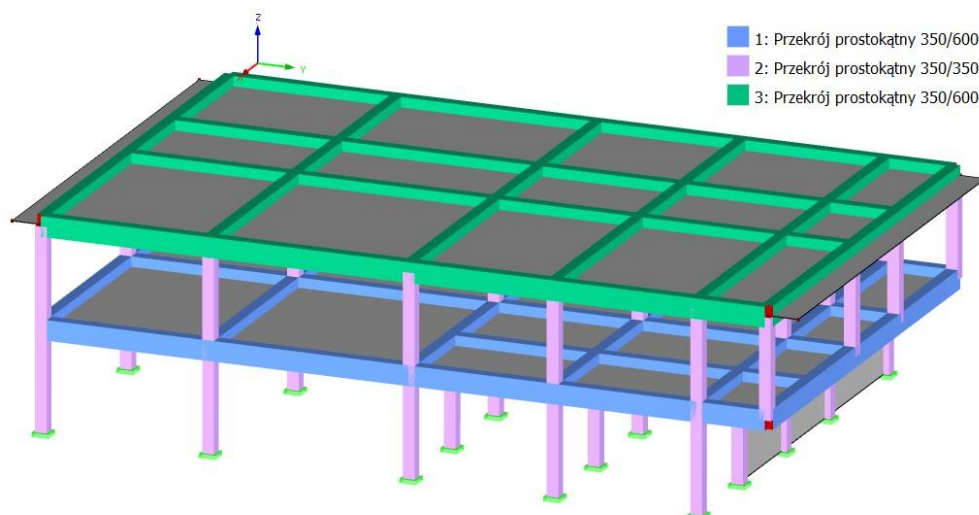
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową:

$$E_u = 73.841 \frac{\text{kW} \cdot \text{hr}}{\text{m}^2}$$

4 Obliczenia konstrukcyjne stropodachu

4.1 Model konstrukcji

Do obliczeń konstrukcyjnych płyty żelbetowej wykorzystano model utworzony przy pomocy programu RFEM 5 zamieszczonego na rysunku poniżej [Rys. 4.1]. Zamodelowana została cała bryła budynku, jednak z uwagi na dobranie zbrojenia jedynie dla płyty stropodachu, obciążona została tylko ta część.



Rys. 4.1 Model budynku w programie RFEM 5

4.2 Zestawienie obciążeń

Poniżej znajduje się tabela z obciążeniem warstw stropodachu. Przyjęto wartość zalecaną obciążenia użytkowego dachów [EC1, tab. 6.10].

Obciążenie od stropodachu					
Warstwa	ciężar własny [kN/m ³]	grubość warstwy [m]	obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	współczynnik γ [-]	obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
Warstwa ziemi uprawnej 100mm	24.00	0.10	2.40	1.35	3.24
Geowłóknina 2 mm	–	–	–		–
Warstwa drenująca (żwir) 100mm	16.00	0.10	1.60		2.16
Geowłóknina 2 mm	–	–	–		–
Styropian grafitowy Swisspor Hydro Lambda	0.18	0.28	0.05		0.07
Papa polimerowa 2 mm	9.00	0.002	0.02		0.02
Tynk cementowo-wapienny 20mm	14.00	0.02	0.28		0.38
SUMA OBCIĄŻEŃ WARSTW PODŁOGOWYCH:			4.35		5.87
Płyta żelbetowa monolityczna gr. 160	25.00	0.16	4.00	5.40	
SUMA CAŁKOWITA OBCIĄŻEŃ STAŁYCH:			8.35	11.27	
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE DACHÓW KATEGORII H WG EC1			0.40	1.5	0.60

Tab. 4.1 Zestawienie obciążeń stropodachu nad częścią ogrzewaną

Obciążenie od stropodachu (część nad tarasem)					
Warstwa	ciężar własny [kN/m ³]	grubość warstwy [m]	obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	współczynnik γ [-]	obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
Warstwa ziemi uprawnej 100mm	24.00	0.10	2.40	1.35	3.24
Geowłóknina 2 mm	–	–	–		–
Warstwa drenująca (żwir) 100mm	16.00	0.10	1.60		2.16
Geowłóknina 2 mm	–	–	–		–
Styropian grafitowy Swisspor Hydro Lambda	0.18	0.38	0.07		0.09
Papa polimerowa 2 mm	9.00	0.002	0.02		0.02
Tynk cementowo-wapienny 20mm	14.00	0.02	0.28		0.38
SUMA OBCIĄŻEŃ WARSTW PODŁOGOWYCH:			4.37		5.89
Płyta żelbetowa monolityczna gr. 160	25.00	0.16	4.00	5.40	
SUMA CAŁKOWITA OBCIĄŻEŃ STAŁYCH:			8.37	11.29	
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE DACHÓW KATEGORII H WG EC1			0.40	1.5	0.60

Tab. 4.2 Zestawienie obciążeń stropodachu nad częścią nieogrzewaną (tarasem)

Dodatkowo uwzględniono obwodowy ciężar od attyki zamykającej budynek:

- a) Ciężar betonowej attyki:

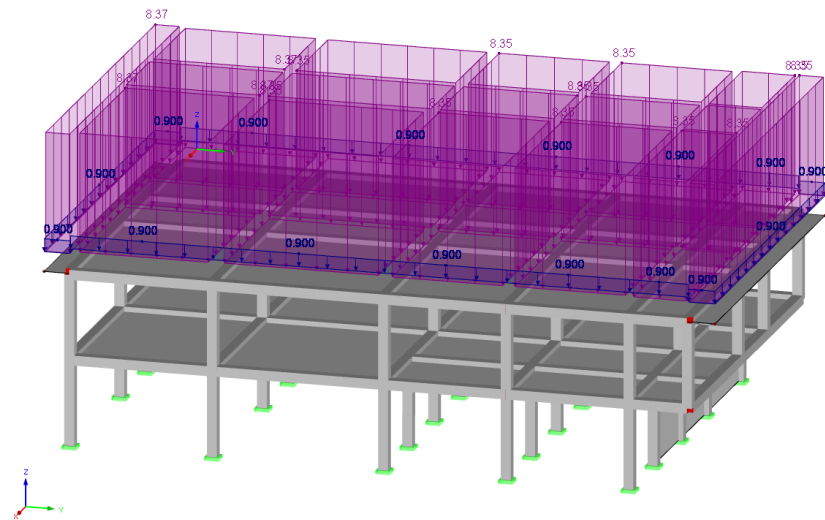
$$0,1\text{m} \cdot 0,35\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 = 0,875\text{kN/m}$$

- b) Ciężar dodatkowego ocieplenia:

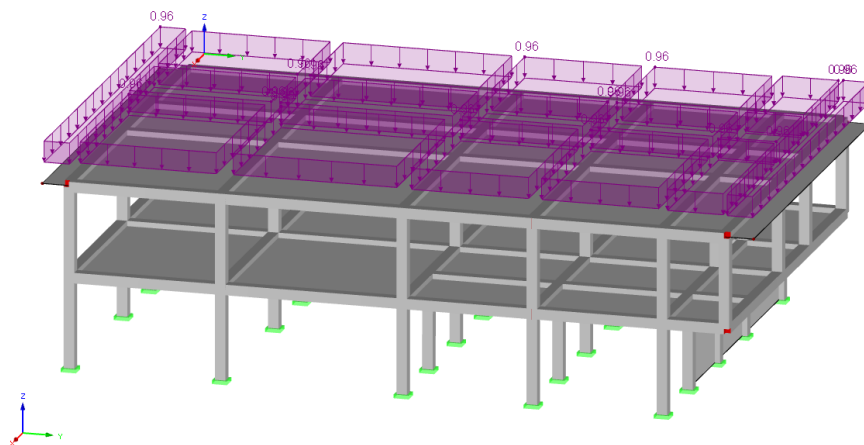
$$(0,05\text{m} \cdot 0,35\text{m} + 0,5\text{m} \cdot 0,15\text{m}) \cdot 0,18\text{kN/m}^3 = 0,02\text{kN/m}$$

Razem: 0,9kN/m

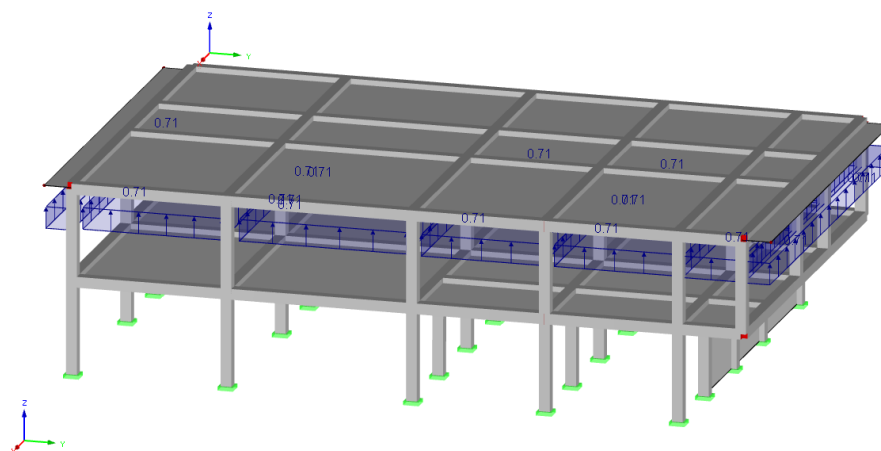
4.3 Przyłożenie obciążeń na model



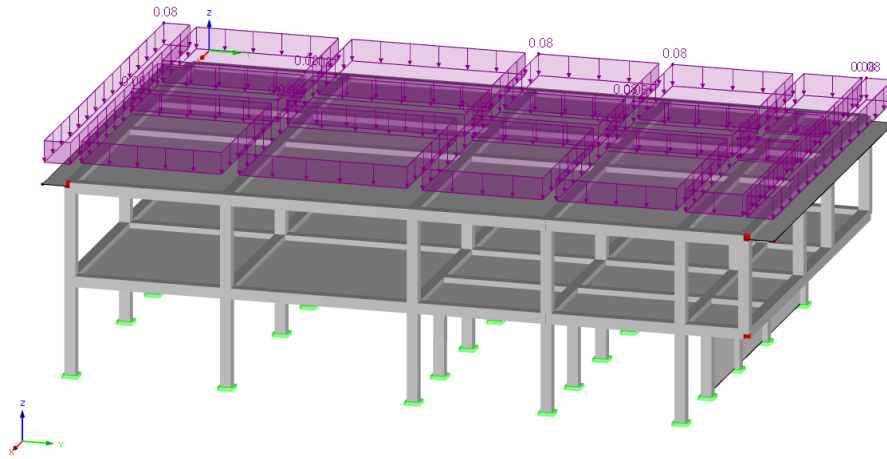
Rys. 4.2 Obciążenie stałe



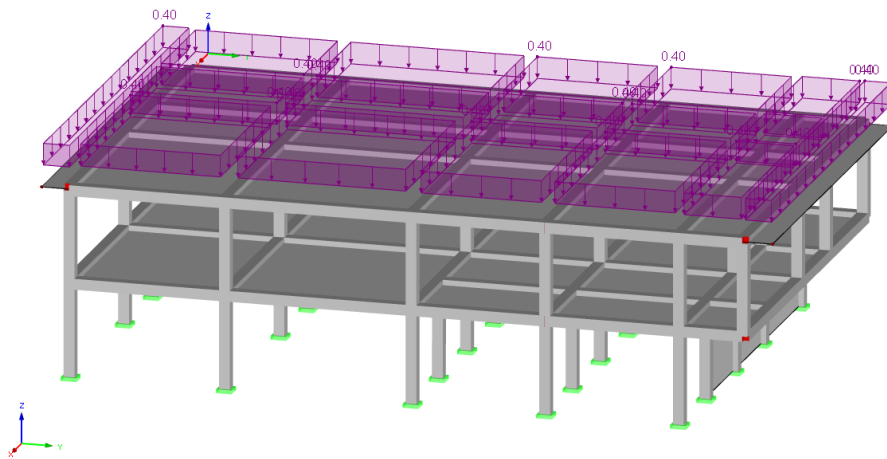
Rys. 4.3 Obciążenie śniegiem



Rys. 4.4 Obciążenie wiatrem (ssanie)



Rys. 4.5 Obciążenie wiatrem (parcie)



Rys. 4.6 Obciążenie użytkowe

Szczegółowe wyniki i obliczenia dotyczące zbrojenia płyty znajdują się w załączniku nr 2.

4.4 Korekta momentu bezwładności belek żelbetowych

W celu uzyskania dokładniejszych wyników otrzymanych w analizie MES w programie RFEM5 zastosowano korektę momentu bezwładności przekroju żelbetowego.

Moment bezwładności belki:

$h_b := 60 \text{ cm}$ Wysokość belki

$b_b := 35 \text{ cm}$ Szerokość belki

$$I_y := \frac{b_b \cdot h_b^3}{12} = 630000 \text{ cm}^4$$

Moment bezwładności belki z uwzględnieniem przylegającej płyty:

$$h_p := 16 \text{ cm}$$

Wysokość płyty stropodachu

$$I'_y := I_y + h_b \cdot b_b \cdot \left(\frac{h_b}{2} - \frac{h_p}{2} \right)^2 = 1646400 \text{ cm}^4$$

5 Wnioski

Pierwszym założonym celem było zaprojektowanie przegród obiektu w taki sposób, aby spełniały wymagania współczynników przenikania ciepła zawartych w warunkach technicznych. Po wykonaniu obliczeń termicznych oraz porównaniu ich z obowiązującymi normami wykazano, iż wszystkie przegrody spełniają założenia. Następnie obliczono energię użytkową potrzebną do ogrzania budynku oraz wody użytkowej. Na jej podstawie będzie można w przyszłości dobrać odpowiednie źródło ciepła, aby w jak najkorzystniejszy sposób ogrzać opisywany obiekt. Jako kolejny cel wyznaczono zaprojektowanie wymaganego zbrojenia dla płyty stropodachu. Postępując zgodnie z obowiązującymi normami PN-EN 1992-1-1, wykonano obliczenia odnosząc się do stanów granicznych nośności i użytkowości. Dowiedziono, iż nośność przyjętego zbrojenia jest wystarczająca do przeniesienia obciążeń działających na płytę. Sprawdzono również warunki dotyczące ugięcia i zarysowania płyty. Ten pierwszy udało się spełnić, jednak zarysowania wykroczyły poza graniczne wartości. Rozwiązaniem byłoby zwiększenie klasy betonu lub zagęszczenie zbrojenia tam, gdzie to możliwe.

6 Bibliografia

- [1] PN-EN 1990:2004, Eurokod - Podstawy projektowania konstrukcji
- [2] PN-EN 1991-1-1:2006, Eurokod 1 - Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-2: Oddziaływania ogólne
- [3] PN-EN 1991-1-3:2008, Eurokod 1 - Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem
- [4] PN-EN 1991-1-4:2008, Eurokod 1 - Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-4: Oddziaływania ogólne, Oddziaływania wiatru

- [5] PN-EN 1992-1-1:2008, Eurokod 2 - Projektowanie konstrukcji z betonu.
Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [6] PN-EN ISO 6946:2017 - Komponenty budowlane i elementy budynku, Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła, Metody obliczania
- [7] PN-EN ISO 13370:2008 – Ciepłne właściwości użytkowe budynków, przenoszenie ciepła przez grunt, metody obliczania”
- [8] Rozporządzenie ministra infrastruktury i rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej
- [9] <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow>

7 Zestawienie rysunków

RA-01 – Rzut parteru

RA-02 – Rzut piętra

RA-03 – Rzut stropodachu

RA-04 – Przekrój budynku „A-A” oraz „B-B”

RA-05 – Elewacje budynku

RW-01 – Szczegóły rozwiązań projektowych

RZ-01 – Zbrojenie dolne płyty stropodachu, przekrój poprzeczny

RZ-02 – Zbrojenie górne płyty stropodachu

Załącznik nr 1

1. Obliczenia współczynnika przenikania ciepła przegród

1.1. Opory ciepła na powierzchni:

Tablica 7 – Umowne opory powierzchniowe

Opór powierzchniowy m ² ·K/W	Kierunek przepływu ciepła		
	W górę	Poziomo	W dół
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

UWAGA 1 Opory powierzchniowe dotyczą powierzchni mających kontakt z powietrzem. Opory powierzchniowe nie dotyczą powierzchni mających kontakt z innym materiałem.
 UWAGA 2 Wartości oporu powierzchni wewnętrznej oblicza się dla $\epsilon = 0,9$ i dla h_{i0} obliczonego w temperaturze 20 °C. Wartość oporu powierzchni zewnętrznej oblicza się dla $\epsilon = 0,9$, h_{e0} oszacowanego w temperaturze 10 °C i dla $v = 4$ m/s.

rys. 1.1. Zrzut ekranu umownych oporów powierzchniowych
 Źródło: norma PN-EN ISO 6946 p. 6.8 tab. 7

1.2. Przegroda S1: ściana zewnętrzna (bloczek H+H)

1.2.1. Opory ciepła poszczególnych warstw:

a) Tynk cementowo-wapienny Baunit MPI 25 Fine

$$d_{1,e} := 15 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{1,e} := 0.45 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{1,e} := \frac{d_{1,e}}{\lambda_{1,e}} = 0.033 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

b) Bloczek H+H Gold+ 5,0-600

$$d_{1,1} := 240 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{1,1} := 0.155 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{1,1} := \frac{d_{1,1}}{\lambda_{1,1}} = 1.548 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

c) Styropian Swisspor LAMBDA MAX fasada -
 Grafitowy

$$d_{1,2} := 150 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{1,2} := 0.031 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{1,2} := \frac{d_{1,2}}{\lambda_{1,2}} = 4.839 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

d) Tynk cementowo-wapienny Baumit MPA 35

$$d_{1,i} := 20 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{1,i} := 0.45 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{1,i} := \frac{d_{1,i}}{\lambda_{1,i}} = 0.044 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

e) Opory ciepła na powierzchni:

$$R_{si} := 0.13 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{se} := 0.04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

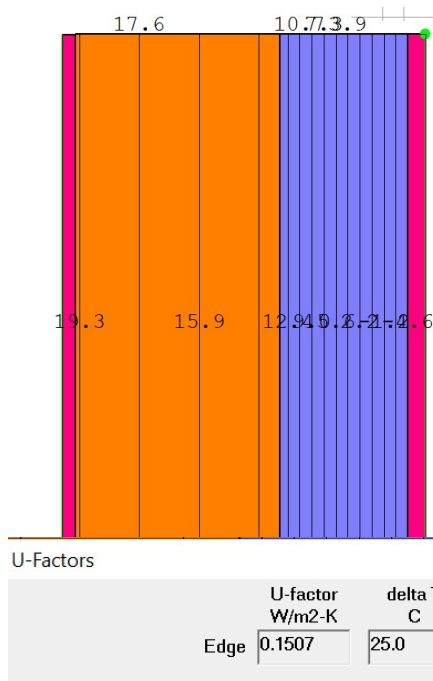
1.2.2. Opór całkowity:

$$R_{1t} := R_{1,e} + R_{1,1} + R_{1,2} + R_{1,i} + R_{si} + R_{se} = 6.635 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

1.2.3. Współczynnik przenikania ciepła:

$$U_{1,0} := \frac{1}{R_{1t}} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

1.2.4. Wyniki z programu Therm 7.6



rys. 1.2. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

rys. 1.3. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

1.3. Przegroda S2: ściana zewnętrzna (ściana żelbetowa)

1.3.1. Opory ciepła poszczególnych warstw:

a) Tynk cementowo-wapienny Baumit MPI 25 Fine

$d_{2,e} := 15 \text{ mm}$	Grubość warstwy
$\lambda_{2,e} := 0.45 \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik przewodzenia ciepła
$R_{2,e} := \frac{d_{2,e}}{\lambda_{2,e}} = 0.033 \frac{m^2 \cdot K}{W}$	Opór cieplny warstwy

b) Żelbet

$d_{2,1} := 350 \text{ mm}$	Grubość warstwy
$\lambda_{2,1} := 1.7 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik przewodzenia ciepła
$R_{2,1} := \frac{d_{2,1}}{\lambda_{2,1}} = 0.206 \frac{m^2 \cdot K}{W}$	Opór cieplny warstwy

c) Styropian Swisspor LAMBDA MAX fasada - Grafitowy

$d_{2,2} := 150 \text{ mm}$	Grubość warstwy
$\lambda_{2,2} := 0.031 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik przewodzenia ciepła
$R_{2,2} := \frac{d_{2,2}}{\lambda_{2,2}} = 4.839 \frac{m^2 \cdot K}{W}$	Opór cieplny warstwy

d) Tynk cementowo-wapienny Baumit MPA 35

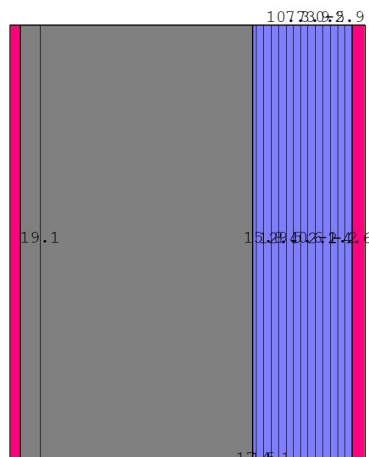
$d_{2,i} := 20 \text{ mm}$	Grubość warstwy
$\lambda_{2,i} := 0.45 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik przewodzenia ciepła
$R_{2,i} := \frac{d_{2,i}}{\lambda_{2,i}} = 0.044 \frac{m^2 \cdot K}{W}$	Opór cieplny warstwy

e) Opory ciepła na powierzchni: $R_{si} := 0.13 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ $R_{se} := 0.04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

1.3.2. Opór całkowity: $R_{2t} := R_{2,e} + R_{2,1} + R_{2,2} + R_{2,i} + R_{si} + R_{se} = 5.292 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

1.3.3. Współczynnik przenikania ciepła: $U_{2,0} := \frac{1}{R_{2t}} = 0.189 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

1.3.4. Wyniki z programu Therm 7.6



rys. 1.4. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm	Rotation	
Edge	0.1890	25.0	1710.02	N/A	Projected Y

rys. 1.5. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

1.4. Przegroda S3: strop (część nadwieszona)

1.4.1. Opory ciepła poszczególnych warstw:

a) Panele podłogowe

$$d_{3,1} := 10 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{3,1} := 0.16 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{3,1} := \frac{d_{3,1}}{\lambda_{3,1}} = 0.063 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

b) Wylewka cementowa

$$d_{3,2} := 40 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{3,2} := 1.0 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{3,2} := \frac{d_{3,2}}{\lambda_{3,2}} = 0.04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

c) Wełna mineralna akustyczna

$$d_{3,3} := 60 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{3,3} := 0.04 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{3.3} := \frac{d_{3.3}}{\lambda_{3.3}} = 1.5 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad \text{Opór cieplny warstwy}$$

d) Płyta żelbetowa

$$d_{3.4} := 200 \text{ mm} \quad \text{Grubość warstwy}$$

$$\lambda_{3.4} := 1.7 \cdot \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik przewodzenia ciepła}$$

$$R_{3.4} := \frac{d_{3.4}}{\lambda_{3.4}} = 0.118 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad \text{Opór cieplny warstwy}$$

e) Styropian Swisspor LAMBDA MAX fasada - Grafitowy

$$d_{3.5} := 150 \text{ mm} \quad \text{Grubość warstwy}$$

$$\lambda_{3.5} := 0.031 \cdot \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik przewodzenia ciepła}$$

$$R_{3.5} := \frac{d_{3.5}}{\lambda_{3.5}} = 4.839 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad \text{Opór cieplny warstwy}$$

f) Tynk cementowo-wapienny Baumit MPI 25 Fine

$$d_{3.i} := 20 \text{ mm} \quad \text{Grubość warstwy}$$

$$\lambda_{3.i} := 0.45 \cdot \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik przewodzenia ciepła}$$

$$R_{3.i} := \frac{d_{3.i}}{\lambda_{3.i}} = 0.044 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad \text{Opór cieplny warstwy}$$

g) Opory ciepła na powierzchni:

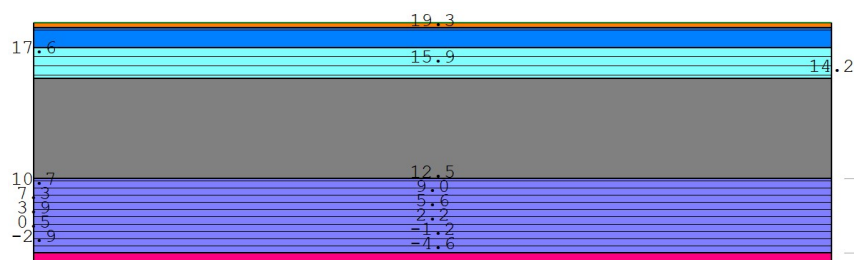
$$R_{si} := 0.10 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{se} := 0.04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

1.4.2. Opór całkowity: $R_{3t} := R_{3.1} + R_{3.2} + R_{3.3} + R_{3.4} + R_{3.5} + R_{3.i} + R_{si} + R_{se} = 6.743 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

1.4.3. Współczynnik przenikania ciepła: $U_{3.0} := \frac{1}{R_{3t}} = 0.148 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

1.4.4. Wyniki z programu Therm 7.6



rys. 1.6. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
Edge	0.1476	25.0	1605	N/A	Projected X

rys. 1.7. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

1.5. Przegroda S4: stropdach, policzona wg normy PN-EN ISO 6946 zał. E

1.5.1. Opory ciepła poszczególnych warstw o stałej grubości:

a) Styropian grafitowy Swisspor Hydro Lambda

$d_{4.1} := 200 \text{ mm}$	Grubość warstwy
$\lambda_{4.1} := 0.031 \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik przewodzenia ciepła
$R_{4.1} := \frac{d_{4.1}}{\lambda_{4.1}} = 6.452 \frac{m^2 \cdot K}{W}$	Opór cieplny warstwy

b) Papa antykorzenna Swisspor

$d_{4.2} := 5 \text{ mm}$	Grubość warstwy
$\lambda_{4.2} := 0.18 \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik przewodzenia ciepła
$R_{4.2} := \frac{d_{4.2}}{\lambda_{4.2}} = 0.028 \frac{m^2 \cdot K}{W}$	Opór cieplny warstwy

c) Płyta żelbetowa

$d_{4.3} := 160 \text{ mm}$	Grubość warstwy
$\lambda_{4.3} := 1.7 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik przewodzenia ciepła
$R_{4.3} := \frac{d_{4.3}}{\lambda_{4.3}} = 0.094 \frac{m^2 \cdot K}{W}$	Opór cieplny warstwy

e) Tynk cementowo-wapienny Baumit MPI 25 Fine

$d_{4.e} := 15 \text{ mm}$	Grubość warstwy
$\lambda_{4.e} := 0.45 \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik przewodzenia ciepła
$R_{4.e} := \frac{d_{4.e}}{\lambda_{4.e}} = 0.033 \frac{m^2 \cdot K}{W}$	Opór cieplny warstwy

d) Opory ciepła na powierzchni: $R_{si} := 0.10 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ $R_{se} := 0.04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

1.5.2. Opór całkowity: $R_{4.0t} := R_{4.1} + R_{4.2} + R_{4.3} + R_{4.e} + R_{se} + R_{si} = 6.747 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

1.5.3. Maksymalny opór cieplny warstw o zmiennej grubości:

Styropian grafitowy Swisspor Hydro Lambda

$d_{4.4} := 343 \text{ mm}$ Maksymalna grubość warstwy

$\lambda_{4.4} := 0.031 \frac{W}{m \cdot K}$ Współczynnik przewodzenia ciepła

$R_{4.2t} := \frac{d_{4.4}}{\lambda_{4.4}} = 11.065 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ Opór cieplny warstwy

1.5.4. Współczynnik przenikania ciepła: $U_{4.0} := \frac{1}{R_{4.2t}} \cdot \ln \left(1 + \frac{R_{4.2t}}{R_{4.0t}} \right) = 0.088 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

1.6. Przegroda S5: taras, policzona wg normy PN-EN ISO 6946 zał. E

1.6.1. Opory ciepła poszczególnych warstw o stałej grubości:

a) Styropian grafitowy Swisspor Hydro Lambda

$d_{5.1} := 160 \text{ mm}$ Grubość warstwy w najniższym punkcie

$\lambda_{5.1} := 0.031 \frac{W}{m \cdot K}$ Współczynnik przewodzenia ciepła

$R_{5.1} := \frac{d_{5.1}}{\lambda_{5.1}} = 5.161 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ Opór cieplny warstwy

b) Papa bitumiczna

$d_{5.2} := 2 \text{ mm}$ Grubość warstwy

$\lambda_{5.2} := 0.18 \frac{W}{m \cdot K}$ Współczynnik przewodzenia ciepła

$R_{5.2} := \frac{d_{5.2}}{\lambda_{5.2}} = 0.011 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ Opór cieplny warstwy

c) Płyta żelbetowa

$d_{5.3} := 120 \text{ mm}$ Grubość warstwy

$\lambda_{5.3} := 1.7 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$ Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{5.3} := \frac{d_{5.3}}{\lambda_{5.3}} = 0.071 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad \text{Opór cieplny warstwy}$$

d) Tynk cementowo-wapienny Baumit MPI 25 Fine

$$d_{5.e} := 15 \text{ mm} \quad \text{Grubość warstwy}$$

$$\lambda_{5.e} := 0.45 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik przewodzenia ciepła}$$

$$R_{5.e} := \frac{d_{5.e}}{\lambda_{5.e}} = 0.033 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad \text{Opór cieplny warstwy}$$

e) Opory ciepła na powierzchni: $R_{si} := 0.10 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ $R_{se} := 0.04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

1.6.2. Opór całkowity: $R_{5.0t} := R_{5.1} + R_{5.2} + R_{5.3} + R_{5.e} + R_{se} + R_{si} = 5.416 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

1.6.3. Maksymalny opór cieplny warstw o zmiennej grubości:

Styropian grafitowy Swisspor Hydro Lambda

$$d_{5.4} := 264 \text{ mm} \quad \text{Maksymalna grubość warstwy}$$

$$\lambda_{5.4} := 0.031 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik przewodzenia ciepła}$$

$$R_{5.2t} := \frac{d_{5.4}}{\lambda_{5.4}} = 8.516 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad \text{Opór cieplny warstwy}$$

1.6.4. Współczynnik przenikania ciepła: $U_{5.0} := \frac{1}{R_{5.2t}} \cdot \ln \left(1 + \frac{R_{5.2t}}{R_{5.0t}} \right) = 0.111 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

2. Podłoga na gruncie

2.1. Dane do obliczeń

$$A := 264.79 \text{ m}^2 \quad \text{Pole powierzchni podłogi po obrysie zewnętrznym}$$

$$P := 69.2 \text{ m} \quad \text{Obwód powierzchni podłogi po obrysie zewnętrznym}$$

$$B' := \frac{A}{\frac{1}{2} \cdot P} = 7.653 \text{ m} \quad \text{Wymiar charakterystyczny podłogi}$$

2.2. Wyznaczenie grubości nominalnej podłogi

$$w := 24 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 0.39 \text{ m} \quad \text{Grubość całkowita ścian zewnętrznych budynku}$$

2.2.1. Opory ciepła poszczególnych warstw:

a) terakota

$$d_{6.1} := 10 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{6.1} := 1.05 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{6.1} := \frac{d_{6.1}}{\lambda_{6.1}} = 0.01 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

b) płyta żelbetowa

$$d_{6.2} := 120 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{6.2} := 1.05 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{6.2} := \frac{d_{6.2}}{\lambda_{6.2}} = 0.114 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

c) folia budowlana

d) 3x100mm styropian Finnfoam FI-300

$$d_{6.3} := 300 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{6.3} := 0.036 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{6.3} := \frac{d_{6.3}}{\lambda_{6.3}} = 8.333 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

e) żwir zagęszczony

$$d_{6.4} := 200 \text{ mm}$$

Grubość warstwy

$$\lambda_{6.4} := 0.09 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła

$$R_{6.4} := \frac{d_{6.4}}{\lambda_{6.4}} = 2.222 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór cieplny warstwy

e) Opory ciepła na powierzchni:

$$R_{si} := 0.17 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{se} := 0.04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

2.2.2. Opór całkowity:

$$R_{6t} := R_{6.1} + R_{6.2} + R_{6.3} + R_{6.4} + R_{se} + R_{si} = 10.889 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

2.2.3. Współczynnik przewodzenia ciepła nierozpoznanego gruntu:

$$\lambda := 2 \frac{W}{m \cdot K}$$

2.2.4. Wyznaczenie grubości równoważnej podłogi:

$$d_t := w + \lambda \cdot R_{6t} = 22.169 \text{ m}$$

2.3. Sprawdzenie rodzaju izolowania podłogi:

$$d_t > B' = 1 \quad \text{Podłoga dobrze izolowana}$$

2.4. Współczynnik przenikania ciepła podłogi na gruncie:

$$U_{6,0} := \frac{\lambda}{0.457 \cdot B' + d_t} = 0.078 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

2.4.1. Uwzględnienie pionowej izolacji krawędziowej:

a) grubość izolacji krawędziowej

$$d_{7,1} := 200 \text{ mm} \quad \text{Grubość warstwy}$$

$$\lambda_{7,1} := 0.036 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik przewodzenia ciepła}$$

$$R' := \frac{d_{7,1}}{\lambda_{7,1}} = \frac{d_{7,1}}{\lambda} = 5.456 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad \text{Opór cieplny warstwy}$$

b) dodatkowa grubość równoważna wynikająca z izolacji krawędziowej

$$d' := R' \cdot \lambda = 10.911 \text{ m}$$

2.4.2. Liniowy współczynnik przenikania ciepła związany z pionową izolacją krawędziową

$$D := 400 \text{ mm} \quad \text{Wysokość ściany fundamentowej}$$

$$\psi_{g,e} := -\frac{\lambda}{\pi} \cdot \left(\ln \left(\frac{2 \cdot D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \cdot D}{d_t + d'} + 1 \right) \right) = -0.007 \frac{W}{m \cdot K}$$

2.4.3. Współczynnik przenikania ciepła po korekcie:

$$U_G := U_{6,0} + \left(\frac{2 \cdot \psi_{g,e}}{B'} \right) = 0.076 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

2.5. Stacjonarny współczynnik sprzężenia cieplnego:

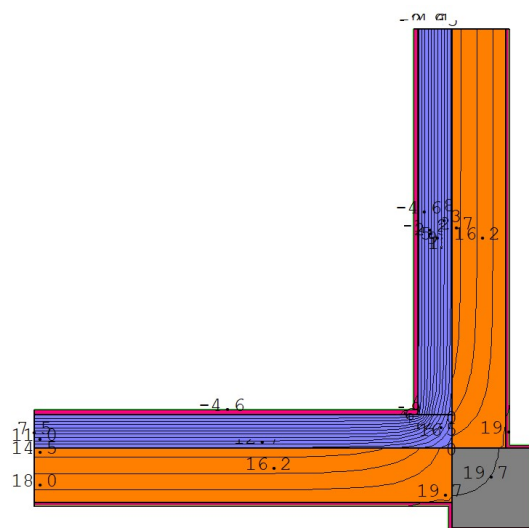
$$H_g := A \cdot U_{6,0} + P \cdot \psi_{g,e} = 20.124 \frac{W}{K}$$

3.1.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$H_5 := 5997 \text{ mm}$	Wysokość kondygnacji
$A_5 := H_5 \cdot l_{1.0} = 13.193 \text{ m}^2$	Pole powierzchni ściany murowanej
$H_{tr.1} := (U_{1.0} \cdot A_5 + \psi_{2.1} \cdot H_5) = 2.788 \frac{W}{K}$	Współczynnik przenoszenia ciepła
$n := 3$	Ilość mostków w analizowanym budynku
$H_{tr.1} := H_{tr.1} \cdot n = 8.365 \frac{W}{K}$	Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.2. Połączenie ściany murowanej ze słupem żelbetowym w narożniku wklęsłym

3.2.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.12. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

Edge	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm	Rotation	Total Length
Edge	0.1591	25.0	3359.68	N/A	Total Length

rys. 1.13. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$U_{2.2} := 0.1591 \frac{W}{m^2 \cdot K}$	Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6
$l_{2.2} := 3360 \text{ mm}$	Długość całkowita
$L_{2D.2.2} := U_{2.2} \cdot l_{2.2} = 0.535 \frac{W}{m \cdot K}$	Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.2.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1

$$U_{1,0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{Współczynnik przenikania ciepła}$$

$$l_{1,0} := 3360 \text{ mm} \quad \text{Długość całkowita}$$

$$L_{2D,1,0} := U_{1,0} \cdot l_{1,0} = 0.506 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D}$$

3.2.3. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2,2} := L_{2D,2,2} - L_{2D,1,0} = 0.028 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.2.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$H_{\xi,1} := 3090 \text{ mm} \quad \text{Wysokość kondygnacji 1 piętra}$$

$$A_{\xi,1} := H_{\xi,1} \cdot l_{1,0} = 10.382 \text{ m}^2 \quad \text{Pole powierzchni ściany murowanej}$$

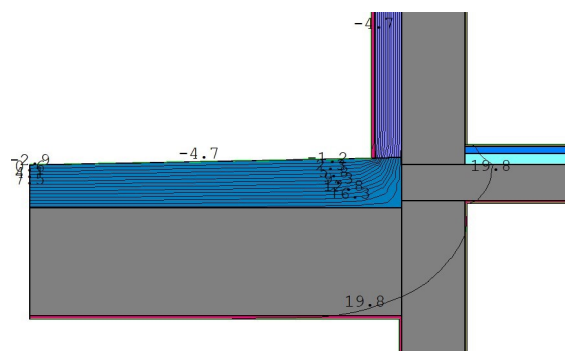
$$H_{tr,1} := (U_{1,0} \cdot A_{\xi,1} + \psi_{2,2} \cdot H_{\xi,1}) = 1.652 \frac{W}{K} \quad \text{Współczynnik przenoszenia ciepła}$$

$$n := 1 \quad \text{Ilość mostków w analizowanym budynku}$$

$$H_{tr,2} := H_{tr,1} \cdot n = 1.652 \frac{W}{K} \quad \text{Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła}$$

3.3. Połączenie słupów żelbetowych ze stropem i tarasem

3.3.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.14. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation	
Edge	0.1516	25.0	3383.81	N/A	Total Length

rys. 1.15. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2,3} := 0.1516 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2,3} := 3383 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,2,3} := U_{2,3} \cdot l_{2,3} = 0.513 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.3.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S2 - żelbet

$$U_{2,0} = 0.189 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{2,0} := 1413 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,2,0} := U_{2,0} \cdot l_{2,0} = 0.267 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.3.3. Dane obliczeniowe dla przegrody S5 - taras

$$U_{5,0} = 0.111 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{5,0} := 1900 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,5,0} := U_{5,0} \cdot l_{5,0} = 0.211 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.3.4. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2,3} := L_{2D,2,3} - (L_{2D,2,0} + L_{2D,5,0}) = 0.035 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.3.5. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$n := 4$$

Ilość mostków w analizowanym budynku

$$L_3 := n \cdot 350 \text{ mm}$$

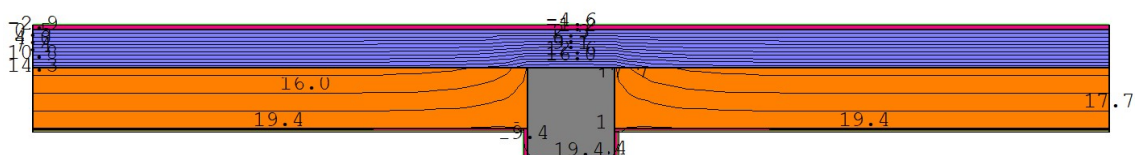
Długość mostka

$$H_{tr,3} := L_3 \cdot \psi_{2,3} = 0.049 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.4. Połączenie ściany murowanej i słupa żelbetowego

3.4.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.16. Zrzut ekranu modelu przegrody
Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	
Edge	0.1557	25.0	4300	N/A	Total Length

rys. 1.17. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.4} := 0.1557 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2.4} := 4300 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.4} := U_{2.4} \cdot l_{2.4} = 0.67 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.4.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1

$$U_{1.0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{1.0} := 3950 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.1.0} := U_{1.0} \cdot l_{1.0} = 0.595 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.4.3. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.4} := L_{2D.2.4} - L_{2D.1.0} = 0.074 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.4.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

a) dla parteru

$$H_{\dot{s}.I} := 3090 \text{ mm}$$

Wysokość kondygnacji

$$A_{\dot{s}.I} := H_{\dot{s}.I} \cdot l_{1.0} = 12.206 \text{ m}^2$$

Pole powierzchni ściany murowanej

$$H_{tr.I} := (U_{1.0} \cdot A_{\dot{s}.I} + \psi_{2.4} \cdot H_{\dot{s}.I}) = 2.069 \frac{W}{K}$$

Współczynnik przenoszenia ciepła

$$n := 5$$

Ilość mostków w analizowanym budynku

$$H_{tr.I.ost} := H_{tr.I} \cdot n = 10.344 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

b) dla piętra

$$H_{\dot{s}.II} := 2907 \text{ mm}$$

Wysokość kondygnacji

$$A_{\dot{s}.II} := H_{\dot{s}.II} \cdot l_{1.0} = 11.483 \text{ m}^2$$

Pole powierzchni ściany murowanej

$$H_{tr.II} := (U_{1.0} \cdot A_{\dot{s}.II} + \psi_{2.4} \cdot H_{\dot{s}.II}) = 1.946 \frac{W}{K}$$

Współczynnik przenoszenia ciepła

$$n := 7$$

Ilość mostków w analizowanym budynku

$$H_{tr,II,ost} := H_{tr,II} \cdot n = 13.624 \frac{W}{K}$$

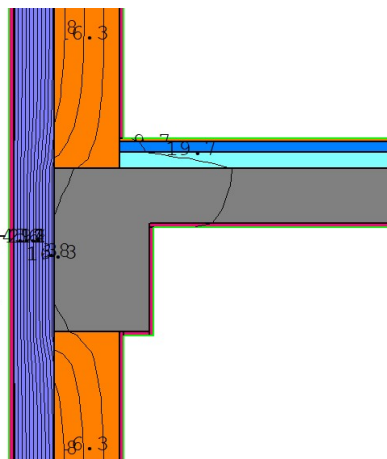
Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

$$H_{tr,4} := H_{tr,I,ost} + H_{tr,II,ost} = 23.968 \frac{W}{K}$$

Sumaryczny współczynnik przenoszenia ciepła dla mostka

3.5. Połączenie wieńca i ściany murowanej

3.5.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.18. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm	Rotation	Total Length
Edge	0.1609	25.0	2970	N/A	

rys. 1.19. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2,5} := 0.1609 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2,5} := 2970 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,2.5} := U_{2,5} \cdot l_{2,5} = 0.478 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.5.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1

$$U_{1,0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{1,0} := 2620 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,1.0} := U_{1,0} \cdot l_{1,0} = 0.395 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.5.3. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2,5} := L_{2D,2,5} - L_{2D,1,0} = 0.083 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.5.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$L_5 := 44.15 \text{ m}$$

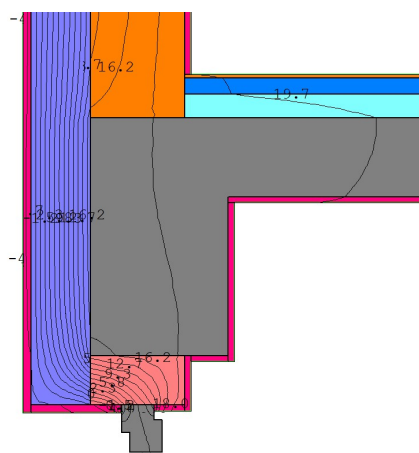
Długość mostka

$$H_{tr,5} := L_5 \cdot \psi_{2,5} = 3.664 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.6. Nadproże z belki H+H

3.6.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.20. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors					
	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation	
Edge	0.2340	25.0	2305.5	N/A	Total Length

rys. 1.21. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2,6} := 0.234 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2,6} := 2305.5 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,2,6} := U_{2,6} \cdot l_{2,6} = 0.539 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.6.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1

$$U_{1,0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{1,0} := 1930 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,1,0} := U_{1,0} \cdot l_{1,0} = 0.291 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.6.3. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2,6} := L_{2D,2.6} - L_{2D,1.0} = 0.249 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.6.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

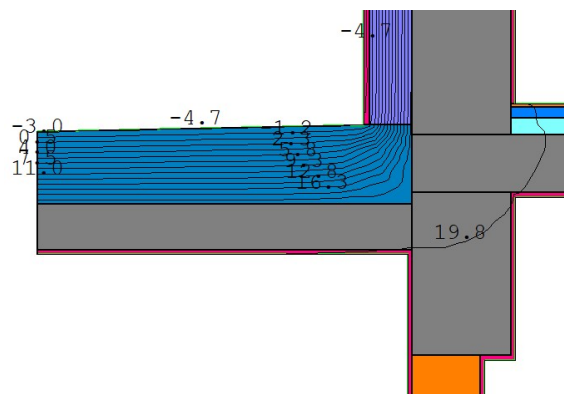
$n := 11$ Ilość mostków w analizowanym budynku

$L_6 := n \cdot 1230 \text{ mm}$ Długość mostka

$H_{tr,6} := L_6 \cdot \psi_{2,6} = 3.364 \frac{W}{K}$ Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.7. Połączenie bloczków H+H ze stropem i tarasem

3.7.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.22. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm	Rotation	
Edge	0.1636	25.0	2632.97	N/A	Total Length

rys. 1.23. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$U_{2,7} := 0.1636 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$l_{2,7} := 2633 \text{ mm}$ Długość całkowita

$L_{2D,2.7} := U_{2,7} \cdot l_{2,7} = 0.431 \frac{W}{m \cdot K}$ Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.7.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1 - bloczek H+H

$U_{1,0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{1.0} := 1308 \text{ mm} \quad \text{Długość całkowita}$$

$$L_{2D.1.0} := U_{1.0} \cdot l_{1.0} = 0.197 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D}$$

3.7.3. Dane obliczeniowe dla przegrody S5 - taras

$$U_{5.0} = 0.111 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{Współczynnik przenikania ciepła}$$

$$l_{5.0} := 1150 \text{ mm} \quad \text{Długość całkowita}$$

$$L_{2D.5.0} := U_{5.0} \cdot l_{5.0} = 0.128 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D}$$

3.7.4. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.7} := L_{2D.2.7} - (L_{2D.1.0} + L_{2D.5.0}) = 0.106 \frac{W}{m \cdot K}$$

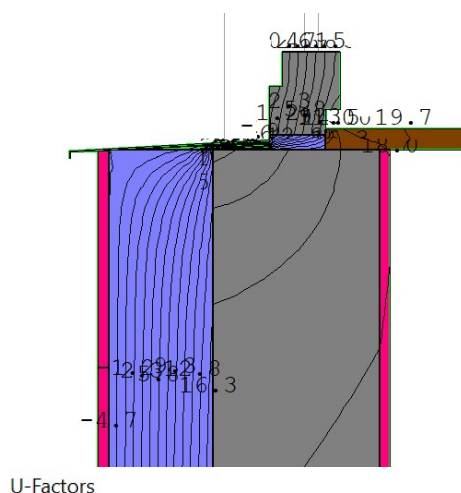
3.7.5. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$L_7 := 12.76 \text{ m} \quad \text{Długość mostka}$$

$$H_{tr.7} := L_7 \cdot \psi_{2.7} = 1.353 \frac{W}{K} \quad \text{Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła}$$

3.8. Podokiennik i ściana żelbetowa

3.8.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.24. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

Edge	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation	Total Length
	0.2739	25.0	1405.49	N/A	

rys. 1.25. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.8} := 0.2739 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6}$$

$$l_{2.8} := 1405 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.8} := U_{2.8} \cdot l_{2.8} = 0.385 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.8.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S2

$$U_{2.0} = 0.189 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{2.0} := 1068 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.0} := U_{2.0} \cdot l_{2.0} = 0.202 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.8.3. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.8} := L_{2D.2.8} - L_{2D.2.0} = 0.183 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.8.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$l_8 := 1.23 \text{ m}$$

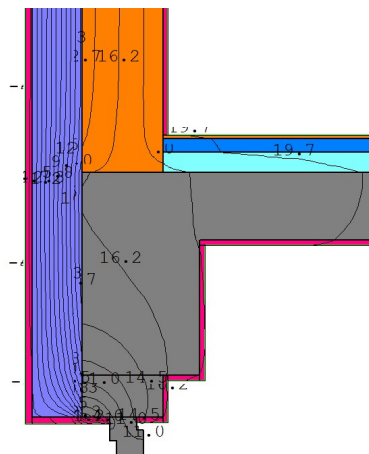
Długość mostka

$$H_{tr.8} := \psi_{2.8} \cdot l_8 = 0.225 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.9. Ściana żelbetowa z ramą okienną

3.9.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.26. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m ² -K	delta T C	Length mm	Rotation	Total Length
Edge	0.3788	25.0	2305.5	N/A	

rys. 1.27. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.9} := 0.3788 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2,9} := 2305.5 \text{ mm} \quad \text{Długość całkowita}$$

$$L_{2D,2,9} := U_{2,9} \cdot l_{2,9} = 0.873 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D}$$

3.9.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1 - bloczek H+H

$$U_{1,0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{Współczynnik przenikania ciepła}$$

$$l_{1,0} := 1310 \text{ mm} \quad \text{Długość całkowita}$$

$$L_{2D,1,0} := U_{1,0} \cdot l_{1,0} = 0.197 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D}$$

3.9.3. Dane obliczeniowe dla przegrody S2 - żelbet

$$U_{2,0} = 0.189 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{Współczynnik przenikania ciepła}$$

$$l_{2,0} := 250 \text{ mm} \quad \text{Długość całkowita}$$

$$L_{2D,2,0} := U_{2,0} \cdot l_{2,0} = 0.047 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D}$$

3.9.4. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2,9} := L_{2D,2,9} - (L_{2D,1,0} + L_{2D,2,0}) = 0.629 \frac{W}{m \cdot K}$$

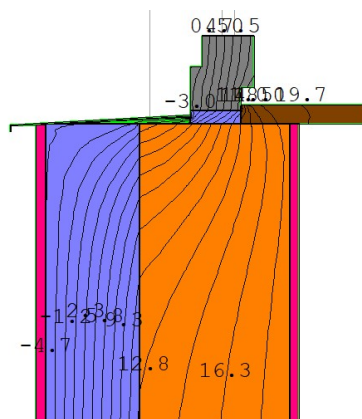
3.9.5. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$L_9 := 1230 \text{ mm} \quad \text{Długość mostka}$$

$$H_{tr,9} := L_9 \cdot \psi_{2,9} = 0.773 \frac{W}{K} \quad \text{Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła}$$

3.10. Podokiennik i bloczek H+H z ramą okienną

3.10.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.28. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors				
	U-factor W/m2·K	delta T C	Length mm	Rotation
Edge	0.1508	25.0	1405.49	N/A
Total Length ▼				

rys. 1.29. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.10} := 0.1508 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2.10} := 1406 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.10} := U_{2.10} \cdot l_{2.10} = 0.212 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.10.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1

$$U_{1.0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{1.0} := 1068 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.1.0} := U_{1.0} \cdot l_{1.0} = 0.161 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.10.3. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.10} := L_{2D.2.10} - L_{2D.1.0} = 0.051 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.10.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$n := 11$$

Ilość mostków w analizowanym budynku

$$L_{10} := n \cdot 1230 \text{ mm}$$

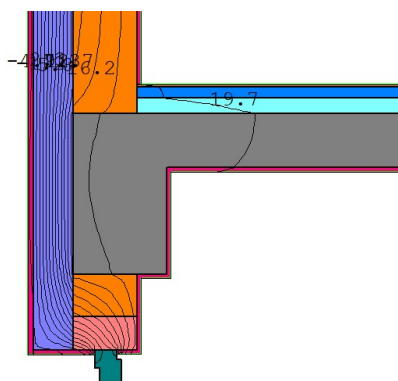
Długość mostka

$$H_{tr.10} := L_{10} \cdot \psi_{2.10} = 0.691 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.11. Nadproże z belki H+H i ramy drzwiowej

3.11.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.30. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation	Total Length
Edge	0.2294	25.0	2460.5	N/A	

rys. 1.31. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.11} := 0.2294 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2.11} := 2461 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.11} := U_{2.11} \cdot l_{2.11} = 0.565 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.11.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1

$$U_{1.0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{1.0} := 1742 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.1.0} := U_{1.0} \cdot l_{1.0} = 0.263 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.11.3. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.11} := L_{2D.2.11} - L_{2D.1.0} = 0.302 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.11.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$n := 2$$

Ilość mostków w analizowanym budynku

$$L_{11} := n \cdot 1000 \text{ mm}$$

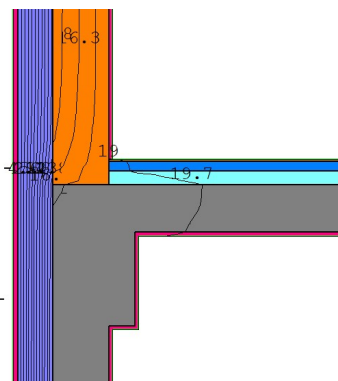
Długość mostka

$$H_{tr.11} := L_{11} \cdot \psi_{2.11} = 0.604 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.12. Połączenie ściany i bloczków H+H z wieńcem

3.12.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.32. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation	
Edge	0.1754	25.0	3185	N/A	Total Length

rys. 1.33. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.12} := 0.1754 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2.12} := 3185 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.12} := U_{2.12} \cdot l_{2.12} = 0.559 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.12.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1 - bloczek H+H

$$U_{1.0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{1.0} := 1310 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.1.0} := U_{1.0} \cdot l_{1.0} = 0.197 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.12.3. Dane obliczeniowe dla przegrody S2 - żelbet

$$U_{2.0} = 0.189 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{2.0} := 1275 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.0} := U_{2.0} \cdot l_{2.0} = 0.241 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.12.4. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.12} := L_{2D.2.12} - (L_{2D.1.0} + L_{2D.2.0}) = 0.12 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.12.5. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$L_{12} := 17.55 \text{ m}$$

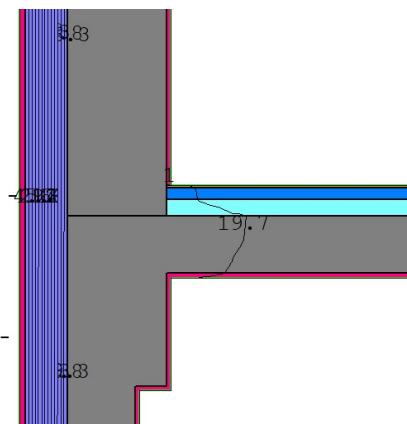
Długość mostka

$$H_{tr.12} := L_{12} \cdot \psi_{2.12} = 2.111 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.13. Połączenie ściany i słupa z wieńcem

3.13.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.34. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

Edge	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm	Rotation	Total Length
Edge	0.1901	25.0	3185	N/A	Total Length

rys. 1.35. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.13} := 0.1901 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2.13} := 3185 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.13} := U_{2.13} \cdot l_{2.13} = 0.605 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.13.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S2

$$U_{2.0} = 0.189 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{2.0} := 2585 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.0} := U_{2.0} \cdot l_{2.0} = 0.488 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.13.3. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.13} := L_{2D.2.13} - L_{2D.2.0} = 0.117 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.13.4. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$n := 4$$

Ilość mostków w budynku

$$L_{13} := n \cdot 350 \text{ mm}$$

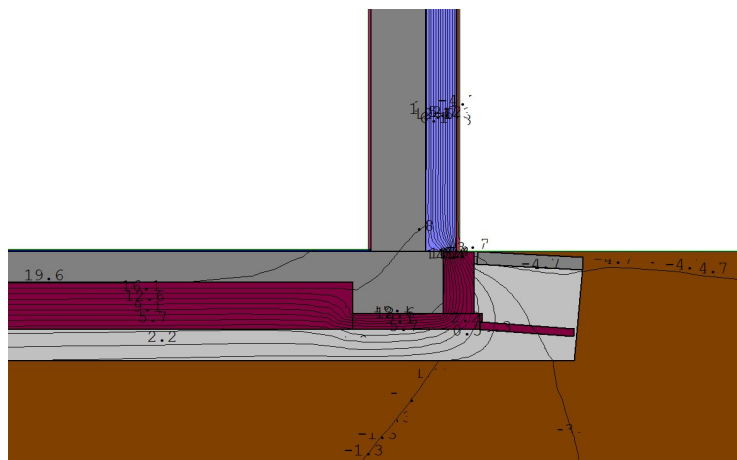
Długość mostka

$$H_{tr.13} := L_{13} \cdot \psi_{2.13} = 0.164 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.14. Podłoga na gruncie - słup

3.14.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.36. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors				
Edge	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm	Rotation
	0.0335	25.0	20888	N/A
				Total Length

rys. 1.37. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.14} := 0.0335 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2.14} := 20888 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,2.14} := U_{2.14} \cdot l_{2.14} = 0.7 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.14.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S2

$$U_{2.0} = 0.189 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_{2.0} := 1755 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,2.0} := U_{2.0} \cdot l_{2.0} = 0.332 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.14.3. Dane obliczeniowe dla podłogi na gruncie

$$U_G = 0.076 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$l_G := 0.5 \cdot B' = 3.826 \text{ m}$$

Długość całkowita

$$L_{2D,G} := U_G \cdot l_G = 0.291 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.14.4. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.G} := L_{2D.2.14} - (L_{2D.G} + L_{2D.2.0}) = 0.077 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.14.5. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$n := 10$$

Ilość mostków w analizowanym budynku

$$L_{14} := n \cdot 0.4 \text{ m} + 18.82 \text{ m}$$

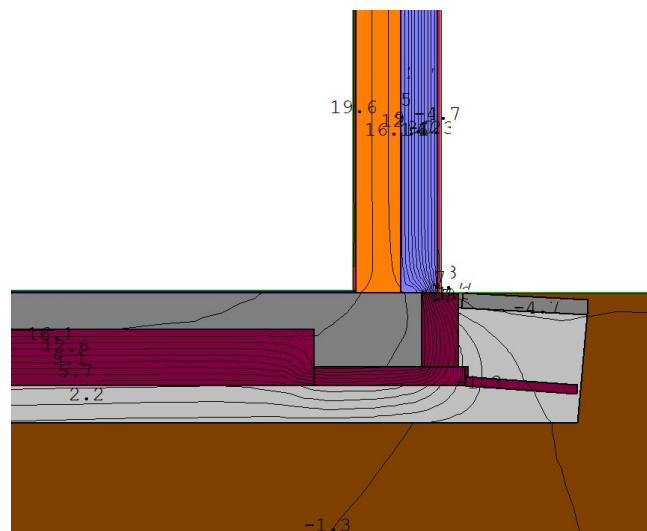
Długość mostka

$$H_{tr.14} := L_{14} \cdot \psi_{2.G} = 1.765 \frac{W}{K}$$

Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła

3.15. Podłoga na gruncie - bloczek H+H

3.15.1. Model obliczeniowy z programu Therm 7.6



rys. 1.38. Zrzut ekranu modelu przegrody
 Źródło: opracowanie własne

U-Factors

	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm	Rotation	
Edge	0.0316	25.0	20888	N/A	Total Length

rys. 1.39. Zrzut ekranu wyników obliczeń cieplnych dla zadanej przegrody
 Źródło: opracowanie własne

$$U_{2.15} := 0.0316 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik przenikania ciepła z programu Therm 7.6

$$l_{2.15} := 20888 \text{ mm}$$

Długość całkowita

$$L_{2D.2.15} := U_{2.15} \cdot l_{2.15} = 0.66 \frac{W}{m \cdot K}$$

Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D

3.15.2. Dane obliczeniowe dla przegrody S1

$$U_{1.0} = 0.151 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{Współczynnik przenikania ciepła}$$

$$l_{1.0} := 1755 \text{ mm} \quad \text{Długość całkowita}$$

$$L_{2D.1.0} := U_{1.0} \cdot l_{1.0} = 0.265 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D}$$

3.15.3. Dane obliczeniowe dla podłogi na gruncie

$$U_G = 0.076 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{Współczynnik przenikania ciepła}$$

$$l_G := 0.5 \cdot B' = 3.826 \text{ m} \quad \text{Długość całkowita}$$

$$L_{2D.G} := U_G \cdot l_G = 0.291 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Współczynnik sprzężenia cieplnego L2D}$$

3.15.4. Obliczenie liniowego współczynnika przenikania ciepła

$$\psi_{2.G.2} := L_{2D.2.15} - (L_{2D.G} + L_{2D.1.0}) = 0.105 \frac{W}{m \cdot K}$$

3.15.5. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła

$$L_{15} := 44.15 \text{ m} \quad \text{Długość mostka}$$

$$H_{tr.15} := L_{15} \cdot \psi_{2.G.2} = 4.624 \frac{W}{K} \quad \text{Ostateczny współczynnik przenoszenia ciepła}$$

4. Obliczenia strat ciepła przez przenikanie dla strefy I

Nr pomieszczenia	Nazwa pomieszczenia	Powierzchnia [m ²]	Średnia temp. pomieszczeń [°C]	Strefa
1/1	Sala konsumpcyjna	$P_{1.1} := 137.54 \text{ m}^2$	20	I
1/2	Toaleta dla niepełnosprawnych	$P_{1.2} := 3.33 \text{ m}^2$	16	I
1/3	Toaleta męska	$P_{1.3} := 11.46 \text{ m}^2$	16	I
1/4	Toaleta damska	$P_{1.4} := 11.61 \text{ m}^2$	16	I
1/5	Social	$P_{1.5} := 5.80 \text{ m}^2$	20	I
1/6	Toaleta dla pracowników	$P_{1.6} := 7.73 \text{ m}^2$	16	I
1/7	Korytarz	$P_{1.7} := 7.22 \text{ m}^2$	20	I

1/8	Magazyn	$P_{1,8} := 11.42 \text{ m}^2$	16	I
1/9	Kuchnia	$P_{1,9} := 42.10 \text{ m}^2$	16	I
2/1	Sala konsumpcyjna	$P_{2,1} := 222.01 \text{ m}^2$	20	I

4.1. Strefa Htr.ie

4.1.1. Ściany

a) Powierzchnia ścian na parterze

$$A_{I,I} := 3.09 \text{ m} \cdot (20.25 \text{ m} \cdot 2 + 14.35 \text{ m} \cdot 2) = 213.828 \text{ m}^2$$

b) Powierzchnia ścian na I piętrze

$$A_{I,II} := 2.91 \text{ m} \cdot (17.25 \text{ m} \cdot 2 + 14.35 \text{ m} \cdot 2) = 183.912 \text{ m}^2$$

c) Całkowita powierzchnia ścian w I strefie

$$A_I := A_{I,I} + A_{I,II} = 397.74 \text{ m}^2$$

d) Współczynnik U dla ściany zewnętrznej

$$U_{1,0} = 0.151 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

4.1.2. Okna

a) Powierzchnia okien

$$A_O := 1.23 \text{ m} \cdot 1.48 \text{ m} \cdot 14 = 25.486 \text{ m}^2$$

b) Współczynnik U dla okien

$$U_O := 0.67 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

4.1.3. Drzwi balkonowe

a) Powierzchnia drzwi balkonowych

$$A_{D,b} := 2.4 \text{ m} \cdot 2.1 \text{ m} \cdot 2 = 10.08 \text{ m}^2$$

b) Współczynnik U dla drzwi balkonowych

$$U_{D,b} := 1.8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

4.1.4. Drzwi zewnętrznych

a) Powierzchnia drzwi zewnętrznych

$$A_D := 1 \text{ m} \cdot 2.1 \text{ m} \cdot 2 = 4.2 \text{ m}^2$$

b) Współczynnik U dla drzwi zewnętrznych

$$U_D := 0.79 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

4.1.5. Współczynnik przenoszenia ciepła dla strefy ogrzewanej bezpośrednio do środowiska zewnętrznego z uwzględnieniem mostków

$$e_k := 1$$

$$e_l := 1$$

współczynniki korekcyjne ze względu na orientację z uwzględnieniem wpływu klimatu

$$H_{tr,ie,I} := A_I \cdot U_{2,1} \cdot e + A_D \cdot U_D + A_O \cdot U_O + A_{D,b} \cdot U_{D,b} + (H_{tr,1} + H_{tr,2} + H_{tr,3} + H_{tr,4} + H_{tr,5} + H_{tr,6}) \cdot e_l$$

$$H_{tr,ie,I} = 234.746 \frac{W}{K}$$

4.2. Strefa I Htr.ig

4.2.1. Powierzchnia podłogi na gruncie

$$A = 264.79 \text{ m}^2$$

4.2.2. Współczynnik U dla podłogi na gruncie

$$U_G = 0.076 \frac{W}{m^2 K}$$

4.2.3. Uwzględnienie mostków liniowych

a) Mostek M1 - Podłoga na gruncie

$$\psi_{g,e} = -0.007 \frac{W}{m \cdot K}$$

liniowy współczynnik przenikania ciepła M1

$$l_{M1} := P = 69.2 \text{ m}$$

4.2.4. Współczynnik przenoszenia ciepła ze strefy ogrzewanej do gruntu

$$H_{tr,ig,I} := A \cdot U_G + \psi_{g,e} \cdot l_{M1} = 19.615 \frac{W}{K}$$

4.3. Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie dla strefy ogrzewanej

$$H_{tr,s,I} := H_{tr,ie,I} + H_{tr,ig,I} = 254.362 \frac{W}{K}$$

4.4. Średnia temperatura wewnętrzna w strefie ogrzewanej:

strefa I

$$\theta_{\text{int.S.H.I}} := \frac{(P_{1.1} + P_{1.5} + P_{1.7} + P_{2.1}) \cdot 20 \text{ }^\circ\text{C} + (P_{1.2} + P_{1.3} + P_{1.4} + P_{1.6} + P_{1.8} + P_{1.9}) \cdot 16 \text{ }^\circ\text{C}}{(P_{1.1} + P_{1.2} + P_{1.3} + P_{1.4} + P_{1.5} + P_{1.6} + P_{1.7} + P_{1.8} + P_{1.9} + P_{2.1})}$$

$$\theta_{\text{int.S.H.I}} = 19.24 \text{ }^\circ\text{C}$$

4.5. Całkowita ilość ciepła przenoszonego ze strefy ogrzewanej przez przenikanie w każdym miesiącu roku

4.5.1. Styczeń

$$\theta_{e.1} := -1.3 \text{ }^\circ\text{C}$$

średnia miesięczna temperatura powietrza zewnętrznego dla stacji meteorologicznej w Krakowie - Balice

$$t_{M1} := 744 \text{ hr}$$

liczba godzin w miesiącu

$$Q_{\text{tr.s.1}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.1}) \cdot t_{M1} = 3886.75 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.2. Luty

$$\theta_{e.2} := -2.6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M2} := 672 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.2}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.2}) \cdot t_{M2} = 3732.823 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.3. Marzec

$$\theta_{e.3} := 3.2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M3} := 744 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.3}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.3}) \cdot t_{M3} = 3035.147 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.4. Kwiecień

$$\theta_{e.4} := 8.3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M4} := 720 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.4}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.4}) \cdot t_{M4} = 2003.224 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.5. Maj

$$\theta_{e.5} := 13.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M5} := 744 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.5}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.5}) \cdot t_{M5} = 1104.848 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.6. Czerwiec

$$\theta_{e.6} := 18.2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M6} := 720 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.6}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.6}) \cdot t_{M6} = 190.135 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.7. Lipiec

$$\theta_{e.7} := 17.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M7} := 744 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.7}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.7}) \cdot t_{M7} = 328.944 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.8. Sierpień

$$\theta_{e.8} := 17.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M8} := 744 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.8}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.8}) \cdot t_{M8} = 328.944 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.9. Wrzesień

$$\theta_{e.9} := 13.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M9} := 720 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.9}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.9}) \cdot t_{M9} = 995.952 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.10. Październik

$$\theta_{e.10} := 9.3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M10} := 744 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.10}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.10}) \cdot t_{M10} = 1880.753 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.11. Listopad

$$\theta_{e.11} := 1.9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M11} := 720 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.11}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.11}) \cdot t_{M11} = 3175.322 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

4.5.12. Grudzień

$$\theta_{e.12} := -0.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{M12} := 744 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{tr.s.12}} := H_{\text{tr.s.I}} \cdot (\theta_{\text{int.S.H.I}} - \theta_{e.12}) \cdot t_{M12} = 3792.127 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

5. Obliczenie całkowitej ilości ciepła przenieszonego ze strefy ogrzewanej przez wentylację

5.1. Obliczenie współczynnika przenoszenia ciepła przez wentylację mechaniczną

$$A_1 := A \cdot 2 + 25.8 \text{ m}^2 - 70.25 \text{ m}^2 = 485.13 \text{ m}^2 \quad \text{powierzchnia strefy I}$$

$$H_1 := 5.997 \text{ m} \quad \text{Wysokość budynku}$$

$$V_1 := A_1 \cdot H_1 = 2909.325 \text{ m}^3 \quad \text{kubatura strefy I}$$

$$\rho_a c_a := 1200 \frac{\text{J}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}} \quad \text{pojemność cieplna powietrza}$$

$$n_{50} := 1.5 \frac{1}{\text{hr}} \quad \text{krotność wymiany powietrza}$$

$$\begin{array}{ll} k_1 := 1 & k_2 := 1 \\ k_3 := 1 & k_4 := 1 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{identyfikatory strumienia} \\ \text{powietrza zewnętrznego} \end{array}$$

$$\beta := \frac{7 \cdot 14 \text{ hr}}{7 \cdot 24 \text{ hr}} = 0.583 \quad \text{czas użytkowania budynku}$$

$$\begin{array}{ll} b_{\text{ve.1}} := \beta & b_{\text{ve.3}} := 1 - \beta \\ b_{\text{ve.2}} := \beta & b_{\text{ve.4}} := 1 - \beta \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{czynnik korekty temperatury dla} \\ \text{strumienia powietrza zewnętrznego} \end{array}$$

$$e := 0.04$$

$$f := 15 \quad \text{Współczynniki osłaniania}$$

$$V_{1,\text{su}} := 0.42 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \cdot A_1 = 0.204 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V_{2,\text{x.su}} := \frac{e \cdot n_{50} \cdot V_1}{1 + \frac{f}{e}} = (1.29 \cdot 10^{-4}) \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V_3 := 0$$

$$V_4 := 0.05 \cdot n_{50} \cdot V_1 = 0.061 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

5.1.1. Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez wentylację dla strefy I

$$H_{ve.1} := \rho_a c_a \cdot (b_{ve.1} \cdot V_{1.su} + b_{ve.2} \cdot V_{2.x.su} + b_{ve.4} \cdot V_4) = 173.024 \frac{W}{K}$$

5.2. Obliczenie całkowitej ilości ciepła przenieszonego ze strefy I przez wentylację

$$\theta_{int.1.H} := \theta_{int.S.H.I} = 19.238 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Styczeń:

$$Q_{ve.1.1} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.1}) \cdot t_{M1} = 2643.878 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Luty:

$$Q_{ve.1.2} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.2}) \cdot t_{M2} = 2539.172 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Marzec:

$$Q_{ve.1.3} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.3}) \cdot t_{M3} = 2064.593 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Kwiecień:

$$Q_{ve.1.4} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.4}) \cdot t_{M4} = 1362.65 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Maj:

$$Q_{ve.1.5} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.5}) \cdot t_{M5} = 751.549 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Czerwiec:

$$Q_{ve.1.6} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.6}) \cdot t_{M6} = 129.335 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Lipiec:

$$Q_{ve.1.7} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.7}) \cdot t_{M7} = 223.757 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Sierpień:

$$Q_{ve.1.8} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.8}) \cdot t_{M8} = 223.757 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Wrzesień:

$$Q_{ve.1.9} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.9}) \cdot t_{M9} = 677.475 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Październik:

$$Q_{ve.1.10} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.10}) \cdot t_{M10} = 1279.341 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Listopad:

$$Q_{ve.1.11} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.11}) \cdot t_{M11} = 2159.944 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Grudzień:

$$Q_{ve.1.12} := H_{ve.1} \cdot (\theta_{int.1.H} - \theta_{e.12}) \cdot t_{M12} = 2579.513 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

5.3. Obliczenie całkowitej ilości ciepła przenoszonego ze strefy ogrzewanej w każdym miesiącu

Styczeń:

$$Q_{H.ht.1.1} := Q_{tr.s.1} + Q_{ve.1.1} = 6530.628 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Luty:

$$Q_{H.ht.1.2} := Q_{tr.s.2} + Q_{ve.1.2} = 6271.995 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Marzec:

$$Q_{H.ht.1.3} := Q_{tr.s.3} + Q_{ve.1.3} = 5099.741 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Kwiecień:

$$Q_{H.ht.1.4} := Q_{tr.s.4} + Q_{ve.1.4} = 3365.873 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Maj:

$$Q_{H.ht.1.5} := Q_{tr.s.5} + Q_{ve.1.5} = 1856.398 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Czerwiec:

$$Q_{H.ht.1.6} := Q_{tr.s.6} + Q_{ve.1.6} = 319.469 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Lipiec:

$$Q_{H.ht.1.7} := Q_{tr.s.7} + Q_{ve.1.7} = 552.7 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Sierpień:

$$Q_{H.ht.1.8} := Q_{tr.s.8} + Q_{ve.1.8} = 552.701 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Wrzesień:

$$Q_{H.ht.1.9} := Q_{tr.s.9} + Q_{ve.1.9} = 1673.427 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Październik:

$$Q_{H.ht.1.10} := Q_{tr.s.10} + Q_{ve.1.10} = 3160.094 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Listopad:

$$Q_{H.ht.1.11} := Q_{tr.s.11} + Q_{ve.1.11} = 5335.266 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Grudzień:

$$Q_{H.ht.1.12} := Q_{tr.s.12} + Q_{ve.1.12} = 6371.64 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

6. Obliczanie całkowitych zysków ciepła w strefie ogrzewanej

6.1 Energia promieniowania słonecznego padająca w danym miesiącu na powierzchnie oszkloną, według danych klimatycznych z stacji meteorologicznej w Krakowie - Balice

Styczeń:

$$\text{Północ} \quad I_{N.90.1} := 21458 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

$$\text{Południe} \quad I_{S.90.1} := 38496 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

$$\text{Wschód} \quad I_{E.90.1} := 24297 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

$$\text{Zachód} \quad I_{W.90.1} := 23321 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

Luty:

$$\text{Północ} \quad I_{N.90.2} := 25696 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

$$\text{Południe} \quad I_{S.90.2} := 48531 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

$$\text{Wschód} \quad I_{E.90.2} := 32403 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

$$\text{Zachód} \quad I_{W.90.2} := 29525 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

Marzec:

$$\text{Północ} \quad I_{N.90.3} := 51752 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

$$\text{Południe} \quad I_{S.90.3} := 72123 \frac{W \cdot \text{hr}}{m^2}$$

Wschód	$I_{E.90.3} := 61564 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Zachód	$I_{W.90.3} := 56787 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Kwiecień:	
Północ	$I_{N.90.4} := 68471 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Południe	$I_{S.90.4} := 97694 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Wschód	$I_{E.90.4} := 86903 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Zachód	$I_{W.90.4} := 87813 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Maj:	
Północ	$I_{N.90.5} := 92092 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Południe	$I_{S.90.5} := 118855 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Wschód	$I_{E.90.5} := 127992 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Zachód	$I_{W.90.5} := 119825 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Czerwiec:	
Północ	$I_{N.90.6} := 103163 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Południe	$I_{S.90.6} := 120871 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Wschód	$I_{E.90.6} := 124431 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Zachód	$I_{W.90.6} := 129276 \frac{W \cdot hr}{m^2}$

Lipiec:

$$\text{Północ} \quad I_{N.90.7} := 106628 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Południe} \quad I_{S.90.7} := 121346 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Wschód} \quad I_{E.90.7} := 129310 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Zachód} \quad I_{W.90.7} := 127997 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

Sierpień:

$$\text{Północ} \quad I_{N.90.8} := 78914 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Południe} \quad I_{S.90.8} := 108374 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Wschód} \quad I_{E.90.8} := 104926 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Zachód} \quad I_{W.90.8} := 102215 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

Wrzesień:

$$\text{Północ} \quad I_{N.90.9} := 62508 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Południe} \quad I_{S.90.9} := 87148 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Wschód} \quad I_{E.90.9} := 73300 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Zachód} \quad I_{W.90.9} := 73954 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

Październik:

$$\text{Północ} \quad I_{N.90.10} := 40829 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Południe} \quad I_{S.90.10} := 63911 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

$$\text{Wschód} \quad I_{E.90.10} := 45452 \frac{W \cdot hr}{m^2}$$

Zachód	$I_{W.90.10} := 49393 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Listopad:	
Północ	$I_{N.90.11} := 23103 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Południe	$I_{S.90.11} := 43785 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Wschód	$I_{E.90.11} := 25222 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Zachód	$I_{W.90.11} := 27430 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Grudzień:	
Północ	$I_{N.90.12} := 18201 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Południe	$I_{S.90.12} := 41600 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Wschód	$I_{E.90.12} := 20030 \frac{W \cdot hr}{m^2}$
Zachód	$I_{W.90.12} := 21677 \frac{W \cdot hr}{m^2}$

6.2 Udział powierzchni oszklenia do całkowitego pola powierzchni okna

$$C := 0.7$$

6.3 Pole powierzchni okna, drzwi balkonowych w świetle otworu

Elewacja północna

$$A_{N.90} := 0 \text{ m}^2$$

Elewacja południowa

$$A_{S.90} := 2.4 \text{ m} \cdot 2.1 \text{ m} \cdot 2 = 10.08 \text{ m}^2$$

Elewacja wschodnia

$$A_{E.90} := 1 \text{ m} \cdot 2.1 \text{ m} + 1.23 \text{ m} \cdot 1.48 \text{ m} \cdot 7 = 14.843 \text{ m}^2$$

Elewacja zachodnia

$$A_{W.90} := 1.23 \text{ m} \cdot 1.48 \text{ m} \cdot 7 = 12.743 \text{ m}^2$$

$$F_{sh,gl} := 1$$

Czynnik redukcyjny ze względu na zacinienie ruchomych urządzeń zaciemniających

$$F_{sh} := 1$$

Czynnik redukcyjny ze względu na zacinienie od przegród zewnętrznych

$$g_{gl} := 0.5$$

Całkowita przepuszczalność energii promieniowania słonecznego dla przezroczystej części okna, drzwi balkonowych

6.4. Miesięczne zyski ciepła od promieniowania słonecznego dla przezroczystej części okna, drzwi balkonowych

Styczeń:

$$Q_{sol.H1} := C \cdot (A_{N.90} \cdot I_{N.90.1} + A_{S.90} \cdot I_{S.90.1} + A_{E.90} \cdot I_{E.90.1} + A_{W.90} \cdot I_{W.90.1}) \cdot F_{sh,gl} \cdot F_{sh} \cdot g_{gl}$$

$$Q_{sol.H1} = 366.048 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Luty:

$$Q_{sol.H2} := C \cdot (A_{N.90} \cdot I_{N.90.2} + A_{S.90} \cdot I_{S.90.2} + A_{E.90} \cdot I_{E.90.2} + A_{W.90} \cdot I_{W.90.2}) \cdot F_{sh,gl} \cdot F_{sh} \cdot g_{gl}$$

$$Q_{sol.H2} = 471.231 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Marzec:

$$Q_{sol.H3} := C \cdot (A_{N.90} \cdot I_{N.90.3} + A_{S.90} \cdot I_{S.90.3} + A_{E.90} \cdot I_{E.90.3} + A_{W.90} \cdot I_{W.90.3}) \cdot F_{sh,gl} \cdot F_{sh} \cdot g_{gl}$$

$$Q_{sol.H3} = 827.543 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Kwiecień:

$$Q_{sol.H4} := C \cdot (A_{N.90} \cdot I_{N.90.4} + A_{S.90} \cdot I_{S.90.4} + A_{E.90} \cdot I_{E.90.4} + A_{W.90} \cdot I_{W.90.4}) \cdot F_{sh,gl} \cdot F_{sh} \cdot g_{gl}$$

$$Q_{sol.H4} = 1187.768 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Maj:

$$Q_{sol.H5} := C \cdot (A_{N.90} \cdot I_{N.90.5} + A_{S.90} \cdot I_{S.90.5} + A_{E.90} \cdot I_{E.90.5} + A_{W.90} \cdot I_{W.90.5}) \cdot F_{sh,gl} \cdot F_{sh} \cdot g_{gl}$$

$$Q_{sol.H5} = 1618.653 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Czerwiec:

$$Q_{\text{sol.H6}} := C \cdot (A_{\text{N.90}} \cdot I_{\text{N.90.6}} + A_{\text{S.90}} \cdot I_{\text{S.90.6}} + A_{\text{E.90}} \cdot I_{\text{E.90.6}} + A_{\text{W.90}} \cdot I_{\text{W.90.6}}) \cdot F_{\text{sh.gl}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot g_{\text{gl}}$$

$$Q_{\text{sol.H6}} = 1649.418 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Lipiec:

$$Q_{\text{sol.H7}} := C \cdot (A_{\text{N.90}} \cdot I_{\text{N.90.7}} + A_{\text{S.90}} \cdot I_{\text{S.90.7}} + A_{\text{E.90}} \cdot I_{\text{E.90.7}} + A_{\text{W.90}} \cdot I_{\text{W.90.7}}) \cdot F_{\text{sh.gl}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot g_{\text{gl}}$$

$$Q_{\text{sol.H7}} = 1670.736 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Sierpień:

$$Q_{\text{sol.H8}} := C \cdot (A_{\text{N.90}} \cdot I_{\text{N.90.8}} + A_{\text{S.90}} \cdot I_{\text{S.90.8}} + A_{\text{E.90}} \cdot I_{\text{E.90.8}} + A_{\text{W.90}} \cdot I_{\text{W.90.8}}) \cdot F_{\text{sh.gl}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot g_{\text{gl}}$$

$$Q_{\text{sol.H8}} = 1383.309 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Wrzesień:

$$Q_{\text{sol.H9}} := C \cdot (A_{\text{N.90}} \cdot I_{\text{N.90.9}} + A_{\text{S.90}} \cdot I_{\text{S.90.9}} + A_{\text{E.90}} \cdot I_{\text{E.90.9}} + A_{\text{W.90}} \cdot I_{\text{W.90.9}}) \cdot F_{\text{sh.gl}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot g_{\text{gl}}$$

$$Q_{\text{sol.H9}} = 1018.084 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Październik:

$$Q_{\text{sol.H10}} := C \cdot (A_{\text{N.90}} \cdot I_{\text{N.90.10}} + A_{\text{S.90}} \cdot I_{\text{S.90.10}} + A_{\text{E.90}} \cdot I_{\text{E.90.10}} + A_{\text{W.90}} \cdot I_{\text{W.90.10}}) \cdot F_{\text{sh.gl}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot g_{\text{gl}}$$

$$Q_{\text{sol.H10}} = 681.892 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Listopad:

$$Q_{\text{sol.H11}} := C \cdot (A_{\text{N.90}} \cdot I_{\text{N.90.11}} + A_{\text{S.90}} \cdot I_{\text{S.90.11}} + A_{\text{E.90}} \cdot I_{\text{E.90.11}} + A_{\text{W.90}} \cdot I_{\text{W.90.11}}) \cdot F_{\text{sh.gl}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot g_{\text{gl}}$$

$$Q_{\text{sol.H11}} = 407.839 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

Grudzień:

$$Q_{\text{sol.H12}} := C \cdot (A_{\text{N.90}} \cdot I_{\text{N.90.12}} + A_{\text{S.90}} \cdot I_{\text{S.90.12}} + A_{\text{E.90}} \cdot I_{\text{E.90.12}} + A_{\text{W.90}} \cdot I_{\text{W.90.12}}) \cdot F_{\text{sh.gl}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot g_{\text{gl}}$$

$$Q_{\text{sol.H12}} = 347.499 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

6.5. Obliczenie miesięcznych wewnętrznych zysków ciepła

Obciążenie cieplne pomieszczeń wewnętrznymi zyskami ciepła

$$q_{\text{int}} := (10 \cdot \beta + 1 \cdot (1 - \beta)) \cdot 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 6.25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Powierzchnia ogrzewana

$$A_f := A_1 = 485.13 \text{ m}^2$$

6.5.1. Obliczenia dla każdego miesiąca

Styczeń: $Q_{\text{int.H.1}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M1} = 2255.855 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Luty: $Q_{\text{int.H.2}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M2} = 2037.546 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Marzec: $Q_{\text{int.H.3}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M3} = 2255.855 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Kwiecień: $Q_{\text{int.H.4}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M4} = 2183.085 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Maj: $Q_{\text{int.H.5}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M5} = 2255.855 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Czerwiec: $Q_{\text{int.H.6}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M6} = 2183.085 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Lipiec: $Q_{\text{int.H.7}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M7} = 2255.855 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Sierpień: $Q_{\text{int.H.8}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M8} = 2255.855 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Wrzesień: $Q_{\text{int.H.9}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M9} = 2183.085 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Październik: $Q_{\text{int.H.10}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M10} = 2255.855 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Listopad: $Q_{\text{int.H.11}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M11} = 2183.085 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Grudzień: $Q_{\text{int.H.12}} := q_{\text{int}} \cdot A_f \cdot t_{M12} = 2255.855 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

6.5.2. Całkowite zyski ciepła dla każdego miesiąca

Styczeń: $Q_{\text{H.gn.1}} := Q_{\text{sol.H1}} + Q_{\text{int.H.1}} = 2621.902 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Luty: $Q_{\text{H.gn.2}} := Q_{\text{sol.H2}} + Q_{\text{int.H.2}} = 2508.777 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Marzec: $Q_{\text{H.gn.3}} := Q_{\text{sol.H3}} + Q_{\text{int.H.3}} = 3083.397 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Kwiecień: $Q_{\text{H.gn.4}} := Q_{\text{sol.H4}} + Q_{\text{int.H.4}} = 3370.853 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Maj: $Q_{\text{H.gn.5}} := Q_{\text{sol.H5}} + Q_{\text{int.H.5}} = 3874.508 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Czerwiec: $Q_{\text{H.gn.6}} := Q_{\text{sol.H6}} + Q_{\text{int.H.6}} = 3832.503 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Lipiec: $Q_{\text{H.gn.7}} := Q_{\text{sol.H7}} + Q_{\text{int.H.7}} = 3926.59 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Sierpień: $Q_{\text{H.gn.8}} := Q_{\text{sol.H8}} + Q_{\text{int.H.8}} = 3639.163 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Wrzesień: $Q_{H,gn.9} := Q_{sol.H9} + Q_{int.H.9} = 3201.169 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Październik: $Q_{H,gn.10} := Q_{sol.H10} + Q_{int.H.10} = 2937.747 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Listopad: $Q_{H,gn.11} := Q_{sol.H11} + Q_{int.H.11} = 2590.924 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Grudzień: $Q_{H,gn.12} := Q_{sol.H12} + Q_{int.H.12} = 2603.354 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

6.5.3. Bezwymiarowy stosunek zysków ciepła do bilansu cieplnego dla trybu ogrzewania

Styczeń: $\gamma_{H1} := \frac{Q_{H,gn.1}}{Q_{H.ht.1.1}} = 0.401$

Luty: $\gamma_{H2} := \frac{Q_{H,gn.2}}{Q_{H.ht.1.2}} = 0.4$

Marzec: $\gamma_{H3} := \frac{Q_{H,gn.3}}{Q_{H.ht.1.3}} = 0.605$

Kwiecień: $\gamma_{H4} := \frac{Q_{H,gn.4}}{Q_{H.ht.1.4}} = 1.001$

Maj: $\gamma_{H5} := \frac{Q_{H,gn.5}}{Q_{H.ht.1.5}} = 2.087$

Czerwiec: $\gamma_{H6} := \frac{Q_{H,gn.6}}{Q_{H.ht.1.6}} = 11.996$

Lipiec: $\gamma_{H7} := \frac{Q_{H,gn.7}}{Q_{H.ht.1.7}} = 7.104$

Sierpień: $\gamma_{H8} := \frac{Q_{H,gn.8}}{Q_{H.ht.1.8}} = 6.584$

Wrzesień: $\gamma_{H9} := \frac{Q_{H,gn.9}}{Q_{H.ht.1.9}} = 1.913$

Październik: $\gamma_{H10} := \frac{Q_{H,gn.10}}{Q_{H.ht.1.10}} = 0.93$

Listopad: $\gamma_{H11} := \frac{Q_{H,gn.11}}{Q_{H.ht.1.11}} = 0.486$

Grudzień: $\gamma_{H12} := \frac{Q_{H,gn.12}}{Q_{H.ht.1.12}} = 0.409$

6.6. Stała czasowa budynku

6.6.1 Konstrukcja ciężka

$$A_f = 485.13 \text{ m}^2$$

$$c_m := 260000 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 485.13 = (1.261 \cdot 10^8) \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$H_{\text{tr.s.1}} = 254.362 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

$$H_{\text{ve.1}} = 173.024 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

$$\tau := \frac{c_m}{H_{\text{tr.s.1}} + H_{\text{ve.1}}} = 81.98 \text{ hr} \quad \text{stała czasowa}$$

$$\tau_{\text{H.0}} := 15 \text{ hr} \quad \text{stała czasowa dla metody miesięcznej}$$

$$\alpha_{\text{H}} := 1 \quad \text{bezwymiarowy referencyjny parametr liczbowy dla metody miesięcznej}$$

$$\alpha_{\text{H.1}} := \alpha_{\text{H}} + \frac{\tau}{\tau_{\text{H.0}}} = 6.465 \quad \text{bezwymiarowy parametr liczbowy zależny od stałej czasowej}$$

6.6.2 Współczynnik wykorzystania zysków

Styczeń: $\gamma_{\text{H1}} = 0.401$

$$\eta_{\text{H.gn.1}} := \frac{1 - \gamma_{\text{H1}}^{\alpha_{\text{H.1}}}}{1 - \gamma_{\text{H1}}^{\alpha_{\text{H.1}} + 1}} = 0.998$$

Luty: $\gamma_{\text{H2}} = 0.4$

$$\eta_{\text{H.gn.2}} := \frac{1 - \gamma_{\text{H2}}^{\alpha_{\text{H.1}}}}{1 - \gamma_{\text{H2}}^{\alpha_{\text{H.1}} + 1}} = 0.998$$

Marzec: $\gamma_{\text{H3}} = 0.605$

$$\eta_{\text{H.gn.3}} := \frac{1 - \gamma_{\text{H3}}^{\alpha_{\text{H.1}}}}{1 - \gamma_{\text{H3}}^{\alpha_{\text{H.1}} + 1}} = 0.984$$

Kwiecień: $\gamma_{\text{H4}} = 1.001$

$$\eta_{\text{H.gn.4}} := \frac{1 - \gamma_{\text{H4}}^{\alpha_{\text{H.1}}}}{1 - \gamma_{\text{H4}}^{\alpha_{\text{H.1}} + 1}} = 0.865$$

Maj: $\gamma_{\text{H5}} = 2.087$

$$\eta_{H,gn.5} := \frac{1 - \gamma_{H5}^{\alpha_{H,1}}}{1 - \gamma_{H5}^{\alpha_{H,1} + 1}} = 0.477$$

Czerwiec: $\gamma_{H6} = 11.996$

$$\eta_{H,gn.6} := \frac{1 - \gamma_{H6}^{\alpha_{H,1}}}{1 - \gamma_{H6}^{\alpha_{H,1} + 1}} = 0.083$$

Lipiec: $\gamma_{H7} = 7.104$

$$\eta_{H,gn.7} := \frac{1 - \gamma_{H7}^{\alpha_{H,1}}}{1 - \gamma_{H7}^{\alpha_{H,1} + 1}} = 0.141$$

Sierpień: $\gamma_{H8} = 6.584$

$$\eta_{H,gn.8} := \frac{1 - \gamma_{H8}^{\alpha_{H,1}}}{1 - \gamma_{H8}^{\alpha_{H,1} + 1}} = 0.152$$

Wrzesień: $\gamma_{H9} = 1.913$

$$\eta_{H,gn.9} := \frac{1 - \gamma_{H9}^{\alpha_{H,1}}}{1 - \gamma_{H9}^{\alpha_{H,1} + 1}} = 0.519$$

Październik: $\gamma_{H10} = 0.93$

$$\eta_{H,gn.10} := \frac{1 - \gamma_{H10}^{\alpha_{H,1}}}{1 - \gamma_{H10}^{\alpha_{H,1} + 1}} = 0.895$$

Listopad: $\gamma_{H11} = 0.486$

$$\eta_{H,gn.11} := \frac{1 - \gamma_{H11}^{\alpha_{H,1}}}{1 - \gamma_{H11}^{\alpha_{H,1} + 1}} = 0.995$$

Grudzień: $\gamma_{H12} = 0.409$

$$\eta_{H,gn.12} := \frac{1 - \gamma_{H12}^{\alpha_{H,1}}}{1 - \gamma_{H12}^{\alpha_{H,1} + 1}} = 0.998$$

7. Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową

7.1. Całkowita ilość ciepła przenieszonego ze strefy ogrzewanej w n-tym miesiącu roku

Styczeń: $Q_{H,ht.1} := Q_{H,ht.1.1} - \eta_{H,gn.1} \cdot Q_{H,gn.1} = 3913.028 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Luty: $Q_{H,ht.2} := Q_{H,ht.1.2} - \eta_{H,gn.2} \cdot Q_{H,gn.2} = 3767.247 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Marzec: $Q_{H,ht.3} := Q_{H,ht.1.3} - \eta_{H,gn.3} \cdot Q_{H,gn.3} = 2064.596 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

Kwiecień:	$Q_{H.ht.4} := Q_{H.ht.1.4} - \eta_{H.gn.4} \cdot Q_{H.gn.4} = 448.714 \text{ kW} \cdot \text{hr}$
Maj:	$Q_{H.ht.5} := Q_{H.ht.1.5} - \eta_{H.gn.5} \cdot Q_{H.gn.5} = 8.341 \text{ kW} \cdot \text{hr}$
Czerwiec:	$Q_{H.ht.6} := Q_{H.ht.1.6} - \eta_{H.gn.6} \cdot Q_{H.gn.6} = 0 \text{ kW} \cdot \text{hr}$
Lipiec:	$Q_{H.ht.7} := Q_{H.ht.1.7} - \eta_{H.gn.7} \cdot Q_{H.gn.7} = 0.001 \text{ kW} \cdot \text{hr}$
Sierpień:	$Q_{H.ht.8} := Q_{H.ht.1.8} - \eta_{H.gn.8} \cdot Q_{H.gn.8} = 0.002 \text{ kW} \cdot \text{hr}$
Wrzesień:	$Q_{H.ht.9} := Q_{H.ht.1.9} - \eta_{H.gn.9} \cdot Q_{H.gn.9} = 12.148 \text{ kW} \cdot \text{hr}$
Październik:	$Q_{H.ht.10} := Q_{H.ht.1.10} - \eta_{H.gn.10} \cdot Q_{H.gn.10} = 529.445 \text{ kW} \cdot \text{hr}$
Listopad:	$Q_{H.ht.11} := Q_{H.ht.1.11} - \eta_{H.gn.11} \cdot Q_{H.gn.11} = 2756.889 \text{ kW} \cdot \text{hr}$
Grudzień:	$Q_{H.ht.12} := Q_{H.ht.1.12} - \eta_{H.gn.12} \cdot Q_{H.gn.12} = 3773.015 \text{ kW} \cdot \text{hr}$

$$Q_{H.nd.s} := Q_{H.ht.1} + Q_{H.ht.2} + Q_{H.ht.3} + Q_{H.ht.4} + Q_{H.ht.5} + Q_{H.ht.6} + Q_{H.ht.7} + Q_{H.ht.8} + Q_{H.ht.9}$$

$$Q_{H.nd.s} := Q_{H.nd.s} + Q_{H.ht.10} + Q_{H.ht.11} + Q_{H.ht.12}$$

$$Q_{H.nd.s} = 17273.428 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

7.2 Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania wody użytkowej

$V_{wi} := 2.5 \cdot 10^3 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{day}}$	jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową
--	--

$A_f = 485.13 \text{ m}^2$	powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza
----------------------------	---

$c_w := 4.19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	ciepło właściwe wody
--	----------------------

$q_w := 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$	gęstość wody
--	--------------

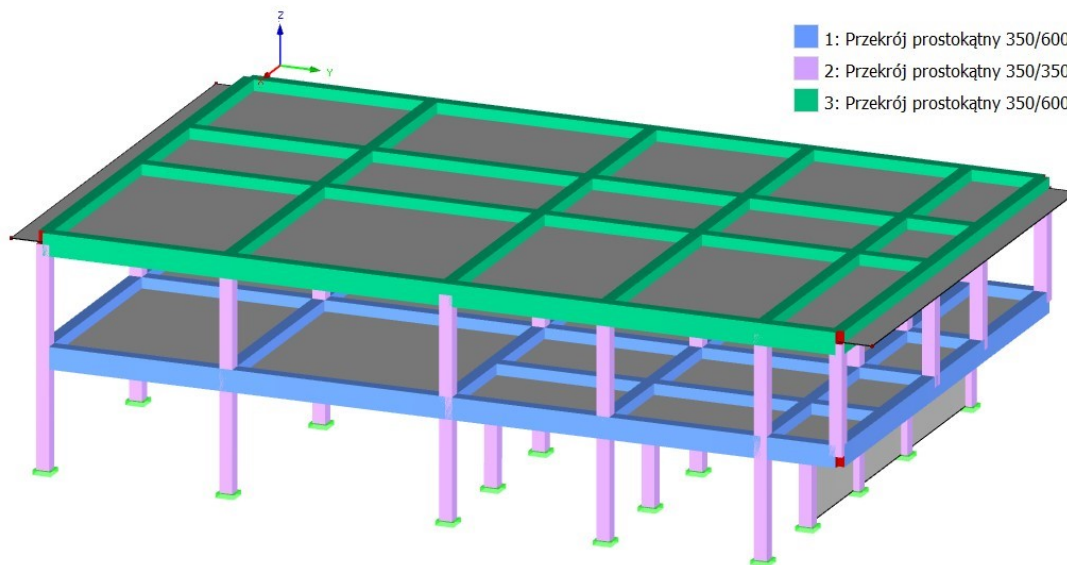
$\theta_w := 55 \text{ }^\circ\text{C}$	obliczeniowa temperatura ciepłej wody użytkowej w zaworze czerpalnym
---	--

$\theta_o := 10 \text{ }^\circ\text{C}$	obliczeniowa temperatura wody przed podgrzaniem
---	---

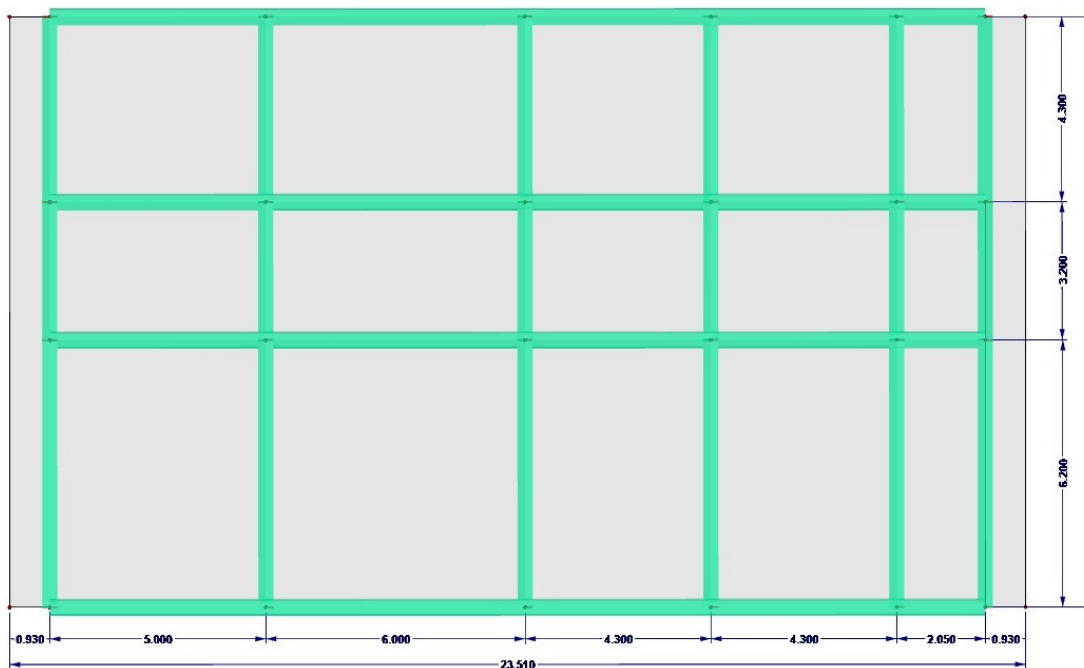
$k_R := 0.8$	współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu ciepłej wody użytkowej
--------------	--

Załącznik nr 2

1. Wymiarowanie płyty stropodachu

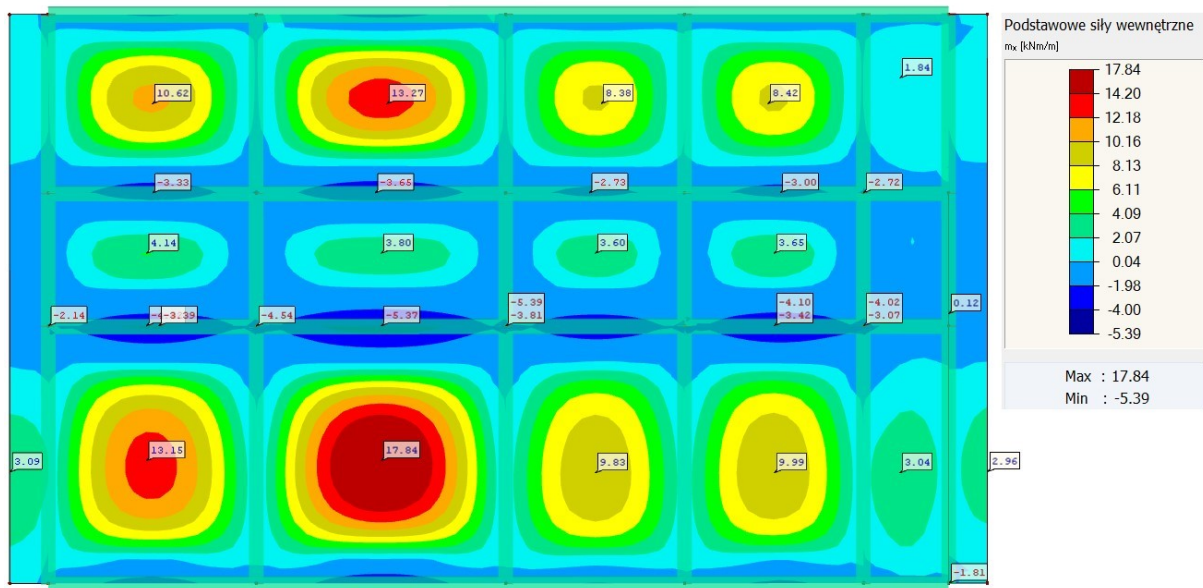


Rys.1.1. Projektowany budynek w modelu 3D

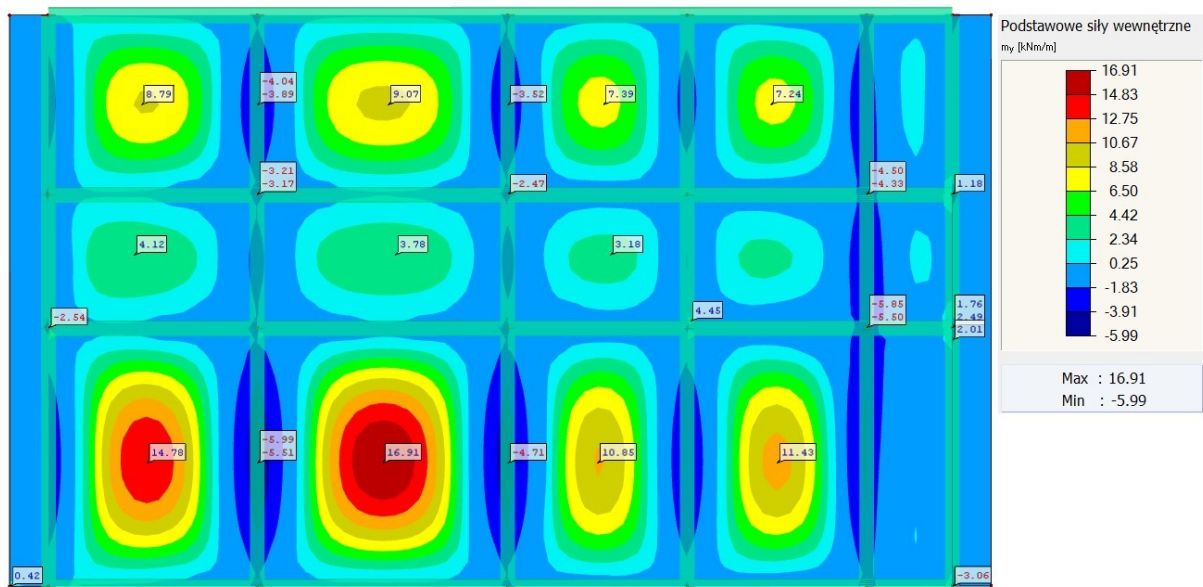


Rys.1.2. Rzut analizowanej płyty

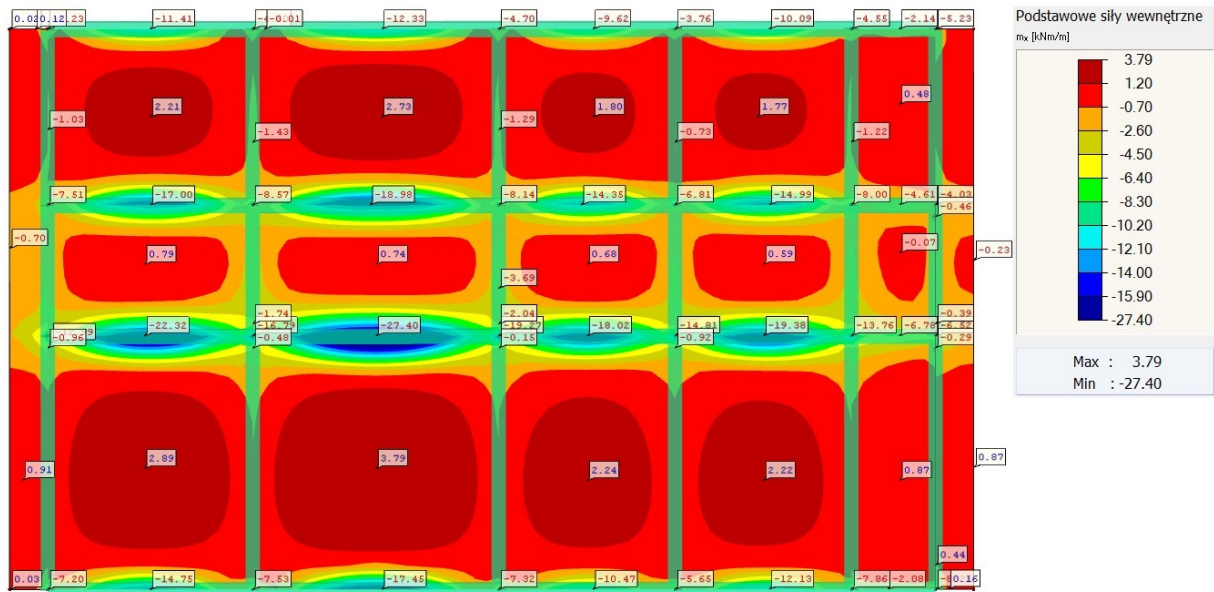
1.1. Mapy momentów zginających na płycie stropodachu



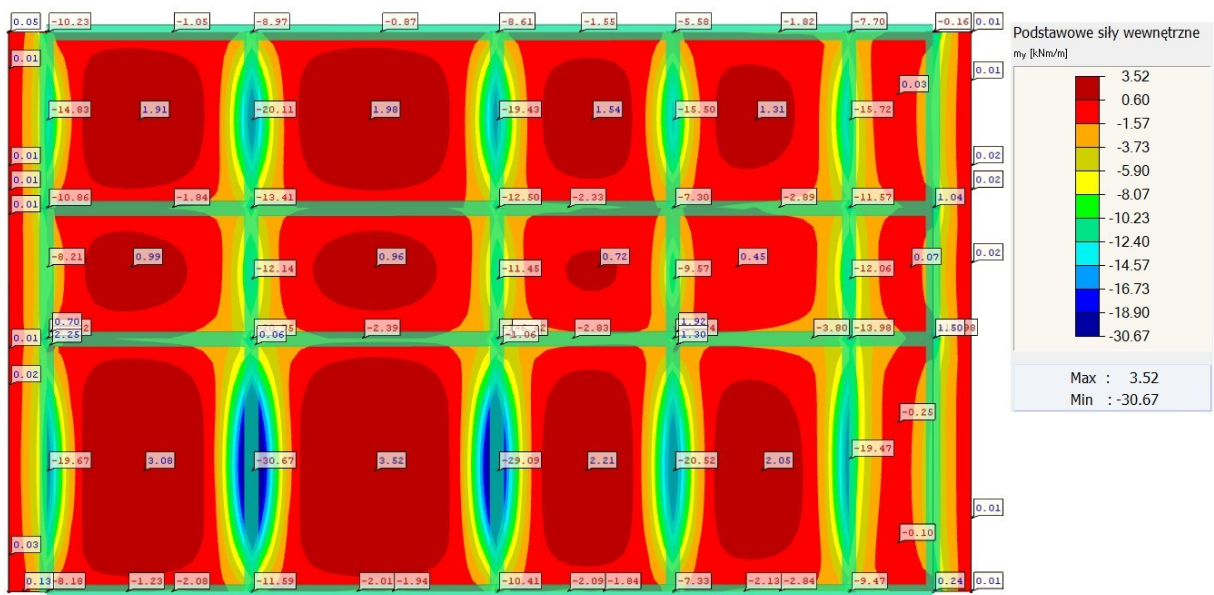
Rys 1.3. Obwiednia dolna mapy momentów zginających na kierunku x [kNm].



Rys 1.4. Obwiednia dolna mapy momentów zginających na kierunku y [kNm].



Rys 1.5. Obwiednia górna mapy momentów zginających na kierunku x [kNm].



Rys 1.6. Obwiednia górna mapy momentów zginających na kierunku y [kNm].

Moment wymiarujący:	Kierunek X	Kierunek Y
Nad podporą:	$M_{Ed.xx.pod} := 27.40 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{Ed.yy.pod} := 30.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$
W przęśle:	$M_{Ed.xx.prz} := 17.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{Ed.yy.prz} := 16.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$

1.2. Dane do wymiarowania

1.2.1. Klasa ekspozycji

Przyjęto klasę ekspozycji XC3

1.2.2. Klasa betonu

Przyjęto klasę betonu - C25/30 (kruszywo kwarcytowe)

$f_{ck} := 25 \text{ MPa}$	Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie
$\gamma_c := 1.4$	Wartość współczynnika częściowego γ_c
$\alpha_{cc} := 1$	Współczynnik częściowy dla betonu
$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 17.86 \text{ MPa}$	Wartość obliczeniowa wytrzymałości na ściskanie
$f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{ MPa} = 33 \text{ MPa}$	Średnia wytrzymałość na ściskanie
$E_{cm} := 31 \text{ GPa}$	Moduł sprężystości betonu
$f_{ctm} := 2.6 \text{ MPa}$	Średnia wartość wytrzymałości betonu na rozciąganie osiowe

1.2.3. Dobór stali

Przyjęto stal żebrowaną - RB 500W

$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$	Charakterystyczna granica plastyczności
$\gamma_s := 1.15$	Wartość współczynnika częściowego
$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa}$	Wartość obliczeniowa granicy plastyczności
$E_s := 200 \text{ GPa}$	Moduł Younga dla stali

1.2.4. Otulenie zbrojenia

Przyjęto klasę konstrukcji S3

$\phi_{10} := 10 \text{ mm}$	Średnica zbrojenia płyty
$c_{min.b} := \phi_{10} = 10 \text{ mm}$	Minimalne otulenie ze względu na przyczepność
$c_{min.dur} := 20 \text{ mm}$	Minimalne otulenie ze względu na warunki środowiska
$\Delta c_{dev} := 5 \text{ mm}$	Dodatek ze względu na odchyłkę
$c_{min} := \max(c_{min.b}, c_{min.dur}, 10 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$	Minimalne otulenie
$c_{nom.pt} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 \text{ mm}$	Nominalne otulenie

Wysokość użyteczna płyty na kierunku X i Y

$$M_{Ed.yy.pod} = 30.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.xx.pod} = 27.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.yy.pod} > M_{Ed.xx.pod} = 1$$

Większy moment zginający występuje na kierunku Y. Przyjęto zatem większą wysokość użyteczną przekroju na tym kierunku

$h_{pt} := 160 \text{ mm}$	Wysokość płyty
$d_y := h_{pt} - c_{nom.pt} - 0.5 \cdot \phi_{10} = 13 \text{ cm}$	Wysokości użyteczne płyty
$d_x := h_{pt} - c_{nom.pt} - 1.5 \cdot \phi_{10} = 12 \text{ cm}$	

1.2.6. Obliczenie zbrojenia maksymalnego

$h_{pt} = 16 \text{ cm}$	Wysokość płyty
$b_{pt} := 100 \text{ cm}$	Szerokość płyty
$A_{c.pt} := h_{pt} \cdot b_{pt} = 1600 \text{ cm}^2$	Pole przekroju poprzecznego
$A_{s,max} := 0.04 \cdot A_{c.pt} = 64 \text{ cm}^2$	Maksymalna powierzchnia zbrojenia

1.2.7. Obliczenie zbrojenia minimalnego

a) Ze względu na stan graniczny nośności

$$f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

Średnia wartość wytrzymałości betonu na rozciąganie osiowe

$$b_t := b_{pł} = 1 \text{ m}$$

Szerokość strefy rozciąganej

Minimalna powierzchnia zbrojenia

$$A_{s,min.xx.SGN} := \max\left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d_x, 0.0013 \cdot b_t \cdot d_x\right) = 1.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min.yy.SGN} := \max\left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d_y, 0.0013 \cdot b_t \cdot d_y\right) = 1.76 \text{ cm}^2$$

b) Ze względu na stan graniczny użyteczności

$$h_{cr} := 0.5 \cdot h_{pł} = 8 \text{ cm}$$

Wysokość strefy ściskanej przed pojawieniem się rys

$$\sigma_s := 320 \text{ MPa}$$

Wartość bezwzględna maksymalnego dozwolonego naprężenia w zbrojeniu powstającego natychmiast po pojawieniu się rysy ($w_k=0,3\text{mm}$, maksymalna średnica prętów 10mm)

$$k_c := 0.4$$

Współczynnik rozkładu naprężeń w chwili poprzedzającej zarysowanie przy zginaniu

$$k := 1.0$$

Współczynnik zależny od wpływu równomiernych, samo równoważących się naprężeń

$$f_{ct,eff} := f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie w chwili powstania rysy

$$A_{ct} := h_{cr} \cdot b_t = 800 \text{ cm}^2$$

Pole rozciąganej strefy przed zarysowaniem

$$A_{s,min.SGU} := \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Minimalna powierzchnia zbrojenia

$$A_{s,min.xx} := \max(A_{s,min.xx.SGN}, A_{s,min.SGU}) = 2.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min.yy} := \max(A_{s,min.yy.SGN}, A_{s,min.SGU}) = 2.6 \text{ cm}^2$$

1.2.8. Maksymalny rozstaw zbrojenia głównego

$$s_{max.slabs} := \min(2 \cdot h_{pt}, 250 \text{ mm}) = 25 \text{ cm}$$

1.2.9. Minimalny rozstaw zbrojenia głównego

$$d_g := 16 \text{ mm}$$

Maksymalny wymiar kruszywa

$$k_1 := 1$$

Zalecana wartość współczynnika k1

$$k_2 := 5 \text{ mm}$$

Zalecana wartość współczynnika k2

Minimalny rozstaw zbrojenia

$$s_{min.slabs} := \max(k_1 \cdot \phi_{10}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 2.1 \text{ cm}$$

1.2.10. Maksymalny rozstaw zbrojenia rozdzielczego

$$s_{max.rozdz} := \min(3 \cdot h_{pt}, 400 \text{ mm}) = 40 \text{ cm}$$

1.2.11. Graniczna wartość efektywnej wysokości strefy ściskanej

$$\varepsilon_{cu} := 0.0035$$

Graniczne odkształcenie betonu ściskanego

$$\varepsilon_{yd} := \frac{-f_{yd}}{E_s} = -0.002$$

Okształcenie stali odpowiadające granicy plastyczności

$$\xi_{lim} := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + |\varepsilon_{yd}|} = 0.62$$

Względna graniczna wysokość strefy ściskanej

$$\xi_{eff.lim} := 0.8 \cdot \xi_{lim} = 0.49$$

Względna graniczna efektywna wysokość strefy ściskanej

1.3. Wymiarowanie zbrojenia na kierunku X

1.3.1. Nośność zbrojenia minimalnego na kierunku X

$$A_{s.min.xx} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Wymagane zbrojenie minimalne na kierunku x

$$A_{s.min.xx.prov} := 3.14 \text{ cm}^2$$

Założono zbrojenie minimalne: $\phi 10$ co 25 cm

$$s_{max.slabs} \geq 25 \text{ cm} = 1$$

Sprawdzenie rozstawu zbrojenia

$$s_{min.slabs} \leq 25 \text{ cm} = 1$$

Wysokość strefy ściskanej

$$x_{eff} := \frac{A_{s.min.xx.prov} \cdot f_{yd}}{f_{cd} \cdot b_{pt}} = 7.65 \text{ mm}$$

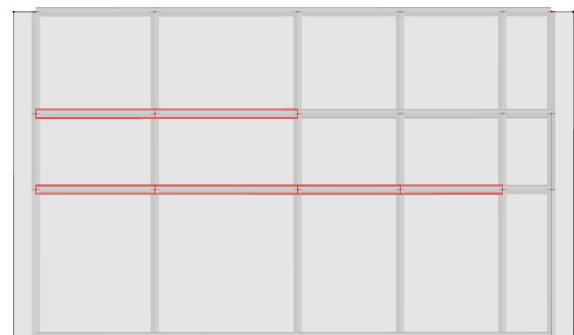
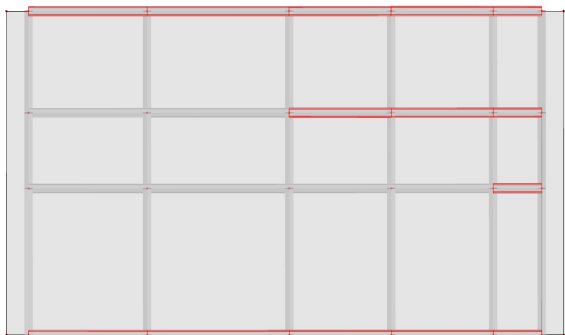
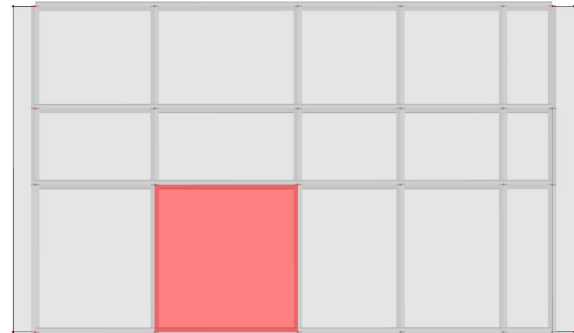
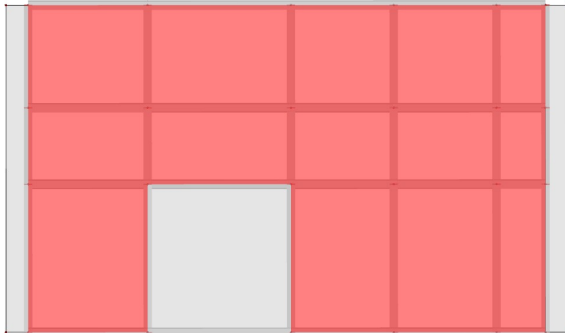
$$\xi_{eff} := \frac{x_{eff}}{d_x} = 0.06$$

Względna wysokość strefy ściskanej

$$\xi_{eff} \leq \xi_{eff.lim} = 1$$

Nośność przyjętego zbrojenia minimalnego

$$M_{Rd} := f_{cd} \cdot b_{pt} \cdot x_{eff} \cdot (d_x - 0.5 \cdot x_{eff}) = 15.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Rys. 1.7. Nośność zbrojenia minimalnego jest wystarczająca, by przenieść momenty przęsłowe i podporowe na zaznaczonych elementach.

Rys. 1.8. Nośność przyjętego zbrojenia minimalnego nie jest wystarczająca, by przenieść momenty przęsłowe i podporowe na zaznaczonych elementach.

1.3.2. Wymiarowanie zbrojenia nad pozostałymi elementami

$$M_{Ed} := M_{Ed.xx.pod} = 27.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment wymiarujący

$$s_c := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b_{pt} \cdot d_x^2} = 0.107$$

Parametr pomocniczy

$$\xi_{eff} := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot s_c} = 0.113$$

Względna wysokość strefy ściskanej

$$\xi_{eff} \leq \xi_{eff.lim} = 1$$

Wniosek: Przekrój pojedynczo zbrojony

$$x_{eff} := \xi_{eff} \cdot d_x = 1.355 \text{ cm}$$

Wysokość strefy ściskanej

$$A_{s1} := \frac{f_{cd} \cdot b_{pt} \cdot x_{eff}}{f_{yd}} = 5.57 \text{ cm}^2$$

Wymagana powierzchnia zbrojenia

$$A_{s.min.xx} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Minimalna powierzchnia zbrojenia

$$A_{s1.req.xx} := \max(A_{s1}, A_{s.min.xx}) = 5.57 \text{ cm}^2$$

Powierzchnia zbrojenia

$$A_{s1.prov.xx} := 7.85 \text{ cm}^2$$

Powierzchnia zbrojenia $\phi 10$ co 10 cm

$$s_{max.slabs} \geq 10 \text{ cm} = 1$$

Sprawdzenie rozstawu zbrojenia

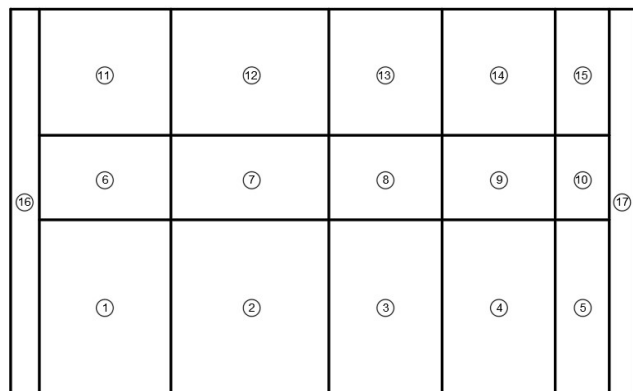
$$s_{min.slabs} \leq 10 \text{ cm} = 1$$

Ostatecznie w płycie nr 7 oraz 12 przyjęto zbrojenie $\phi 10$ co 20cmze względu na konieczność połączenia się zbrojenia z płytą nr 2 o gęstszym rozstawie.

1.4. Zestawienie zbrojenia na kierunku X

Tab.1.1. Zestawienie zbrojenia dolnego płyty na kierunku X

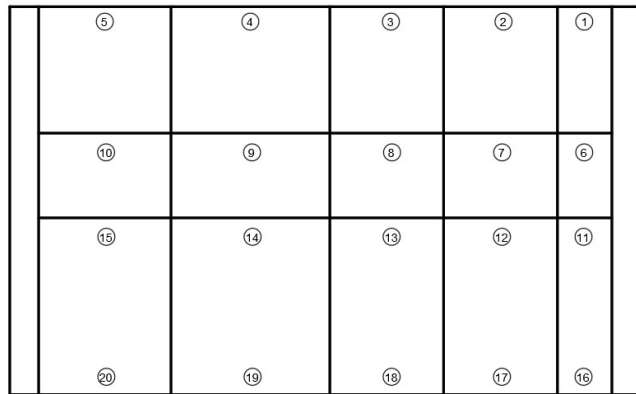
ZBROJENIE PŁYTY DOŁEM NA KIERUNKU X			
Numer płyty	As1.prov [cm ²]	Średnica zbrojenia [mm]	Rozstaw zbrojenia [cm]
1	3,14	10	25
2	7,85	10	10
3	3,14	10	25
4	3,14	10	25
5	3,14	10	25
6	3,14	10	25
7	3,93	10	20
8	3,14	10	25
9	3,14	10	25
10	3,14	10	25
11	3,14	10	25
12	3,93	10	20
13	3,14	10	25
14	3,14	10	25
15	3,14	10	25
16	3,14	10	25
17	3,14	10	25



Rys.1.9. Numeracja płyt w osi na kierunku X

Tab.1.2. Zestawienie zbrojenia górnego płyty na kierunku X

ZBROJENIE PŁYTY GÓRĄ NA KIERUNKU X			
Numer belki	As1.prov [cm ²]	Średnica zbrojenia [mm]	Rozstaw zbrojenia [cm]
1	3,14	10	25
2	3,14	10	25
3	3,14	10	25
4	3,14	10	25
5	3,14	10	25
6	3,14	10	25
7	3,14	10	25
8	3,14	10	25
9	7,85	10	10
10	7,85	10	10
11	3,14	10	25
12	7,85	10	10
13	7,85	10	10
14	7,85	10	10
15	7,85	10	10
16	3,14	10	25
17	3,14	10	25
18	3,14	10	25
19	3,14	10	25
20	3,14	10	25



Rys.1.10. Numeracja belek w osi na kierunku X

1.5. Wymiarowanie zbrojenia w kierunku Y

1.5.1. Sprawdzenie nośności zbrojenia minimalnego na kierunku Y

$$A_{s.min.yy} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Wymagane zbrojenie minimalne na kierunku x

$$A_{s.min.yy.prov} := 3.14 \text{ cm}^2$$

Założono zbrojenie minimalne: $\phi 10$ co 25 cm

$$s_{max.slabs} \geq 25 \text{ cm} = 1$$

Sprawdzenie rozstawu zbrojenia

$$s_{min.slabs} \leq 25 \text{ cm} = 1$$

$$x_{eff} := \frac{A_{s.min.yy.prov} \cdot f_{yd}}{f_{cd} \cdot b_{pt}} = 7.65 \text{ mm}$$

Wysokość strefy ściskanej

$$\xi_{eff} := \frac{x_{eff}}{d_y} = 0.06$$

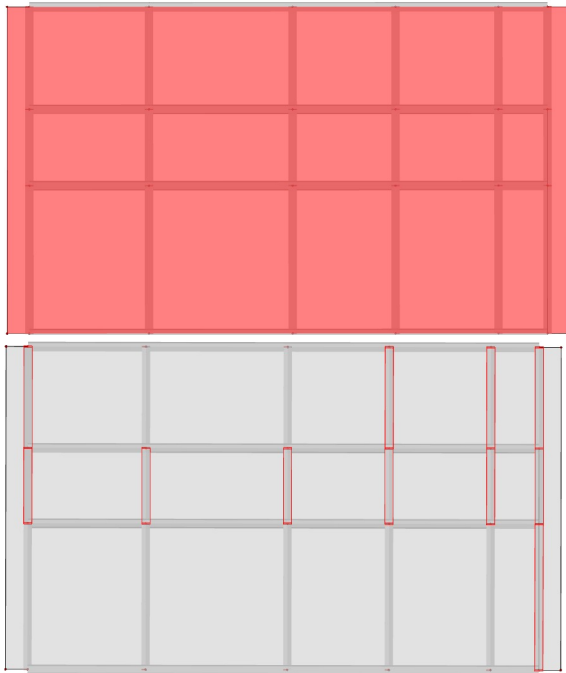
Względna wysokość strefy ściskanej

$$\xi_{eff} \leq \xi_{eff.lim} = 1$$

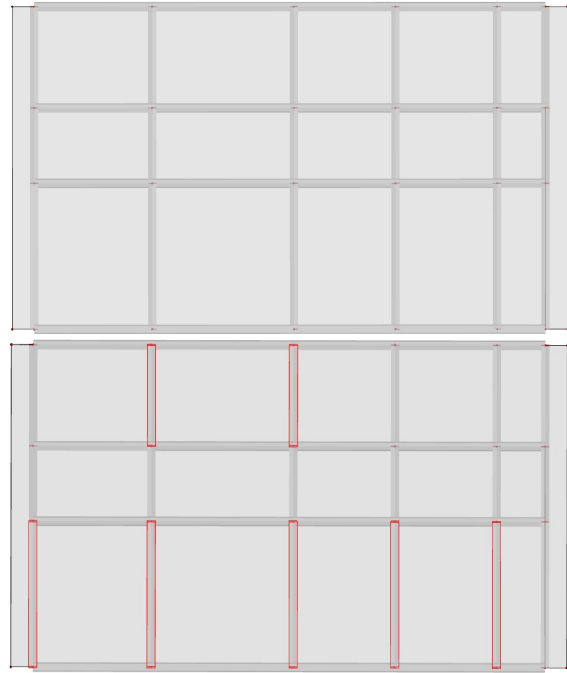
Wniosek: Przekrój pojedynczo zbrojony

Nośność przyjętego zbrojenia minimalnego

$$M_{Rd} := f_{cd} \cdot b_{pt} \cdot x_{eff} \cdot (d_y - 0.5 \cdot x_{eff}) = 17.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Rys. 1.11. Nośność zbrojenia minimalnego jest wystarczająca, by przenieść momenty przeszłowe i podporowe na zaznaczonych elementach.



Rys 1.12. Nośność zbrojenia minimalnego nie jest wystarczająca, by przenieść momenty przeszłowe i podporowe na zaznaczonych elementach.

1.5.2. Wymiarowanie zbrojenia nad pozostałymi elementami

$$M_{Ed} := M_{Ed.yy.pod} = 30.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment wymiarujący

$$s_c := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b_{pt} \cdot d_y^2} = 0.102$$

Parametr pomocniczy

$$\xi_{eff} := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot s_c} = 0.107$$

Względna wysokość strefy ściskanej

$$\xi_{eff} \leq \xi_{eff.lim} = 1$$

Wniosek: Przekrój pojedynczo zbrojony

$$x_{eff} := \xi_{eff} \cdot d_y = 13.96 \text{ mm}$$

Wysokość strefy ściskanej

$$A_{s1} := \frac{f_{cd} \cdot b_{pt} \cdot x_{eff}}{f_{yd}} = 5.73 \text{ cm}^2$$

Wymagana powierzchnia zbrojenia

$$A_{s.min.yy} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Minimalna powierzchnia zbrojenia

$$A_{s1.req.yy} := \max(A_{s1}, A_{s.min.yy}) = 5.73 \text{ cm}^2$$

Powierzchnia zbrojenia

$$A_{s1.prov.yy} := 7.54 \text{ cm}^2$$

Powierzchnia zbrojenia $\phi 10$ co 10 cm

$$s_{max.slabs} \geq 10 \text{ cm} = 1$$

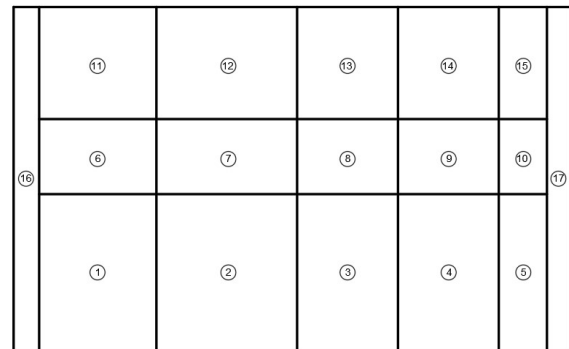
Sprawdzenie rozstawu zbrojenia

$$s_{min.slabs} \leq 10 \text{ cm} = 1$$

1.6. Zestawienie zbrojenia na kierunku Y

Tab.1.3. Zestawienie zbrojenia dolnego płyty na kierunku Y

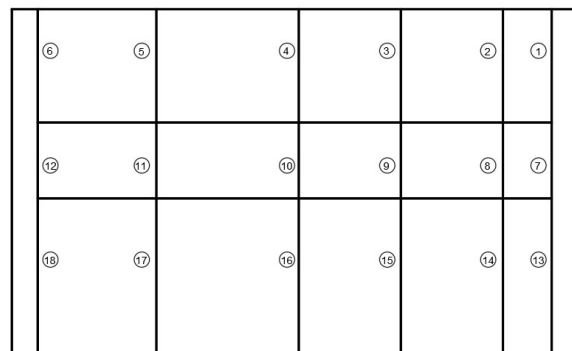
ZBROJENIE PŁYTY DOŁEM NA KIERUNKU Y			
Numer płyty	As1.prov [cm ²]	Średnica zbrojenia [mm]	Rozstaw zbrojenia [cm]
1	3,14	10	25
2	3,14	10	25
3	3,14	10	25
4	3,14	10	25
5	3,14	10	25
6	3,14	10	25
7	3,14	10	25
8	3,14	10	25
9	3,14	10	25
10	3,14	10	25
11	3,14	10	25
12	3,14	10	25
13	3,14	10	25
14	3,14	10	25
15	3,14	10	25
16	3,14	10	25
17	3,14	10	25



Rys.1.13. Numeracja płyt w osi na kierunku Y

Tab.1.4. Zestawienie zbrojenia górnego płyty na kierunku Y

ZBROJENIE PŁYTY GÓRĄ NA KIERUNKU Y			
Numer belki	As1.prov [cm ²]	Średnica zbrojenia [mm]	Rozstaw zbrojenia [cm]
1	3,14	10	25
2	3,14	10	25
3	3,14	10	25
4	7,85	10	10
5	7,85	10	10
6	3,14	10	25
7	3,14	10	25
8	3,14	10	25
9	3,14	10	25
10	3,14	10	25
11	3,14	10	25
12	3,14	10	25
13	3,14	10	25
14	7,85	10	10
15	7,85	10	10
16	7,85	10	10
17	7,85	10	10
18	7,85	10	10



Rys.1.14. Numeracja belek w osi na kierunku Y

1.7. Zakotwienie prętów

1.7.1. Graniczne naprężenie przyczepności

$\alpha_{ct} := 1$	Wartość zalecana współczynnika
$\gamma_c = 1.4$	Współczynnik częściowy betonu
$f_{ctk.0.05} := 1.8 \text{ MPa}$	Charakterystyczna wytrzymałość betonu na rozciąganie
$f_{ctd} := \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk.0.05}}{\gamma_c} = 1.29 \text{ MPa}$	Wartość obliczeniowa wytrzymałości betonu na rozciąganie
$\eta_1 := 1$	Współczynnik zależny od jakości warunków przyczepności i pozycji pręta w czasie betonowania (dobre warunki)
$\eta_2 := 1$	Współczynnik zależny od średnicy pręta (dla $\leq \phi$ 32 mm)
$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.89 \text{ MPa}$	Wartość obliczeniowa granicznego naprężenia przyczepności dla prętów zbrojonych

1.7.2. Podstawowa długość zakotwienia

$\sigma_{sd} := f_{yd} = 434.783 \text{ MPa}$	Największa wartość
$\phi_{10} = 10 \text{ mm}$	
$l_{b.rqd} := \frac{\phi_{10}}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 37.57 \text{ cm}$	Podstawowa wymagana długość zakotwienia dla pręta o średnicy 10mm

1.7.3. Obliczeniowa długość zakotwienia

Minimalna długość zakotwienia:

$l_{b.min} := \max(0.3 \cdot l_{b.rqd}, 10 \cdot \phi_{10}, 100 \text{ mm}) = 11.27 \text{ cm}$	
$\alpha_1 := 1$	Współczynnik zależny od kształtu prętów (pręty proste)
$\alpha_2 := 1$	Współczynnik zależny od najmniejszego otulenia betonem
$\alpha_3 := 1$	Współczynnik zależny od wpływu skrępowania betonu przez zbrojenie poprzeczne

Obliczeniowa długość zakotwienia:

$$l_{bd} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot l_{b.rqd}, l_{b.min}) = 37.574 \text{ cm}$$

$$l_{z.10} := 40 \text{ cm}$$

Przyjęta długość zakotwienia

1.7.4. Połączenie na zakład

$$\alpha_6 := 1.5$$

Współczynnik zależny od udziału prętów połączonych na zakład w całym polu przekroju zbrojenia

Minimalna długość połączenia na zakład

$$l_{0.min} := \max(0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b.rqd}, 15 \cdot \phi_{10}, 200 \text{ mm}) = 20 \text{ cm}$$

Obliczeniowa długość zakładu

$$l_0 := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b.rqd}, l_{0.min}) = 56.36 \text{ cm}$$

$$\boxed{l_0} := 60 \text{ cm}$$

Przyjęta długość zakładu

1.7.5. Zbrojenie rozdzielcze

Założenie: Zastosowano jednakowego zbrojenia rozdzielczego dla wszystkich pól płyty

Minimalne pole przekroju zbrojenia rozdzielczego

$$A_{s.prov.min} := \max(7.85 \text{ cm}^2, 3.14 \text{ cm}^2) = 7.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{s.rozd.min} := 0.2 \cdot A_{s.prov.min} = 1.57 \text{ cm}^2$$

Maksymalny rozstaw zbrojenia rozdzielczego

$$s_{max.rozdz} = 40 \text{ cm}$$

Przyjęto zbrojenie rozdzielcze: $\phi 8$ co 30 cm

$$A_{s.rozdz} := 1.68 \text{ cm}^2$$

Pole przyjętego zbrojenia

2. Sprawdzenie warunków stanu granicznego użyteczności (SGU)

2.1. Otulenie zbrojenie

Klasa ekspozycji: **XC3**

Przyjęta początkowa klasa konstrukcji: **S3**

$$c_{nom.pt} = 25 \text{ mm}$$

2.2. Stan graniczny użyteczności na kierunku X - ZARYSOWANIE

2.2.1. Przęsło o największym momencie zginającym na kierunku X

$$W_c := \frac{b_{pt} \cdot h_{pt}^2}{6} = 4266.667 \text{ cm}^3$$

Wskaźnik wytrzymałości

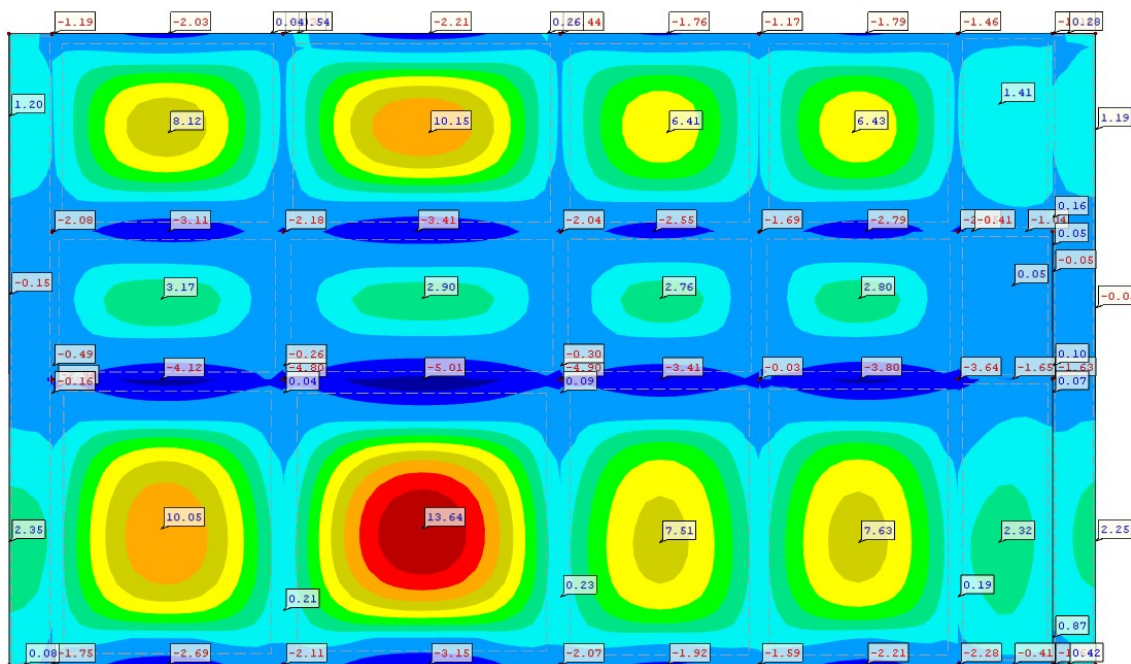
$$f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie

$$M_{cr} := f_{ctm} \cdot W_c = 11.093 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment rysujący

Sprawdzenie dla kombinacji charakterystycznej



Rys 1.15. Obwiednia dolna mapy momentów zginających na kierunku x [kNm].

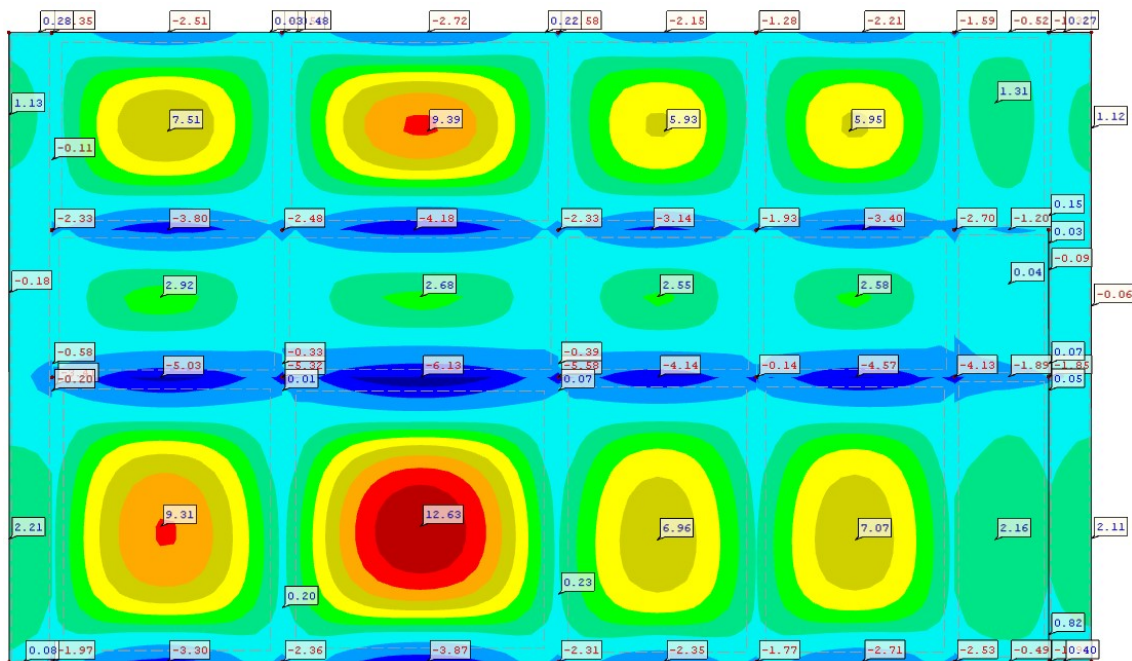
$$M_{Ek} := 13.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment przęsłowy

$$M_{Ek} \leq M_{cr} = 0$$

Wniosek: Element zarysowany

Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys dla kombinacji Quasi stałej



Rys 1.16. Obwiednia dolna mapy momentów zginających na kierunku x [kNm].

$$M_{Eqs} := 12.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment przeszłowy

$$A_{s1.prov.xx} := 7.85 \text{ cm}^2$$

Pole przyjętego zbrojenia w przekroju zarysowanym

$$\rho := \frac{A_{s1.prov.xx}}{b_{pt} \cdot d_x} = 0.65\%$$

Stopień zbrojenia

$$\zeta := 0.85$$

Współczynnik ζ dla $0.5 \leq \rho \leq 1$

$$\sigma_s := \frac{M_{Eqs}}{d_x \cdot \zeta \cdot A_{s1.prov.xx}} = 157.737 \text{ MPa}$$

Średnica zbrojenia dla szerokości rys równej 0,3 mm

$$\phi'_s := 32 \text{ mm}$$

Zasięg strefy rozciąganej bezpośrednio przed zarysowaniem

$$h_{cr} := 0.5 \cdot h_{pt} = 8 \text{ cm}$$

Zastosowana średnica zbrojenia

$$\phi_{prov} := 10 \text{ mm}$$

Współczynnik k_c

$$k_c := 0.4$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$a_x := h_{pt} - d_x = 4 \text{ cm}$$

Odległość od dolnej krawędzi do osi zbrojenia na kierunku x

$$a_x < 0.1 \cdot h_{pt} = 0$$

Zmodyfikowana maksymalna średnica prętów

$$\phi := \phi'_s \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2.9 \text{ MPa}} \cdot \frac{k_c \cdot h_{cr}}{2 \cdot (h_{pt} - d_x)} = 11.48 \text{ mm}$$

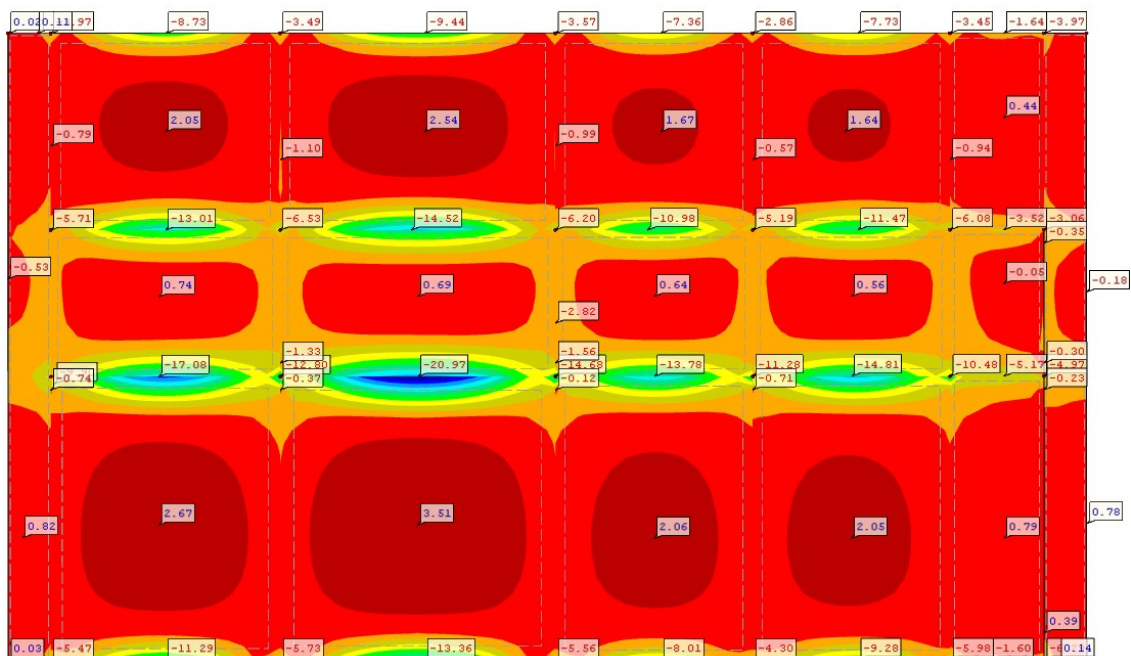
Sprawdzenie warunku

$$\phi > \phi_{prov} = 1$$

Wniosek: Szerokość rozwarcia rys nie przekroczy wartości granicznej

2.2.2. Podpora I rodzaju - belki, w których założono zbrojenie minimalne $\phi 10$ co 25cm

Sprawdzenie dla kombinacji Charakterystycznej



Rys 1.17. Obwiednia górna mapy momentów zginających na kierunku x [kNm].

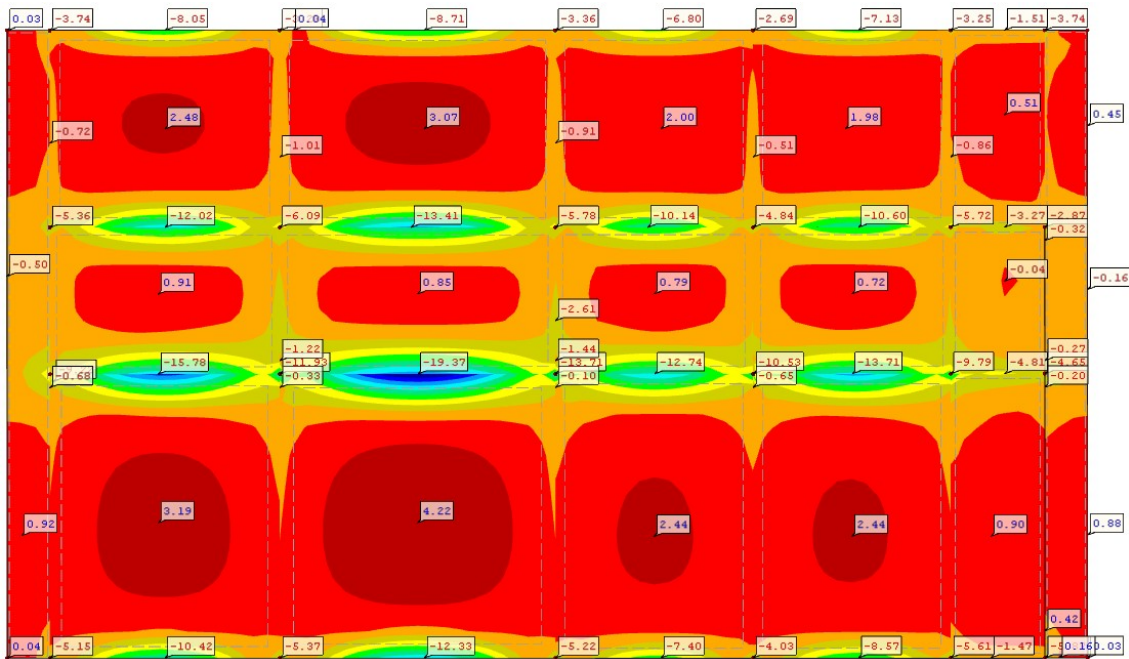
$$M_{Ek} := 14.81 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment podporowy

$$M_{Ek} \leq M_{cr} = 0$$

Wniosek: Element zarysowany

Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys dla kombinacji Quasi stałej



Rys 1.18. Obwiednia górna mapy momentów zginających na kierunku x [kNm].

$$M_{Eqs} := 13.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment podporowy

$$A_{s1.prov.xx} := 3.14 \text{ cm}^2$$

Pole przyjętego zbrojenia w przekroju zarysowanym

$$\rho := \frac{A_{s1.prov.xx}}{b_{pt} \cdot d_x} = 0.26\%$$

Stopień zbrojenia

$$\zeta := 0.9$$

Współczynnik ζ dla $\rho \leq 0.5$

$$\sigma_s := \frac{M_{Eqs}}{d_x \cdot \zeta \cdot A_{s1.prov.xx}} = 404.282 \text{ MPa}$$

Średnica zbrojenia dla szerokości rys równej 0,3 mm

$$\phi'_s := 5 \text{ mm} + \frac{(450 \text{ MPa} - \sigma_s) \cdot (6 \text{ mm} - 5 \text{ mm})}{450 \text{ MPa} - 400 \text{ MPa}} = 5.91 \text{ mm}$$

$$h_{cr} := 0.5 \cdot h_{pt} = 8 \text{ cm}$$

Zasięg strefy rozciąganej bezpośrednio przed zarysowaniem

$$\phi_{prov} := 10 \text{ mm}$$

Zastosowana średnica zbrojenia

$$k_c := 0.4$$

Współczynnik k_c

$$f_{ct,eff} := f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$a_x := h_{pt} - d_x = 4 \text{ cm}$$

Odległość od dolnej krawędzi do osi zbrojenia na kierunku x

$$a_x < 0.1 \cdot h_{pt} = 0$$

Zmodyfikowana maksymalna średnica prętów

$$\phi := \phi'_s \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2.9 \text{ MPa}} \cdot \frac{k_e \cdot h_{cr}}{2 \cdot (h_{pt} - d_x)} = 2.12 \text{ mm}$$

Współczynnik zależny od wpływu nierównomiernych, samorównoważących się naprężeń

Sprawdzenie warunku

$$\phi > \phi_{prov} = 0$$

Wniosek: Szerokość rozwarcia rys przekroczy wartość graniczną, należy zastosować gęstszy rozstaw prętów lub zwiększyć klasę betonu

2.2.3. Podpora II rodzaju- belki, w których założono zbrojenie $\phi 10$ co 10cm

Sprawdzenie dla kombinacji Charakterystycznej

$$M_{Ek} := 20.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment podporowy

$$M_{Ek} \leq M_{cr} = 0$$

Wniosek: Element zarysowany

Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys dla kombinacji Quasi stałej

$$M_{Eqs} := 19.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment przęsłowy

$$A_{s1,prov.xx} := 7.85 \text{ cm}^2$$

Pole przyjętego zbrojenia w przekroju zarysowanym

$$\rho := \frac{A_{s1,prov.xx}}{b_{pt} \cdot d_x} = 0.65\%$$

Stopień zbrojenia

$$\zeta := 0.85$$

Współczynnik ζ dla $0.5 \leq \rho \leq 1$

$$\sigma_s := \frac{M_{Eqs}}{d_x \cdot \zeta \cdot A_{s1,prov.xx}} = 241.913 \text{ MPa}$$

Średnica zbrojenia dla szerokości rys równej 0,3 mm

$$\phi'_s := 12 \text{ mm} + \frac{(280 \text{ MPa} - \sigma_s) \cdot (16 \text{ mm} - 12 \text{ mm})}{280 \text{ MPa} - 240 \text{ MPa}} = 15.81 \text{ mm}$$

$$h_{cr} := 0.5 \cdot h_{pt} = 8 \text{ cm}$$

Zasięg strefy rozciąganej bezpośrednio przed zarysowaniem

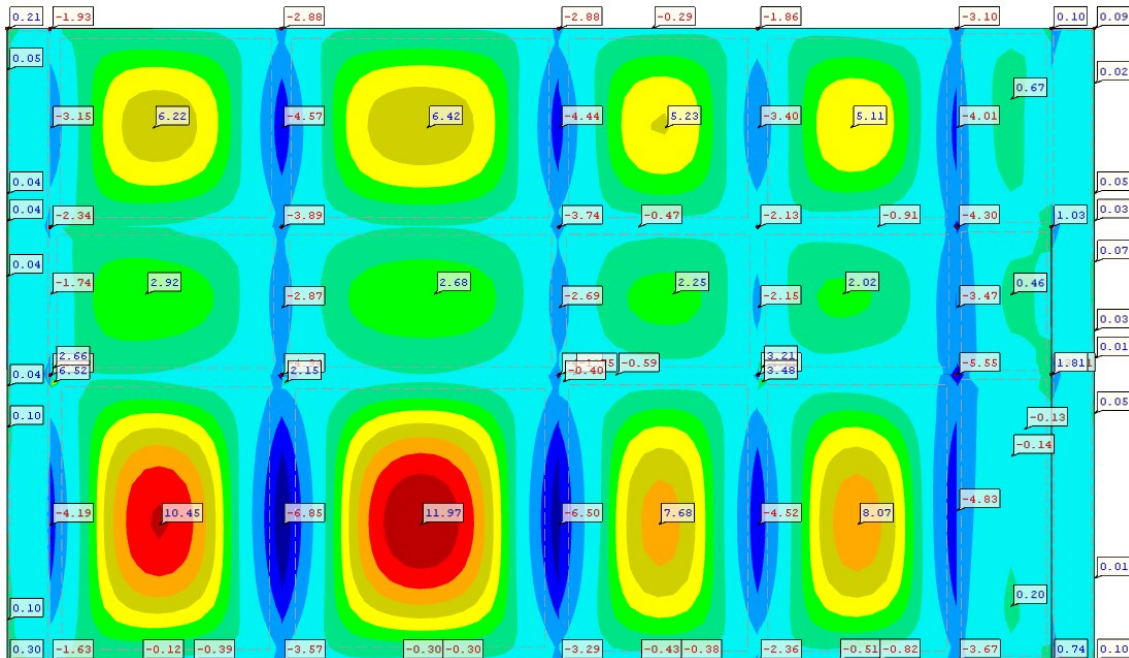
$$M_{Ek} := 12.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment przeszłowy

$$M_{Ek} \leq M_{cr} = 0$$

Wniosek: Element zarysowany

Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys dla kombinacji Quasi stałej



Rys 1.20. Obwiednia dolna mapy momentów zginających na kierunku y [kNm].

$$M_{Eqs} := 11.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment przeszłowy

$$A_{s1,prov.xx} := 3.14 \text{ cm}^2$$

Pole przyjętego zbrojenia w przekroju zarysowanym

$$\rho := \frac{A_{s1,prov.xx}}{b_{pt} \cdot d_x} = 0.26\%$$

Stopień zbrojenia

$$\zeta := 0.9$$

Współczynnik ζ dla $\rho \leq 0.5$

$$\sigma_s := \frac{M_{Eqs}}{d_x \cdot \zeta \cdot A_{s1,prov.xx}} = 352.972 \text{ MPa}$$

Średnica zbrojenia dla szerokości rys równej 0,3 mm

$$\phi'_s := 8 \text{ mm} + \frac{(360 \text{ MPa} - \sigma_s) \cdot (10 \text{ mm} - 8 \text{ mm})}{360 \text{ MPa} - 320 \text{ MPa}} = 8.35 \text{ mm}$$

$$h_{cr} := 0.5 \cdot h_{pt} = 8 \text{ cm}$$

Zasięg strefy rozciąganej bezpośrednio przed zarysowaniem

$$\phi_{prov} := 10 \text{ mm}$$

Zastosowana średnica zbrojenia

$$k_c := 0.4$$

Współczynnik k_c

$$f_{ct,eff} := f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$a_x := h_{pt} - d_x = 4 \text{ cm}$$

Odległość od dolnej krawędzi do osi zbrojenia na kierunku x

$$a_x < 0.1 \cdot h_{pt} = 0$$

Zmodyfikowana maksymalna średnica prętów

$$\phi := \phi'_s \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2.9 \text{ MPa}} \cdot \frac{k_c \cdot h_{cr}}{2 \cdot (h_{pt} - d_x)} = 2.99 \text{ mm}$$

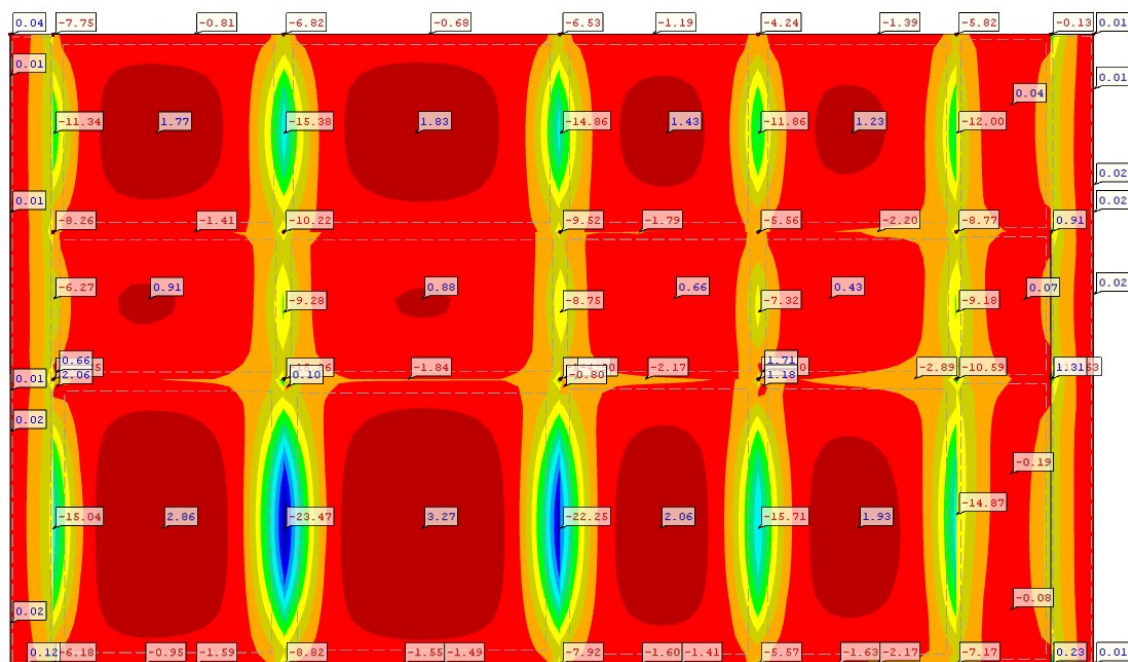
Sprawdzenie warunku

$$\phi > \phi_{prov} = 0$$

Wniosek: Szerokość rozwarcia rys przekroczy wartość graniczną, należy zastosować gęstszy rozstaw prętów lub zwiększyć klasę betonu

2.3.2. Podpora I rodzaju - belki, w których założono zbrojenie minimalne $\phi 10$ co 25cm

Sprawdzenie dla kombinacji Charakterystycznej



Rys 1.21. Obwiednia górna mapy momentów zginających na kierunku y [kNm].

$$M_{Ek} := 12.00 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment podporowy

$$M_{Ek} \leq M_{cr} = 0$$

Wniosek: Element zarysowany

$$f_{ct,eff} := f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$a_x := h_{pt} - d_x = 4 \text{ cm}$$

$$a_x < 0.1 \cdot h_{pt} = 0$$

Odległość od dolnej krawędzi do osi zbrojenia na kierunku x

Zmodyfikowana maksymalna średnica prętów

$$\phi := \phi'_s \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2.9 \text{ MPa}} \cdot \frac{k_e \cdot h_{cr}}{2 \cdot (h_{pt} - d_x)} = 3.43 \text{ mm}$$

Współczynnik zależny od wpływu nierównomiernych, samorównoważących się naprężeń

Sprawdzenie warunku

$$\phi > \phi_{prov} = 0$$

Wniosek: Szerokość rozwarcia rys przekroczy wartość graniczną, należy zastosować gęstszy rozstaw prętów lub zwiększyć klasę betonu

2.3.3. Podpora II rodzaju - belki, w których założono zbrojenie $\phi 10$ co 10cm

Sprawdzenie dla kombinacji Charakterystycznej

$$M_{Ek} := 23.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment podporowy

$$M_{Ek} \leq M_{cr} = 0$$

Wniosek: Element zarysowany

Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys dla kombinacji Quasi stałej

$$M_{Eqs} := 21.68 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksymalny moment podporowy

$$A_{s1,prov,xx} := 7.85 \text{ cm}^2$$

Pole przyjętego zbrojenia w przekroju zarysowanym

$$\rho := \frac{A_{s1,prov,xx}}{b_{pt} \cdot d_x} = 0.65\%$$

Stopień zbrojenia

$$\zeta := 0.85$$

Współczynnik ζ dla $0.5 \leq \rho \leq 1$

$$\sigma_s := \frac{M_{Eqs}}{d_x \cdot \zeta \cdot A_{s1,prov,xx}} = 270.763 \text{ MPa}$$

Średnica zbrojenia dla szerokości rys równej 0,3 mm

$$\phi'_s := 12 \text{ mm} + \frac{(280 \text{ MPa} - \sigma_s) \cdot (16 \text{ mm} - 12 \text{ mm})}{280 \text{ MPa} - 240 \text{ MPa}} = 12.92 \text{ mm}$$

$$h_{cr} := 0.5 \cdot h_{pt} = 8 \text{ cm}$$

Zasięg strefy rozciąganej bezpośrednio przed zarysowaniem

$$\phi_{prov} := 10 \text{ mm}$$

Zastosowana średnica zbrojenia

$$k_c := 0.4$$

Współczynnik k_c

$$f_{ct,eff} := f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$a_x := h_{pt} - d_x = 4 \text{ cm}$$

Odległość od dolnej krawędzi do osi zbrojenia na kierunku x

$$a_x < 0.1 \cdot h_{pt} = 0$$

Zmodyfikowana maksymalna średnica prętów

$$\phi := \phi'_s \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2.9 \text{ MPa}} \cdot \frac{k_c \cdot h_{cr}}{2 \cdot (h_{pt} - d_x)} = 4.63 \text{ mm}$$

Współczynnik zależny od wpływu nierównomiernych, samorównoważących się naprężeń

Sprawdzenie warunku

$$\phi > \phi_{prov} = 0$$

Wniosek: Szerokość rozwarcia rys przekroczy wartość graniczną, należy zastosować gęstszy rozstaw prętów lub zwiększyć klasę betonu

2.4. Stan graniczny użyteczności na kierunku X - UGIĘCIE

2.4.1. Prześło skrajne

$$K := 1.3$$

Współczynnik zależny od rodzaju konstrukcji - skrajne przeszło płyty ciągłej dwukierunkowo zbrojonej

$$A_{s,min,xx} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie wymagane

$$A_{s,min,xx,prov} = 3.14 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie zastosowane

$$\rho := \frac{A_{s,min,xx,prov}}{b_{pt} \cdot d_x} = 0.003$$

Przyjęty stopień zbrojenia

$$\rho_0 := \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot 10^{-3} = 0.5\%$$

Porównawczy stopień zbrojenia

Sprawdzenie warunku

$$\rho_0 \geq \rho = 1$$

Korzystamy ze wzoru 7.16a

Graniczny stosunek rozpiętości do wysokości użytecznej

$$l_{do}d_{max} := \frac{500 \text{ MPa}}{f_{yk} \cdot A_{s1,req,xx}} \cdot K \cdot \left(11 + 1.5 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3.2 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right) = 71.944$$

$$h_b := 60 \text{ cm}$$

Wysokość belki

$$b_b := 35 \text{ cm}$$

Szerokość belki

$$a_1 := \min\left(\frac{1}{2} \cdot h_b, \frac{1}{2} \cdot b_b\right) = 17.5 \text{ cm}$$

$$a_2 := a_1 = 17.5 \text{ cm}$$

$$l_{pt.x} := 6.2 \text{ m}$$

Wymiary analizowanej płyty

$$l_{eff} := l_{pt.x} + a_1 + a_2 = 6.55 \text{ m}$$

Rzeczywisty stosunek rozpiętości do wysokości użytecznej

Sprawdzenie warunku

$$l_{do} d_{rzecz} := \frac{l_{eff}}{d_x} = 54.583$$

$$l_{do} d_{max} > l_{do} d_{rzecz} = 1$$

Wniosek: Ugięcie nie przekroczy ugięcia dopuszczalnego

2.4.2. Pręśło wewnętrzne

$$K := 1.5$$

Współczynnik zależny od rodzaju konstrukcji
- pręśło wewnętrzne płyty ciągłej
dwukierunkowo zbrojonej

$$A_{s.min.xx} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie wymagane

$$A_{s.min.xx.prov} = 3.14 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie zastosowane

$$\rho := \frac{A_{s.min.xx.prov}}{b_{pt} \cdot d_x} = 0.003$$

Przyjęty stopień zbrojenia

$$\rho_0 := \sqrt{\frac{f_{ck}}{MPa}} \cdot 10^{-3} = 0.5\%$$

Porównawczy stopień zbrojenia

Sprawdzenie warunku

$$\rho_0 \geq \rho = 1$$

Korzystamy ze wzoru 7.16a

Graniczny stosunek rozpiętości do wysokości użytecznej

$$l_{do} d_{max} := \frac{500 \text{ MPa}}{f_{yk} \cdot A_{s.min.xx}} \cdot K \cdot \left(11 + 1.5 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{MPa}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3.2 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{MPa}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right) = 71.084$$

$$a_1 := \min\left(\frac{1}{2} \cdot h_b, \frac{1}{2} \cdot b_b\right) = 17.5 \text{ cm}$$

$$A_{s1.req.xx} = 5.566 \text{ cm}^2$$

$$a_2 := a_1 = 17.5 \text{ cm}$$

$$A_{s.min.xx.prov} = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$l_{pt.x} := 3.2 \text{ m}$$

Wymiary analizowanej płyty

$$l_{eff} := l_{pt.x} + a_1 + a_2 = 3.55 \text{ m}$$

Rzeczywisty stosunek rozpiętości do wysokości użytecznej

Sprawdzenie warunku

$$l_{do}d_{rzecz} := \frac{l_{eff}}{d_x} = 29.583$$

$$l_{do}d_{max} > l_{do}d_{rzecz} = 1$$

Wniosek: Ugięcie nie przekroczy ugięcia dopuszczalnego

2.5. Stan graniczny użyteczności na kierunku Y - UGIĘCIE

2.5.1. Prześło skrajne

$$K := 1.3$$

Współczynnik zależny od rodzaju konstrukcji - skrajne przeszło płyty ciągłej dwukierunkowo zbrojonej

$$A_{s.min.yy} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie wymagane

$$A_{s.min.yy.prov} = 3.14 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie zastosowane

$$\rho := \frac{A_{s.min.yy.prov}}{b_{pt} \cdot d_y} = 0.002$$

Przyjęty stopień zbrojenia

$$\rho_0 := \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot 10^{-3} = 0.5\%$$

Porównawczy stopień zbrojenia

Sprawdzenie warunku

$$\rho_0 \geq \rho = 1$$

Korzystamy ze wzoru 7.16a

Graniczny stosunek rozpiętości do wysokości użytecznej

$$l_{do}d_{max} := \frac{500 \text{ MPa}}{f_{yk} \cdot A_{s.min.yy}} \cdot K \cdot \left(11 + 1.5 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3.2 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right) = 69.451$$

$$a_1 := \min \left(\frac{1}{2} \cdot h_b, \frac{1}{2} \cdot b_b \right) = 17.5 \text{ cm}$$

$$a_2 := a_1 = 17.5 \text{ cm}$$

$$l_{pt.y} := 4.995 \text{ m}$$

Wymiary analizowanej płyty

$$l_{eff} := l_{pt.y} + a_1 + a_2 = 5.345 \text{ m}$$

Rzeczywisty stosunek rozpiętości do wysokości użytecznej

Sprawdzenie warunku

$$l_{do}d_{rzecz} := \frac{l_{eff}}{d_y} = 41.115$$

$$l_{do}d_{max} > l_{do}d_{rzecz} = 1$$

Wniosek: Ugięcie nie przekroczy ugięcia dopuszczalnego

2.5.2. Przęsło wewnętrzne

$$\bar{K} := 1.5$$

Współczynnik zależny od rodzaju konstrukcji
 - przęsło wewnętrzne płyty ciągłej
 dwukierunkowo zbrojonej

$$A_{s,min.yy} = 2.6 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie wymagane

$$A_{s,min.yy,prov} = 3.14 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie zastosowane

$$\rho := \frac{A_{s,min.yy,prov}}{b_{pt} \cdot d_y} = 0.002$$

Przyjęty stopień zbrojenia

$$\rho_0 := \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot 10^{-3} = 0.5\%$$

Porównawczy stopień zbrojenia

Sprawdzenie warunku

$$\rho_0 \geq \rho = 1$$

Korzystamy ze wzoru 7.16a

Graniczny stosunek rozpiętości do wysokościużytecznej

$$l_{do}d_{max} := \frac{500 \text{ MPa}}{f_{yk} \cdot A_{s,min.yy}} \cdot K \cdot \left(11 + 1.5 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3.2 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right) = 80.135$$

$$a_1 := \min\left(\frac{1}{2} \cdot h_b, \frac{1}{2} \cdot b_b\right) = 17.5 \text{ cm}$$

$$a_2 := a_1 = 17.5 \text{ cm}$$

$$l_{pt,y} := 5.995 \text{ m}$$

Wymiary analizowanej płyty

$$l_{eff} := l_{pt,y} + a_1 + a_2 = 6.345 \text{ m}$$

Rzeczywisty stosunek rozpiętości do
 wysokości użytecznej

Sprawdzenie warunku

$$l_{do}d_{rzecz} := \frac{l_{eff}}{d_x} = 52.875$$

$$l_{do}d_{max} > l_{do}d_{rzecz} = 1$$

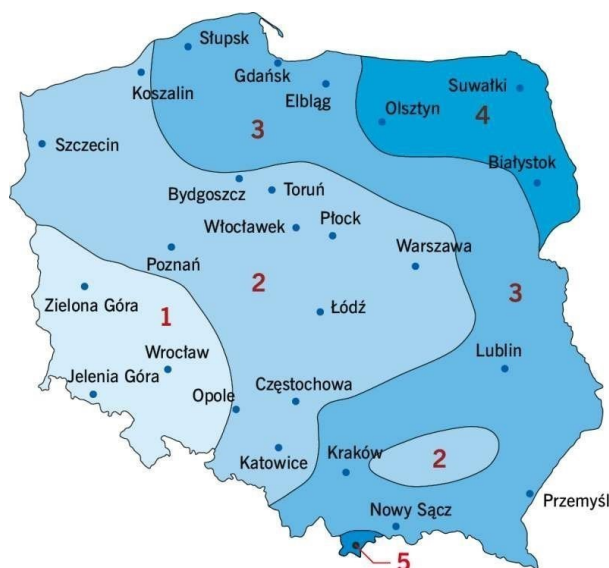
**Wniosek: Ugięcie nie przekroczy ugięcia
 dopuszczalnego**

Załącznik nr 3

1. Dane projektowe:

$a := 14.35 \text{ m}$	szerokość budynku
$b := 20.25 \text{ m}$	długość budynku
$h := 6.20 \text{ m}$	wysokość użyteczna
$\alpha := 2 \text{ deg}$	kąt nachylenia połaci dachowej

2. Obciążenie śniegiem



rys. 2.1 Podział Polski na strefy obciążenia śniegiem gruntu wg EC1

Lokalizacja: Kraków

Wysokość nad poziomem morza: 213 m

Strefa obciążenia śniegiem: 3

Obciążenie śniegiem dachu w sytuacji trwałej i przejściowej:

$$s_k := (0.006 \cdot 213 - 0.6) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.678 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu w Polsce}$$

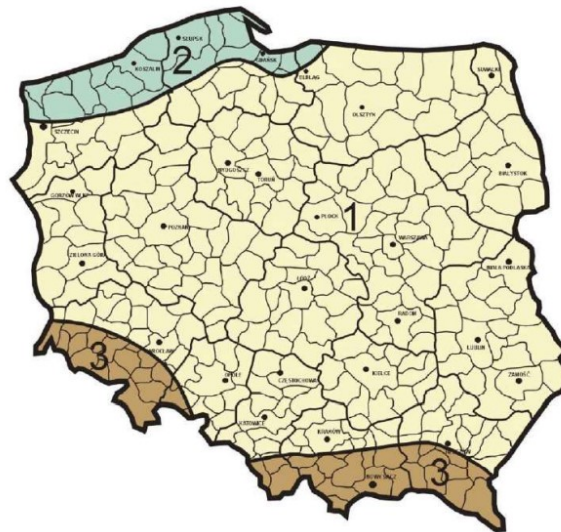
$$s_k \geq 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Wartość minimalna obciążenia śniegiem gruntu w Polsce w strefie 3}$$

$$\boxed{s_k} := 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Przyjęto wartość minimalną}$$

$$\boxed{\alpha} := 2^\circ \quad \text{Kąt spadku dachu}$$

$\mu_1 := 0.8$	Współczynnik kształtu dachu
$C_t := 1.0$	Współczynnik termiczny
$C_e := 1.0$	Współczynnik ekspozycji
$s := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.96 \frac{kN}{m^2}$	Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem

3. Obciążenie wiatrem PN-EN 1991-1-4



rys. 3.1 Podział Polski na strefy obciążenia wiatrem wg EC1

Strefa obciążenia wiatrem: 1

$q_{b,0} := 0.30 \frac{kN}{m^2}$	Ciśnienie prędkości wiatru
$C_{dir} := 1.0$	Współczynnik kierunkowy
$C_{season} := 1.0$	Współczynnik sezonowy
$v_{b,0} := 22 \frac{m}{s}$	Podstawowa prędkość wiatru i ciśnienia prędkości wiatru
$v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 22 \frac{m}{s}$	Podstawowa bazowa prędkość wiatru i ciśnienia prędkości wiatru w strefie
$\rho := 1.25 \cdot \frac{kg}{m^3}$	Gęstość powietrza
$z_0 := 1 \text{ m}$	Parametry dla kategorii terenu IV (Tereny, których przynajmniej 15% powierzchni jest pokryte budynkami o średniej wysokości przekraczającej 15m, tab. 4.1)
$z_{min} := 10 \text{ m}$	
$z_{max} := 200 \text{ m}$	

$$c_{0,z} := 1.0$$

Współczynnik rzeźby terenu

$$z := 6.20 \text{ m}$$

Wysokość kalenicy

$$z_{0.II} := 0.05 \text{ m}$$

Kategoria terenu II

$$k_r := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0.II}} \right)^{0.07} = 0.23$$

Współczynnik terenu zależy od wysokości chropowatości

$$c_{r,z} := k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0.428$$

Współczynnik chropowatości

$$v_{m,z} := c_{r,z} \cdot c_{0,z} \cdot v_b = 9.406 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Średnia prędkość wiatru

3.1. Dane do obliczeń

$$\bar{h} := 6.20 \text{ m}$$

Wysokość budynku

$$b_1 := 20.25 \text{ m}$$

Szerokość dłuższego boku

$$b_2 := 14.35 \text{ m}$$

Szerokość krótszego boku

$$h < b_1 = 1$$

Warunek spełniony

$$z_e := 6.20 \text{ m}$$

Wysokość odniesienia

$$c_e := 1.5 \cdot \left(\frac{z_e}{10 \text{ m}} \right)^{0.29} = 1.31$$

Współczynnik ekspozycji dla kategorii IV terenu

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Gęstość powietrza

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,0}^2 = 302.5 \text{ Pa}$$

Wartość bazowa ciśnienia prędkości

$$q_{p,z} := c_e \cdot q_{b,0} = 391.747 \text{ Pa}$$

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości

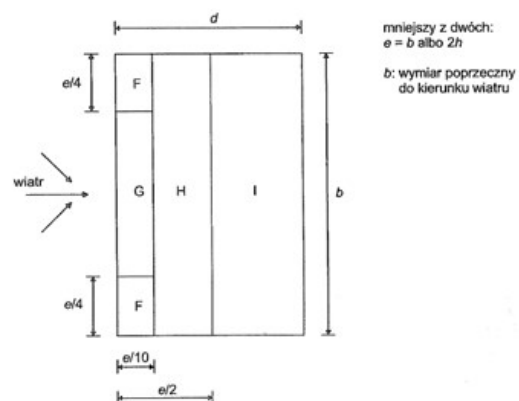
3.2 Wiatr prostopadły do dłuższego boku:

$$e := \min(b_1, 2 \cdot h) = 12.4 \text{ m}$$

$$\frac{e}{4} = 3.1 \text{ m}$$

$$\frac{e}{2} = 6.2 \text{ m}$$

$$\frac{e}{10} = 1.24 \text{ m}$$



rys. 3.2 Oznaczenia dachów płaskich wg EC1-1-4

Dla kąta $\alpha := 4 \text{ deg}$ otrzymano wartości $C_{pe.10}$

Przypadek 1:

$$C_{pe.10} := \begin{bmatrix} -1.8 \\ -1.2 \\ -0.7 \\ 0.2 \end{bmatrix}$$

Przypadek 2:

$$C_{pe.10} := \begin{bmatrix} -1.8 \\ -1.2 \\ -0.7 \\ -0.2 \end{bmatrix}$$

Najniekorzystniejszy przypadek dla ssania wiatru - przypadek 2:

- Podział na strefy:

- | | | | |
|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| a) dla strefy F | $C_{pe.10F} := -1.8$ | c) dla strefy H | $C_{pe.10H} := -0.7$ |
| b) dla strefy G | $C_{pe.10G} := -1.2$ | d) dla strefy I | $C_{pe.10I} := -0.2$ |

3.3. Ciśnienie działające na powierzchnie zewnętrzne:

$$w_{e.F} := q_{p.z} \cdot C_{pe.10F} = -0.705 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.G} := q_{p.z} \cdot C_{pe.10G} = -0.47 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.H} := q_{p.z} \cdot C_{pe.10H} = -0.274 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.I} := q_{p.z} \cdot C_{pe.10I} = -0.078 \frac{kN}{m^2}$$

3.4. Najniekorzystniejszy przypadek dla parcia wiatru - przypadek 1:

- Podział na strefy:

- | | |
|-----------------|----------------------|
| a) dla strefy F | $C_{pe.10F} := -1.8$ |
| b) dla strefy G | $C_{pe.10G} := -1.2$ |
| c) dla strefy H | $C_{pe.10H} := -0.7$ |
| d) dla strefy I | $C_{pe.10I} := 0.2$ |

3.5. Ciśnienie działające na powierzchnie zewnętrzne:

$$w_{e.F} := q_{p.z} \cdot C_{pe.10F} = -0.705 \frac{kN}{m^2}$$

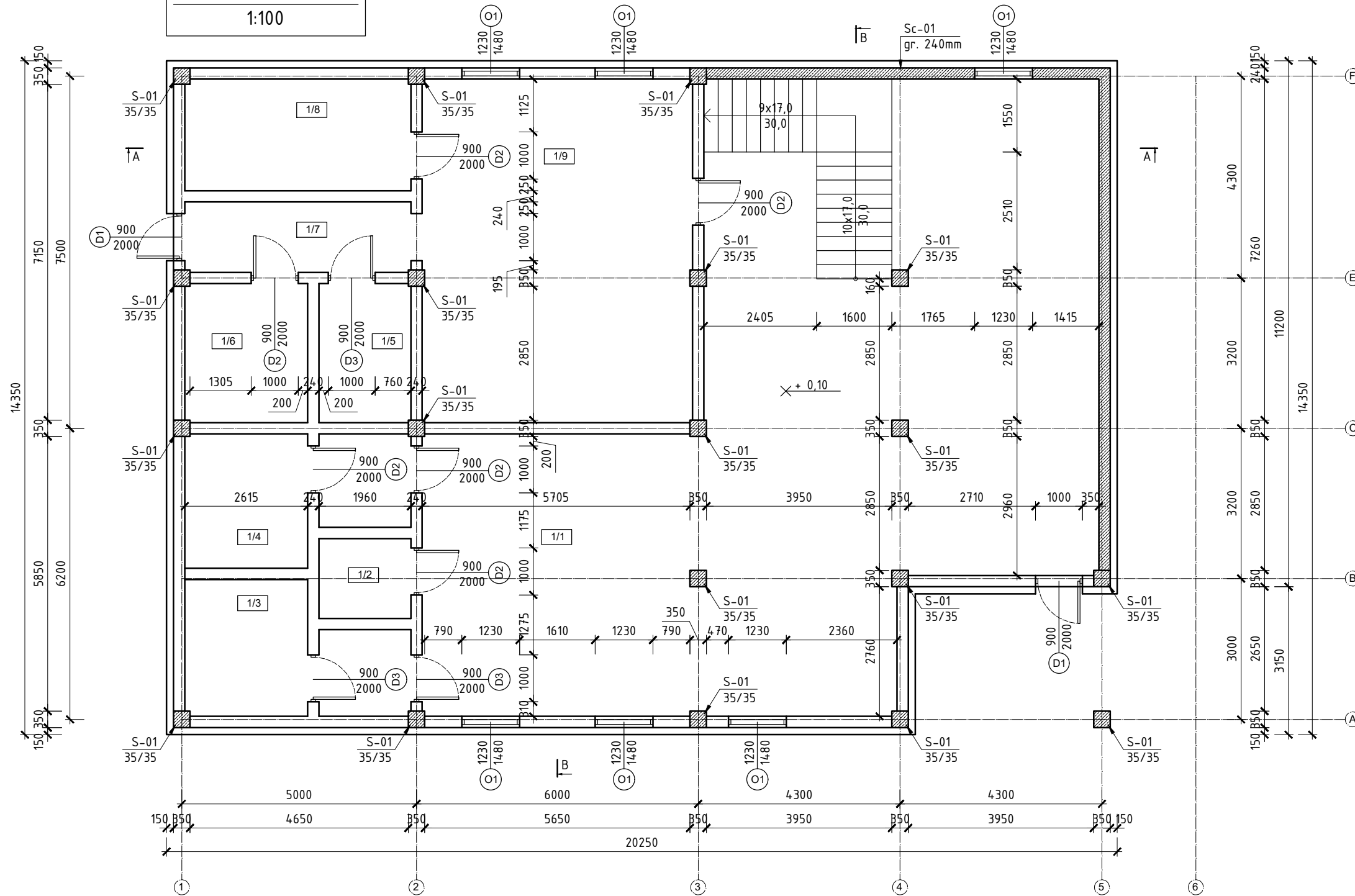
$$w_{e.H} := q_{p.z} \cdot C_{pe.10H} = -0.274 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.G} := q_{p.z} \cdot C_{pe.10G} = -0.47 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.I} := q_{p.z} \cdot C_{pe.10I} = 0.078 \frac{kN}{m^2}$$

RZUT PARTERU

1:100



Pole powierzchni pomieszczeń

Parter			
Numer	Funkcja	Powierzchnia [m ²]	Temperatura [°C]
1/1	Sala konsumpcyjna	137,54	20
1/2	Toaleta dla niepełnosprawnych	3,33	16
1/3	Toaleta	11,46	16
1/4	Toaleta	11,61	16
1/5	Social	5,80	20
1/6	Toaleta dla pracowników	7,73	16
1/7	Korytarz	7,22	20
1/8	Magazyn	11,42	16
1/9	Kuchnia	42,10	16
Piętro			
2/1	Sala konsumpcyjna	222,01	20

UWAGI:

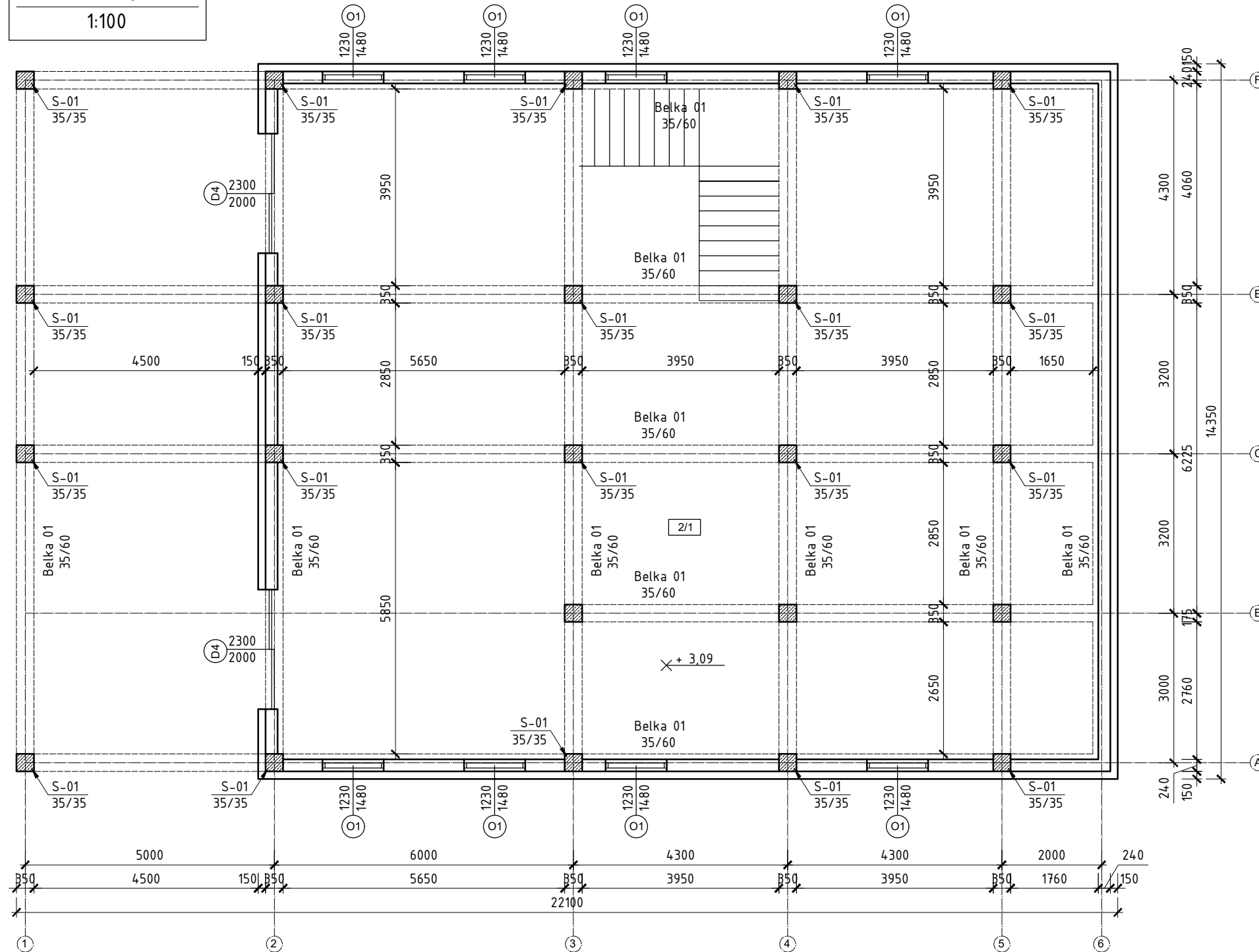
- wymiary na rysunku podano w mm
- rysunek rozpatrywać jako całość z częścią opisową i pozostałymi rysunkami przedstawionego budynku

PRACA INŻYNIERSKA

POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
KATEDRA BUDOWNICTWA OGÓLNEGO I FIZYKI BUDOWLI

KREŚLIŁ:	Patrycja Szostek	GP6	Podpis:	Data oddania: 26.01.2024	Uwagi:
SPRAWDZIŁ:	dr inż. Paweł Gatek				
TEMAT: Rzut parteru			Skala: 1:100	Nr rysunku: RA-01	

RZUT PIĘTRA
1:100



Pole powierzchni pomieszczeń			
Parter			
Numer	Funkcja	Powierzchnia [m ²]	Temperatura [°C]
1/1	Sala konsumpcyjna	137,54	20
1/2	Toaleta dla niepełnosprawnych	3,33	16
1/3	Toaleta	11,46	16
1/4	Toaleta	11,61	16
1/5	Social	5,80	20
1/6	Toaleta dla pracowników	7,73	16
1/7	Korytarz	7,22	20
1/8	Magazyn	11,42	16
1/9	Kuchnia	42,10	16
Piętro			
2/1	Sala konsumpcyjna	222,01	20

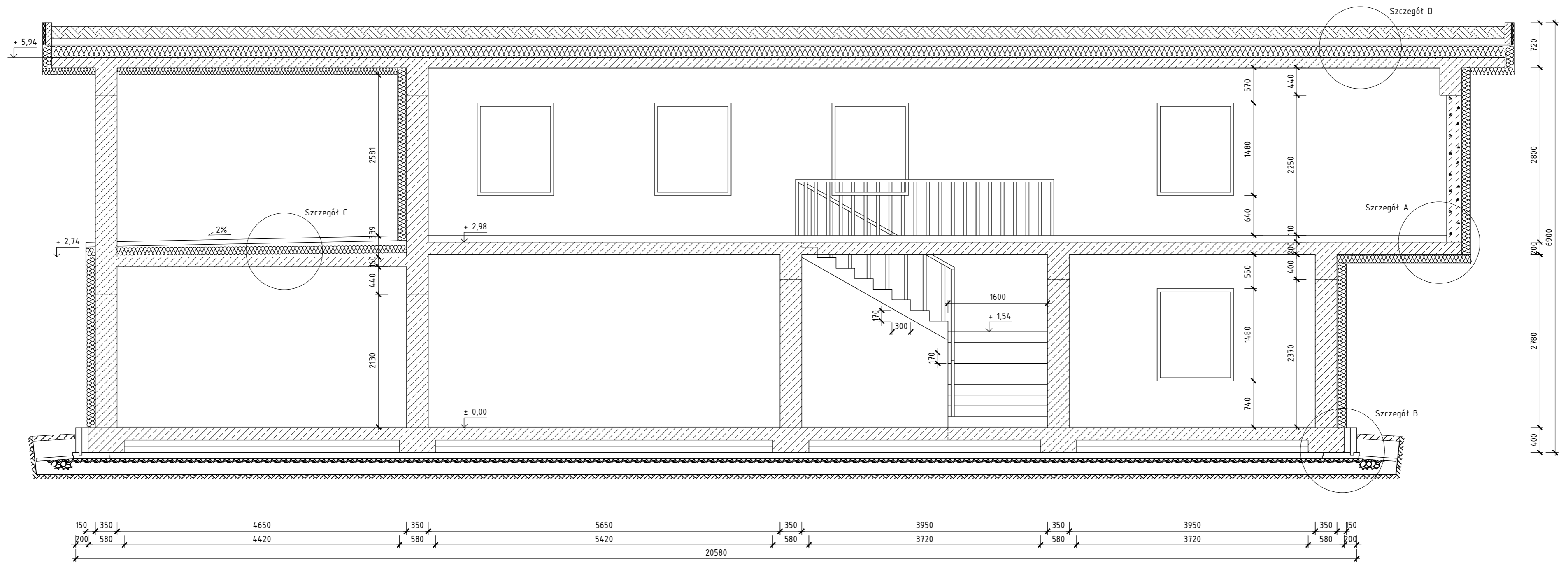
UWAGI:
 - wymiary na rysunku podano w mm
 - rysunek rozpatrywać jako całość z częścią opisową i pozostałymi rysunkami przedstawionego budynku

PRACA INŻYNIERSKA

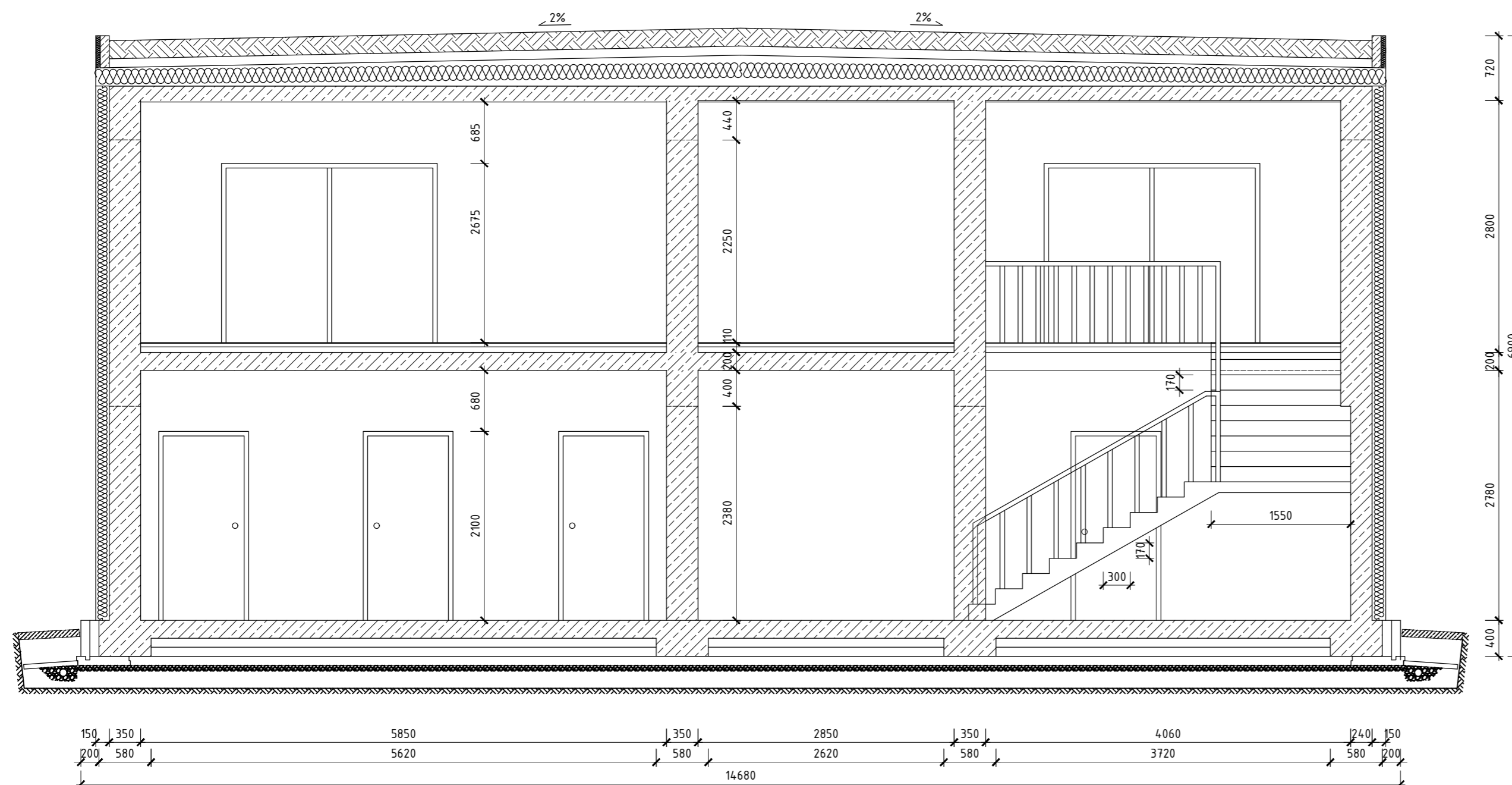
POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
KATEDRA BUDOWNICTWA OGÓLNEGO I FIZYKI BUDOWLI

KREŚLIŁ:	Patrycja Szostek	GP6	Podpis:	Data oddania: 26.01.2024	Uwagi:
SPRAWDZIŁ:	dr inż. Paweł Gatek				
TEMAT: Rzut piętra				Skala: 1:100	Nr rysunku: RA-02

PRZEKRÓJ A-A
1:50



PRZEKRÓJ B-B
1:50

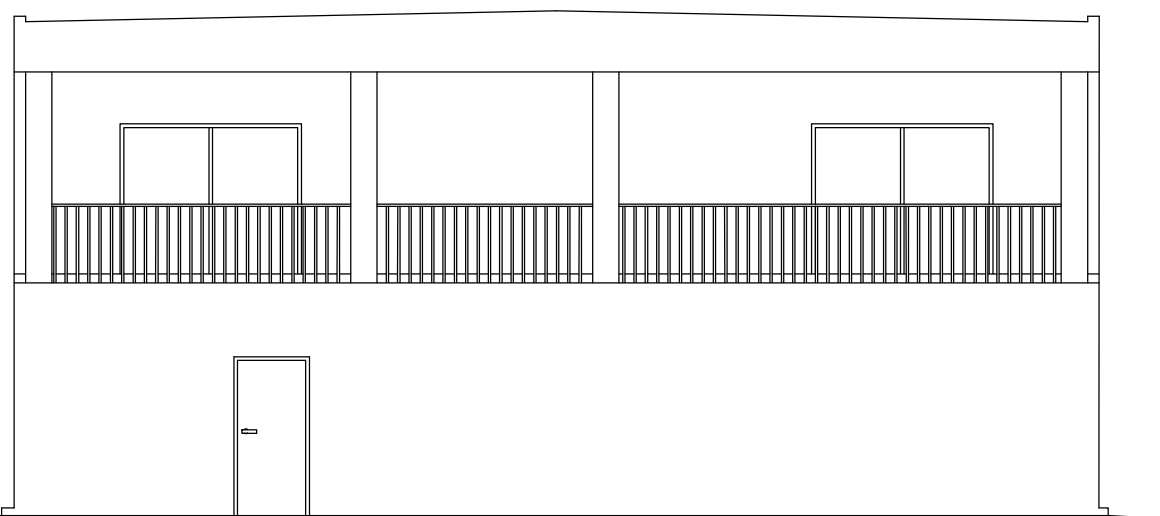


UWAGI:
 - wymiary na rysunku podano w mm
 - rysunek rozpatrywać jako całość z częścią opisową i pozostałymi rysunkami przedstawionego budynku
 - szczegóły znajdują się na rysunku RW-01

PRACA INŻYNIERSKA				
POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ KATEDRA BUDOWNICTWA OGÓLNEGO I FIZYKI BUDOWLI				
KREŚLIŁ:	Patrycja Szostek	GP6	Podpis:	Uwagi:
SPRAWDZIŁ:	dr inż. Paweł Gałek		Data oddania:	26.01.2024
TEMAT: Przekroje budynku "A-A" oraz "B-B"			Skala:	Nr rysunku:
			1:50	RA-04

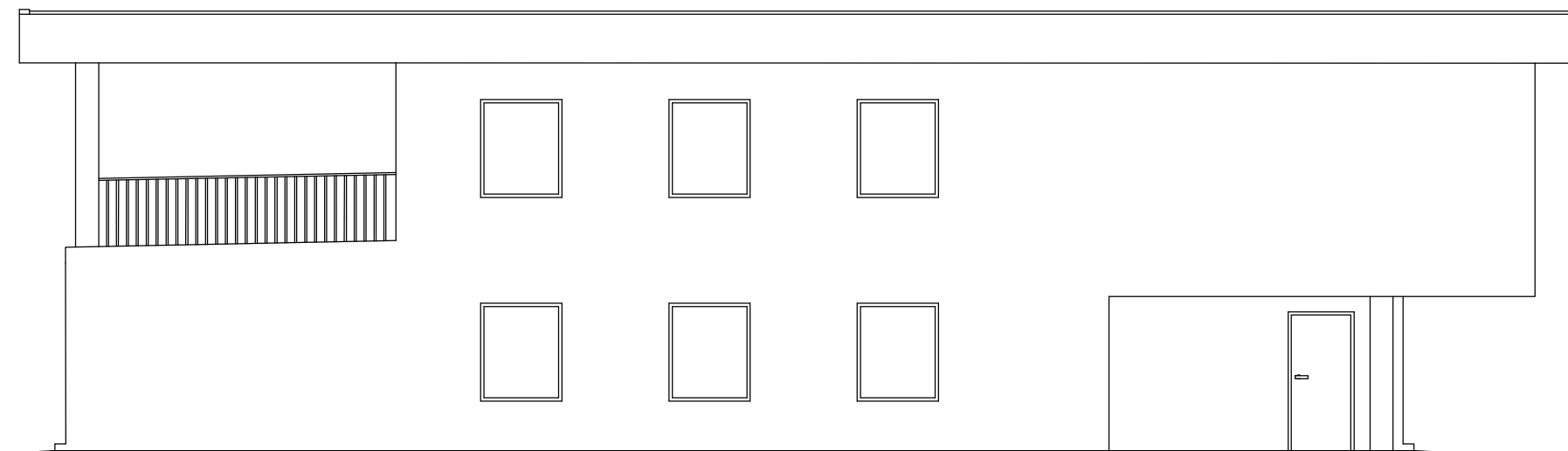
ELEWACJA POŁUDNIOWA

1:100



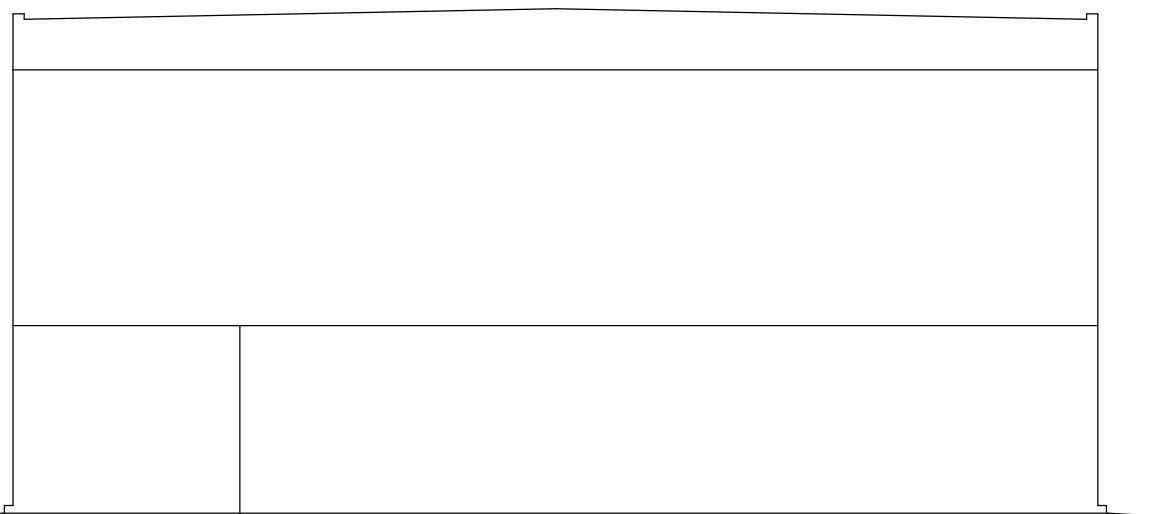
ELEWACJA WSCHODNIA

1:100



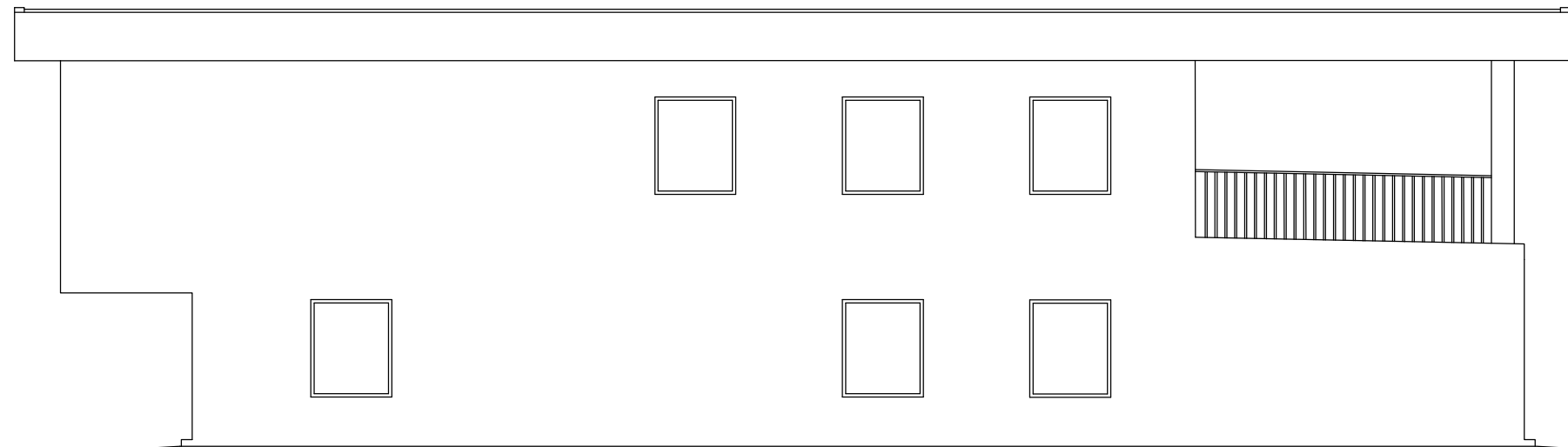
ELEWACJA PÓŁNOCNA

1:100



ELEWACJA ZACHODNIA

1:100



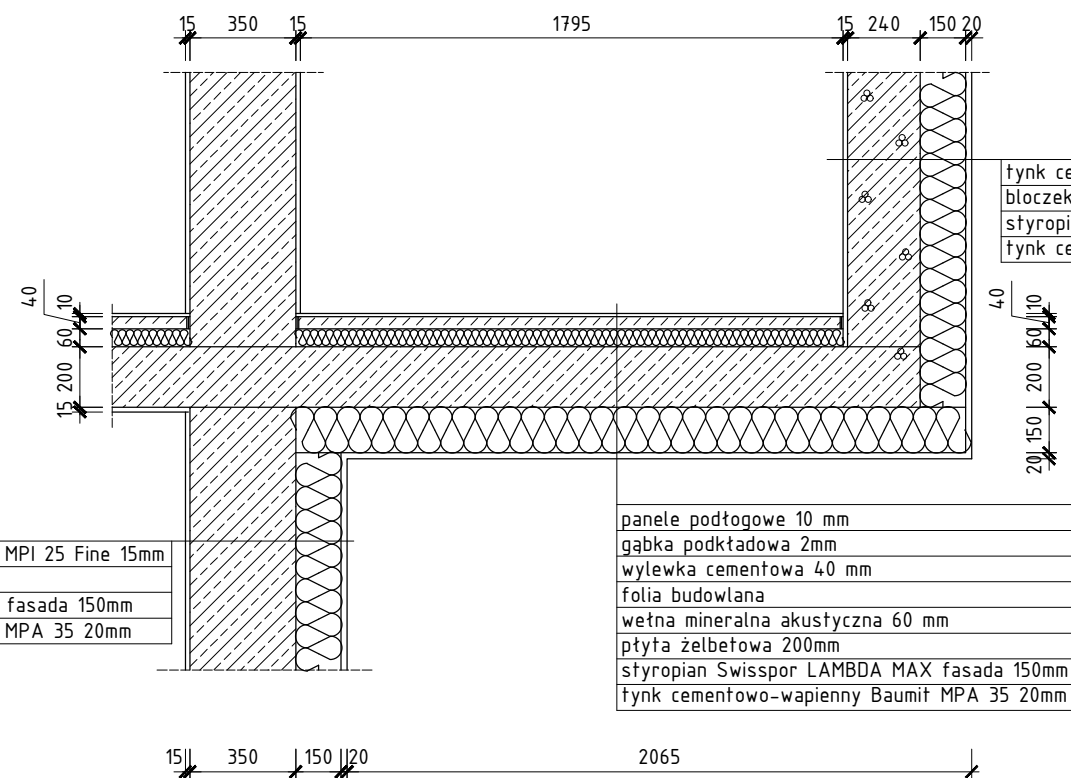
PRACA INŻYNIERSKA

POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
KATEDRA BUDOWNICTWA OGÓLNEGO I FIZYKI BUDOWLI

KREŚLIŁ:	Patrycja Szostek	GP6	Podpis:	Data oddania: 26.01.2024	Uwagi:
SPRAWDZIŁ:	dr inż. Paweł Gatek				
TEMAT: Elewacje budynku			Skala: 1:100	Nr rysunku: RA-05	

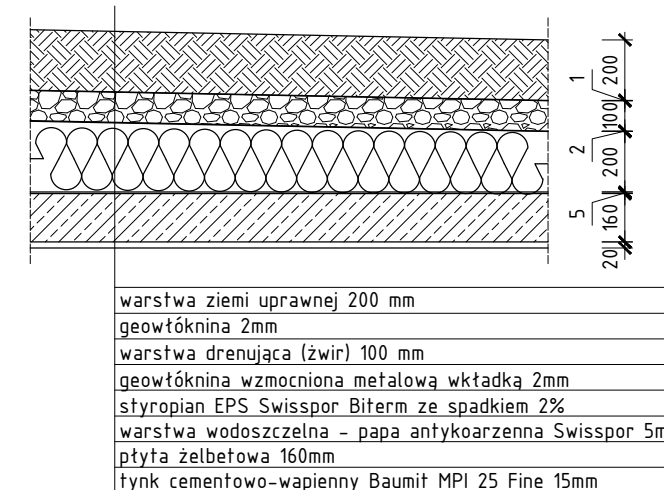
CZĘŚĆ NADWIESZENIA, DETAL "A"

Skala 1:25



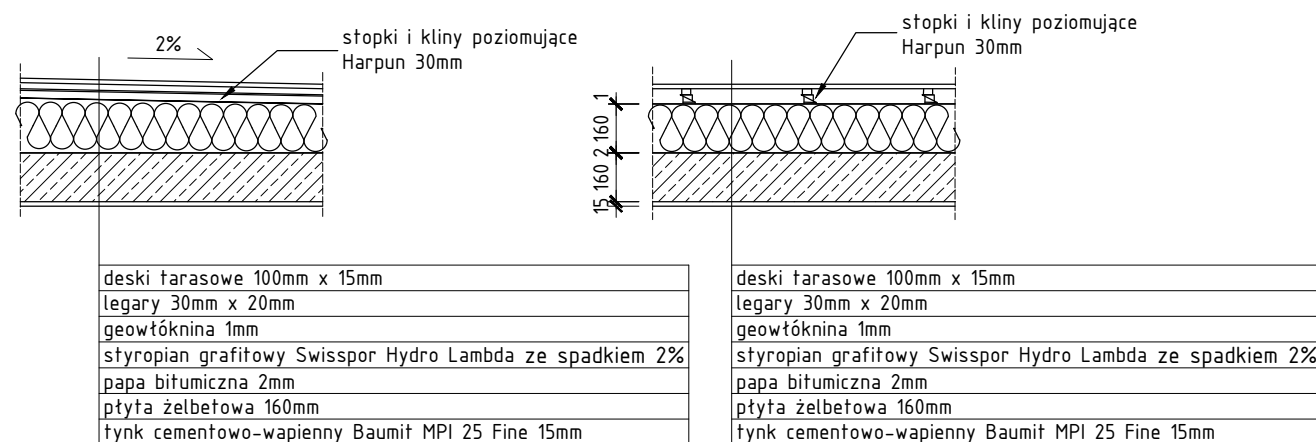
PPRZEKRÓJ PODŁUŻNY PRZEZ STROPODACH, DETAL "D"

Skala 1:25



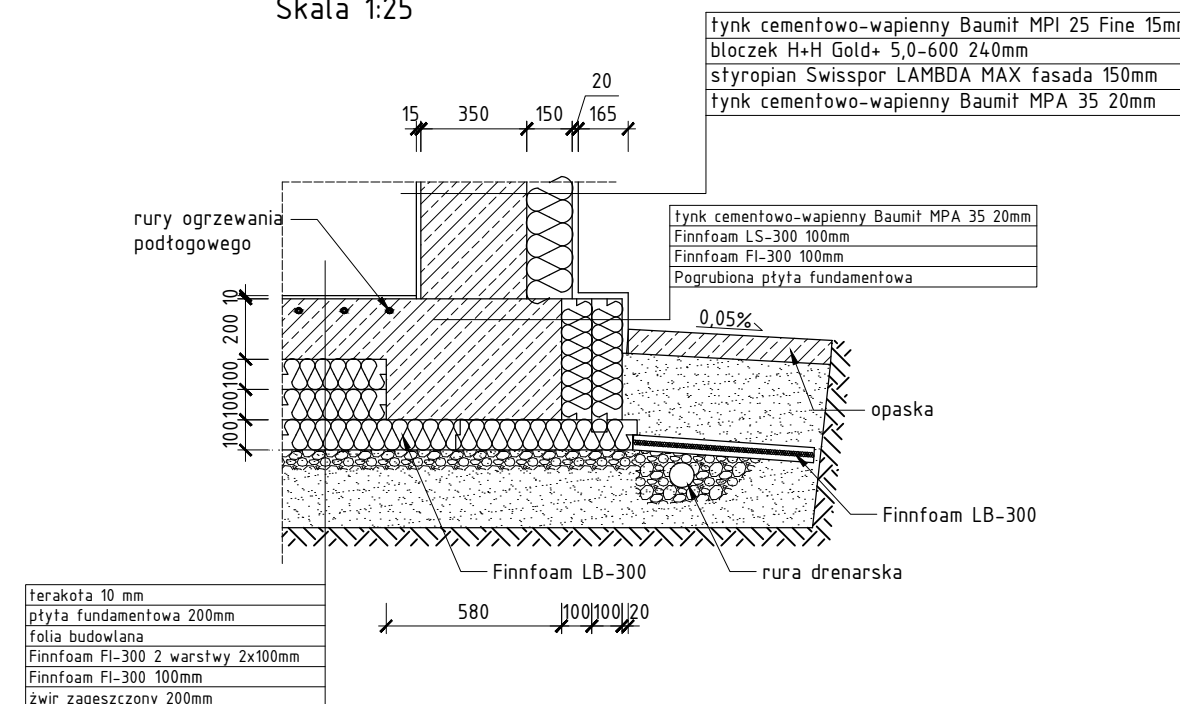
PPRZEKRÓJ POPRZECZNY I PODŁUŻNY PRZEZ TARAS ODWRÓCONY, DETAL "C"

Skala 1:25



CZĘŚĆ NAROŻNA FUNDAMENTÓW, DETAL "B"

Skala 1:25

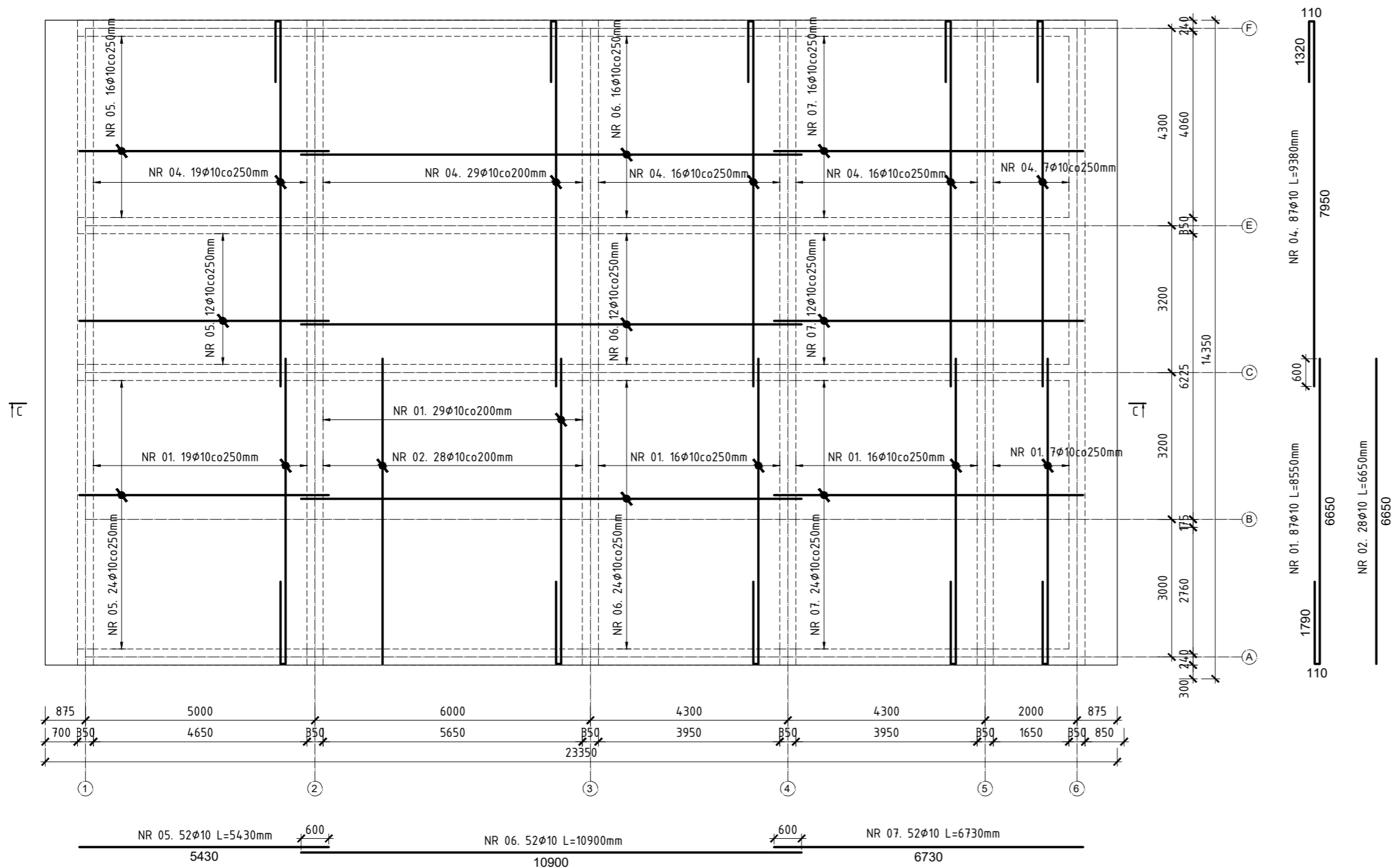


PRACA INŻYNIERSKA

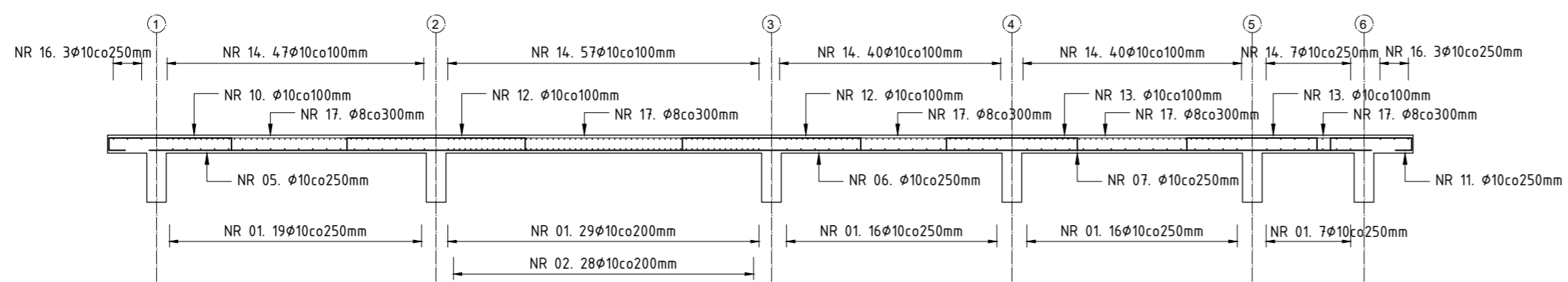
POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII ŁĄDOWEJ
KATEDRA BUDOWNICTWA OGÓLNEGO I FIZYKI BUDOWLI

KREŚLIŁ:	Patrycja Szostek	GP6	Podpis:	Data oddania: 26.01.2024	Uwagi:
SPRAWDZIŁ:	dr inż. Paweł Gatek				
TEMAT: Szczegóły rozwiązań projektowych				Skala: 1:25	Nr rysunku: RW-01

UWAGI:
- wymiary na rysunku podano w mm
- rysunek rozpatrywać jako całość z częścią opisową i pozostałymi rysunkami przedstawionego budynku



PRZEKRÓJ C-C
1:100, 1:50



ZESTAWIENIE ZBROJENIA					
NUMER PRĘTA	ŚREDNICA [mm]	DŁUGOŚĆ [mm]	LICZBA W 1 EL. [szt.]	DŁUGOŚĆ 1 EL. [m]	
				Ø8	Ø10
1	10	8550	87	-	743.85
2	10	6650	28	-	186.20
4	10	9380	87	-	816.06
5	10	5430	52	-	282.36
6	10	10900	52	-	566.80
7	10	6730	52	-	349.96
9	10	4820	32	-	154.24
10	10	2990	96	-	287.04
11	10	2250	25	-	56.25
12	10	3410	222	-	757.02
13	10	2560	146	-	373.76
14	10	2760	191	-	527.16
15	10	2290	143	-	327.47
16	10	7700	12	-	92.40
PRĘTY ROZDZIELCZE [mb-długość ustalić na budowie]					
17	8	760	1	760.00	-
DŁUGOŚĆ CAŁKOWITA WG ŚREDNIC				760.00	5428.17
MASA 1mb PRĘTA [kg]				0.395	0.617
MASA CAŁKOWITA WG ŚREDNIC [kg]				300.20	3349.18
MASA CAŁKOWITA [kg]				3649.38	

UWAGI:

- wymiary na rysunku podano w mm
- rysunek rozpatrywać jako całość z częścią opisową i pozostałymi rysunkami przedstawionego budynku
- pręty górne na kierunku X należy łączyć z prętami górnymi na kierunku Y, a jeśli to niemożliwe zastosować pręty rozdzielcze Ø8co300mm
- wszystkie wymiary zweryfikować na budowie przed przystąpieniem do prac
- wszystkie pręty zmiarowano osiowo
- rysunki RZ-01 i RZ-02 stanowią całość, należy zatem czytać je równocześnie podczas wykonywania robót

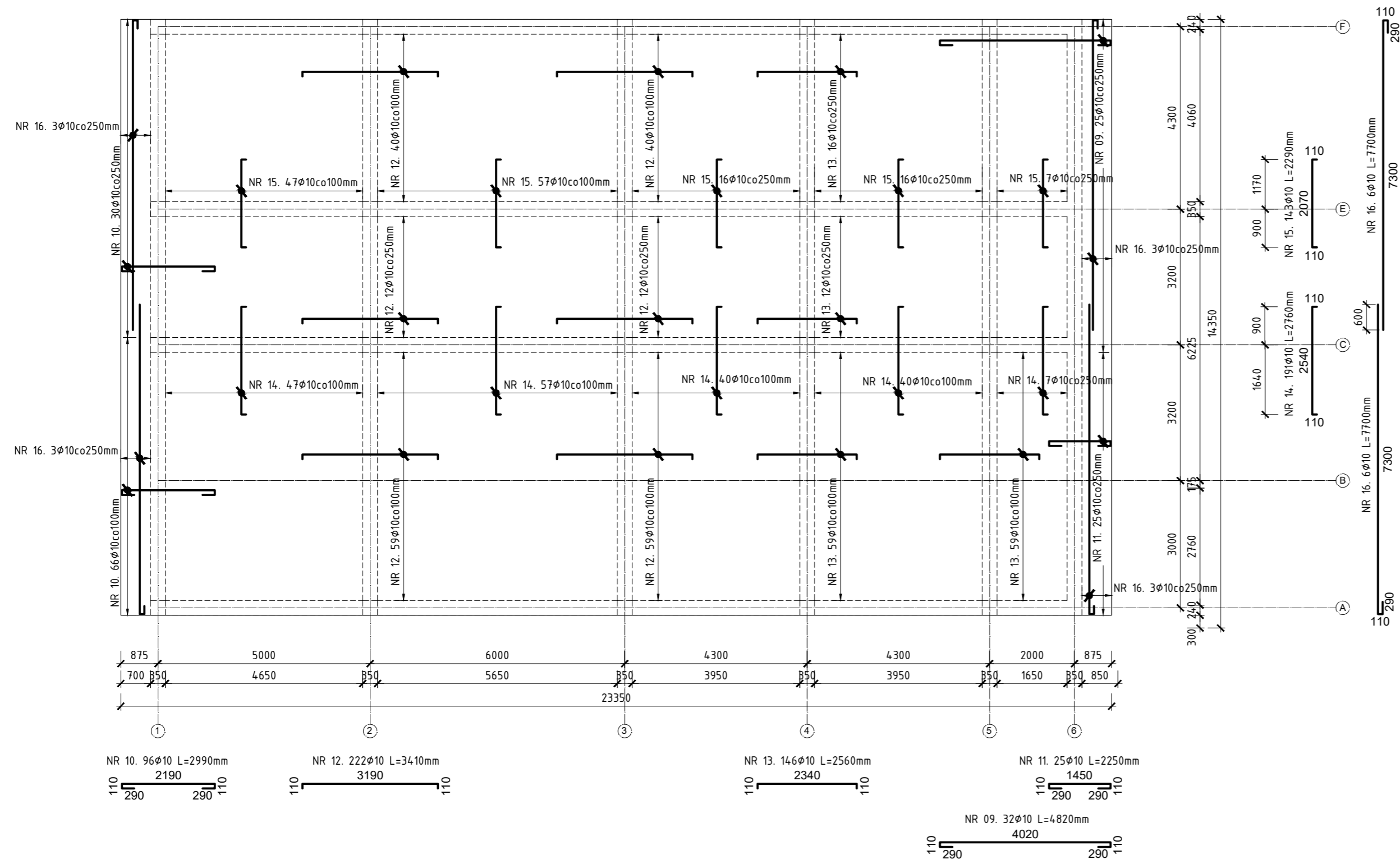
MATERIAŁY:

BETON C25/30
 STAL: fyk=500MPa, kl. ciągliwości C
 Otulina płyty 25mm
 Zakład prętów 600mm
 Zakotwienie prętów 400mm
 Klasa ekspozycji XC3

PRACA INŻYNIERSKA

POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
 KATEDRA BUDOWNICTWA OGÓLNEGO I FIZYKI BUDOWLI

KREŚLIŁ:	Patrycja Szostek	GP6	Podpis:	Data oddania: 26.01.2024	Uwagi:
SPRAWDZIŁ:	dr inż. Paweł Gałek				
TEMAT: Zbrojenie dolne płyty stropodachu, przekrój poprzeczny	Skala: 1:100 1:50	Nr rysunku: RZ-01			



ZESTAWIENIE ZBROJENIA					
NUMER PRĘTA	ŚREDNICA [mm]	DŁUGOŚĆ [mm]	LICZBA W 1 EL. [szt.]	DŁUGOŚĆ 1 EL. [m]	
				Ø8	Ø10
1	10	8550	87	-	743.85
2	10	6650	28	-	186.20
4	10	9380	87	-	816.06
5	10	5430	52	-	282.36
6	10	10900	52	-	566.80
7	10	6730	52	-	349.96
9	10	4820	32	-	154.24
10	10	2990	96	-	287.04
11	10	2250	25	-	56.25
12	10	3410	222	-	757.02
13	10	2560	146	-	373.76
14	10	2760	191	-	527.16
15	10	2290	143	-	327.47
16	10	7700	12	-	92.40
PRĘTY ROZDZIELCZE [mb-długość ustalić na budowie]					
17	8	760	1	760.00	-
DŁUGOŚĆ CAŁKOWITA WG ŚREDNIC				760.00	5428.17
MASA 1mb PRĘTA [kg]				0.395	0.617
MASA CAŁKOWITA WG ŚREDNIC [kg]				300.20	3349.18
MASA CAŁKOWITA [kg]				3649.38	

UWAGI:

- wymiary na rysunku podano w mm
- rysunek rozpatrywać jako całość z częścią opisową i pozostałymi rysunkami przedstawionego budynku
- pręty górne na kierunku X należy łączyć z prętami górnymi na kierunku Y, a jeśli to niemożliwe zastosować pręty rozdzielcze Ø8co300mm
- wszystkie wymiary zweryfikować na budowie przed przystąpieniem do prac
- wszystkie pręty wymiarowano osiowo
- rysunki RZ-01 i RZ-02 stanowią całość, należy zatem czytać je równocześnie podczas wykonywania robót

MATERIAŁY:

BETON C25/30
 STAL: fyk=500MPa, kl. ciagliwości C
 Otulina płyty 25mm
 Zakład prętów 600mm
 Zakotwienie prętów 400mm
 Klasa ekspozycji XC3

PRACA INŻYNIERSKA

POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
 KATEDRA BUDOWNICTWA OGÓLNEGO I FIZYKI BUDOWLI

KREŚLIŁ:	Patrycja Szostek	GP6	Podpis:	Data oddania: 26.01.2024	Uwagi:	
SPRAWDZIŁ:	dr inż. Paweł Gałek					
TEMAT: Zbrojenie górne płyty stropodachu					Skala: 1:100	Nr rysunku: RZ-02