CD-10

Raport obliczeniowy – konstrukcja (projekt wstępny)

Dom jednorodzinny, 2 kondygnacje, dach płaski – Małopolska (działka demonstracyjna)

Projekt koncepcyjny · DEMO · nie do pozwolenia/realizacji

Raport zbiera w jednym miejscu wzory, założenia i wyniki sprawdzeń, których liczby są drukowane na arkuszach CD-01…CD-09 i CD-11. Każdy wzór jest przeliczany niezależnie od tabeli wyników i porównywany z wartością zapisaną w modelu; różnica zatrzymuje generowanie dokumentu. Wyniki są orientacyjne: użyto uproszczonych, otwartych wzorów; śnieg, wiatr i głębokość przemarzania dotyczą lokalizacji projektowej, a grunt jest przyjęty i wymaga obowiązkowych badań geotechnicznych, które wraz z wynikami potwierdza uprawniony konstruktor.

Pozycja	Wartość
Arkusz	CD-10 Raport obliczeniowy
Projekt	pl-malopolska-180: dom jednorodzinny, 2 kondygnacje, dach płaski, Małopolska
Data / wersja	2026-11-06 · wersja A
Podstawa	PN-EN 1990, PN-EN 1991-1-1, PN-EN 1991-1-3, PN-EN 1991-1-4, PN-EN 1992-1-1, PN-EN 1996-1-1, PN-EN 1997-1 – na poziomie dokumentu, wzory uproszczone
Zakres	Ławy i płyta na gruncie, ściany z silikatów, wieńce, nadproża, strop nad parterem, dach płaski z attyką i ballastem pod moduły fotowoltaiczne, stateczność, zbrojenie, ilości
Źródło liczb	calc/pl.py (jedyne źródło dla CD-01…CD-12)

Zestawienie wyników (orientacyjnie)

Element	Decydujący przypadek	Wartość	Granica	Wynik
Nadproża (29 szt.)	N1-2: rozpiętość 2,85 m, M = 73,8 kNm	0,93	1,00	zachowany
Strop nad parterem, zbrojenie	pas A: A_s,req / A_s	0,91	1,00	zachowany
Strop, ścinanie	V_Ed / V_Rd,c bez strzemion, pasy A, Z, H	0,98	1,00	zachowany
Płyta dachu, zbrojenie	A_s,req / A_s, strefy RW, RH, RE	0,63	1,00	zachowany
Płyta dachu, ścinanie	V_Ed = 27,8 kN/m, V_Rd,c = 84,1 kN/m	0,33	1,00	zachowany
Attyka	A_s,req = 182 mm²/m, A_s = 393 mm²/m	0,46	1,00	zachowany
Ściana zewnętrzna	Ściana południowa: N_Ed = 224,6 kN/m, N_Rd = 260,6 kN/m	0,86	1,00	zachowany
Ściana B1, t = 180 mm (założenie)	N_Ed = 232,8 kN/m, N_Rd = 260,6 kN/m	0,89	1,00	zachowany
Ściana B1, t = 180 mm (wg modelu)	N_Ed = 232,8 kN/m, N_Rd = 260,6 kN/m	0,89	1,00	zachowany
Docisk pod ławami	p_k = 115 kPa, R_0 = 150 kPa (grunt przyjęty)	0,77	1,00	zachowany
Ława nad słabym miejscem	A_s,req = 224 mm², A_s = 452 mm²	0,49	1,00	zachowany
Płyta na gruncie, EPS	w_k = 5,9 kPa, dopuszczalne 33 kPa	0,18	1,00	zachowany
Wiatr na ściany N/S, ścinanie	F_d = 86,9 kN, ΣV_Rd = 517,1 kN	0,17	1,00	zachowany
Wiatr na ściany W/E, ścinanie	F_d = 57,9 kN, ΣV_Rd = 181,2 kN	0,32	1,00	zachowany

Element	Decydujący przypadek	Wartość	Granica	Wynik
Przewrócenie	M_ov = 293,2 kNm, M_st = 10207 kNm	0,029	1,00	zachowany
Podrywanie pokrycia dachu	w_up = -4,16 kN/m² (≤ 0)	0,00	0,00	zachowany

Wyniki orientacyjne, nie stanowią obliczeń do wykonania ani podstawy do realizacji. Obliczenia, wymiary i zbrojenie muszą zostać opracowane i sprawdzone przez uprawnionego konstruktora oraz przejęte przez projektanta (IARP) po badaniach geotechnicznych.

DEMO

SPIS TREŚCI

1	Podstawa obliczeń	4
2	Obciążenia	6
3	Strop nad parterem	7
4	Nadproża	9
5	Dach płaski	10
6	Ściany i wieńce	11
7	Fundamenty i płyta na gruncie	12
8	Stateczność i usztywnienie	13
9	Zbrojenie	14
10	Ilości	16
11	Punkty otwarte i rola uprawnionego projektanta	17

DEMO

1 Podstawa obliczeń

Sprawdzenia wykonano metodą stanów granicznych w uproszczonej postaci: wartości obliczeniowe = współczynnik · wartość charakterystyczna. Wszystkie założenia robocze są wypisane w tabelach poniżej i na arkuszu CD-09; zmiana założenia zmienia wyniki na wszystkich arkuszach jednocześnie. Śnieg, wiatr i głębokość przemarzania są ustalone dla lokalizacji projektowej, grunt jest przyjęty.

Współczynniki częściowe

Symbol	Wartość	Zastosowanie
γ_G	1,35	obciążenia stałe (ciężar własny)
γ_Q	1,50	obciążenia zmienne: użytkowe, śnieg, wiatr
γ_G,stab	0,90	stateczność: ciężar stabilizujący ścian i stropów
γ_M	2,00	mur z bloczków silikatowych (przyjęto orientacyjnie)
γ_c	1,50	beton
γ_s	1,15	stal zbrojeniowa B500

Materiały

Element	Klasa	Właściwości
Ławy, cokół, płyta na gruncie	C20/25	fck = 20 MPa, fcd = 13,3 MPa; otulina zbrojenia ław 40 mm
Strop, dach, wieńce, nadproża, attyka	C25/30	fck = 25 MPa, fcd = 16,7 MPa; otulina 30 mm
Stal zbrojeniowa	B500	fyk = 500 MPa, fyd = 434,8 MPa
Silikaty, ściany	bloczki na klej	ściana 180 mm + ocieplenie 200 mm; fk = 5,0 MPa, fd = 2,50 MPa, fvk0 = 0,20 MPa
Grunt pod ławami	przyjęto	R0 = 150 kPa (przyjęto) do czasu obowiązkowych badań geotechnicznych
Izolacja pod płytą (EPS)	wg karty wyrobu	dopuszczalne naprężenie 33 kPa

Normy (na poziomie dokumentu)

Podstawą metody są serie PN-EN 1990 (podstawy projektowania), PN-EN 1991 (oddziaływania), PN-EN 1992 (konstrukcje żelbetowe), PN-EN 1996 (konstrukcje murowe) i PN-EN 1997 (geotechnika). Numery punktów i załączniki krajowe nie są tu cytowane; ich zastosowanie sprawdza uprawniony konstruktor.

f_cd = f_ck / γ_c = 25 / 1,50 = 16,67 MPa (C25/30); 20 / 1,50 = 13,33 MPa (C20/25)
f_yd = f_yk / γ_s = 500 / 1,15 = 434,8 MPa
f_d (silikat) = f_k / γ_M = 5,0 / 2,0 = 2,50 MPa

Geometria

Parametr geometryczny	Wartość	Jednostka
Szerokość budynku W	12,00	m
Głębokość budynku D	8,00	m
Poziom stropu nad parterem	3,00	m
Poziom wieńca dachowego (gzyms)	6,20	m
Górna krawędź attyki	6,750	m
Ściana nośna z silikatów, grubość	180	mm
Ocieplenie ścian (EPS), grubość	200	mm
Osie ścian nośnych zewnętrznych	0,290 … 11,710	m
Grubość płyt: strop / dach	200 / 200	mm

Parametr geometryczny	Wartość	Jednostka
Ława zewnętrzna: szerokość × wysokość	600 × 400	mm

Ściany wewnętrzne nośne B0, B1, B3, E0, E2 i E4: silikat 180 mm, jak w modelu architektonicznym (rozdział 6).

DEMO

2 Obciążenia

Obciążenia stałe wynikają z warstw przekrojów i gęstości materiałów, obciążenia zmienne z danych lokalizacji projektowej (Małopolska, okolice Krakowa, 220 m n.p.m.): strefa śniegowa 3, s_k = 1,2 kPa wg krajowego załącznika do PN-EN 1991-1-3; strefa wiatrowa 1, q_p = 0,55 kPa (dana projektowa); kategoria użytkowa A dla stropu (1,5 kPa). Wartości ścianek działowych są średnią powierzchniową z długości ścianek w modelu.

Obciążenie	Stałe, g	Zmienne, q	Jednostka
Ściana: silikat + ocieplenie ETICS + tynk	3,79	–	kN/m²
Posadzka na gruncie (płyta 100 mm i wykończenie)	4,39	1,50	kN/m²
Strop nad parterem (płyta 5,00 + wylewka 1,54 + podłoga 0,35 + ścianki działowe 2,99)	9,88	1,50	kN/m²
Dach płaski: płyta 200 mm + warstwy + sufit i instalacje + moduły PV z balastem	6,05	–	kN/m²
Śnieg: s = μ·s_k = 1,0·1,2	–	1,20	kN/m²
Wiatr: ciśnienie netto w = c·q_p = 1,3·0,55 (ssanie -0,66)	–	0,72	kN/m²
Attyka żelbetowa wraz z obróbką	4,17	–	kN/m

Wyprowadzenie wartości

g_ściana = 18·0,18 + 0,30 + 0,25 = 3,79 kN/m²
g_str,1 = 0,20·25 + 0,07·22 + 0,35 = 6,89 kN/m²
g_str = 6,89 + 2,99 = 9,88 kN/m²
g_str,0 = 0,10·25 + 0,07·22 + 0,35 = 4,39 kN/m²
g_ścianka = 18·0,18 + 2·0,30·0,8 = 3,72 kN/m²
g_dach = 0,20·25 + 0,277 + 0,30 + 0,15 = 5,73 kN/m²
g_FV = 15·(0,22 + 0,924) / 53,4 m² = 0,321 kN/m²
g_attyka = 0,18·0,85·25 + 0,35 = 4,17 kN/m
s = 1,0·1,2 = 1,20 kPa
w_netto = 0,55·1,3 = 0,715 kPa
w_ssanie = 0,55·(-1,2) = -0,660 kPa
w_attyka = 0,55·1,4 = 0,770 kPa
q_d,str = 1,35·9,88 + 1,50·1,50 = 15,588 kN/m²
q_d,dach = 1,35·6,048 + 1,50·1,20 = 9,965 kN/m²

Fotowoltaika na ramach balastowych

W_mod = 1,50·0,55·0,7·1,944 m² = 1,122 kN
B_mod = 1,122 − 0,9·0,22 = 0,924 kN

Układ: 15 modułów na ramach balastowych na polu 53,4 m². Balast równoważy podrywanie wiatrem bez kotwienia przez membranę dachową; wartości są orientacyjne i zależą od wyrobu.

3 Strop nad parterem

Płyta żelbetowa jednokierunkowa, pasy 1 m szerokości: A – bez ściany nad stropem, Z – ze ścianą E4 (reakcja dachu jako obciążenie punktowe), H – ze ścianą E2 równoległą do rozpiętości, rozłożoną na szerokości efektywnej. Siły wewnętrzne z belki dwuprzęsłowej o przekroju stałym, podpora środkowa na ścianie B1.

Obciążenia i bilans reakcji

L1 = 4,260 m, L2 = 3,160 m, a(E4) = 3,500 m, d = 170 mm, f_cd = 16,7 MPa (C25/30)
g_E4 = 3,72·2,75 = 10,23 kN/m
P_Z = 1,35·10,23 + 46,33/1,0 = 60,14 kN/m
q_E2 = (1,35·10,23 + 10,86)/1,5 = 16,45 kN/m

ΣF(A) = (q_d + q_dod)·(L1 + L2) + P = (15,59 + 0,00)·7,420 + 13,81 = 129,47 kN/m
ΣR(A) = 27,90 + 87,42 + 14,16 = 129,47 kN/m

ΣF(Z) = (q_d + q_dod)·(L1 + L2) + P = (15,59 + 0,00)·7,420 + 60,14 = 175,81 kN/m
ΣR(Z) = 32,61 + 133,83 + 9,37 = 175,81 kN/m

ΣF(H) = (q_d + q_dod)·(L1 + L2) + P = (15,59 + 16,45)·7,420 + 0,00 = 237,71 kN/m
ΣR(H) = 54,45 + 151,24 + 32,02 = 237,71 kN/m

Suma reakcji równa się sumie obciążeń: sprawdzenie niezależne od rozwiązania belki ciągłej.

Momenty i zbrojenie

Pas	Przekrój	M_Ed, kNm/m	A_s,req, mm²/m	A_s,min, mm²/m	A_s, mm²/m
A	przęsło 1 (dół)	24,96	355	230	355
A	podpora B1 (góra)	33,10	471	230	471
A	przęsło 2 (dół)	6,43	92	230	230
Z	przęsło 1 (dół)	34,11	486	230	486
Z	podpora B1 (góra)	48,22	689	230	689
Z	przęsło 2 (dół)	2,81	40	230	230
H	przęsło 1 (dół)	46,26	659	230	659
H	podpora B1 (góra)	58,75	850	230	850
H	przęsło 2 (dół)	16,00	228	230	230

A_s,min = max(0,26·f_ctm/f_yk; 0,0013)·b·d = 230 mm²/m
A_s,siatka = π·10²/4·1000/200 = 393 mm²/m (Ø10/200 dołem)
A_s,góra = π·12²/4·1000/200 = 565 mm²/m (Ø12/200 nad podporą B1)
pas Z: A_s,dod ≥ 123 mm²/m → Ø10/200: 393 mm²/m, szerokość 1,5 m zachowany
pas H: A_s,dod ≥ 285 mm²/m → Ø10/200: 393 mm²/m, szerokość 1,5 m zachowany
A_s,siatka = 393 ≥ max A_s(A) = 355 mm²/m: zachowany; góra 565 ≥ 471: zachowany

Ścinanie i ugięcie (smukłość)

Pas	V_Ed, kN/m	V_Rd,c, kN/m	V_Ed/V_Rd,c	L1/d	Granica	Wynik
A	52,5	84,1	0,62	25,1	40	zachowany
Z	80,3	92,2	0,87	25,1	40	zachowany
H	90,7	92,2	0,98	25,1	40	zachowany

Ścinanie sprawdzono bez strzemion (płyta). W pasach Z i H uwzględniono dodatkowe zbrojenie dolne pasa

wzmacniającego. Smukłość L1/d porównano z wartością graniczną dla stopnia zbrojenia płyty.

Strefy G i H (nad garażem i klatką schodową)

Strefa	L, m	M_Ed, kNm/m	A_s,req, mm²/m	A_s, mm²/m	R_d, kN/m	L/d / lim.	Wynik
G	3,42	22,79	325	393	26,7	20,1 / 40	zachowany
H	1,18	2,71	39	393	9,2	6,9 / 40	zachowany

M_Ed = q_d·L²/8, R_d = q_d·L/2 (q_d = 15,588 kN/m², wolnopodparta w kierunku x)

Otwór klatki schodowej 1,00 × 3,78 m: obrzeże 4Ø12 i 8 prętów narożnych Ø12 przywraca przerwane zbrojenie siatki.

Pas wzmacniający zaprojektowano z minimalnej siatki Ø10/200 i dodatkowych prętów w miejscach ścian nad stropem; rozmieszczenie na arkuszu CD-04.

DEMO

4 Nadproża

Nadproża żelbetowe jako belki wolnopodparte: M = w_d·L²/8, przekrój pojedynczo zbrojony, ścinanie bez strzemion albo ze strzemionami Ø6 lub Ø8. Obciążenie w_d zawiera ścianę nad otworem, wieńce, attykę i reakcje dachu oraz stropu w strefach obciążonych.

Poz.	L, m	w_d, kN/m	M, kNm	V, kN	A_s,req, mm²	Zbrojenie dolne	Strzemiona	V_Rd, kN	Wynik
N1-1	1,05	27,6	3,8	14,5	12	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N1-2	2,85	72,7	73,8	103,6	237	3Ø12	Ø6/150	111	zachowany
N1-3	1,85	72,7	31,1	67,3	100	2Ø10	Ø6/150	111	zachowany
N1-4	2,75	27,6	26,1	38,0	84	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N1-5	1,25	27,6	5,4	17,3	17	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N1-6	2,25	52,1	33,0	58,6	106	2Ø10	Ø6/150	111	zachowany
N1-7	1,25	52,1	10,2	32,6	33	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N1-8	1,05	71,3	9,8	37,4	32	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N1-9	2,25	27,6	17,5	31,1	56	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N1-10	1,65	27,6	9,4	22,8	30	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-1	1,65	10,5	3,6	8,7	11	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-2	1,45	10,5	2,8	7,6	9	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-3	1,45	23,0	6,0	16,7	19	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-4	1,25	23,0	4,5	14,4	14	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-5	1,85	10,5	4,5	9,7	14	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-6	2,05	25,6	13,5	26,3	43	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-7	1,65	25,6	8,7	21,1	28	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-8	1,45	27,5	7,2	20,0	23	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-9	1,45	27,5	7,2	20,0	23	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-10	1,25	10,5	2,1	6,6	7	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-11	2,05	10,5	5,5	10,8	18	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N1-B0.1	1,15	83,9	13,9	48,3	44	2Ø10	Ø6/150	111	zachowany
N1-B1.1	2,65	138,7	121,7	183,8	390	3Ø14	Ø8/150	198	zachowany
N1-B3.1	1,05	14,1	1,9	7,4	6	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-E0.1	1,15	32,8	5,4	18,8	17	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-E0.2	1,15	32,8	5,4	18,8	17	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-E2.1	1,15	15,7	2,6	9,0	8	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-E2.2	1,15	15,7	2,6	9,0	8	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany
N2-E4.1	1,05	51,2	7,1	26,9	23	2Ø10	Ø6/200	44	zachowany

Przykład: nadproże miarodajne N1-B1.1

N1-B1.1: L = 2,65 m, b × h = 180 × 800 mm, d = 755 mm, w_d = 138,69 kN/m
M_Ed = 138,69·2,65²/8 = 121,7 kNm
V_Ed = 138,69·2,65/2 = 183,8 kN
A_s,req = M_Ed / (z·f_yd), f_yd = 434,8 MPa = 390 mm²
zbrojenie dolne 3Ø14: A_s = 462 mm² ≥ 390 mm² zachowany
V_Ed = 183,8 kN > V_Rd,c = 50,4 kN → strzemiona Ø8/150: V_Rd,s = 198,0 kN zachowany

Zestawienie obejmuje 29 nadproży okiennych, drzwiowych i w ścianach wewnętrznych; wszystkie mieszczą się w granicach zbrojenia. Szczegóły i długości oparcia na arkuszach CD-02 i CD-05.

DEMO

5 Dach płaski

Płyta żelbetowa dachu płaskiego z attyką, spadek wykonany warstwą spadkową styropianu. Strefy: RW i RH – jednoprzęsłowe w kierunku x, RE – dwuprzęsłowa w kierunku y nad ścianą E4.

Obciążenie obliczeniowe

q_d = 1,35·6,048 + 1,50·1,20 = 9,965 kN/m²
q_k = 6,048 + 1,20 = 7,248 kN/m²
h = 200 mm, d = 170 mm, f_cd = 16,7 MPa (C25/30), A_s,min = 230 mm²/m

Strefy płyty

Strefa	Schemat	L, m	M_pole, kNm/m	M_pod, kNm/m	A_s,req, mm²/m	R_d, kN/m	L/d / lim.	
RW	wolnopodparta	3,42	14,57	–	207	17,0	20,1 / 40	zachowany
RH	wolnopodparta	2,18	5,92	–	84	10,9	12,8 / 40	zachowany
RE	ciągła 3,50 + 3,92 m	3,92	11,46	17,31	163 / 247	46,3	23,1 / 40	zachowany

A_s,siatka = π·10²/4·1000/200 = 393 mm²/m (Ø10/200 dołem)
nad podporą E4: A_s,req = 247 mm²/m; A_s,siatka ≥ A_s,req zachowany
reakcje podpory E4: R_d = 46,3 kN/m (szczegóły: rozdział 6)

Ścinanie

V_Ed = max(0,6·R_E4; R_S; R_N) = max(27,80; 12,49; 15,12) = 27,80 kN/m
V_Rd,c = max(0,12·k·(100·ρ·f_ck)^(1/3); 0,035·k^1,5·√f_ck)·b·d = 84,15 kN/m
V_Ed / V_Rd,c = 0,33 zachowany

Attyka

w_d = 1,50·0,770 = 1,155 kN/m²
M_Ed = w_d·h²/2 = 1,155·0,85²/2 = 0,417 kNm/m
A_s,req = max(M_Ed / (z·f_yd); 0,0013·b·d), d = 140 mm = 182 mm²/m
Ø10/200: A_s = 393 mm²/m zachowany

Podrywanie pokrycia

w_up = 1,50·0,660 − 0,9·5,727 = -4,164 kN/m²
w_up ≤ 0 → brak podrywu pokrycia dachu (bez FV) zachowany

Spadek i warstwa ocieplenia

spadek 2 % na odcinku 7,10 m do najdalszego wpustu = 142 mm
izolacja 205 … 347 mm (średnio 276 mm)

Moduły fotowoltaiczne stoją na ramach balastowych (ciężar w obciążeniu stałym); podrywanie sprawdza się dla najlżejszego układu warstw bez modułów.

6 Ściany i wieńce

Ściany z silikatów sprawdzono na ściskanie ze mimośrodem wynikającym ze smukłości, na odcinkach między otworami (filarki). Obciążenie z góry to ciężar własny, wieńce, attyka oraz reakcje płyty dachu i stropu w strefie obciążonej; poza strefą ściana niesie tylko ciężar własny.

Ściany zewnętrzne

g_wspólne = 4,17 + 1,12 + 3,79·2,75 + 1,12 = 16,85 kN/m
n_g = g_wspólne + g_ściana·h_parter + R_g,dach + R_g,strop = 26,89 kN/m (bez reakcji)
R_g,strop = R_k,strop · g/(g + q) = R_k,strop · 0,8682

Element	n_g	n_q	n_d, kN/m	k_conc	N_Ed, kN/m	λ	φ	N_Rd, kN/m	Wykorz.
Ściana południowa	55,1	4,6	81,4	2,76	224,6	14,7	0,579	260,6	0,86
Ściana północna	42,0	2,7	60,8	2,07	125,9	14,7	0,579	260,6	0,48
Ściana zachodnia	54,1	4,6	80,0	1,11	88,9	14,7	0,579	260,6	0,34
Ściana wschodnia	26,9	0,0	36,3	1,74	63,1	14,7	0,579	260,6	0,24

λ = h_ef / t = 2,65 / 0,18 = 14,7 (≤ 21)
e_t = 0,10 + 0,0075·λ = 0,210, φ = 1 − 2·e_t = 0,579
N_Rd = φ·f_d·t = 0,579·2,50·180 = 260,6 kN/m
N_Ed = n_d · k_conc (k_conc = długość strefy / suma filarów między otworami)

Ściany nośne wewnętrzne

Element	n_d, kN/m	k_conc	N_Ed, kN/m	N_Rd, kN/m (180)	Wykorz. 180	t_mod, mm	Wykorz. mod.	180 mm	t wg modelu
B1	148,7	1,57	232,8	260,6	0,89	180	0,89	zachowany	zachowany
B0	93,9	1,14	107,2	260,6	0,41	180	0,41	zachowany	zachowany
B3	24,0	1,16	28,0	260,6	0,11	180	0,11	zachowany	zachowany
E0	43,2	1,33	57,5	256,9	0,22	180	0,22	zachowany	zachowany
E2	26,2	1,33	34,9	256,9	0,14	180	0,14	zachowany	zachowany
E4	61,7	1,17	71,9	256,9	0,28	180	0,28	zachowany	zachowany

Kolumny 180 mm: grubość przyjęta do obliczeń; kolumny wg modelu: grubość ściany w rysunkach architektonicznych (180 mm). Obie grubości są równe, więc oba zestawy wyników są takie same. Ściany B1, B3, E2 i E4 pogrubiono w modelu ze 100 do 180 mm na podstawie tego sprawdzenia: przy 100 mm smukłość przekraczała granicę, a nośność ściany B1 nie wystarczała.

Wieńce i cokół żelbetowy

Poz.	b × h, mm	z, m	A_s,min, mm²	Zbrojenie	A_s, mm²	Σl, m	Wynik
W-1	180 × 250	2,65 … 2,90	90	4Ø12	452	57,2	zachowany
W-2	180 × 250	5,65 … 5,90	90	4Ø12	452	57,8	zachowany
W-0	180 × 750	-0,75 … 0,00	270	4Ø12	452	0,0	zachowany

A_s,min = 0,002·b·h; A_s = n·π·d²/4 = 4·π·12²/4 = 452 mm²

Wieńce W-1 i W-2 o zbrojeniu konstrukcyjnym 4Ø12 i minimalnym przekroju 0,2 % pola; cokół W-0 zastępuje ścianę fundamentową.

7 Fundamenty i płyta na gruncie

Ławy żelbetowe pod ścianami nośnymi na gruncie przyjętym jako podstawa projektowa (status: przyjęto), o nośności R_0. Docisk liczono z obciążeń charakterystycznych ściany i ciężaru własnego ławy z cokołem; ławy wewnętrzne dobrano tak, aby docisk nie przekroczył R_0. Głębokość posadowienia wynika z mapy przemarzania PN-B-03020, strefa II (Małopolska, okolice Krakowa), hz = 1,0 m.

Docisk pod ławami

Element	n_k, kN/m	g_ława, kN/m	b, m	p_k, kPa	R_0, kPa	Wykorz.	
Ściana południowa	59,8	9,37	0,60	115,3	150	0,77	zachowany
Ściana północna	44,7	9,37	0,60	90,2	150	0,60	zachowany
Ściana zachodnia	58,7	9,37	0,60	113,5	150	0,76	zachowany
Ściana wschodnia	26,9	9,37	0,60	60,4	150	0,40	zachowany
B0 (garaż / dom)	68,8	13,37	1,00	82,2	150	0,55	zachowany
B1 (salon)	108,7	13,37	1,00	122,1	150	0,81	zachowany
B3 (klatka schodowa)	17,7	13,37	1,00	31,1	150	0,21	zachowany

p_k = (n_k + g_ława) / b, g_ława = b·h·25 + t·h_cokół·25 = 0,60·0,40·25 + 3,38 = 9,37 kN/m (ława zewn.)
R_0 = 150 kPa – założenie do czasu badań geotechnicznych (ławy wewn. 1,00 m dobrane tak, aby p_k ≤ R_0)

Ława nad słabym miejscem gruntu

wysięg = (b − t)/2 = (0,60 − 0,18)/2 = 0,21 m
h / wysięg = 0,40 / 0,21 = 1,90 ≥ 1,5 zachowany (rozkład docisku w ławie bez zbrojenia poprzecznego)
q_d,słab = 1,35·(55,15 + 6,00) + 1,50·4,64 = 89,51 kN/m
M_Ed = q_d·l²/8 = 89,5·3,0²/8 = 100,7 kNm
A_s,req = M_Ed / (z·f_yd), d = 1090 mm, b = 600 mm = 224 mm²
4Ø12: A_s = 452 mm² ≥ 224 mm² zachowany

Założono lokalną utratę podparcia na długości 3,0 m; ława z cokołem pracuje jako belka. Jest to zabezpieczenie orientacyjne do czasu badań geotechnicznych.

Płyta posadzki na gruncie

w_k = 4,39 + 1,50 = 5,89 kPa
w_k = 5,89 kPa ≤ σ_EPS,dop = 33 kPa (σ10 = 100 kPa / (1,5·2)) zachowany
p_ścianka = w_k + q/b_ef = 5,89 + 5,50/0,30 = 24,2 kPa
p_ścianka ≤ 33 kPa zachowany
A_s,siatka = π·6²/4·1000/150 (Ø6/150, A_s,min = 150 mm²/m) = 188 mm²/m
dylatacje: 3 × 2 pól, największe pole 3,75 m ≤ 4,50 m zachowany

Warunek obowiązkowy: nośność gruntu, poziom wody i głębokość posadowienia potwierdzają badania geotechniczne przed rozpoczęciem robót; do tego czasu R_0 jest gruntem przyjętym, a głębokość ław – wartością dla lokalizacji projektowej, do sprawdzenia na działce.

8 Stateczność i usztywnienie

Siłę wiatru przenoszą filarki ścian na ścinanie, a przewrócenie sprawdzono względem ciężaru całego budynku ze współczynnikiem 0,9. Tarcze stropu i dachu (płyty żelbetowe 200 mm) rozdzielają siłę na ściany.

w_k = 0,55·1,3 = 0,715 kPa
z_góra = 6,75 m (kalenica = górna krawędź attyki), ramię siły wiatru = z_góra/2 = 3,375 m

Kierunek y (wiatr na ściany N/S)

Element	L, m	t, mm	f_vd, MPa	V_Rd, kN
Ściana zachodnia	0,90	180	0,154	25,0
Ściana zachodnia	6,30	180	0,154	174,8
Ściana wschodnia	1,20	180	0,127	27,4
Ściana wschodnia	2,30	180	0,127	52,5
Ściana wschodnia	1,10	180	0,127	25,1
B0 (garaż / dom)	6,02	180	0,110	119,2
B3 (klatka schodowa)	4,70	180	0,110	93,1

F_d = 1,50·0,715·81,00 m² = 86,9 kN
ΣV_Rd = 25,0 + 174,8 + 27,4 + 52,5 + 25,1 + 119,2 + 93,1 = 517,1 kN
F_d / ΣV_Rd = 0,17 zachowany
M_ov = F_d·z_ov = 86,9·3,375 = 293,2 kNm
M_st = 0,9·G·a/2 = 0,9·2835·8,0/2 = 10207 kNm
M_ov / M_st = 0,029 zachowany

Kierunek x (wiatr na ściany W/E)

Element	L, m	t, mm	f_vd, MPa	V_Rd, kN
Ściana północna	1,50	180	0,142	38,3
Ściana południowa	1,00	180	0,155	27,9
Ściana południowa	1,11	180	0,155	31,0
B1 (salon)	3,02	180	0,110	59,8
B1 (salon)	1,22	180	0,110	24,2

F_d = 1,50·0,715·54,00 m² = 57,9 kN
ΣV_Rd = 38,3 + 27,9 + 31,0 + 59,8 + 24,2 = 181,2 kN
F_d / ΣV_Rd = 0,32 zachowany
M_ov = F_d·z_ov = 57,9·3,375 = 195,5 kNm
M_st = 0,9·G·a/2 = 0,9·2835·12,0/2 = 15310 kNm
M_ov / M_st = 0,013 zachowany

Ciężar budynku (stały, bez obciążenia zmiennego)

Składnik ciężaru	G, kN
Ściany zewnętrzne i wewnętrzne	1170
Wieńce, cokół i attyka	369
Strop nad parterem	804
Płyta dachu z warstwami i fotowoltaiką	492
Razem G	2835

Ścinanie filarków: f_vk = f_vk0 + 0,4·σ_d (z ograniczeniem), γ_M; filarki krótsze niż 0,9 m pominięto.

9 Zbrojenie

Zestawienie wg pozycji: masa każdej pozycji jest przeliczana niezależnie ze wzoru n·l·π·d²/4·7850 kg/m³. Długości uwzględniają zakłady i pręty 6 m (dodatek 1,08 do długości netto).

Poz.	Element	Opis	Ø	Szt.	l, m	Σl, m	Masa, kg
1	Ł1	pręty podłużne	Ø12	4	40,69	162,8	144,5
2	Ł1	strzemiona	Ø6	126	1,88	236,9	52,6
3	Ł2	pręty podłużne	Ø12	4	19,87	79,5	70,6
4	Ł2	strzemiona	Ø6	62	2,68	166,2	36,9
5	W-0	pręty podłużne	Ø12	4	60,57	242,3	215,1
6	W-0	strzemiona	Ø6	281	1,82	511,4	113,5
7	W-1	pręty podłużne	Ø12	4	61,81	247,2	219,5
8	W-1	strzemiona	Ø6	287	0,82	235,3	52,2
9	W-2	pręty podłużne	Ø12	4	62,42	249,7	221,7
10	W-2	strzemiona	Ø6	290	0,82	237,8	52,8
11	Ps	dolne, kierunek y	Ø10	58	7,74	448,9	277,0
12	Ps	dolne, kierunek x	Ø10	38	11,74	446,1	275,3
13	Ps	górne nad podporą	Ø12	35	2,76	96,5	85,7
14	Ps	dodatkowe dolne w strefie	Ø10	30	4,66	139,8	86,3
15	Ps	dodatkowe górne w strefie	Ø10	30	2,76	82,7	51,0
16	Ps	dodatkowe dolne, hol	Ø10	9	7,82	70,4	43,4
17	Ps	dodatkowe górne nad B1, pas H	Ø10	9	2,76	24,8	15,3
18	Ps	narożne (kątowniki)	Ø12	8	1,20	9,6	8,5
19	Ps	obrzeże płyty	Ø12	4	5,58	22,3	19,8
20	Pd	dolne, kierunek y	Ø10	58	7,74	448,9	277,0
21	Pd	dolne, kierunek x	Ø10	38	11,74	446,1	275,3
22	Pd	górne nad podporą	Ø10	30	2,55	76,6	47,2
23	Pd	wokół wpustów	Ø10	8	1,10	8,8	5,4
24	At	pionowe, attyka	Ø10	190	1,40	266,0	164,1
25	At	poziome, attyka	Ø8	4	40,69	162,8	64,3
26	Pg	siatka, kierunek x	Ø6	50	11,54	577,0	128,1
27	Pg	siatka, kierunek y	Ø6	76	7,54	573,0	127,2
28	N	pręty dolne nadproży	Ø10	8	1,24	9,9	6,1
29	N	pręty dolne nadproży	Ø10	10	1,34	13,4	8,3
30	N	pręty dolne nadproży	Ø10	8	1,44	11,5	7,1
31	N	pręty dolne nadproży	Ø10	8	1,64	13,1	8,1
32	N	pręty dolne nadproży	Ø10	6	1,84	11,0	6,8
33	N	pręty dolne nadproży	Ø10	4	2,04	8,2	5,0
34	N	pręty dolne nadproży	Ø10	4	2,24	9,0	5,5
35	N	pręty dolne nadproży	Ø10	4	2,44	9,8	6,0
36	N	pręty dolne nadproży	Ø10	2	2,94	5,9	3,6
37	N	pręty dolne nadproży	Ø12	3	3,04	9,1	8,1
38	N	pręty dolne nadproży	Ø14	3	2,84	8,5	10,3
39	N	pręty górne nadproży	Ø6	26	1,50	39,0	8,7
40	N	pręty górne nadproży	Ø6	14	2,00	28,0	6,2
41	N	pręty górne nadproży	Ø6	12	2,50	30,0	6,7

Poz.	Element	Opis	Ø	Szt.	l, m	Σl, m	Masa, kg
42	N	pręty górne nadproży	Ø6	4	3,00	12,0	2,7
43	N	pręty górne nadproży	Ø6	2	3,50	7,0	1,6
44	N	strzemiona nadproży	Ø6	63	1,92	121,0	26,9

DEMO

Poz.	Element	Opis	Ø	Szt.	l, m	Σl, m	Masa, kg
45	N	strzemiona nadproży	Ø6	92	1,92	176,6	39,2
46	N	strzemiona nadproży	Ø6	39	1,92	74,9	16,6
47	N	strzemiona nadproży	Ø6	107	1,92	205,4	45,6

Wg średnic

Średnica	kg/m	Długość, m	Masa, kg
Ø6	0,222	3231,6	717,4
Ø8	0,395	162,8	64,3
Ø10	0,617	2550,9	1573,9
Ø12	0,888	1119,0	993,6
Ø14	1,208	8,5	10,3
Razem		7072,7	3359,5

Wg elementów

Element	Masa, kg	%
Ps	862,2	25,7
Pd	604,9	18,0
W-0	328,7	9,8
W-2	274,5	8,2
W-1	271,8	8,1
Pg	255,3	7,6
N	229,1	6,8
At	228,4	6,8
Ł1	197,1	5,9
Ł2	107,5	3,2

Σm = 3359,5 kg; V(beton) = 80,14 m³; Σm / V = 41,9 kg/m³
m = n·l·π·d²/4·7850 kg/m³ (każda pozycja przeliczana niezależnie od tabeli)

DEMO

10 Ilości

Ilości betonu, stali i materiałów pochodzą z tych samych objętości, które widać w obliczeniach; każdą pozycję przeliczono z liczb wypisanych w kolumnie podstawy. Zestawienie powtarza arkusz CD-11.

Fundamenty i płyta na gruncie

Pozycja	Ilość	Jedn.	Podstawa (wzór z liczb obliczeń)
Ława Ł1 (obwodowa), beton C20/25	9,04	m³	b·h·L = 0,60·0,40·37,68 m (obwód ścian)
Ława Ł2 (wewnętrzna), beton C20/25	7,36	m³	b·h·L = 1,00·0,40·18,40 m
Cokół żelbetowy W-0, beton C20/25	7,57	m³	0,18·0,75·37,68 m (po Ł1) + 0,18·0,75·18,40 m (po Ł2)
Płyta na gruncie 100 mm, beton C20/25	8,14	m³	pole 81,38 m² · 0,10 m
Podsypka żwirowa 250 mm	20,34	m³	pole 81,38 m² · 0,25 m
EPS pod płytą 110 mm	81,38	m²	pole płyty wg CD-03

Ściany, wieńce i stropy

Pozycja	Ilość	Jedn.	Podstawa (wzór z liczb obliczeń)
Wieniec W-1 180×250 mm, beton C25/30	2,58	m³	0,18·0,25·57,23 m (obwód i ściany nośne wewnętrzne)
Nadproża (29 szt.), beton C25/30	5,30	m³	wg CD-05: Σ L·b·h = 7,70 m³ minus 2,41 m³ wspólne z wieńcami
Strop nad parterem 200 mm, beton C25/30	15,52	m³	pole netto 77,60 m² · 0,20 m (z otworem schodowym)
Silikaty, ściany zewnętrzne 180 mm	29,3	m³	powierzchnia muru 162,7 m² · 0,18 m (bez wieńców i nadproży)
Silikaty, ściany wewnętrzne nośne 180 mm	15,2	m³	powierzchnia 84,2 m² · 0,18 m

Dach płaski

Pozycja	Ilość	Jedn.	Podstawa (wzór z liczb obliczeń)
Płyta dachu 200 mm, beton C25/30	16,28	m³	pole 81,38 m² · 0,20 m
Wieniec W-2 180×250 mm, beton C25/30	2,60	m³	0,18·0,25·57,80 m
Attyka żelbetowa 180×850 mm, beton C25/30	5,77	m³	0,18·0,85 m = 0,153 m³/m · obwód 37,68 m
Izolacja dachu (EPS w spadku)	26,5	m³	pole dachu 96,0 m² · średnia grubość 0,276 m

Stal zbrojeniowa B500 wg średnic

Pozycja	Ilość	Jedn.	Podstawa (wzór z liczb obliczeń)
Stal Ø6	717,4	kg	specyfikacja CD-02, masa π·d²/4·7850 na metr długości
Stal Ø8	64,3	kg	specyfikacja CD-02, masa π·d²/4·7850 na metr długości
Stal Ø10	1573,9	kg	specyfikacja CD-02, masa π·d²/4·7850 na metr długości
Stal Ø12	993,6	kg	specyfikacja CD-02, masa π·d²/4·7850 na metr długości
Stal Ø14	10,3	kg	specyfikacja CD-02, masa π·d²/4·7850 na metr długości

Razem

Pozycja	Ilość	Jedn.	Podstawa (wzór z liczb obliczeń)
Beton, razem	80,14	m³	C20/25 32,11 m³ + C25/30 48,03 m³: suma wszystkich pozycji betonu powyżej
Stal zbrojeniowa, razem	3359,5	kg	41,9 kg/m³ betonu

Ilości są netto z modelu i nie zawierają zapasów na odpady ani zakłady poza podanymi.

DEMO

11 Punkty otwarte i rola uprawnionego projektanta

Poniższe punkty wynikają z obliczeń. Punkty otwarte wymagają rozstrzygnięcia przez konstruktora i projektanta; punkt «przyjęto» (grunt) pozostaje warunkiem obowiązkowym do czasu badań geotechnicznych.

Lp.	Temat	Status	Opis
1	Otwór schodowy	otwarta	Obciążenia od biegów schodowych i oparcie schodów nie zostały sprawdzone; wokół otworu schodowego przyjęto tylko zbrojenie narożne (CD-04) – sprawdzić osobno.
2	Attyka	otwarta	Attyka jest wspornikiem utwierdzonym w płycie dachu i wieńcu W-2; sprawdzono tylko zginanie od wiatru. Zakotwienie, dylatacje i obróbki attyki (CD-07) wymagają sprawdzenia przez konstruktora.
3	Moduły PV	otwarta	15 modułów PV stoi na ramach balastowych, balast 0,92 kN na moduł wynika z ssania wiatru. Układ ram, masę balastu i sposób ułożenia na membranie potwierdza dostawca systemu i konstruktor.
4	Odwodnienie dachu	otwarta	Odwodnienie: 2 wpusty ze spadkiem 2 % z warstwy EPS. Przelewy awaryjne i obciążenie wodą przy zatkanych wpustach nie zostały sprawdzone (CD-06) – uzgodnić z projektantem instalacji.
5	Grunt (przyjęty)	przyjęto	Grunt przyjęty jako podstawa projektowa: R0 = 150 kPa, największy nacisk pod ławami 122 kPa. Warunek obowiązkowy: badania geotechniczne działki przed rozpoczęciem robót potwierdzają nośność, poziom wody i głębokość posadowienia; do tego czasu status: przyjęto, bez zamknięcia.
6	Ściany nośne wewnętrzne B1, B3, E2	zamknięta	Ściany nośne wewnętrzne parteru i piętra (B1, B3, E2, E4) pogrubiono w modelu ze 100 do 180 mm. Ściana B1: wykorzystanie nośności 0,89 (granica 1,00), smukłość λ = 14,7; wymagana grubość co najmniej 180 mm, dla przyjętych 180 mm wykorzystanie wynosi 0,89.
7	Ściana nośna piętra E4	zamknięta	Ściana E4 (podpiera płytę dachu) ma w modelu 180 mm: smukłość λ = 15,3 przy dopuszczalnej 21; w ciężarach przyjęto 180 mm.
8	Głębokość ław	zamknięta	Spód ławy leży 1,00 m poniżej terenu; głębokość przemarzania hz = 1,00 m wg mapy PN-B-03020, strefa II (lokalizacja projektowa: Małopolska, okolice Krakowa). Norma jest wycofana, mapa stref pozostaje w powszechnym użyciu; wartość lokalną potwierdzają badania geotechniczne i sprawdzenie na działce. Zamknięta dla lokalizacji projektowej.
9	Śnieg i wiatr	zamknięta	Lokalizacja projektowa: Małopolska, okolice Krakowa, 220 m n.p.m., strefa śniegowa 3 wg krajowego załącznika do PN-EN 1991-1-3: s_k = max(0,006 · A − 0,6; 1,2) = 1,20 kPa, przyjęto 1,2 kPa. Ciśnienie wiatru q_p = 0,55 kPa (strefa 1) to dana projektowa. Zamknięta dla lokalizacji projektowej; na działce strefy i wysokość sprawdzić ponownie.
10	Izolacja dachu	zamknięta	Izolacja dachu płaskiego: klin spadkowy EPS od 205 do 347 mm (CD-06); uwaga o grubości izolacji zamknięta.
11	Obciążenia	zamknięta	Wszystkie obciążenia są podane (tabela na tym arkuszu); uwaga o braku obciążeń zamknięta.
12	Ścianki działowe	zamknięta	Ciężar ścianek działowych uwzględniono dodatkiem 2,99 kN/m² w obciążeniu stropu.

Rola projektanta

Wyniki orientacyjne, nie stanowią obliczeń do wykonania ani podstawy do realizacji. Obliczenia, wymiary i zbrojenie muszą zostać opracowane i sprawdzone przez uprawnionego konstruktora oraz przejęte przez projektanta (IARP) po badaniach geotechnicznych.

Kolejny krok: obowiązkowe badania geotechniczne działki, sprawdzenie stref obciążeń i głębokości przemarzania na działce, ostateczny przekrój ścian wewnętrznych nośnych oraz sprawdzenie obliczeń przez uprawnionego konstruktora i przejęcie ich przez projektanta (IARP).

DEMO