ბახვი 2B ჰესი

სათავე ნაგებობების დატვირთვები

თბილისი

2022

1 ბახვი 2B (BK2B) ჰესის სათავე ნაგებობის დატვირთვის აღწერა

FE-პროგრამაში გამოყენებული საანგარიშო დატვირთვები შეგიძლიათ იხილოთ საანგარიშო ჟურნალში (დასაბეჭდი სიები).

1.1 სტატიკური დატვირთვები

საერთო სამშენებლო მასალების წონის ერთეული განისაზღვრება შემდეგნაირად:

- მონოლითური ბეტონი 24.0 კნ/მ³
- რკინაბეტონი 25.0 კნ/მ³
- ფოლადი 78.5 კნ/მ³
- ქვის ნაგებობა 12.0 კნ/მ³
- წყალი 9.81 კნ/მ³

1.2 დინამიური დატვირთვები

დატვირთვების განსაზღვრა ხდება საერთაშორისო სტანდარტების და შესადარებელი პროექტების გამოცდილების მიხედვით. ქვემოთ მოცემულია სხვადასხვა ტიპის დატვირთვების აღწერა. მოძრავი დინამიკური დატვირთვები ცხრილის სახით მოცემულია აღნიშნული თავის ბოლოს.

1.3 ტექნიკის დატვირთვები:

ხიდების მოვლისთვის და მათთან მისასვლელად გამოყენებული უნდა იყოს ევროკოდიდან შერჩეული სატრანსპორტო საშუალებების დატვირთვები ("დატვირთვის მოდელი" LM1).

1.4 სათავე ნაგებობის დატვირთვის ცხრილი

ცხრილი 1: სათავე ნაგებობის დატვირთვის ცხრილი

	სათავე ნაგებობის დატვირთვის ცხრილი სპეციფიკაცია:	დატვირთვები [კნ/მ²]:
ქვიშადამჭერი		
	ტექმომსახურების ოთახი	10.00
	ზედა ბოლო ფილა (მშენებლობის ეტაპისთვის)	LM 1 (EN1991-2-ის მიხედვით)
	კიბე და ხიდი	5.0
ხიდი		
	ღერძის დატვირთვები	LM 1

	ზედაპირული დატვირთვები	(EN1991-2-ის მიხედვით)

1.5 ქარისმიერი დატვირთვები

ქარისმიერი დატვირთვის შესახებ ინფორმაცია მოგვაწოდა დამკვეთმა საქართველოს კლიმატოლოგიური სტანდარტის - PN 01.05-08 საფუძველზე. ზღვის დონიდან 1926 მ სიმაღლეზე, კურორტ ბახმაროს მაგალითზე ქარისმიერი დატვირთვა განისაზღვრა 0.73 კპა-ით, ხოლო ქარის უმაღლესი სიჩქარეა -34.0 მ/წმ-ით 15 წლიანი განმეორებადობის პერიოდისთვის.

ავსტრიული სტანდარტის ევროკოდის EN 1991-1-4 და B 1991-1-4 ჯვარედინმა შემოწმებამ მოგვცა შემდეგი სახის შედეგები:

საბაზისო ქარის სიჩქარის ხაზობრივად ინტერპოლირება შესაძლებელია A.2 EN 1991-1-4 ცხრილის მიხედვით.

სათავე ნაგებობა (1059.0m): $v_{b0} = 30.56\ m/s$

ორივე მნიშვნელობა შედარებულია და გამოყენებულია უფრო მაღალი (ქარისთვის: ევროკოდის სტანდარტი) მნიშვნელობა.

რელიეფის კატეგორიები და რელიეფის პარამეტრები უნდა შეირჩეს 4.1 EN 1991-1-4. ცხრილის მიხედვით. ძალური კვანძის და სათავე ნაგებობის ტოპოგრაფიული მდებარეობისთვის შეირჩევა კატეგორია II.

შიდა წნევის კოეფიციენტი შეირჩევა ევროკოდი EN 1991-1-4/7.2.9(6) მიხედვით $c_{pi,max} = 0.20$, $c_{pi,min} = -0.30$ ფორმულით.

ქარისმიერი დატვირთვები გამოიყენება კონკრეტული შენობის სიმაღლისა და გეომეტრიის გათვალისწინებით, აღნიშნული სტანდარტების ცხრილებისა და განტოლების მიხედვით.

შემდეგი დატვირთვები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ბრტყელი, <5° დახრილობის სახურავის მქონე ძალური კვანძისთვის:

<u>ქარისმიერი დატვირთვის შემომავალი მიმართულება 0°:</u>

დაწნევის ფართობი D = 0,97 კნ/მ²

შეწოვის ფართობი E = -0.50 კნ/მ²

<u>ქარისმიერი დატვირთვა სახურავზე (მთლიანი კონსტრუქციისთვის მხოლოდ H და I უბნების მნიშვნელობები გამოიყენება):</u>

დაწნევის ფართობი H = 0.52 კნ/მ²

შეწოვის ფართობი I = -0.93 კნ/მ²

შესაბამისად, ევროკოდის მიხედვით, პროექტირებისთვის გამოყენებულია უფრო მაღალი მნიშვნელობები.

1.6 თოვლისმიერი დატვირთვები

როგორც საპროექტო კრიტერიუმებში განისაზვრა, ძალური კვანძისთვის თოვლისმიერ დატვირთვად განისაზღვრა 7.80კნ/მ². სათავე ნაგებობისთვის დატვირთვები ინტერპოლირებული იქნა ძალური კვანძის დატვირთვასა და ნაბეღლავის მონაცემებს შორის (საქართველოს კლიმატოლოგიური ნორმა). ცხრილში 12 მოცემულია შესაბამისი კონსტრუქციების გაანგარიშებული დატვირთვები, ზღვის დონიდან სიმაღლის მიხედვით.

ცხრილი2: დამკვეთის მიერ განსაზღვრული თოვლისმიერი დატვირთვები

აღწერა	მ. ზ.ღ.დ	ინტერპოლირებული
	[მ]	[კნ/მ]
ნაბეღლავი	475.0	1.54
ბახვი 1 ძალური კვანძი	1391.0	7.80

ცხრილი3: ინტერპოლირებული თოვლისმიერი დატვირთვები

კონსტრუქციები	მ. ზ.ღ.დ	ინტერპოლირებული
	[მ]	[კნ/მ]
ბახვი 1 სათავე ნაგებობა	1733.1	10.14
ბახვი 1 ძალური კვანძი	1391.0	7.80
ბახვი 2a სათავე ნაგებობა	1391.0	7.80
ბახვი 2a ძალური კვანძი	1059.0	5.53
ბახვი 2b სათავე ნაგებობა	1059.0	5.53
ბახვი 2b ძალური კვანძი	507.1	1.76

ბახვი 2b-ის სათავე ნაგებობის თოვლისმიერი დატვირთვა არის 7.80 კნ/მ².

1.7 ჰიდროსტატიკური დატვირთვები

ჰიდროსტატიკური დაწნევა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით;

$w = \gamma_w * h$

h = წყლის სიმაღლე

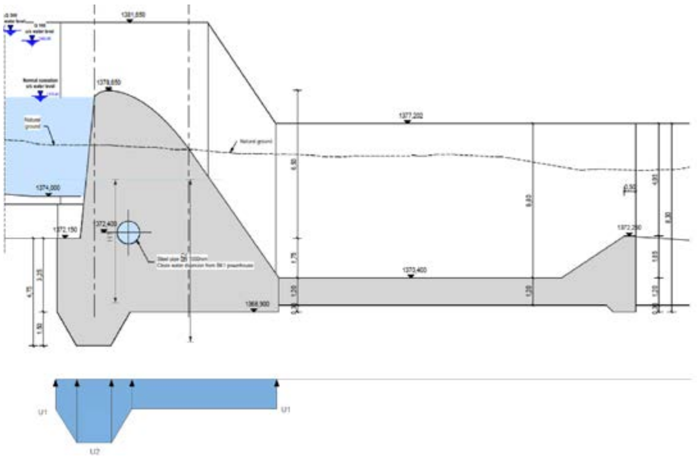
ტალღები და ზვირთები არ ყოფილა გათვალისწინებული.

1.7.1 უკუწნევის გაანგარიშებები:

ნორმალურ რეჟიმში ოპერირება და მიწისძვრის დატვირთვა:

სავარაუდოდ, მიწისძვრები უკუწნევაზე გავლენას არ ახდენს. ნახაზი 7 გვიჩვენებს მხოლოდ ამწევი ძალის სქემატურ გაანგარიშებას.

BK2b-ის სათავე ნაგებობის კონსტრუქციისთვის, რომელიც ალუვიუმზეა დაფუძნებული, ჩამქრობ აუზში, ქვედა ფილაზე დაგეგმილია ბადისმაგვარი რამდენიმე ჭაბურღილის გაბურღვა, ისე რომ თავიდან იქნეს აცილებული ამწევი ძალების მოქმედება. დამბის მონაკვეთისთვის გათვალისწინებულია სრული ამწევი ძალა.



ნახაზი 1: უკუწნევის გაანგარიშების სქემატური გამოსახულება

1.8 გრუნტის დატვირთვები

სტრუქტურულ ელემენტებზე გრუნტის სტატიკური დაწნევები უნდა განისაზღვროს შემდეგი პარამეტრების გამოყენებით:

ცხრილი 4: უკუყრილის საინჟინრო პარამეტრები

მასალა	ერთეულის წონა			სიმტკიცე ძვრაზე პარამეტრები	
	γ	γ_{sat}	γ’	c	φ
კარგად დატკეპნილი უკუყრილები	19 კნ/მ³	22 კნ/მ³	12 კნ/მ³	0	35°

გრუნტის წნევა გამოითვლება ევროკოდი EN 1997-1-ის მიხედვით, საჭირო სიტუაციებისთვის როგორც აქტიური, პასიური ან სტატიკური წნევა.

სათავე ნაგებობსთვის, საყრდენი კედლებზე მოქმედებს გრუნტის აქტიური წნევა. კედლები რომლებიც დაკავშირებულია ჩამქრობ აუზთან და დამბასთან, მოქმედებს გრუნტის სტატიკური წნევა. ქვიშადამჭერი ასევე დაპროექტებულია გრუნტის სტატიკურ წნევაზე.

1.9 მიწისძვრის დატვირთვები

1.9.1 სეისმურობა

სეისმური დატვირთვები უნდა შეფასდეს ყველა კონსტრუქციაზე, რომელსაც შესაძლოა ჰქონდეს მესამე მხარის ან ელექტროსადგურის დაზიანების პოტენციალი. ჰიდროელექტროსადგურის მიმდებარე რეგიონისთვის სეისმური ანალიზის ანგარიში მოამზადა საქართველოს გეოფიზიკურმა ასოციაციამ, იხ. თავი 1.1.1.

ყველა კონსტრუქცია უნდა შეფასდეს მიწისძვრის დატვირთვაზე, მათი ავარიის რეჟიმის სხვადასხვა შედეგების გათვალისწინებით.

სათავე ნაგებობები წარმოადგენს კრიტიკულ კონსტრუქციებს (ქვიშადამჭერი, დამბის ტანი, მისასვლელი ხიდი, ძირითადი საყრდენი კედლები) და შესაბამისად, დაპროექტებულია 475 წლიანი მიწისძვრისთვის (EQ) (DBE) საფრთხის ერთიანი სპექტრის გათვალისწინებით (იხ. ნახაზი 8).

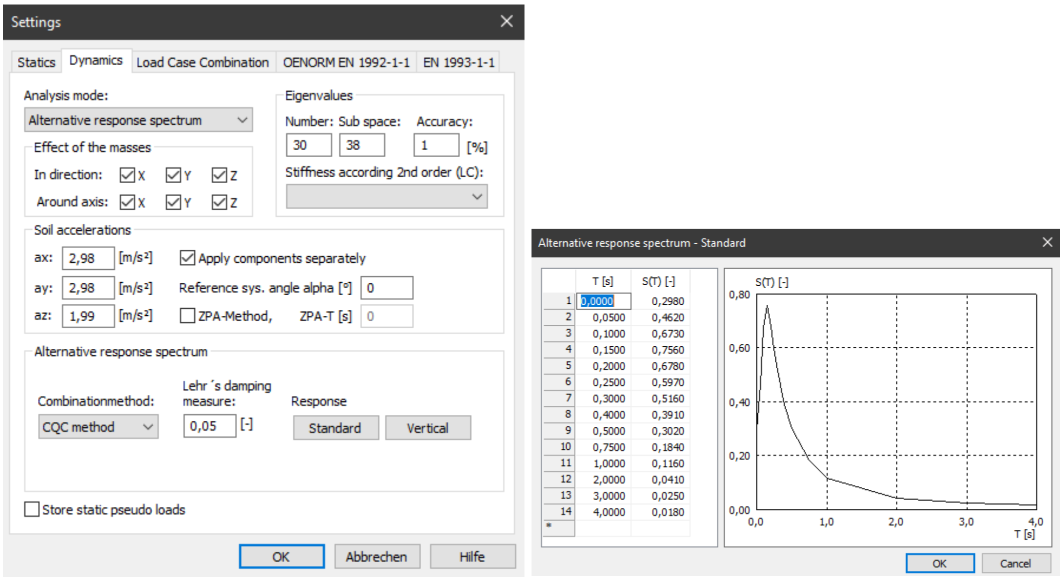
1.9.2 გრუნტის პიკური აჩქარებები (PGAs)

ცხრილი 5: PGA მნიშვნელობები სათავე ნაგებობების სეისმური რისკის ანგარიშის მიხედვით

მიწისძვრა	განმეორებადობის საშუალო პერიოდი (წლები)	PGA (ჰორიზონტალური)	PGA (ვერტიკალური)
OBE (საანგარიშო მიწისძვრა)	145	0.171 გ	0.114 გ
DBE (საპროექტო მიწისძვრა)	475	0.298 გ	0.199 გ

1.9.3 გაანგარიშებისთვის საჭირო შესაყვანი პარამეტრები

გაანგარიშება განხორციელდა ევროკოდის წესების მიხედვით. ნაწილობრივი უსაფრთხოების კოეფიციენტები ეფუძნება EC0-ს. დამატებით საჭიროა მინიმუმ 1.0.



ცხრილი 2: InfoCAD-ის დინამიური პარამეტრები

გრუნტის და წყლის ყველა საყრდენი კონსტრუქციისთვის მიწისძვრის ზემოქმედება განხილული უნდა იყოს ფსევდოსტატიკური მიდგომით.

1.9.4 სტატიკური დატვირთვა:

ფსევდო-სტატიკური მიდგომის მიხედვით, ინერციული ძალა გამოითვლება როგორც სტრუქტურული კომპონენტების (მათ შორის სტრუქტურის ძირში ან ბოლოში მდებარე ნიადაგი და წყალი, რომელსაც ეს სტრუქტურა შეიცავს) და სეისმური აჩქარების პროდუქტი. ის ასევე შეიძლება გამოიხატოს როგორც სტრუქტურული კომპონენტების წონა გადამრავლებული სეისმურ კოეფიციენტზე, რომელიც გამოისახება სიმძიმის ძალის წილით.

$F_h = m * a = k_h * W$

სადაც;

F_h = არის ინერციის ძალის ჰორიზონტალური კომპონენტი (იგივე განტოლება შეიძლება გამოყენებულ იქნას ვერტიკალურ კომპონენტთანაც)

m = სტრუქტურული კომპონენტების მასა

a = სეისმური აჩქარება

W = სტრუქტურული კომპონენტების საერთო წონა

k_h = სეისმური კოეფიციენტი = $^{a}/_{g}$

g = სიმძიმის ძალის აჩქარება

1.9.5 დინამიური დატვირთვა:

მიწისძვრების დროს, დინამიური დატვირთვების 20% უნდა განიხილებოდეს როგორც ჰორიზონტალური მიმართულების მქონე. აღნიშნული მონაცემები

მოპოვებულია მსგავსი პროექტების განხორციელების გამოცდილების და საინჟინრო შეფასების საფუძველზე.

1.9.6 მიწისა და ქვის ყრილი:

უკუყრისთვის გამოყენებული გრუნტის სტატიკური და დინამიური აქტიური დაწნევის კოეფიციენტები იანგარიშება ევროკოდი EN 1998-5 მიხედვით. გრუნტის პასიური დაწნევის კოეფიციენტების გაანგარიშება არ ხდება, რადგან ანალიზში გრუნტის პასიური დაწნევა არ არის გამოყენებული.

გრუნტის აქტიური დაწნევისთვის შესაძლებელია გამარტივებული ფსევდო-სტატიკური გაანგარიშების გამოყენება. დამცავ შემაკავებელ კონსტრუქციაზე მოქმედი საერთო საპროექტო ძალა, E_d მიიღება შემდეგი ფორმულით:

$$E_d = \frac{1}{2} * \gamma^* * (1 \pm k_v) * K * H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

გრუნტის დაწნევის კოეფიციენტი იანგარიშება მონონობე- ოკაბეს (Mononobe-Okabe) ფორმულის მიხედვით.

If $\beta \leq \phi'_d - \theta$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d)\sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d)\sin(\psi + \beta)}}\right]^2}$$

If $\beta > \phi'_d - \theta$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$$

ϕ'_d არის გრუნტის წევისადმი მდგრადობის კუთხის საპროექტო მნიშვნელობა, ე.ი.:

$$\phi'_d = tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi'}{\gamma_{\phi'}}\right)$$

Ψ და β კედლის უკანა ნაწილის და უკუყრის ზედაპირის ჰორიზონტალური ხაზიდან დახრის კუთხეებია.

δ_d არის ხახუნის კუთხის საპროექტო მაჩვენებელი გრუნტსა და კედელს შორის:

$$\delta_d = tan^{-1}\left(\frac{\tan\delta}{\gamma_{\phi'}}\right)$$

რადგან კონკრეტული კვლევები არ არსებობს, ჰორიზონტალური k_h და ვერტიკალური k_v სეისმური კოეფიციენტები, რომლებიც ყველა მასაზე მოქმედებენ, აღებული იქნება შემდეგი ფორმულებიდან:

$$k_h = \alpha * \frac{S}{r}$$

$k_v = \pm 0.50\, k_h$ იმ შემთხვევაში, თუ a_{vg}/a_g 0,6-ზე მეტია

$k_v = \pm 0.33\, k_h$ სხვა შემთხვევაში

შესაბამისი საპროექტო სიტუაციისთვის სხვადასხვა გაანგარიშება გამოიყენება, რომლებიც ევროკოდი EN 1998-5 (E5-E9)-დან არის აღებული. შემდეგი საპროექტო სიტუაცია არის გამორჩეული:

- წყლის სარკე დამცავი კედლის ქვემოთ– გრუნტის დაწნევის კოეფიციენტი.
- დინამიურად წყალშეუღწევადი ნიადაგი წყლის სარკის ქვემოთ– გრუნტის დაწნევის კოეფიციენტი.
- დინამიურად (ძალიან) წყალშეღწევადი ნიადაგი წყლის სარკის ქვემოთ - გრუნტის დაწნევის კოეფიციენტი.
- ჰიდროდინამიკური დაწნევა კედლის გარეთა მხარეს
- გრუნტის დაწნევით გამოწვეული ძალა ხისტი კონსტრუქციებისთვის.

1.9.7 თხევადი გარემო:

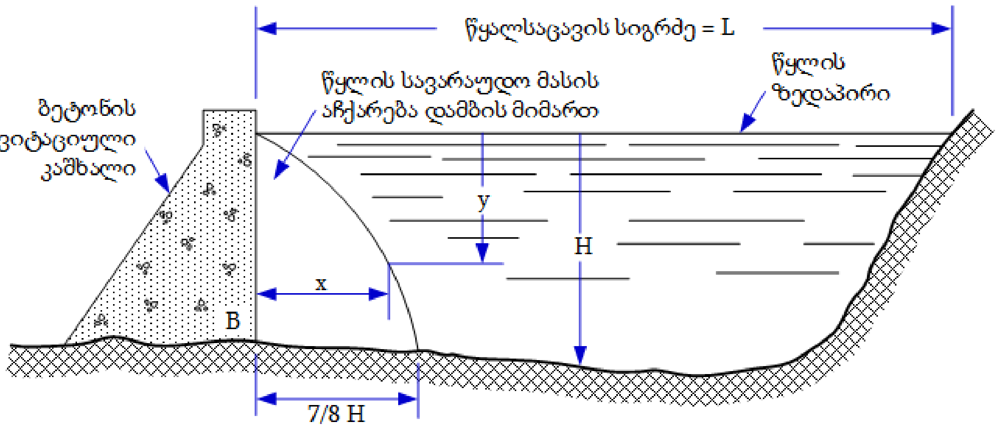
მიწისძვრის შედეგად დატვირთვით გამოწვეული ჰიდროდინამიკური ეფექტები იანგარიშება ვესტერგაარდის (Westergaard) თეორიის მიხედვით. ჰიდროდინამიკური დაწნევა ნებისმიერ ნიშნულზე შეიძლება შემდეგნაირად გამოითვალოს:

$$\rho_{EA} = \frac{7}{8} * \sqrt{H\,x\,z} * \gamma_W * k_h$$

H; წყლის საერთო სიმაღლე

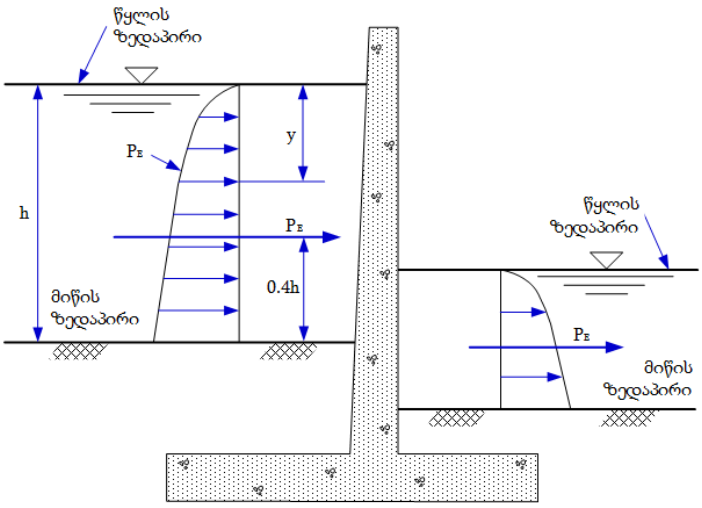
z; გამოკვლეული ნიშნულის სიღრმე

k_h; ჰორიზონტალური სეისმური კოეფიციენტი



ჰიდროდინამიკური ძალა იანგარიშება შემდეგნაირად;

$$P_{EA} = \frac{7}{12} * \sqrt{H\,x\,z} * z^2 * \gamma_W * k_h$$



მონაცემების და ფორმულების ნახვა ასევე შესაძლებელია დოკუმენტებში USACE USACE-EM 1110-2-2502 და EM 1110-2-2100. PEA ძალა (პიკური აჩქარება) არის 0,4h გრუნტის დონიდან, დაწნევის განაწილება პარაბოლურია.

1.10 დატვირთვების კომბინაციები

EN 1990-ს მიხედვით FE-პროგრამაში გამოყენებული და დეტალურად აღწერილი შეთავსების/კომბინაციის წესების ნახვა შესაძლებელია გაანგარიშების ოქმებში (ამოსაბეჭდი ჩამონათვალი).

1.10.1 პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობა

დამანგრეველი დატვირთვის პირობებში პროექტირების მეთოდის გამოყენება მოხდება ევროკოდის მიხედვით. პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობების პროექტირებისთვის, საიმედოობის შემდეგი კოეფიციენტები იქნება გამოყენებული:

$$E_d < R_d$$

ცხრილი 6: შეთავსების კოეფიციენტები ევროკოდი EN 1990-ს მიხედვით

ქმედება	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
კატეგორია B: საოფისე შენობა-ნაგებობები	0.7	0.5	0.3
კატეგორია C: შეხვედრების ოთახი	0.7	0.7	0.6
კატეგორია E: სასაწყობე ოთახი	1.0	0.9	0.8
კატეგორია G: ავტომანქანა 30კნ – 160კნ	0.7	0.5	0.3
კატეგორია H: სახურავი	0	0	0
თოვლის დატვირთვა	0.7	0.5	0.2
ქარის დატვირთვა	0.6	0.2	0

შეთავსების კოეფიციენტი ψ = 1,0 შეირჩა დატვირთვის ყველა კომბინაციისთვის.

1.10.1.1 ქმედებების კომბინაცია მუდივი და გარდამავალი საპროექტო სიტუაციებისთვის

მუდმივი სიტუაცია: მასში მოიაზრება ყველა ის დატვირთვა და დატვირთვების კომბინაცია, რომელსაც ადგილი აქვს ნორმალურ საექსპლუატაციო პირობებში.

გარდამავალი სიტუაცია: მასში მოიაზრება ყველა ის დატვირთვა და დატვირთვების კომბინაცია, რომელიც დროებითია (მაგ: მდგომარეობა მშენებლობის, ტექმომსახურების დროს).

$$E_d = \sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} * G_{k,j} \text{"+"} \gamma_P * P \text{"+"} \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} \text{"+"} \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

"+" ... უნდა გაერთიანდეს

"Σ"... გაერთიანების შედეგად მიღებული ზემოქმედება

$G_{k,j}$ ... მუდმივი დატვირთვებისთვის დამახასიათებელი მაჩვენებელი

P ... წინა-დაჭიმვის ძალა

$Q_{k,i}$ ... დამატებითი დატვირთვისთვის დამახასიათებელი მაჩვენებელი.

1.10.1.2 ქმედებების ერთობლიობა საპროექტო ავარიული სიტუაციებისთვის

ავარიული სიტუაციები: მათში მოიაზრება ყველა ის დატვირთვა და დატვირთვების კომბინაცია, რომელიც შემთხვევით ძაბვას იწვევს კონსტრუქციაში (ხანძარი, აფეთქება, ზემოქმედება,…)

$$E_d = \sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{"+"} P \text{"+"} A_d \text{"+"} \left(\psi_{1,1} \; or \; \psi_{2,1}\right) * Q_{k,1} \text{"+"} \sum_{i\geq 1} \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

A_d ... ავარიული ქმედების საპროექტო მაჩვენებელი

1.10.1.3 ქმედებების ერთობლიობა საპროექტო სეისმური სიტუაციებისთვის

მიწისძვრა: მასში მოიაზრება ყველა ის დატვირთვა და დატვირთვების კომბინაცია, რომელიც გადამწყვეტია მიწისძვრის შემთხვევაში.

$$E_d = \sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{"+"} P \text{"+"} A_{Ed} \text{"+"} \sum_{i\geq 1} \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

A_{Ed} ... მიწისძვრის ზემოქმედების საპროექტო მაჩვენებელი

მიწისძვრის ზემოქმედების საპროექტო მაჩვენებელი A_{Ed}

$$A_{Ed} = \sum G_{k,j} \text{"+"} \sum \psi_{E,i} * Q_{k,i}$$

$\psi_{E,i} = \varphi * \psi_{2i}$ ...დამატებითი ვერტიკალური დატვირთვების შეთავსების კოეფიციენტი

φ ... კოეფიციენტი EN 1998-1-ს მიხედვით, ცხრილი 4.2

ცხრილი 7: შეთავსების კოეფიციენტი საპროექტო სეისმური სიტუაციებისთვის

	φ	Ψ_{2i}	$\Psi_{E,i} = \varphi * \Psi_{2i}$
დამატებითი დატვირთვა $Q_{k,i}$ სახურავი	0.7	0.5	0.3
დამატებითი დატვირთვა $Q_{k,i}$ დამოუკიდებლად ათვისებული სართულები	0.5	0.6	0.3
თოვლი	1.0	0.2	0.2
ქარი	1.0	0	0

1.10.2 ექსპლუატაციისთვის ვარგისობის ზღვრული მდგომარეობა:

1.10.2.1 მახასიათებლების ერთობლიობა

გამოიყენება კონსტრუქციაზე შეუქცევადი ზემოქმედებების შემთხვევაში

$$E_d = \sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{"+"} P_k \text{"+"} Q_{k,1} \text{"+"} \sum_{i>1} \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

1.10.2.2 კვაზისტაციონარული კომბინაცია

გამოიყენება კონსტრუქციაზე ხანგრძლივი ზემოქმედების და გარეგანი მდგომარეობის შემთხვევაში.

$$E_d = \sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{"+"} P \text{"+"} \sum_{i\geq 1} \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$ f