

ADB Sp. z o.o.
Ul. Pogodna 7/59, 15-354 Białystok
Nazwa i adres Podmiotu

Białystok, 30.11.2023
Miejscowość i data

Sprawozdanie z wykonanych w okresie od 01.04.2023 do 30.11.2023
prac B+R prowadzonych w ramach projektu nr WND-RPP. 01.02.01-20-0180/19
pt. „Wzrost konkurencyjności firmy ADB Sp. z o.o. poprzez prowadzenie
prac badawczo-rozwojowych nad optymalizacją modułowych konstrukcji szkieletowych i
budowli modułowych”

W wymienionym okresie prace badawcze miały charakter prac rozwojowych związanych z prototypowaniem budowli z wykorzystaniem zoptymalizowanego rozwiązania konstrukcji szkieletowej, opartej na modułowych belkach drewnianych. Celem prowadzonych prac była weryfikacja w warunkach rzeczywistych wykonalności wypracowanych rozwiązań i założeń. Wykonano budowlę o charakterze demonstracyjnym, pokazowym.

Obiekt wykonany został w konstrukcji modułowej, zastosowano 3 moduły o łącznej pow. 30m². Zadaszenie modułów wykonano w konstrukcji skośnej o nachylenie 45 st. Stolarkę otworową wykonano w ścianach szczytowych. Konstrukcję modułową oparto o ramy wykonanie z opracowanych belek modułowych własnej konstrukcji. Na bazie ram utworzono zabudowę kubaturową – przestrzenną kontenerową. Utworzoną konstrukcję wypełniono prefabrykowanymi elementami stanowiącymi elementy nośne podłogi, ścian, dachu.

Zastosowano konstrukcje przegród o grubości 220mm zbudowaną ze szkieletu drewnianego oraz ocieplenia wełną mineralną, zabudowaną płytą osb.

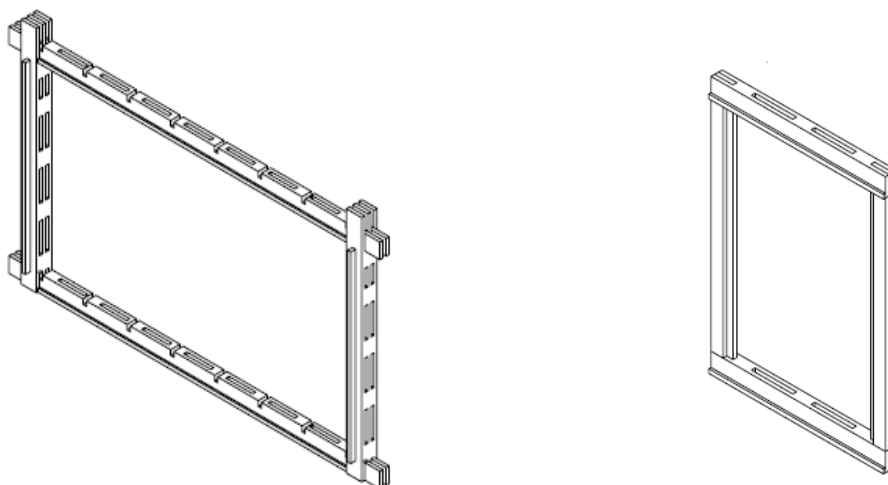
Obiekt wykonano z uwzględnieniem zdolności autonomicznej obsługi związanej z zasobami energetycznymi. Zastosowano zasilanie elektryczne z paneli fotowoltaicznych w hybrydzie z magazynem energii i agregatem prądotwórczym oraz ogrzewanie z wykorzystaniem automatycznego pieca na pelet.

Opisana konstrukcja budowli została wykonana w charakterze budowli całorocznej, autonomicznej – tym samym posiada zdolność do funkcjonowania niezależnie od zewnętrznej infrastruktury, to jest bez dostarczania energii elektrycznej z zewnątrz.

Realizację wymienionego zakresu prac rozwojowych wykonanego w okresie sprawozdawczym dokumentują załączone graficzne przykłady konstrukcji i dokumentacja fotograficzna.

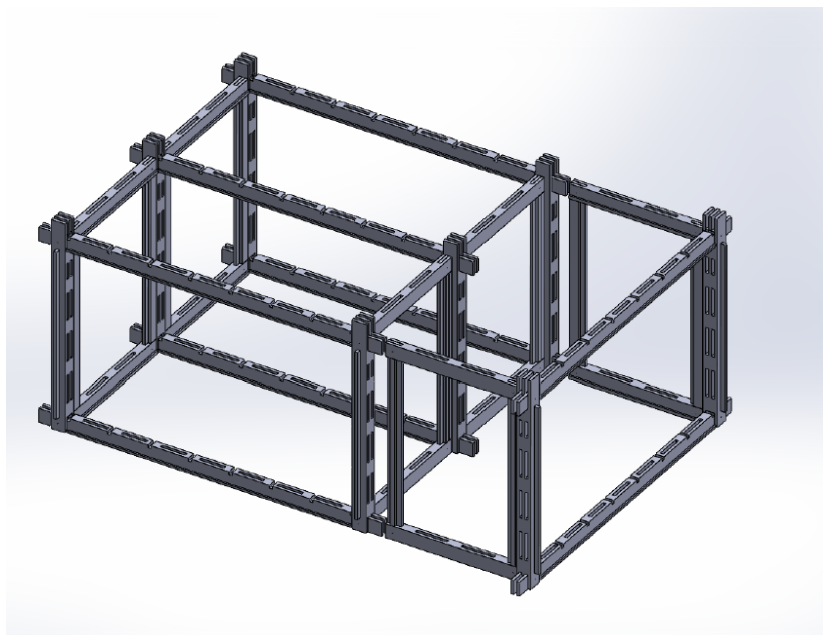
Wybór parametrów budowli

Na podstawie opracowanych w drodze prowadzonych badań przemysłowych rozwiązań przygotowano konstrukcje ram wykonanych z opracowanych belek modułowych własnej konstrukcji. Wykonane zostały elementy, które stanowiły żebra nośne, z których tworzą konstrukcje kontenerowe. Do ich wykonania wykorzystywane były ramy wzdłużne (główne) i poprzeczne (boczne) wg schematu poniżej.



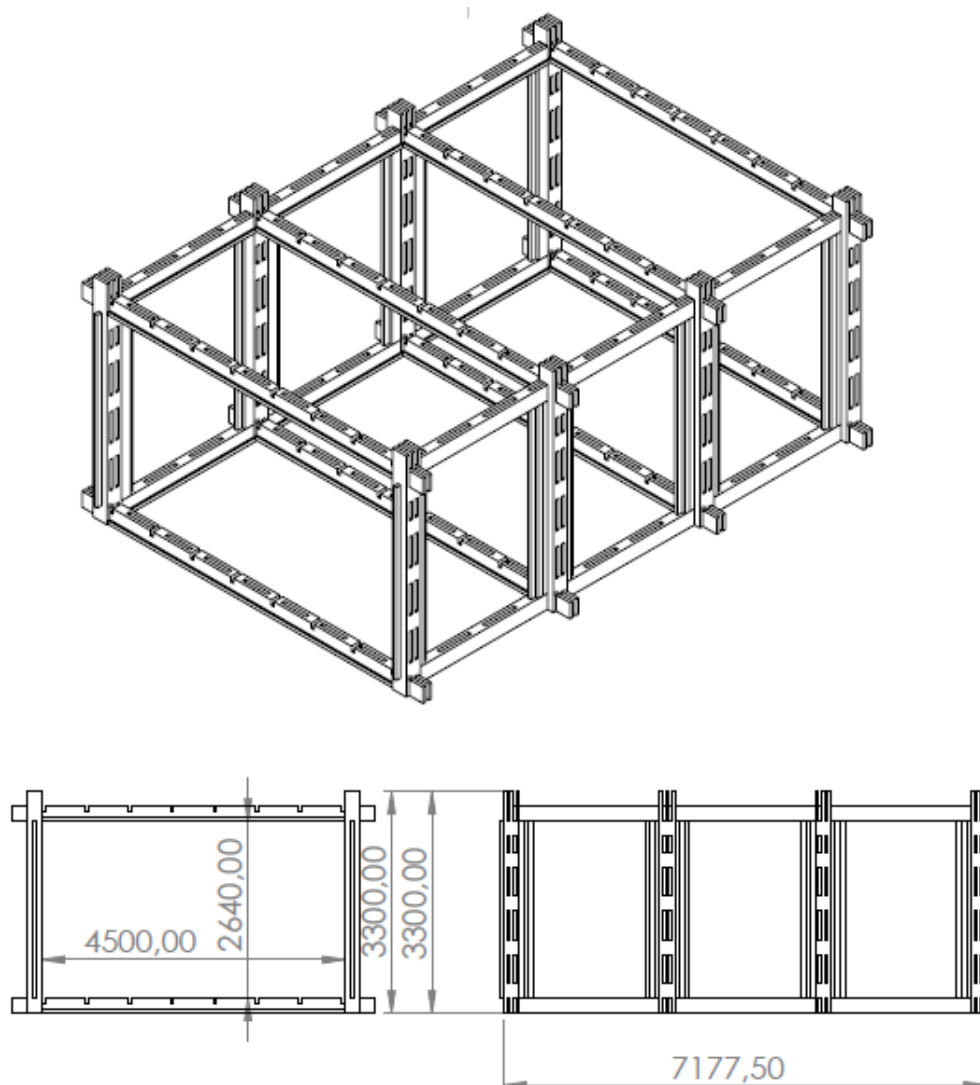
Schemat konstrukcji ramy wzdłużnej (głównej) oraz ramy nośnej (bocznej)

Wykonane ramy pozwalały na konstruowanie przestrzennej zabudowy kontenerowej według dowolnej aranżacji. Moduły konstrukcji kontenerowych pozwalają ich wielokrotne multiplikowanie zarówno w układzie wzdłużnym jak i poprzecznym, zgodnie z poniższym schematem.



Schemat konfiguracji konstrukcji dwóch segmentów w układzie wzdłużnym i jednego w poprzecznym

Na potrzeby rozwiązania prototypowego zdecydowano się na wykonanie budowli złożonej z 3 modułów kontenerowych w układzie wzdłużnym. Pozwoliło to na wykonanie obiektu o powierzchni łącznej 30m² (3 modułu kontenerowe o pow. 10m² każdy). Przedstawia to dokumentacja wykonania konstrukcji szkieletowej budynku opartej na 3 modułach kontenerowych.



Schemat wybranej konfiguracji konstrukcji trzech segmentów w układzie wzdłużnym

Wybór podpór do posadowienie budowli

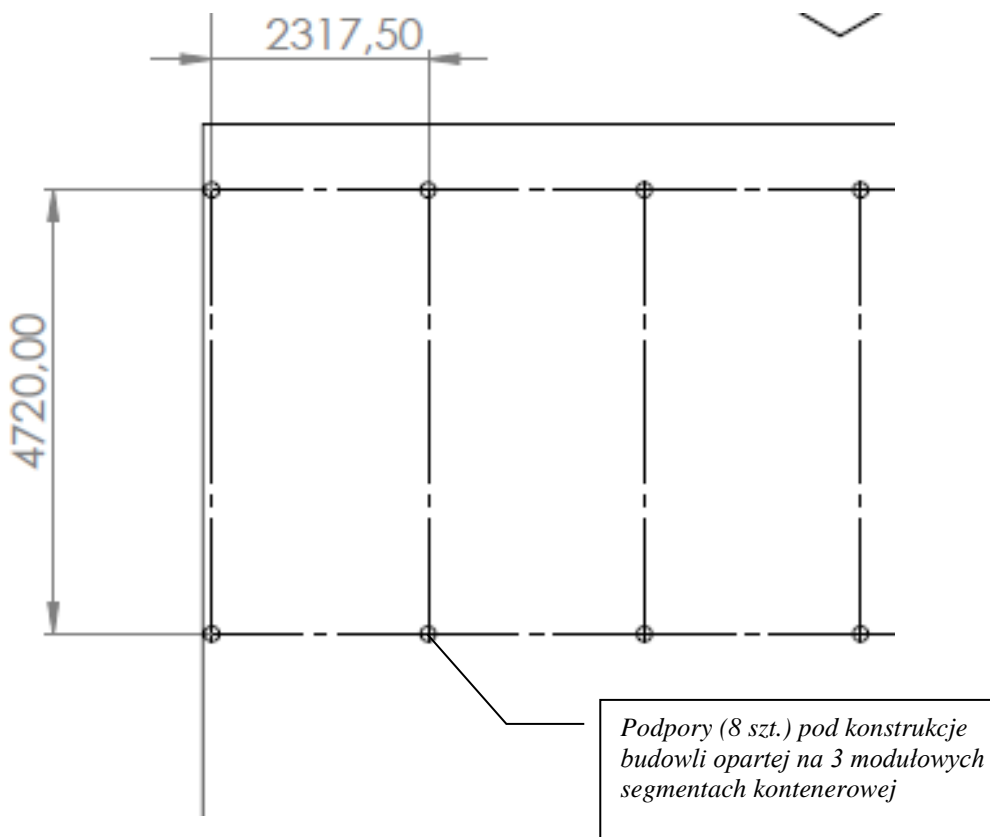
Prototypowana budowla ma układ konstrukcji kontenerowej opartej na drewnianej modułowych belkach tworzących ramy konstrukcji. W efekcie tworzą konstrukcje kontenerową, nośną, której posadowienie nie wymaga odrębnego fundamentowania. Sztywność konstrukcji pozwala na jej posadowienie na podporach stałych typu słupy, kotwy. Mogą one być wykonane jako zagłębione słupy fundamentowe, kotwy wkręcane w glebie lub podpory z bloczków fundamentowych. W prototypowej konstrukcji zastosowano rozwiązanie z bloczków fundamentowych, jako element demonstracyjny wykazujący zdolność wykonania (posadowienia) konstrukcji bez konieczności jej wiązania z gruntem.

Jednoczenie jako wariant rekomendowany w rozwiązaniach komercyjnych rekomenduje się stosowanie kotw metalowych wkręcanych do gruntu o długości 1600mm. Rozwiązanie to pozwoli na stabilne posadowienie konstrukcji budowli na terenie nieutwardzonym, na nawet na terenie o wyraźnych spadkach poziomym (działkach o skośnych ułożeniu terenu). Przykład kotwy wkręcanej przedstawiono poniżej.



Przykład rekomendowanej kotwy wkręcanej w grunt o długości 1,6m

Budowla wymaga podparcia w konstrukcji w miejscach wytyczonych przez pionowe słupy konstrukcji ram głównych. Dla przykładu prototypowanej konstrukcji wykonanej z 3 segmentów kontenerowych wymagane jest wykonanie 8 podpór. Przedstawia to poniższy schemat.

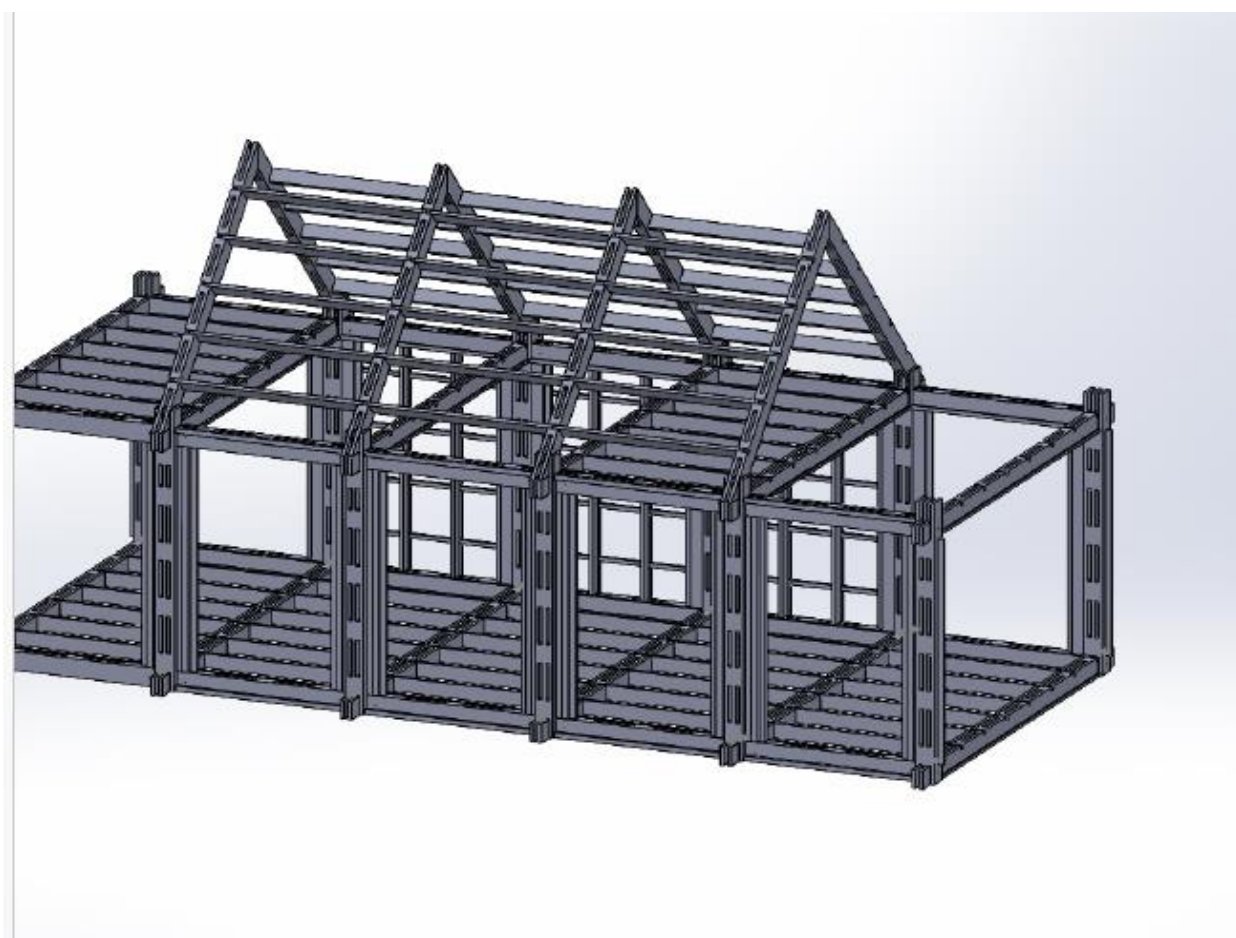






Wybór zadaszenia budowli.

Konstrukcja opracowanego rozwiązania bazującego na segmentach modułowych pozwala na dowolne określenie konfiguracji zadaszenia. Możliwym jest wykonanie zadaszenia w konstrukcji płaskiej, z niewielkim spadkiem rzędu 6 st. pozwalającym na odprowadzenie wód opadowych, po konstrukcje z dachem skośnym o kącie nachylenia do 45 st. W trakcie przebiegu prac przyjęto założenie utworzenie prototypowego rozwiązania budowli autonomicznej, wyposażonej między innymi w instalację fotowoltaiczną. Wpłynęło to na wybór koncepcji zastosowania konstrukcji dachu skośnego o kącie nachylenia dachu 45 st. Jedną połać dachu przeznaczono na montaż paneli fotowoltaicznych. Elementy konstrukcji dachu oparto na kompatybilnych rozwiązaniach opracowanej belki modułowej, co pozwoliło na jej stabilną integrację z konstrukcją ram segmentu kontenera. Przekład konstrukcji dachu przedstawia poniższa dokumentacja fotograficzna.



Schemat konfiguracji konstrukcji trzech segmentów (+ dwa dodatkowe jako tarasy zewnętrzne bez zadaszenia – dla przykładu) w układzie z dachem skośnym 45st.





Wykonanie konstrukcji dachu

Wykonanie wypełnienia połaci szkieletowej konstrukcji modułów kontenerowych.

Wykona konstrukcja szkieletowa została zabudowana segmentami konstrukcyjnymi jakimi są prefabrykowane elementy nośne podłogi, ścian, dachu. Stanowią one gotowe panele wmontowane w konstrukcję szkieletu (ram) budowli kontenerowej. Połąć poszycia wykonano jako przegrodę o grubości 220mm zbudowaną ze szkieletu drewnianego oraz ocieplenia wełną mineralną. Ściany szczytowe wypełniono stolarką otworową, jednakże jest to element zamienny, możliwe jest bowiem wykonanie poszyc szczytowych jako prefabrykowane elementy ścienne. Przykład montażu poszyc przedstawia poniższe dokumentacja zdjęciowa.



Prefabrykowane elementy połaci



Montaż połaci w konstrukcji segmentów kontenerowych

Wykonanie instalacji zasilania budowli.

W prototypowym rozwiązaniu zastosowano wariant autonomicznego zasilania energetycznego budowli. Oparto go na instalacji fotowoltaicznej pracującej w hybrydzie z magazynem energii i agregatem prądotwórczym oraz ogrzewanie z wykorzystaniem automatycznego pieca na pelet wspomaganego również przez układ klimatyzacji z funkcją grzania. Analiza zapotrzebowania energetycznego budowli o pow. 30-60m² wykazała zasadność wykonania instalacji fotowoltaicznej o mocy 5-6kW. W efekcie zaprojektowano instalację fotowoltaiczną o mocy 5,7kW. Autonomiczność instalacji zapewniono poprzez zastosowanie układu magazynu energii o moc min. 5 kWh, oraz agregatu prądotwórczego. Wykonanie rozwiązanie funkcjonuje bez podłączenia do zewnętrznego zasilania energetycznego. Zapotrzebowanie na energię elektryczną wymaganą do obsługi budynku, pokrywane jest z przez panele fotowoltaiczne, które dają energie po przejściu przez falownik bezpośrednio do instalacji elektrycznej budynku, a nadwyżki są kumulowane w magazynie energii. W przypadku braku nasłonecznienia energia jest czerpana z magazynu energii. Jeśli zaistnieje zwiększone zapotrzebowanie na energię, które doprowadzi do rozładowania magazynu, wówczas wyzwany jest i agregat prądotwórczy, który doładowuje magazyn.

W zakresie instalacji grzewczej, zasilanie zapewniono przez automatyczny piec na pelet, wyzwany zdalnie z wykorzystaniem modułu wi-fi. Rozwiązanie to jest szczególnie dedykowane i

rekomendowane w przypadku obiektów wykorzystywanych okresowo, co pozwala na zdalne, wcześniejsze włączenie funkcji grzania budynku. Przykład montażu instalacji fotowoltaicznej przedstawia poniższa dokumentacja zdjęciowa.



Montaż instalacji fotowoltaicznej

Podsumowanie

Prowadzone prace badawcze pozwoliły na opracowanie a następnie wykonanie prototypu rozwiązania budowli wykonanej w modułowej konstrukcji szkieletowej.

Opracowane rozwiązanie wykazuje dużą zdolność w zakresie konfiguracji wynikającej z stosowanych elementów modułowych, pozwalających na wzajemną integrację do postaci ram nośnych, a następnie z ich wykorzystaniem konstrukcji kontenerów, które w zestawie mogą tworzyć rozbudowane segmenty różnych budowli.

Zaletą opracowanej konstrukcji jest:

- budowla oparta na modułowych segmentach kontenerowych składana z modułowych elementów ramowych.
- możliwość szybkiej realizacji w oparciu o prefabrykowane elementy
- możliwość szerokiej konfiguracji układu budowli opartej na konstrukcji kontenerowej
- możliwość posadowienia budowli na podporach bez fundamentowania
- możliwość posadowienia budowli na terenach pozbawionych przyłącza energetycznego jako budynku autonomicznego
- możliwość rozbudowy budowli o kolejne segmenty modułów kontenerowych

Prace badawcze związane z optymalizacją modułowych konstrukcji szkieletowych i budowli modułowych zakończono sukcesem.

Prowadzone prace rozwojowe wykazały zdolność do wykonania budynku w warunkach rzeczywistych. Wykonano budynek demonstracyjny, który wykazał wypełnienie założeń badawczych.



Budowla prototypowa

Suplement do raportu z prac B+R Autonomiczny charakteru obiektu

Jedną z istotnych cech opracowanego rozwiązania jest jej funkcjonalność związana z autonomicznym charakterem, rozumianym jako zdolność do użytkowania budynku w systemie tzw. off-grid, w sposób niezależny od infrastruktury energetycznej, wodnej i kanalizacyjnej. W przypadku braku dostępu do sieci infrastruktury wodnej i kanalizacyjnej, rozpowszechnione i praktykowane są systemy niezależne, takie jak zaopatrzenia w wodę z własnego odwiertu strunni oraz odprowadzenie ścieków do własnego zbiornika typu szambo lub własnej przydomowej oczyszczalni ścieków. Znacznie mniej rozpowszechniane są systemy zapewniające stabilne zaopatrzenie obiektu w autonomiczną, wytwarzaną z własnych zasobów, energię elektryczną i ciepłą.

W ramach przedmiotowego projektu, celem podniesienia funkcjonalności rozwiązania konstrukcji modułowej, dedykowanej w szczególności do konstrukcji jakim są obiektu rekreacyjne, opracowanego rozwiązania autonomicznego zasilania w energię elektryczną i ciepłą.

Warunki brzegowe

Przed przystąpieniem do opracowania rozwiązania autonomii zasilania w energię elektryczną i ciepłą, przyjęto założenia brzegowe zapotrzebowania energetycznego prototypowanego obiektu. Za istotne uznano zapewnienie stabilnego poziomu zasilania, o wysokim stopniu pewności i bezobsługowej, zdalnie monitorowanej automatyce. Wymienione cechy pozwalają na użytkowanie obiektu w dowolnym momencie, np. okazjonalnie, weekendowo, z uwzględnieniem walorów obiektu użytkowanego stale (budynek stale zasilany w energię elektryczną, utrzymujący zadaną, zdalnie określoną temperaturę pomieszczeń przez system klimatyzacji lub ogrzewania).

W prototypowym rozwiązaniu utworzono konstrukcję budynku modułowego o powierzchni użytkowej 30m² z antresola 15m² o łącznej kubaturze 120m³. Obiekt jest przystosowany do pełnej obsługi czterech osób w zakresie wymaganego zaplecza technicznego jak sprzęty elektryczne, zapotrzebowanie w ciepłą wodę, komfortową temperaturę pomieszczeń na poziomie 20stC.

Dla opisanych wytycznych przyjęto założenia zapotrzebowania w energię elektryczną:

Średnie zapotrzebowanie na energię elektryczną na 1 odbiorcę ok 800 kWh/rok, dla 4 osób = 3,2 kWh. Uwzględniając bezwładność związaną z okresowym wzrostem zapotrzebowania w energię, zapewnienia stabilności obsługi obiektu, przyjęto zapotrzebowanie na poziomie 5-6kWh.

Uwzględniając parametry budynku, powierzchnie dachu, ostatecznie przyjęto moc instalacji fotowoltaicznej na poziomie 5,7 kWp. Dostępu do energii elektrycznej w okresach braku nasłonecznienia zapewniono porze magazyn energii elektrycznej, o adekwatnym poziomie 5 kWh. Parametry zapewniały obsługę budynku w okresie dobowym, przy założeniu zdolności doładowania magazyny w ciągu dnia. Jednakże w przypadku braku nasłonecznienia w ciągu dnia, w szczególności w kilkudniowych okresach powtórzenia tego zjawiska, występował deficyt zapotrzebowania w energię elektryczną. Dla zapewnienia komfortu stałego dostępu do energii elektrycznej, w tym w okresach zimowych, w trakcie dni pochmurnych i krótkiego nasłonecznienia, alternatywnie doposażono system instalacji elektrycznej w generator prądu. Zastosowano agregat prądotwórczy o 6,5kW.

Zaprojektowana w systemie tzw. off-grid instalacja elektryczna finalnie jest zespołem 3 urządzeń to jest instalacji fotowoltaicznej 5,6kWp, magazynu energii 5 kWh, agregatu prądotwórczego 6,5kW.

Została ona wykonana w obiekcie i poddana testom, które wykazały zdolność do jego pełnej obsługi z zapewnieniem stałych dostaw energii elektrycznej. Wytwarzany w instalacji fotowoltaicznej prąd elektryczny był na bieżąco wykorzystywany do zasilania urządzeń elektrycznych, natomiast nadwyżki z instalacji fotowoltaicznej był kumulowane w magazynie energii. Z uwagi na niekorzystne warunki

pogodowe, instalacja była wspomagana zasilaniem z agregatu prądotwórczego. Agregat, w przypadku wyczerpania energii w magazynie energii do poziomu 15%, automatycznie wyzwał pracę doładowując magazyn energii. Magazyn energii w opisywanym układzie pełni również istotną rolę – sprzęgła energetycznego, dzięki czemu agregat prądotwórczy, w okresach braku nasłonecznienia, nie jest wyzwalany przy każdym włączeniu odbiornika (np. włączeniu lampy oświetleniowej w okresie nocnym), włączany jest wyłącznie w przypadku wyładowania magazynu energii, co jest zdarzeniem sporadycznym.

Wykonany system autonomicznej instalacji elektrycznej działa w układzie automatycznym bezobsługowy. Dostawy energii elektrycznej są realizowane bez podłączenia do zewnętrznej sieci energetycznej. Przeprowadzone testy potwierdziły pełną zdolność do zaspokojenia potrzeb budynku w zakresie zasilania w energię elektryczną.

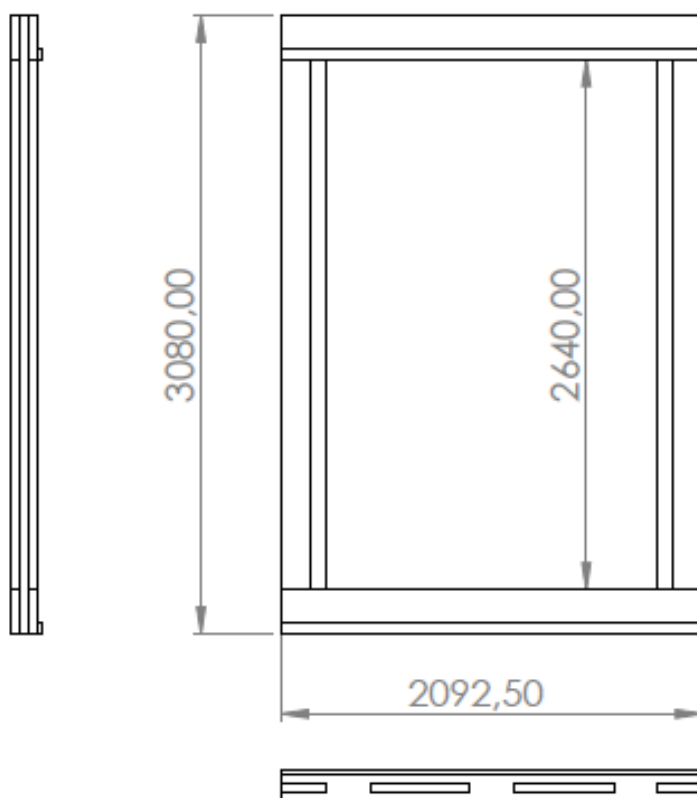
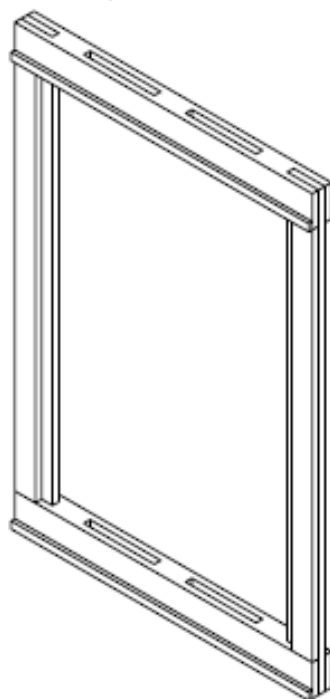
Dla opisanych wytycznych przyjęto założenia zapotrzebowania w energię cieplną:

Ogrzewanie pomieszczenia użytkowanych na cele bytowe do temperatury na poziomie 20stC. Pomieszczenia o łącznej kubaturze ok. 120 m³. Zapotrzebowanie mocy cieplnej wymaganej do ogrzania kubatury budynku przyjęto wskaźnik zapotrzebowania energetycznego na poziomie 40-50W/m³. Wskaźnik ten stanowi wytyczna do doboru mocy urządzenia grzewczego. Dla prototypowanego budynku o pow. 120m³, wymagany wydatek energetyczny wynosi zatem 5-6kW. Jednocześnie, odnosząc się do funkcji budynku jako rekreacyjnego, związanej z jego zdolnością do kresowego użytkowania (np. w okresie weekendowym), z zasadnie przyjęto zwiększenie mocy, celem zdolności szybkiego podnoszenia temperatury w budynku w którym wcześniej była ona obniżona (z uwagi na brak jego eksploatacji). Uwzględniając powyższe do prototypowego budynku dedykowano piec o mocy min. 7kW.

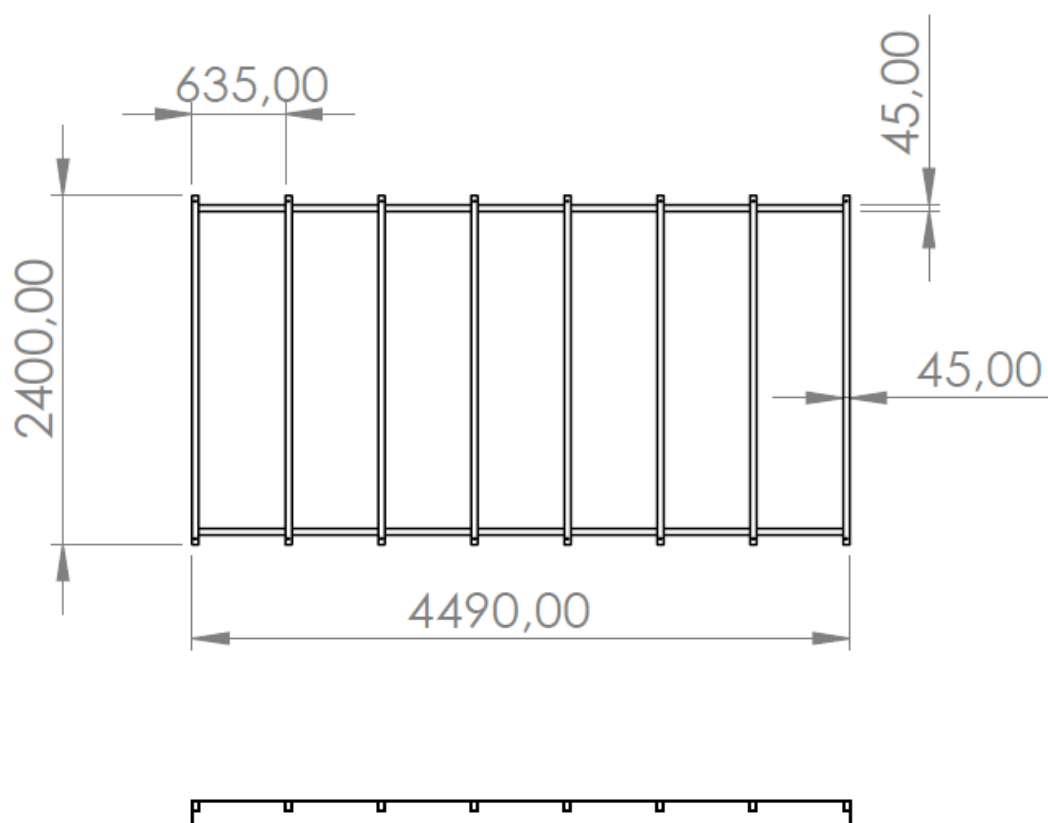
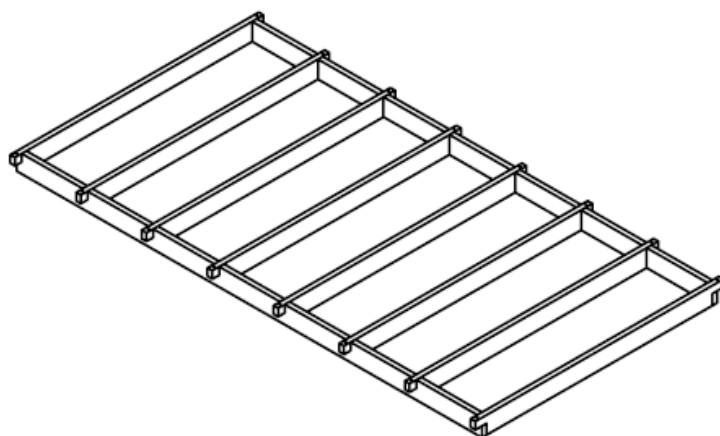
Dobór pieca przeprowadzono z uwzględnieniem wymogu jego funkcjonalności związanej z możliwością automatycznej i zdalnej obsługi. Uwzględniając te argumenty, w wytycznych przyjęto rozwiązanie jakim jest piec na palet z automatycznym załadunkiem paliwa (pelotu) z możliwością starowania (włączania) zdalnego WiFi. Wymienione rozwiązanie pozwala na uruchomienie pracy kotła w obiekcie z dolnego miejsca (przy uwzględnienie dostępu do sieci WiFi) w dowolnym momencie. W szczególności rozwiązanie to jest dedykowane dla użytkowników, którzy korzystają z obiektu okazjonalnie, mogą wówczas przed przyjazdem (np. dzień wcześniej) włączyć piec, celem uzyskania zadanej temperatury w obiekcie. Piec wyposażony jest w podajnik z zasypem 20 kg paliwa (peletu) co pozwala na jego obsługę w okresie ok 48h. Jednocześnie system dostaw energii cieplnej do budynku wsparto również system klimatyzatora z funkcją grzania. Jest to celowe rozwiązanie, pozwalające na utrzymanie bufora ciepłego budynku o określonym poziomie. W przypadku założeń okazjonalnego korzystania z obiektu, rekomendowanym rozwiązaniem jest utrzymywanie wewnątrz budynku względnie stałych parametrów temperaturowych na poziomie 12-15st.C. Ma to istotne znaczenie w przypadku doprowadzenia budynku do komfortu jego użytkowania, do jest do temperatury 20st.C. Pozostawienie budynku bez ogrzewania w dłuższym przedziale czasowym, znacznie zwiększa jego bezwładność cieplną, którą trzeba pokonać w procesie dochodzenia do wymaganej temperatury. Spadek temperatury w pomieszczeniach poniżej 10st. C, stanowi duży wydatek energetyczny i zajmuje dużo czasu. Zachodzi wówczas proces przejmowania ciepła przez masę konstrukcji budynku (ściany, podłogi, stropy), która kumuluje „ciepło” utrudniając stabilne, komfortowe ogrzanie pomieszczeń (budynek oddaje „chłód”). Zaproponowane rozwiązanie jest korzystne w przypadku zastosowanego autonomicznego rozwiązania zasilania w energię elektryczną. Wykorzystywany klimatyzator z funkcją grzania, w okresach poza letnich, będzie wykorzystywany do podgrzewania budynku. W przypadku okresu zimowego, o dużym spadku temperatur, oczekiwany poziom dogrzewania budynku wynosi 12-15stC. Wydatek ten nie stanowi obciążenia energetycznego (kosztowego) ponieważ w przypadku gdy budynek nie jest użytkowany, jego zapotrzebowanie w

energię elektryczną (konsumpcja energii) jest ograniczona, a generowane nadwyżki, przy braku możliwości oddania do sieci energetycznej (instalacja typu off-grid) są zagospodarowane do podgrzewania budynku. Prowadzone testy w okresie zimowym wykazały zdolność do uzyskania temperatury na poziomie 15st.C z wykorzystaniem funkcji grzania zastosowanego klimatyzatora o mocy 3,5kW. Testy prowadzono w warunkach temperatury otoczenia w przedziale +5 do -3st. C. Zastosowany klimatyzator pozwala na automatyczne, zdalne sterowanie i monitorowanie poprzez sygnał WiFi, dzięki czemu można określić z dowolnego miejsca określić parametry temperaturowe dla budynku.

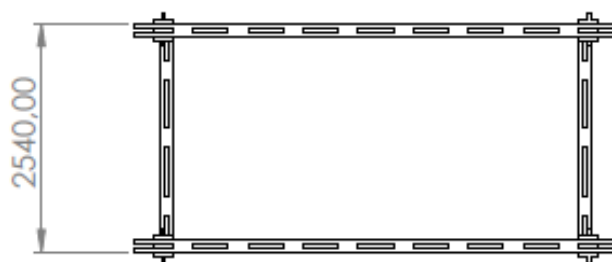
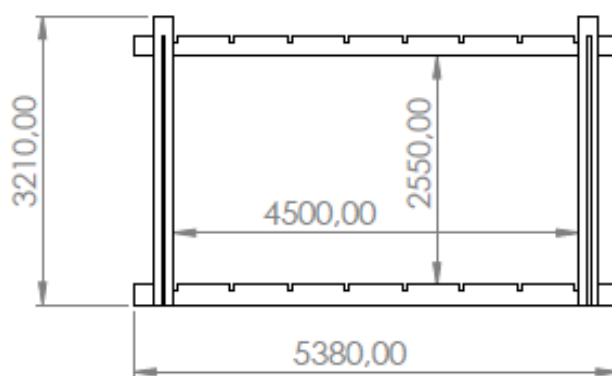
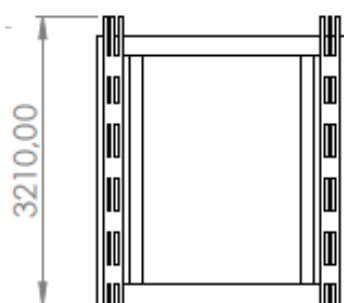
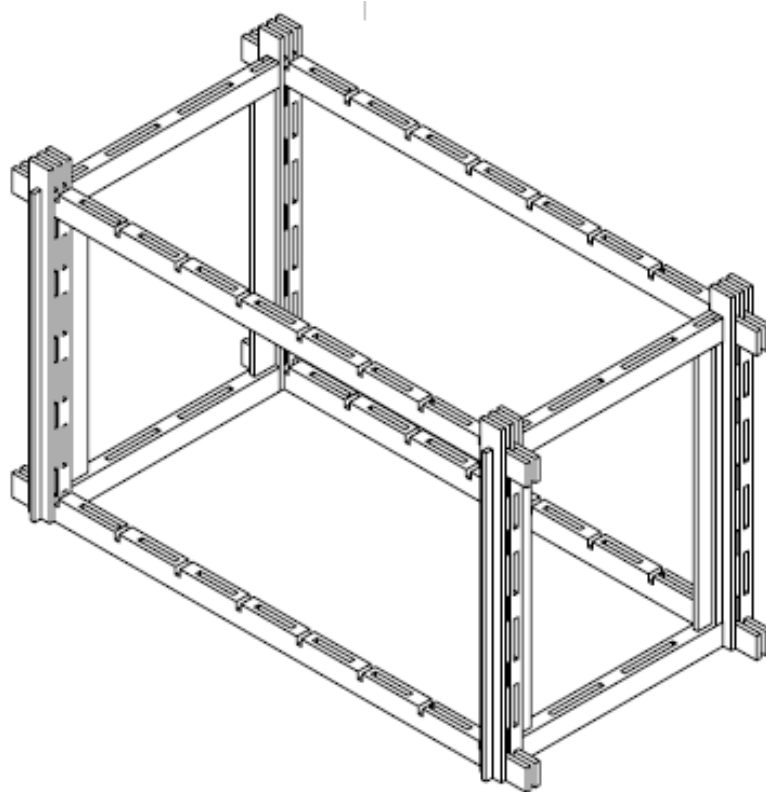
W adekwatnym zakresie określono również zdolność podgrzewania wody na potrzeby bytowe. W tym celu zastosowano zbiornik na ciepłą wodę – elektryczny podgrzewacz wody o poj. 100 l również z systemem sterowania WiFi. Podobnie jak w przypadku podgrzewania budynku, zbiornik stanowi swojego rodzaju bufor energii cieplnej. W przypadku nadwyżek energii elektrycznej, przy braku możliwości jej oddania do sieci energetycznej (instalacja typu off-grid), jest ona wykorzystywana do wygrzania wody w zbiornik za pomocą zamieszczonych grzałek elektrycznych. W zakres prowadzonych testów zweryfikowano zdolność do podgrzania wody za pośrednictwem wykonanej autonomicznej instalacji elektrycznej, w jaką jest wyposażony prototypowy budynek. Woda uzyskała temperaturę 70st. C (jako zdana maksymalna) w trakcie 4,5 h pracy instalacji fotowoltaicznej. Testy prowadzono w okresie przeciętnego nasłonecznienia w okresie jesienno-zimowym.



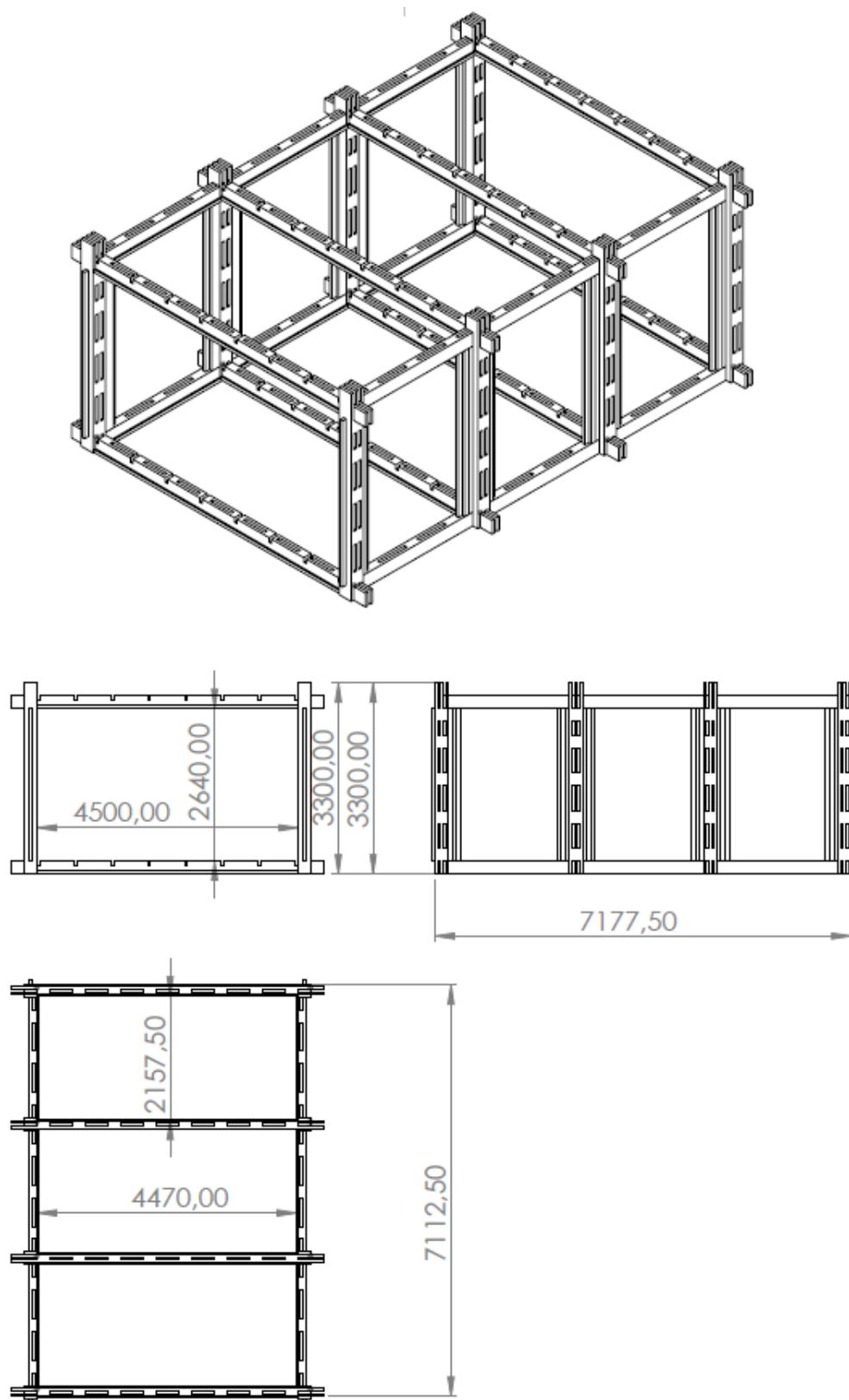
Schemat ramy konstrukcji bocznej (ściana boczna)



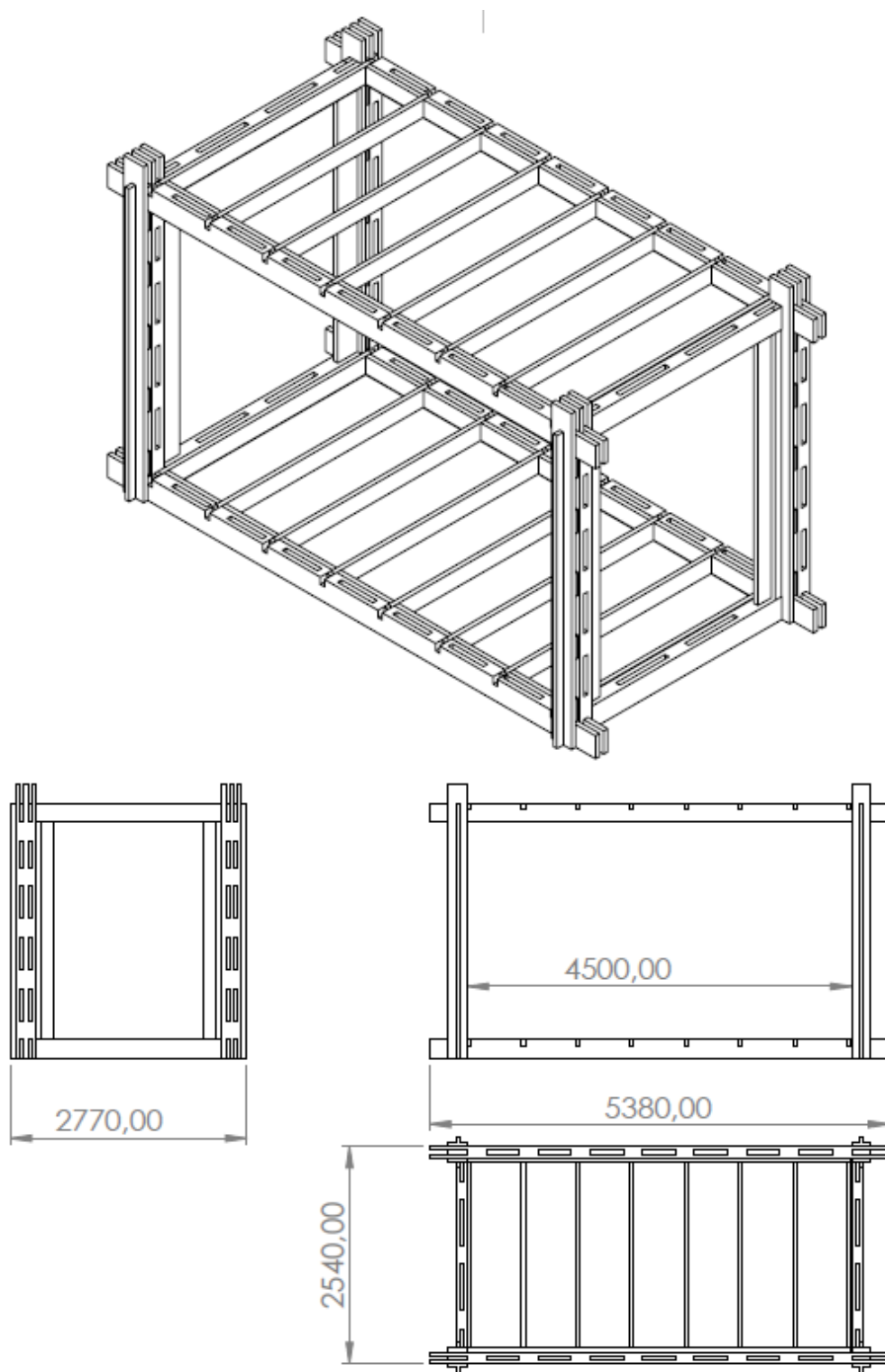
Schemat ramy konstrukcji nośnej podłoża, stropu



Schemat bryły konstrukcji modułowej – pojedynczy moduł (2xżebro + 2xściana boczna)



Schemat zintegrowanych kilku brył konstrukcji modułowych – 3 modułu



Schemat bryły konstrukcji modułowej, z ramą podłoża i stropu.



Schematy wykonanych testowych konstrukcji elementów konstrukcji budowli

Parametry izolacyjności konstrukcji ściennej.

Konstrukcja ścienna oprócz założeń związanych z przenoszeniem obciążeń powinna również tworzyć strukturę zdolną do utrzymania określonych parametrów izolacyjności cieplnej. Są one zależne od stosowanych materiałów.

Przyjęto wytyczne, zgodnie z którymi współczynnik przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych od stycznia 2021 roku nie może przekraczać $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – tam, gdzie temperatura w pomieszczeniach $\geq 16^\circ\text{C}$ oraz $0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – tam, gdzie temperatura w pomieszczeniach wynosi między 8 a 16°C .

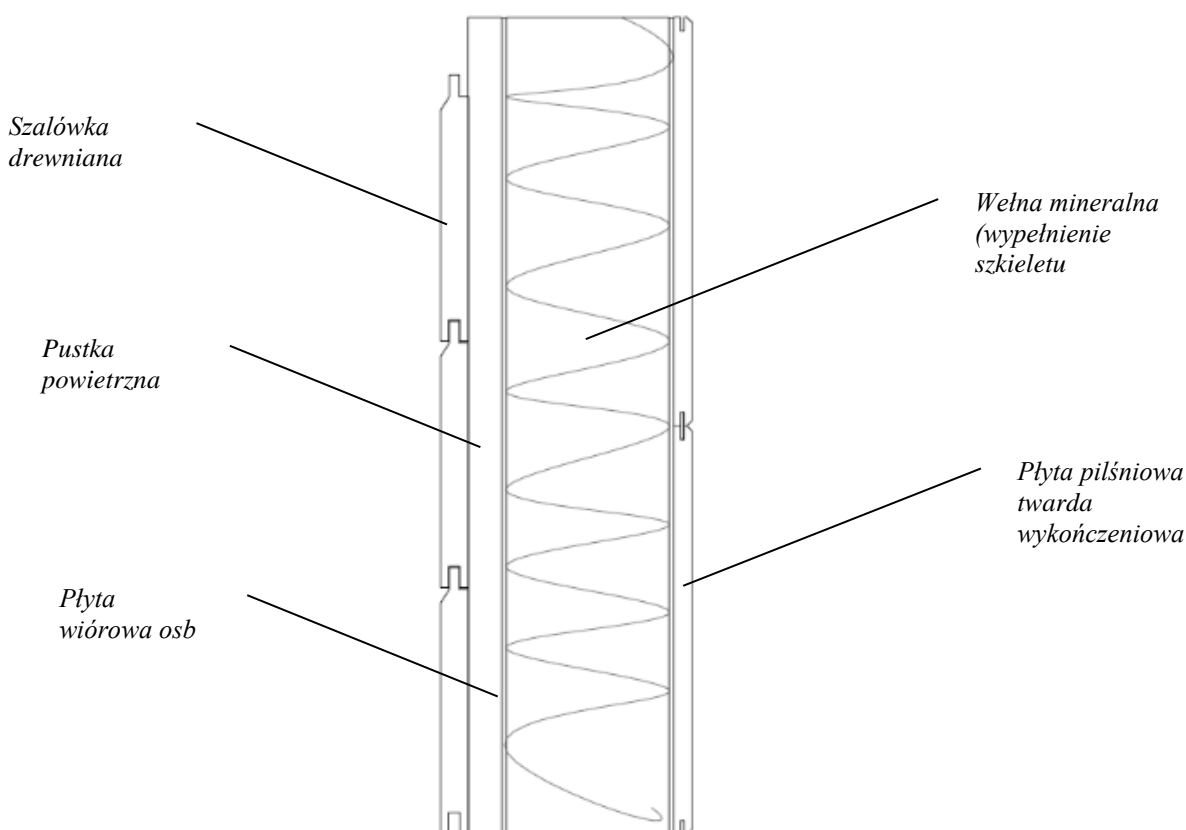
Aby budynek spełniał standard budynku pasywnego należy zrealizować rygorystyczne warunki takie jak: izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Parametr ten zależy o specyfikacji stosowanych materiałów. Dla przekroju ściany w technologii szkieletowej przyjęto dane wyjściowe:

Przyjęto: Współczynniki przenikania Ciepła λ dla:

- Wełny mineralna $\lambda : 0,033 \text{ [W/mK]}$ (dla warstwy $0,15\text{m}$ – Opór cieplny równy $4,54 \text{ [m}^2\text{K/W]}$;
- Wełny mineralna $\lambda : 0,033 \text{ [W/mK]}$ (dla warstwy $0,18\text{m}$ – Opór cieplny równy $5,45 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
- Wełny mineralna $\lambda : 0,033 \text{ [W/mK]}$ (dla warstwy $0,20\text{m}$ – Opór cieplny równy $6,06 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
- Wełny mineralna $\lambda : 0,033 \text{ [W/mK]}$ (dla warstwy $0,22\text{m}$ – Opór cieplny równy $6,67 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
- Deska szalunkowa sosna $\lambda : 0,16 \text{ [W/mK]}$ [W/mK] (dla warstwy $0,025\text{m}$ – Opór cieplny równy $0,156 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
- Deska szalunkowa sosna $\lambda : 0,16 \text{ [W/mK]}$ [W/mK] (dla warstwy $0,019\text{m}$ – Opór cieplny równy $0,119 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
- Pustka powietrzna (strumień powietrza z dołu) $\lambda : 0,16 \text{ [W/mK]}$ [dla warstwy $0,025\text{m}$ - (Opór cieplny równy $0,16 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
- Płyta pilśniowa twarda $\lambda : 0,18 \text{ [W/mK]}$ (dla warstwy $0,010\text{m}$ – Opór cieplny równy $0,055 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
- Płyta wiórowa (osb) $\lambda : 0,13 \text{ [W/mK]}$ (dla warstwy $0,015\text{m}$ – Opór cieplny równy $0,115 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
- Płyta wiórowa (osb) $\lambda : 0,13 \text{ [W/mK]}$ (dla warstwy $0,025\text{m}$ – Opór cieplny równy $0,192 \text{ [m}^2\text{K/W]}$

Schemat konstrukcji przegrody typu ściana zewnętrzna



Dla wykazania i określenia różnych cech konstrukcji w zależności od gabarytów przekroju ściany wyliczono wartości współczynnika izolacji cieplnej w kilku wariantach dla przegrody konstrukcji szkieletowej drewnianej:

- Wariant 1: Deska szalunkowa 25mm, dylatacja 25mm, płyta osb 25mm wełna mineralna 150mm, płyta twarda pilśniowa 10mm:

- Suma Oporu Cieplnego : 5,27 [m²K/W]
- Współczynnik przenikania ciepła U: 0,189 [W/m²K]

- Wariant 2: Deska szalunkowa 19mm, dylatacja 25mm, płyta osb 15mm wełna mineralna 180mm, płyta twarda pilśniowa 10mm:

- Suma Oporu Cieplnego : 6,07 [m²K/W]
- Współczynnik przenikania ciepła U: 0,165 [W/m²K]

- Wariant 3: Deska szalunkowa 19mm, dylatacja 25mm, płyta osb 15mm wełna mineralna 200mm, płyta twarda pilśniowa 10mm:

- Suma Oporu Cieplnego : 6,68 [m²K/W]
- Współczynnik przenikania ciepła U: 0,150 [W/m²K]

- Wariant 4: Deska szalunkowa 19mm, dylatacja 25mm, płyta osb 15mm wełna mineralna 220mm, płyta twarda pilśniowa 10mm:

- Suma Oporu Cieplnego : 7,28 [m²K/W]
- Współczynnik przenikania ciepła U: 0,137 [W/m²K]

Wykazane warianty wypełniają zalecenia dla norm budowlanych, wariant 3 i 4 wypełniają zalecenia dla konstrukcji ścian pasywnych ($U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$)



Schemat wykonanych testowych docieplonych konstrukcji przegrody ściennej

Przedstawione założenia dotyczące konstrukcji modułu budowli jak również określone parametry dotyczące współczynnika przenikania ciepła stanowią wytyczne do realizacji prototypu konstrukcji budowli modułowej realizowanej w ramach prac rozwojowych.