

SKYSTONE

šūnbetona risinājumi

ZEMA BLĪVUMA ŠŪNBETONS
tehniskās vadlīnijas

PROJEKTĒŠANA



SKYSTONE

ZEMA BLĪVUMA ŠŪNBETONA (ZBŠ)

PROJEKTĒŠANAS UN TEHNISKO SPECIFIKĀCIJU

ROKASGRĀMATA

Izdevums: 2026-03-17

Mērķauditorija: projektētāji, ģeotehniķi, būvuzraugi, pasūtītāji un iepirkumu komandas.

Šī rokasgrāmata sniedz praktisku tehnisko ietvaru zema blīvuma šūnbetona (ZBŠ) izmantošanai inženierbūvju projektēšanā un būvniecībā. Tā paredzēta kā atbalsts gadījumos, kad ZBŠ tiek izmantots kā viegls aizpildījums, tukšumu aizpilde vai grunts aizvietotājs.

Dokumentā apkopoti tipiskie materiāla parametru diapazoni, projektēšanas ievaddati, kvalitātes kontroles principi un dokumentācijas prasības. Rokasgrāmata balstīta uz nozares tehnisko literatūru, starptautisko praksi un praktisko pieredzi, kas iegūta ZBŠ pielietošanā infrastruktūras un būvniecības projektos.

Dokumentā sniegtās vērtības un piemēri ir orientējoši un paredzēti kā projektēšanas atbalsts. Katram konkrētam projektam projektētājs nosaka galīgos materiāla parametrus, ģeometriju un pārbaudes kritērijus, balstoties uz projekta apstākļiem, normatīvajiem aktiem un inženiertehnisko izvērtējumu.

Šis dokuments neaizstāj projektēšanas aprēķinus, būvprojekta dokumentāciju vai normatīvo aktu prasības.

© 2026 SKYSTONE SIA. Visas tiesības aizsargātas. Neautorizēta pārveidošana aizliegta. Šī rokasgrāmata ir SKYSTONE SIA intelektuālais īpašums un paredzēta informatīvai un profesionālai izmantošanai projektēšanas, iepirkuma, būvuzraudzības un tehniskās izvērtēšanas vajadzībām. Dokumenta pilnīga vai daļēja reproducēšana, publiskošana, pārveidošana vai izplatīšana ārpus šī mērķa bez SKYSTONE SIA iepriekšējas rakstiskas atļaujas nav pieļaujama. Šī atruna neierobežo dokumenta izmantošanu konkrēta projekta izvērtēšanai, specifikācijas sagatavošanai vai iekšējai profesionālai lietošanai.

Satura rādītājs

Ievads	4
1. Definīcija un pozicionējums	5
1.1. Terminoloģija	5
1.2. Materiāla identitāte	5
1.3. Tipiskie projektēšanas mērķi	5
1.4. Rīcības robežas un atbildības	5
2. Materiāla mehāniskā loģika projektēšanai	6
2.1. Parametru kopsavilkums un tipiskās projektēšanas robežas	6
2.2. Elastīgā deformācija — praktiska pārbaude	6
2.3. Pastāvīgā slodze un konsolidācijas riska loģika	6
2.4. Funkcionālās īpašības, kas jānošķir projektēšanā	7
2.5. Tipiskā spiedes stiprība un siltumtehnikās īpašības	7
3. Pielietojumi un parametru izvēle pēc pielietojuma	9
3.1. Tukšumu aizpildīšana	9
3.2. Tranšeju aizpilde un atjaunošana (pilsētvides / ceļu zona)	9
3.3. Viegļie uzbērumi virs mīkstām gruntīm	10
3.4. Tukšumu stabilizācija zem plātnēm, laukumiem un būvēm	10
3.5. Gredzenveida atstarpes aizpilde (apvalkcaurule / caurteku atjaunošana)	10
3.6. Termoizolējošais grīdas apakšslānis uz grunts	11
3.7. Pielietojuma robežas un gadījumi, kuros ZBŠ nav piemērots	11
4. Projektēšanas parametru izvēle	12
4.1. Blīvuma izvēles algoritms	12
Blīvuma izvēle ir projektēšanas lēmums. Praktiskais algoritms:	12
4.2. Minimālā un maksimālā stiprība	12
4.2.1. Minimālā stiprība un termiņu prasības	12
4.2.2. Maksimālā stiprība un remontspēja/pārbūve	12
4.3. Ūdens režīms (slēgta struktūra / drenējošs ZBŠ)	12
4.4. Projektēšanas ievaddati, ko jāprasa no piegādātāja	12
5. Ģeotehniskie un sistēmiskie aspekti (praktiski)	13
5.1. Kāpēc ZBŠ bieži samazina deformāciju risku	13
5.2. Dziļi izrakumi kā riska avots	13
5.3. Peldspēja un uzraudzība	13
6. Izpildes principi un konstruktīvie nosacījumi	14
6.1. Tukšumu aizpilde: piekļuve un ventilācija	14
6.2. Segregācijas un noslāņošanās novēršana	14
6.3. Pārejas zonas un detaļas	14
6.4. Svaiga ZBŠ radītais spiediens uz norobežojošām konstrukcijām	14

6.5. Hidratācijas siltums	14
7. Salīdzinošais gadījuma pētījums: pamestas dzelzsbetona caurules tukšuma likvidēšana	15
7.1. Ievaddati	15
7.2. Risinājums A — pilna demontāža ar atklātu izrakumu	15
7.3. Risinājums B — tukšuma aizpilde ar ZBŠ	15
7.4. Inženiertehniskais secinājums	15
8. Projekta mēroga ekonomiskā un riska loģika (demontāžas un ZBŠ risinājuma salīdzinājums).....	16
8.1. Iejaukšanās mēroga salīdzinājums	16
8.2. Riska salīdzinājums	16
8.3. Secinājums	16
9. Projektētāja lēmuma ceļvedis un riska pārbaudes saraksts	17
9.1. Kad ZBŠ risinājumu ir īpaši vērts izvērtēt	17
9.2. Projektētāja kontroljautājumi (pirms specifikācijas)	17
9.3. Iesniedzamie dokumenti (saskaņošanai / apstiprināšanai)	17
9.3.1. Pirms darbu sākuma (saskaņošanai)	17
9.3.2. Pēc darbu izpildes (izpilddokumentācija un KK dokumentu pakete)	17
9.4. Izmaiņu vadība	18
9.5. Atbildības robežas	18
10. Tehniskā specifikācija iepirkumam	19
10.1. Darbu apjoms.....	19
10.2. Projektējamie parametri	19
10.3. Ražošanas un iestrādes prasības.....	19
10.4. Kvalitātes kontroles (KK) sistēma	19
10.4.1. Starta režīms	19
10.4.2. Stabīlas ražošanas režīms	20
10.4.3. Korekcijas/atkārtotas validācijas režīms	20
10.4.4. Atbilstības lēmums	20
10.5. Paraugu ņemšana un testēšana	20
10.6. Pieņemšanas kritēriji.....	20
10.7. Saskaņošanas punkti.....	21
10.8. Izpildītāja kvalifikācijas minimālās prasības	21
11. Normatīvā bāze un testēšanas metodes	22
12. Veidnes un žurnāli	23
12.1. Projektētāja specifikācijas ievades lapa	23
12.2. KK žurnāla paraugs (mitrais blīvums).....	23
12.3. Korekciju reģistra paraugs.....	23

Ievads

Zema blīvuma šūnbetons (ZBŠ) starptautiskajā praksē ir sen zināms, projektējams un prognozējams cementa bāzes materiāls ar plašu pielietojumu infrastruktūras, ģeotehniskajos un būvniecības projektos. Lai gan atsevišķos tirgos un projektu segmentos tā izmantošana vēl aizvien prasa papildu skaidrojumu vai tehnisku pamatojumu, pasaules praksē tas vairs nav uzskatāms par jaunu risinājumu. Viegļā šūnbetona tehnoloģijas attīstība aizsākās jau 20. gadsimta pirmajā pusē, un literatūrā šī materiālu tipa agrīnā attīstība parasti tiek saistīta ar 1920. gadiem; vairākos pārskatos norādīts, ka viens no agrīnajiem šī materiālu tipa patentiem datēts ar 1923. gadu. Kopš tā laika ZBŠ ir nostiprinājies kā pārbaudīts risinājums daudzos pielietojumos — no tukšumu un pamestu cauruļvadu aizpildes līdz vieglajiem uzbūrumiem, tranšeju aizpildei, gredzenveida atstarpju injicēšanai un grunts aizvietošanai.

Šīs rokasgrāmatas mērķis ir parādīt ZBŠ nevis kā “alternatīvu eksperimentu”, bet kā nopietnu, tehniski pamatotu projektēšanas instrumentu. Projektētājam, ģeotehnikim, būvuzraugam, pasūtītājam un iepirkuma komandai svarīgākais jautājums nav tas, vai šāds materiāls vispār drīkst tikt izmantots, bet gan — kādos gadījumos tas ir inženiertehniski un ekonomiski saprātīgāks par tradicionālajiem risinājumiem. Tieši tur ZBŠ kļūst īpaši nozīmīgs: situācijās, kurās jāmazina pastāvīgā slodze uz pamatni, jāierobežo konsolidācijas un deformāciju risks, jāaizpilda sarežģītas ģeometrijas tukšumi, jāizvairās no masīviem izrakumiem vai jāiegūst homogēns aizpildījums bez slāņveida sablīvēšanas nenoteiktības.

ZBŠ būtība ir vienkārša, bet inženiertehniski ļoti spēcīga. Tas ir plūstošs cementa bāzes kompozītmateriāls ar kontrolētu porainību, ko iegūst, mehāniski ievadot stabilas putas cementa suspensijā. Rezultātā tiek iegūts viegls, vienmērīgs, sūknējams materiāls, kura blīvums, stiprība un deformējamība ir projektējami atbilstoši konkrētā objekta vajadzībām. Tas nav tradicionāls granulēts aizbērums, kas prasa slāņveida ieklāšanu un sablīvēšanu. Tas nav arī konstrukciju betons ar augstas nestspējas funkciju. ZBŠ ieņem citu, ļoti praktisku vietu projektēšanā: tas ļauj aizpildīt, stabilizēt, atvieglot un kontrolēt risku tur, kur parastie risinājumi kļūst smagi, lēni, grūti kontrolējami vai pārmērīgi invazīvi.

Tieši šī kombinācija — zems tilpumsvars, augsta plūstamība, viendabīgums un projektējamais īpašības — padara ZBŠ īpaši vērtīgu ģeotehniskajos pielietojumos. Starptautiskajā praksē ir uzsvērts, ka vieglā šūnbetona izmantošana ļauj samazināt grunts nosēšanos, uzlabot uzbūrumu stabilitāti, droši aizpildīt caurules, tranšejas, tuneļus un citas grūti sasniedzamas telpas, kā arī paātrināt būvdarbu izpildi salīdzinājumā ar tradicionāliem zemes darbiem un sablīvējamu aizbērumsu sistēmām. Citiem vārdiem sakot, ZBŠ nav “materiāls tikai īpašiem gadījumiem” — tas ir racionāls risinājums gadījumiem, kuros projekta problēma patiesībā nav tikai aizpildīt tilpumu, bet izdarīt to ar mazāku slodzi, mazāku nenoteiktību un lielāku kontroli.

Šī rokasgrāmata ir sagatavota, lai lasītājs varētu pieņemt šādus lēmumus ar skaidru tehnisku pamatu. Tajā apkopota ZBŠ materiāla identitāte, tipiskie parametru diapazoni, projektēšanas loģika, pielietojuma robežas, kvalitātes kontroles principi un iepirkumam piemērojami specifikācijas elementi. Tā necenšas aizstāt projektēšanas aprēķinus vai būvprojekta dokumentāciju; tās uzdevums ir dot projektēšanas un lēmumu pieņemšanas ietvaru, kas palīdz pareizi noformulēt prasības, uzdot pareizos jautājumus un izvēlēties risinājumu ar saprotamu riska loģiku.

Jo ātrāk ZBŠ tiek saprasts pareizi, jo skaidrāk kļūst redzams tā galvenais ieguvums: tas ļauj daudzas sarežģītas būvniecības un ģeotehniskās problēmas risināt nevis ar lielāku iejaukšanos, bet ar gudrāku materiāla izvēli. Tieši tādēļ šo rokasgrāmatu ir vērts izlasīt līdz galam — ne tikai lai saprastu, kas ir ZBŠ, bet lai ieraudzītu, cik bieži tas var būt tehniski drošāks, ekonomiski pamatotāks un projektam kopumā izdevīgāks risinājums nekā ierastā pieeja.

1. Definīcija un pozicionējums

1.1. Terminoloģija

Šajā dokumentā saīsinājums “ZBŠ” nozīmē “zema blīvuma šūnbetons”.

Termins “stingums” tiek lietots deformējamības nozīmē, t.i., kā materiāla spēja pretoties deformācijām. Termins nav lietots kā “stiprība”.

Mitrais blīvums — svaiga ZBŠ maisījuma blīvums iestrādes brīdī vai tūlīt pēc iepildes objektā. Šajā rokasgrāmatā, ja nav norādīts citādi, termins “blīvums” attiecas uz mitro blīvumu objektā, jo tas ir galvenais projektā noteicamais, objektā operatīvi kontrolējams un kvalitātes kontroles žurnālos dokumentējams parametrs.

Sausais blīvums — sacietējuša ZBŠ materiāla blīvums pēc mitruma samazināšanās līdz stabilizētam stāvoklim. Sausais blīvums raksturo materiāla stāvokli pēc sacietēšanas un var tikt izmantots kā papildu verificācijas vai salīdzināšanas parametrs, taču tas nav primārais objekta operatīvās kvalitātes kontroles rādītājs, ja projektā nav noteikts citādi.

1.2. Materiāla identitāte

ZBŠ ir projektējams plūstošs cementa bāzes kompozītmateriāls ar kontrolētu porainību, kas tiek iegūts, mehāniski ievadot stabilas putas cementa suspensijā (javas matricā). Tā mehāniskās īpašības (blīvums/tilpumsvars, elastības modulis, stiprība) tiek izvēlētas atbilstoši konkrētā projekta prasībām.

ZBŠ nav:

- tradicionāls granulēts aizbērums (slāņveida ieklāšana un sablīvēšana),
- konstrukciju betons ar augstas nestspējas funkciju,
- betons ar putupolistirola granulām (EPS betons).

1.3. Tipiskie projektēšanas mērķi

- samazināt pastāvīgo slodzi uz pamatni un līdz ar to konsolidācijas potenciālu mīkstās gruntīs;
- likvidēt tukšumus (piem., no ekspluatācijas izņemti cauruļvadi, pamesti pagrabi, izskalojumi, pazemes tukšumi) ar kontrolētu aizpildi;
- samazināt būvdarbu iejaukšanās mērogu (zemes darbu apjomu, slāņu ciklus, satiksmes ierobežojumus);
- nodrošināt homogēnu, prognozējamu aizpildījumu bez slāņveida sablīvēšanas neviendabības;
- optimizēt projekta riska profilu (dziļo izrakumu, stabilitātes un kvalitātes nenoteiktības samazinājums).

1.4. Rīcības robežas un atbildības

Projektētājs definē mērķa parametrus un pieņemšanas kritērijus; izpildītājs nodrošina tehnoloģiju, ražošanu/iestrādi un dokumentētu kvalitātes kontroli. Šī dokumenta izdevējs (SKYSTONE) nav atbildīgais projektētājs; SKYSTONE nodrošina materiāla parametrus, kvalitātes kontroles (KK) datus un tehniskus ieteikumus projektētāja verificācijas atbalstam.

2. Materiāla mehāniskā loģika projektēšanai

2.1. Parametru kopsavilkums un tipiskās projektēšanas robežas

Blīvums (kg/m ³)	Tilpumsvars γ (kN/m ³)	Orientējoša sekantes E amplitūda* (MPa)	Tipiska lietošana (kopsavilkums)
400	~4	400–700	maksimāls slodzes samazinājums, vieglie uzbērumi, tukšumu aizpilde
500	~5	600–1000	tukšumu aizpilde, tranšeju aizpilde, satiksmes zonas ar nesošu virskārtu
600	~6	900–1500	tranšeju aizpilde ar paaugstinātām deformāciju prasībām
700	~7	1200–2000	paaugstinātas prasības attiecībā uz deformējamību un stingrību, lokāla grunts stabilizācija

Piezīme: Tabulā norādītās E vērtību amplitūdas raksturo tipisku sekantes elastības moduļa diapazonu pie attiecīgā blīvuma un ir izmantojamas sākotnējai parametru izvēlei. Konkrētā projektā tās precīzē atbilstoši izvēlētajam maisījuma parametriem un projektā pieņemtajai verifikācijas kārtībai.

2.2. Elastīgā deformācija — praktiska pārbaude

Projektēšanas elastīgā pārbaude var tikt veikta ar klasisko sakarību:

$$\varepsilon = \sigma / E$$

$$\Delta h = (\sigma \cdot h) / E$$

Kur σ ir vertikālais spriegums ZBŠ līmenī, h — ZBŠ slāņa biezums, E — elastības modulis pie attiecīgā blīvuma.

Projektēšanas piezīme.

ZBŠ praksē netiek slogots ar punkta spriegumu. Slodze uz ZBŠ iedarbojas plaknē, jo virs tā vienmēr atrodas blīvāks konstrukcijas slānis (minerālmateriāls/plātne/segums), kas nodrošina sprieguma izkliedi. Tādēļ jāizmanto “izkliedētais spriegums ZBŠ līmenī”, nevis lokāls virsmas spriegums (piem., riepas kontakta spiediens).

2.3. Pastāvīgā slodze un konsolidācijas riska loģika

Papildu spriegums gruntī no aizpildījuma: $\Delta\sigma = \gamma \cdot h$. Mīkstās vai konsolidējošās gruntīs ilgtermiņa nosēšanās ir proporcionāla efektīvā sprieguma pieaugumam. Samazinot γ , tiek samazināts konsolidācijas potenciāls.

Kārtas lieluma salīdzinājums (3 m slānis):

Materiāls	Tilpumsvars γ (kN/m ³)	h (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)
Tradicionāls granulēts aizbērumis	~18	3	54

Materiāls	Tilpumsvars γ (kN/m ³)	h (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)
ZBŠ (≈ 500 kg/m ³)	≈ 5	3	15
Starpība	—	—	39

2.4. Funkcionālās īpašības, kas jānošķir projektēšanā

- Nestspēja un deformējamība jāvērtē atbilstoši ZBŠ funkcijai: šo materiālu parasti projektē, lai samazinātu pašsvaru un kontrolētu deformācijas, nevis lai tas darbotos kā konstrukciju betons.
- Slēgtas struktūras ZBŠ un drenējošs ZBŠ ir atšķirīgi risinājumi; ūdens režīms ir projektēšanas parametrs.
- Minimālā stiprība attiecas uz funkcionālo stabilitāti, savukārt maksimālā stiprība — uz nākotnes apstrādājamību, ja tā ir prasība.

2.5. Tipiskā spiedes stiprība un siltumtehniskās īpašības

ZBŠ mehāniskās un siltumtehniskās īpašības galvenokārt nosaka materiāla blīvums. Pieaugot blīvumam, parasti pieaug arī spiedes stiprība un elastības modulis, bet palielinās siltumvadītspēja. Projektēšanā šīs īpašības jāvērtē kopā ar projekta funkcionālajiem mērķiem, piemēram, slodzes samazinājumu, deformāciju kontroli un, ja attiecināms, siltumtehniskajiem apsvērumiem.

Projektējams projektā definē nepieciešamo minimālo spiedes stiprību, savukārt materiāla blīvums parasti tiek izmantots kā praktiskais projektēšanas parametrs, kas nosaka ZBŠ mehānisko un siltumtehnisko īpašību diapazonu.

Tipiskās ZBŠ īpašības atkarībā no blīvuma

Blīvums (kg/m ³)	Tipiskā 28 d spiedes stiprība (MPa)	Tipiskā siltumvadītspēja λ (W/m·K)
350	0.3 – 0.5	0.09 – 0.11
400	0.4 – 0.7	0.10 – 0.12
500	0.7 – 1.2	0.12 – 0.15
600	1.0 – 1.8	0.15 – 0.18
700	1.5 – 2.5	0.18 – 0.22

Piezīme: Projektēšanā jāizmanto piegādātāja deklarētās vai testēšanas rezultātos noteiktās vērtības konkrētajam maisījumam.

Norādītās vērtības raksturo tipiskus ZBŠ projektēšanas parametrus pie attiecīgā blīvuma diapazona. Konkrētam sastāvam tās var atšķirties atkarībā no cementa sistēmas, ūdens–cementa attiecības, putu tehnoloģijas, piedevām un ražošanas procesa, tādēļ konkrētā projektā izmantojamas piegādātāja deklarētās vai izmēģinājumos noteiktās vērtības. Spiedes stiprības un siltumvadītspējas λ vērtības nosakāmas atbilstoši attiecīgajai testa metodei, parauga vecumam un mitruma stāvoklim;

energoefektivitātes un U-vērtības aprēķinos jālieto projektā definēta λ vērtība konkrētam ekspluatācijas stāvoklim.

Salīdzinājumā ar tradicionāliem minerāliem aizpildījuma materiāliem ZBŠ parasti raksturo zemāka siltumvadītspēja, tomēr šīs īpašības nozīme projektā ir atkarīga no konkrētās konstrukcijas funkcijas. Ja ZBŠ tiek izmantots konstrukcijā, kur siltumtehnikais režīms ir būtisks, tā ieguldījums kopējā siltumpretestībā jāvērtē kopā ar slāņa biezumu, blīvumu, mitruma režīmu un pārējiem konstrukcijas slāņiem.

3. Pielietojumi un parametru izvēle pēc pielietojuma

Kopsavilkuma tabula — tipiska sākotnējā blīvuma izvēle pēc pielietojuma

Pielietojums	Tipiska blīvuma izvēle	Projektēšanas loģika (kopsavilkums)
3.1. Tukšumu aizpildīšana	400-600 kg/m ³	Pilnīga dobuma aizpilde un minimāla papildu slodze uz pamatni.
3.2. Tranšeju aizpilde un atjaunošana	500-700 kg/m ³	Homogēns aizpildījums, prognozējama virskārtas uzvedība un mazāks deformāciju risks.
3.3. Viegļie uzbērumi virs mīkstām gruntīm	400-600 kg/m ³	Pastāvīgās slodzes samazinājums un konsolidācijas riska mazināšana.
3.4. Tukšumu stabilizācija zem plātnēm, laukumiem un būvēm	500-700 kg/m ³	Vienmērīga slodzes pārvade bez plašas demontāžas.
3.5. Gredzenveida atstarpes aizpilde	350-500 kg/m ³	Pilnīga gredzenveida dobuma aizpilde un vienmērīgs balsts pa visu sekciju.
3.6. Termoizolējošais grīdas apakšslānis uz grunts	350-450 kg/m ³	Siltumtehnikais efekts apvienojumā ar pietiekamu mehānisko stabilitāti virsslānim.

3.1. Tukšumu aizpildīšana

- **Tipiski pielietojumi:** pamestu vai no ekspluatācijas izņemtu cauruļvadu aizpilde, pazemes komunikāciju kanāli, pamesti pagrabi, izskalojumu radīti tukšumi, kā arī dažādi pazemes dobumi, kas radušies infrastruktūras bojājumu vai grunts izskalošanās rezultātā.
- **Mērķis:** pilnībā likvidēt tukšumu un atjaunot vienmērīgu grunts vai konstrukcijas balstu, izmantojot plūstošu materiālu, kas spēj aizpildīt sarežģītas ģeometrijas telpas bez mehāniskas sablīvēšanas. Papildu mērķis bieži ir samazināt pastāvīgo slodzi uz pamatni, salīdzinot ar tradicionāliem aizpildījuma materiāliem.
- **Tipiska blīvuma izvēle:** 400–600 kg/m³. Zemākais blīvuma diapazons parasti tiek izvēlēts gadījumos, kad prioritāte ir slodzes samazinājums uz pamatni vai konstrukciju. Augstāks blīvums var tikt izmantots gadījumos, kad nepieciešama lielāka mehāniskā stabilitāte vai ja virs tukšuma atrodas konstrukcijas ar augstākām ekspluatācijas slodzēm.
- **Ierobežojumi / riski:** nepietiekama ventilācija vai nekontrolēta iepilde var radīt gaisa kabatas un nepilnīgu aizpildi. Jāizvērtē arī iespēja, ka materiāls var aizplūst uz blakus tukšumiem vai komunikāciju sistēmām.

3.2. Tranšeju aizpilde un atjaunošana (pilsētvides / ceļu zona)

- **Tipiski pielietojumi:** inženierkomunikāciju tranšejas pilsētvidē, ceļu vai ielu zonās, kā arī industriālās teritorijās, kur nepieciešama ātra un prognozējama aizpilde ar minimālu ietekmi uz apkārtējo infrastruktūru.

- **Mērķis:** nodrošināt homogēnu tranšejas aizpildi bez tradicionālās slāņveida sablīvēšanas, tādējādi samazinot diferenciālo deformāciju risku un uzlabojot virsējās seguma konstrukcijas stabilitāti ekspluatācijas laikā.
- **Tipiska blīvuma izvēle:** 500–600 kg/m³ satiksmes zonās. Ja projektā paredzētas paaugstinātas deformāciju vai stinguma prasības, var tikt izmantots blīvuma diapazons 600–700 kg/m³.
- **Ierobežojumi / riski:** jānovērš nekontrolēta materiāla aizplūšana tranšejas galos vai komunikāciju savienojumu vietās.

3.3. Viegļie uzbērumi virs mīkstām gruntīm

- **Tipiski pielietojumi:** ceļu vai infrastruktūras uzbērumi virs mīkstām vai konsolidējošām gruntīm, pārejas zonas pie tiltiem vai estakādēm, kā arī dažādu inženierbūvju piebērumi, kur tradicionāls smilts vai granulēts aizbērums radītu pārmērīgu slodzi uz pamatni.
- **Mērķis:** samazināt pastāvīgo slodzi uz pamatni un līdz ar to samazināt konsolidācijas potenciālu un ilgtermiņa nosēšanās risku.
- **Tipiska blīvuma izvēle:** 400–500 kg/m³ uzbēruma galvenajā daļā. Pārejas zonās, kur nepieciešama labāka deformāciju un stingrības saderība ar blakus esošajām konstrukcijām, var paredzēt augstāku ZBŠ blīvumu, piemēram, 500–600 kg/m³.
- **Ierobežojumi / riski:** nepietiekami izvērtēts ūdens režīms vai peldspējas scenāriji var radīt stabilitātes riskus. Tāpat jāizvairās no pēkšņām stinguma izmaiņām pārejas zonās.

3.4. Tukšumu stabilizācija zem plātnēm, laukumiem un būvēm

- **Tipiski pielietojumi:** tukšumi zem betona plātnēm, industriālajiem laukumiem, noliktavu grīdām vai citām konstrukcijām, kur nepieciešams atjaunot balstu bez plašas demontāžas.
- **Mērķis:** likvidēt tukšumus zem konstrukcijas un atjaunot vienmērīgu slodzes pārvadi uz pamatni, samazinot nepieciešamību demontēt esošo konstrukciju vai veikt plašus zemes darbus.
- **Tipiska blīvuma izvēle:** 500–700 kg/m³ atkarībā no konstrukcijas prasībām un pamatnes jutības.
- **Ierobežojumi / riski:** nekontrolēta iepilde var radīt lokālu konstrukcijas pacelšanu vai materiāla aizplūšanu uz blakus tukšumiem.

3.5. Gredzenveida atstarpes aizpilde (apvalkcaurule / caurteku atjaunošana)

- **Tipiski pielietojumi:** caurules ievilkšana apvalkcaurulē, caurteku atjaunošana zem ceļiem (mazāka diametra caurule esošajā caurtekā ar gredzenveida atstarpes aizpildi).
- **Mērķis:** nodrošināt vienmērīgu balstu un dobuma pilnīgu aizpildi gredzenveida atstarpē bez slāņveida sablīvēšanas, samazinot lokālu deformāciju, tukšumu veidošanās un konstrukcijas nevienmērīgas sēšanās risku apkārtējā gruntī.
- **Tipiska blīvuma izvēle:** 350–450 kg/m³ garām un šaurām atstarpēm; 450–500 kg/m³, ja nepieciešama paaugstināta mehāniskā noturība vai īsākas sekcijas ar augstāku slodzi ietekmi.
- **Ierobežojumi / riski:** nepietiekama ventilācija un nekontrolēta iepilde var radīt gaisa kabatas un lokālus “tukšumus”; jāizslēdz nekontrolēta materiāla aizplūšana uz blakus dobumiem.

3.6. Termoizolējošais grīdas apakšslānis uz grunts

- **Tipiski pielietojumi:** grīdas uz grunts dzīvojamās un sabiedriskās ēkās, noliktavu un tehniskās telpas, pamatnes izlīdzināšana kombinācijā ar siltumtehniku prasību nodrošināšanu.
- **Mērķis:** izveidot izlīdzinošu, vieglu un siltumtehniku efektīvu apakšslāni grīdai uz grunts, nodrošinot vienmērīgu un stabilu pamatni virsslāņiem, vienlaikus samazinot slodzi uz pamatni un ierobežojot siltuma zudumus caur konstrukciju. ZBŠ šādā risinājumā var dot būtisku siltumtehniku ieguvumu; projektos ar paaugstinātām energoefektivitātes prasībām tā ieguldījums vērtējams kopējā grīdas konstrukcijas risinājumā kopā ar pārējiem paredzētajiem slāņiem.
- **Tipiska blīvuma izvēle:** 350–450 kg/m³, ja prioritāte ir siltumtehnikais efekts un neliels pašsvars; 450–600 kg/m³, ja nepieciešama lielāka mehāniskā stabilitāte, mazāka deformējamība vai stingrākas prasības pirms klona vai plātnes izbūves.
- **Ierobežojumi / riski:** ZBŠ nav apdares slānis—virsslāņa (klona/plātnes) konstrukcija ir obligāta slodzes izkliedei; jāparedz risinājums pret mitruma ietekmi no grunts (hidroizolācija/atdalošais slānis pēc projekta).

3.7. Pielietojuma robežas un gadījumi, kuros ZBŠ nav piemērots

- ZBŠ nav paredzēts izmantošanai kā konstrukciju betons ar primāru nestspējas funkciju. Ja slānim vai elementam jāuzņemas būtiskas koncentrētas, dinamiskas vai tiešas ekspluatācijas slodzes bez atbilstoša slodzes sadales virsslāņa, jāparedz cits konstruktīvais risinājums vai atbilstoša slodzes izkliedes konstrukcija.
- ZBŠ nav izmantojams kā galīgā brauktuves, laukuma vai grīdas ekspluatācijas virsma. Satiksmes zonās, industriālās grīdās un citos tieši slogotos mezgļos virs ZBŠ jāparedz nesošs un slodzes izkliedi nodrošinošs virsslānis, piemēram, minerālmateriāla kārtā, dzelzsbetona plātne, klons vai cita projektā noteikta konstrukcija.
- ZBŠ nav piemērots tukšumu aizpildei, ja nav iespējams nodrošināt kontrolētu iepildi un aizpildījuma verifikāciju.
- ZBŠ nav izmantojams bez atsevišķa inženiertehnika izvērtējuma situācijās ar būtisku ūdens iedarbību, ja projektā nav definēts ūdens režīms, poru struktūras tips un pārbaudīta peldspējas ietekme. Slēgtas struktūras ZBŠ gadījumā pie paaugstināta gruntsūdens līmeņa, applūšanas vai mainīga hidrostatiskā režīma jāveic peldspējas izvērtējums un, ja nepieciešams, jāparedz atbilstoši noturēšanas vai atslogošanas risinājumi.
- ZBŠ nav izmantojams kā brīvi interpretējams materiāls bez projektā noteiktiem parametriem. Katrā projektā jādefinē vismaz mērķa mitrais blīvums, attiecināmā stiprības prasība, ūdens režīma nosacījumi, pieņemšanas kritēriji un, ja nepieciešams, arī deformējamības, stinguma, peldspējas vai aizpildījuma verifikācijas prasības.

4. Projektēšanas parametru izvēle

4.1. Blīvuma izvēles algoritms

Blīvuma izvēle ir projektēšanas lēmums. Praktiskais algoritms:

1. Ja primārais mērķis ir slodzes samazinājums → 400–500 kg/m³.
2. Ja primārais mērķis ir satiksmes zonas tranšeju aizpilde / viendabīgums → 500–600 kg/m³.
3. Ja nepieciešama paaugstināta stinguma prasība vai lokāla stabilizācija → 600–700 kg/m³.

Pārejas zonās (stinguma pārejas nodrošināšanai) projektētājs var definēt atšķirīgus blīvuma laukus/posmus.

4.2. Minimālā un maksimālā stiprība

4.2.1. Minimālā stiprība un termiņu prasības

Projektā jādefinē minimālā 28 dienu spiedes stiprība (funkcionālai stabilitātei un ekspluatācijas drošībai). Ja projektā ir paredzēta virskārtas izbūve noteiktā termiņā, projektētājs var noteikt arī minimālo vecumu/stiprību pirms virskārtas izbūves (piem., satiksmes zonas seguma konstruktīvai “aizslēgšanai” un vienmērīgai sprieguma izkliedei).

4.2.2. Maksimālā stiprība un remontspēja/pārbūve

Ja nākotnē paredzama pārrakšana, komunikāciju piekļuve vai demontāža, projektētājs var definēt arī maksimāli pieļaujamo stiprību kā projektēšanas prasību, lai saglabātu risinājuma apstrādājamību/plānotu pārbūves iespējamību.

4.3. Ūdens režīms (slēgta struktūra / drenējošs ZBŠ)

Projektētājam skaidri jānorāda, vai ZBŠ paredzēts ar drenējošu vai slēgtu poru struktūru, jo no tā ir tieši atkarīga materiāla uzvedība ūdens klātbūtnē. Peldspējas risks galvenokārt saistīts ar slēgtas struktūras ZBŠ, kur saglabātās gaisa poras var palielināt augšupvērsta spēka ietekmi paaugstināta gruntsūdens līmeņa vai applūšanas apstākļos. Savukārt drenējošas struktūras ZBŠ izteikta peldspēja parasti nav raksturīga, jo ūdens var brīvāk iekļūt poru sistēmā un izlīdzināt spiedienu materiāla tilpumā. Tādēļ slēgtas struktūras risinājumos peldspējas jautājums ir jāvērtē tieši, savukārt drenējošos risinājumos galvenā uzmanība pievēršama ūdens režīmam, drenāžai un ilgtermiņa ekspluatācijas apstākļiem.

4.4. Projektēšanas ievaddati, ko jāprasa no piegādātāja

- Mitrā blīvuma mērķis un tolerance;
- E amplitūda pie izvēlētajā blīvuma (tipiskā vai testēta);
- Stiprības attīstības profils (ja nepieciešams noteikt minimālo vecumu pirms virskārtas);
- Ūdens režīma tips
- Tehnoloģiskās iestrādes shēmas principi (tukšumu aizpildei: piekļuves/ventilācijas loģika);
- KK plāna principi un piemērojamās dokumentācijas prasības.

5. Ģeotehniskie un sistēmiskie aspekti (praktiski)

5.1. Kāpēc ZBŠ bieži samazina deformāciju risku

Tradicionāls slāņveida aizbērums bieži rada neviendabību (atšķirīgs sablīvēšanas līmenis, lokālas mitruma atšķirības, slāņu robežas). ZBŠ veido monolītu, viendabīgu aizpildījumu, tādējādi samazinot diferenciālo deformāciju risku, kas saistīts ar aizpildījuma neviendabību.

5.2. Dziļi izrakumi kā riska avots

Dziļos izrakumos (piem., >3 m) riska profilu nosaka: sienu stabilitāte, gruntsūdens režīms, satiksmes un darba drošība, kā arī būtisks zemes darbu apjoms un kvalitātes nenoteiktība. Tukšuma aizpilde ar ZBŠ bieži ļauj izvairīties no šī riska profila.

5.3. Peldspēja un uzraudzība

Ja projektā ir augsts gruntsūdens līmenis un ZBŠ paredzēts ar slēgtu poru struktūru, projektētājam jāizvērtē peldspējas scenāriji un, ja nepieciešams, jāparedz atbilstoša konstrukcijas noturēšana ar virsējo slāņu pašsvaru, slāņu secību vai citiem risinājumiem pret uzspiešanu. Drenējošas struktūras ZBŠ gadījumā galvenokārt vērtējama sistēmas spēja kontrolēti novadīt ūdeni un saglabāt paredzēto ekspluatācijas režīmu. Peldspējas pārbaude ir īpaši būtiska tad, ja gruntsūdens līmenis var sasniegt ZBŠ apakšu vai darba zonu un virsējā konstrukcija nenodrošina pietiekamu stabilizējošu slodzi. Konceptuāli šāda pārbaude balstāma uz Arhimēda principu, salīdzinot uzspiešanas spēku ar konstrukcijas un virsējo slāņu stabilizējošo pašsvaru.

6. Izpildes principi un konstruktīvie nosacījumi

6.1. Tukšumu aizpilde: piekļuve un ventilācija

Tukšumu aizpildes darbos kritiski svarīga ir gaisa evakuācija. Projektētājs (vai izpildītājs ar saskaņojumu) nodrošina shēmu, kur paredzēti piekļuves un ventilācijas punkti, lai novērstu gaisa slazdu veidošanos un nodrošinātu pilnīgu aizpildi.

6.2. Segregācijas un noslāņošanās novēršana

Izpildītājs nodrošina stabilu putu ģenerēšanu un dozēšanu, kā arī ražošanas parametrus, kas novērš segregāciju. Nekontrolēta ūdens pievienošana objektā nav pieļaujama bez tehnologa saskaņojuma.

6.3. Pārejas zonas un detaļas

Pārejas zonās (piem., no ZBŠ uz tradicionālu konstrukciju) jāparedz stinguma pārejas nodrošināšana, lai samazinātu diferenciālo deformāciju risku. Projektā jāattēlo detalizētas šķērsriezumu detaļas, ja ZBŠ saskaras ar komunikācijām, plātnēm vai atbalstiem.

6.4. Svaiga ZBŠ radītais spiediens uz norobežojošām konstrukcijām

Svaiga ZBŠ iestrādes laikā uz veidņiem, šahtu sienām, apvalkiem, pagaidu norobežojumiem vai citām konstrukcijām var iedarboties šķīdram materiālam raksturīgs spiediens. Ja ZBŠ tiek iepildīts pret konstrukciju, kurai islaicīgi jāuzņem svaiga materiāla slodze, projektētājam vai izpildītājam ar saskaņojumu jāizvērtē šīs konstrukcijas noturība pret svaigā ZBŠ radīto spiedienu līdz materiāla sacietēšanai. Šis aspekts ir īpaši svarīgs šaurās, dziļās vai slēgtās ģeometrijās, kā arī gadījumos, kad ZBŠ iepildes laikā vienā pusē atrodas grunts, ūdens vai cita papildu sānu slodze.

6.5. Hidratācijas siltums

Lielākos vienlaidus ZBŠ apjomos cementa hidratācijas laikā var rasties temperatūras paaugstināšanās, kas atsevišķos mezglos jāņem vērā. Ja ZBŠ masa aptver plastmasas caurules, apvalkus, temperatūrai jutīgus elementus vai citus materiālus ar ierobežotu karstumizturību, projektētājam vai izpildītājam ar saskaņojumu jāizvērtē iepildes secība, slāņu biezums un nepieciešamība ierobežot vienlaikus iepildāmo apjomu.

7. Salīdzinošais gadījuma pētījums: pamestas dzelzsbetona caurules tukšuma likvidēšana

7.1. Ievaddati

Parametrs	Vērtība
Iekšējais diametrs	650 mm
Ārējais diametrs	850 mm
Garums	80 m
Caurules pamatnes dziļums	5 m no virsmas
Materiāls	Dzelzsbetons
Atrašanās vieta	Zem topošā pilsētas laukuma

7.2. Risinājums A — pilna demontāža ar atklātu izrakumu

Aptuvenus minimālais izrakuma apjoms (pie darba platuma ~1.5 m un 5 m dziļuma):

$$V \approx 5.0 \times 1.5 \times 80 = 600 \text{ m}^3$$

Atpakaļpildījuma apjoms ir tā paša mēroga. Slāņveida sablīvēšana pie 0.25–0.30 m slāņiem nozīmē 17–20 ciklus.

Projekta riska avoti: dziļš izrakums, gruntsūdens režīms, stabilitāte, satiksmes ierobežojumi, kvalitātes nenoteiktība slāņveida aizbērumā.

7.3. Risinājums B — tukšuma aizpilde ar ZBŠ

$$\text{Aizpildāmais tilpums (iekšējais } \varnothing 0.65 \text{ m): } A = \pi \cdot 0.65^2 / 4 \approx 0.3318 \text{ m}^2 \quad V = 0.3318 \times 80 \approx 26.5 \text{ m}^3$$

Tātad pie risinājuma B ievaukšanās apjoms ir vairākkārt mazāks nekā pie risinājuma A, izvairoties no 600 m³ izrakuma un 600 m³ atpakaļpildījuma ar 17–20 sablīvēšanas cikliem. Papildus tam, pie risinājuma A ir jāparedz arī demontētās caurules izcelšana, transportēšana un utilizācija, kas rada papildu izmaksas un loģistikas slodzi.

7.4. Inženiertehniskais secinājums

Konkrētajā gadījumā tukšuma likvidēšana ar ZBŠ (Risinājums B) ir mehāniski un sistēmiski racionālāks risinājums nekā pilna demontāža, jo: (a) ievaukšanās apjoms samazinās no ~600 m³ izrakuma un ~600 m³ aizpildījuma līdz tikai ~26.5 m³ aizpildījumam; (b) nav nepieciešami daudzslāņu sablīvēšanas cikli un ar tiem saistītās kvalitātes nenoteiktības; (c) tiek samazināts dziļo izrakumu ģeotehniskais un darba drošības risks; (d) tiek nodrošināta homogēna, kontrolējama aizpilde ar minimālu papildu pastāvīgo slodzi uz pamatni.

8. Projekta mēroga ekonomiskā un riska loģika (demontāžas un ZBŠ risinājuma salīdzinājums)

Šis nodaļas mērķis nav salīdzināt tirgus cenas, bet gan strukturēt ekonomisko loģiku, kas projektētājam un pasūtītājam ir pamatoti aizstāvama iepirkuma procesā un tehniskajā dialogā.

8.1. Iejaukšanās mēroga salīdzinājums

Faktors	Demontāža	ZBŠ
Zemes darbu apjoms	≈600 m ³ izrakums + ≈600 m ³ atpakaļpildījums	Nav nepieciešams izrakums
Materiāla aprite	≈1200 m ³	≈26.5 m ³
Sablīvēšanas cikli	17–20	Nav
Satiksmes/teritorijas ietekme	Augsta	Zema (lokāla)

8.2. Riska salīdzinājums

Galvenie demontāžas riska faktori:

- dziļš izrakums un stabilitātes prasības;
- gruntsūdens un drenāžas režīms;
- slāņveida aizbērums kvalitātes nenoteiktība;
- grafika jutība pret laikapstākļiem un loģistiku.

ZBŠ risinājuma priekšrocības riska ziņā:

- minimizē dziļo izrakumu nepieciešamību;
- samazina darba ciklu skaitu un izpildes kvalitātes svārstību risku;
- samazina projekta grafika jutību (īpaši pilsētvidē).

8.3. Secinājums

Šajā salīdzinājumā ZBŠ risinājums nav vērtējams pēc materiāla vienības cenas atsevišķi no projekta izpildes shēmas. Tā izvērtēšana balstāma uz kopējo iejaukšanās apjomu, izrakuma dziļumu, aizbērums ciklu skaitu, kvalitātes kontroles pārvaldāmību un izpildes riska līmeni. Ja tradicionālais risinājums prasa plašu demontāžu, dziļu izrakumu, daudzpakāpju aizbēršanu un ilgstošu sablīvēšanas ciklu, ZBŠ var nodrošināt tehniski racionālāku un projektam kopumā ekonomiski pamatotāku alternatīvu. Gala izvēle izdarāma konkrētā projekta apstākļos, salīdzinot pilnu risinājuma ietekmi uz būvdarbu apjomu, grafika jutību, kvalitātes nenoteiktību un ar izpildi saistīto risku.

9. Projektētāja lēmuma ceļvedis un riska pārbaudes saraksts

9.1. Kad ZBŠ risinājumu ir īpaši vērts izvērtēt

ZBŠ risinājums nav universāls aizvietotājs tradicionāliem aizbēruma vai tukšumu likvidēšanas risinājumiem, taču noteiktos projektos tas jau sākotnēji ir mērķtiecīgi jāiekļauj alternatīvu izvērtējumā. Praktiskai sākotnējai atlasei var izmantot turpmāk minētos kritērijus. Ja projektā izpildās vismaz divi no tiem, ZBŠ risinājums parasti ir pamatoti jāizvērtē tehniskā un ekonomiskā salīdzinājumā ar tradicionālo risinājumu.

- mīksta, vāji nestspējīga vai konsolidējoša pamatne;
- dziļš izrakums vai liels zemes darbu apjoms tradicionālā risinājuma gadījumā;
- augsts diferenciālās nosēšanās risks segumiem, plātnēm vai pārejas zonām;
- ierobežota darba zona, sarežģīta loģistika vai būtiska satiksmes ietekme;
- īss izpildes termiņš vai augsta grafika jutība;
- nepieciešamība samazināt darba ciklu skaitu un slāņveida sablīvēšanas nenoteiktību;
- tukšumi, pamestas komunikācijas vai slēgtas telpas, kur tradicionāls aizbērums ir tehnoloģiski neērts;
- situācijas, kur projekta riska profils vairāk saistīts ar izrakumu, demontāžu un izpildes organizāciju nekā ar paša aizpildījuma materiāla vienības cenu.

9.2. Projektētāja kontroljautājumi (pirms specifikācijas)

- Kāds ir mērķis: slodzes samazinājums, tukšuma likvidēšana, darbu izpildes laika samazinājums, deformāciju kontrole?
- Kāds ir ūdens režīms: vai nepieciešams drenējošs ZBŠ?
- Kāds ir blīvuma mērķis un tolerance?
- Vai jādefinē minimālā un/vai maksimālā stiprība (nākotnes apstrādājamība)?
- Kādi ir verifikācijas kritēriji tukšumu aizpildei?

9.3. Iesniedzamie dokumenti (saskaņošanai / apstiprināšanai)

9.3.1. Pirms darbu sākuma (saskaņošanai)

- Tehnoloģiskais apraksts (iestrādes metode, iekārta, loģistika, darba secība, riska mazināšanas pasākumi).
- Atbildīgās personas un kontaktu kārtība.
- Tukšumu aizpildes shēma (piekļuves un ventilācijas punktu izvietojums; gaisa evakuācijas nodrošināšana; kontroles kritēriji).

9.3.2. Pēc darbu izpildes (izpilddokumentācija un KK dokumentu pakete)

- KK žurnāli un korekciju reģistrs.
- Testēšanas protokoli (spiedes stiprība 7 un 28 dienās — ja attiecināms; citi testi, ja noteikti projektā).
- Izpildshēma un izpildinformācija par aizpildes secību un būtiskām izmaiņām.
- Atbilstības apliecinājums (izpildītāja parakstīts kopsavilkums par atbilstību specifikācijas parametriem un pieņemšanas kritērijiem).

9.4. Izmaiņu vadība

Jebkādas izmaiņas projektā noteiktajos ZBŠ materiāla parametros (mērķa mitrais blīvums, stiprības prasības, slēgtas struktūras vai drenējošs režīms, tolerances, pieņemšanas kritēriji vai KK mērījumu biežums) ir spēkā tikai pēc rakstiskas saskaņošanas ar projektētāju un, ja piemērojams, ar pasūtītāju un būvuzraudzību.

9.5. Atbildības robežas

Projektētājs nosaka ZBŠ risinājuma ģeometriju, projektēšanas parametrus un pieņemšanas kritērijus, kā arī izvērtē stabilitāti, nestspēju un, ja attiecināms, peldspēju. ZBŠ piegādātājs nodrošina materiāla izgatavošanu un iestrādi, kvalitātes kontroli, mērījumus un izpilddokumentāciju. Piegādātāja sniegtie tehniskie ievaddati kalpo projektēšanas atbalstam un kļūst saistoši tikai tad, ja tie ir nepārprotami iekļauti projektā, specifikācijā vai rakstiski apstiprinātā saskaņošanas dokumentā.

10. Tehniskā specifikācija iepirkumam

Šī nodaļa paredzēta iekļaušanai tehniskajā projektā vai iepirkuma dokumentācijā. Projektētājs var izmantot tekstu tieši vai adaptēt konkrētajai situācijai.

10.1. Darbu apjoms

Izpildītājs nodrošina ZBŠ ražošanu un iestrādi projektā norādītajās zonās, lai nodrošinātu pilnīgu tukšumu aizpildi vai definēto aizpildījuma slāņu izbūvi, atbilstoši šai specifikācijai un rasējumiem.

10.2. Projektējamie parametri

Ja vien projektā nav noteikts citādi, 2. un 3. nodaļā norādītie parametru diapazoni ir orientējoši un paredzēti sākotnējai materiāla izvērtēšanai; juridiski saistošās un iepirkumā pārbaudāmās prasības nosaka šī 10. nodaļa un konkrētā projekta specifikācija.

Parametrs	Jānorāda projektā	Piezīme
Mitrā blīvuma mērķis	Jā	kg/m ³ ; attiecas uz mērījumu objektā
Mitrā blīvuma tolerance	Jā	tipiski ±50 kg/m ³ kā sākotnējais projektēšanas/KK atskaites punkts, ja nav noteikts citādi
Min. 28 d spiedes stiprība	Jā	MPa; funkcionālai stabilitātei
Maks. spiedes stiprība	Ja nepieciešams	ja nākotnes apstrādājamība ir prasība
Ūdens režīms	Jā	slēgta struktūra vai drenējošs ZBŠ

10.3. Ražošanas un iestrādes prasības

- Jānodrošina stabila putu ģenerēšana un dozēšana;
- Jānodrošina nepārtraukta iestrāde, izvairoties no nevajadzīgām darba šuvēm;
- Tukšumu aizpildei jānodrošina piekļuves un ventilācijas shēma gaisa evakuācijai;
- Nekontrolēta ūdens pievienošana objektā nav pieļaujama;

10.4. Kvalitātes kontroles (KK) sistēma

KK tiek organizēta trīs režīmos: starta režīms, stabilas ražošanas režīms un korekcijas/atkārtotas validācijas režīms. Katrs mērījums un korekcija tiek reģistrēta KK žurnālā, norādot vismaz: datumu/laiku, objektu/posmu, partiju, iestrādāto tilpumu (m³), mērķa mitro blīvumu, mērījuma rezultātu, atbildību un operatoru/atbildīgo personu.

10.4.1. Starta režīms

Piemēro: darba sākumā, pēc receptes vai iekārtas regulējuma izmaiņām, pēc būtiska pārtraukuma. Mitrā blīvuma kontrole: katrai partijai vai ne retāk kā ik pēc 1 m³, līdz iegūti vismaz 3 secīgi mērījumi mērķa ± tolerances robežās. (EN 12350-1; EN 12350-6).

10.4.2. Stabīlas ražošanas režīms

Piemēro: pēc starta režīma stabilitātes apstiprināšanas nepārtrauktā ražošanā. Mitrā blīvuma kontrole: ne retāk kā ik pēc 20 m³. Papildu kontrole: ja novērojamas vizuālas novirzes vai notikusi iekārtas pārregulēšana. (EN 12350-1; EN 12350-6).

10.4.3. Korekcijas/atkārtotas validācijas režīms

Aktivizē: ja mērījums ārpus tolerances, notikušas tehnoloģiskas izmaiņas, izejmateriālu izmaiņas vai pārtraukums. Atgriežas starta režīma biežumā līdz stabilitātes atjaunošanai; korekcijas dokumentē.

10.4.4. Atbilstības lēmums

Atbilstības lēmums ("Atbilst/Neatbilst") tiek pieņemts pēc mērķa mitrā blīvuma un projektā noteikto toleranču izpildes. Ja rezultāts ir ārpus tolerances, maisījums tiek klasificēts kā "Neatbilst" un tiek iedarbināts korekcijas/atkārtotas validācijas režīms ar papildu mērījumiem, līdz tiek atjaunota stabila atbilstība. Par jau iestrādāta neatbilstoša materiāla pieņemšanu, papildu testēšanu, lokālu pārbūvi vai noraidīšanu lemj projektētājs, pasūtītājs un būvuzraudzība saskaņā ar projektā noteikto pieņemšanas kārtību un faktiskā riska novērtējumu.

10.5. Paraugu ņemšana un testēšana

Ja projektā noteikta stiprība, izpildītājs nodrošina paraugu ņemšanu un testēšanu saskaņā ar saskaņotu plānu (piem., 7 un 28 dienās). Parauga tips, izmēri, kopšanas režīms, testējamo paraugu skaits un partiju reprezentativitāte jānosaka projektā vai KK plānā, lai rezultāti būtu savstarpēji salīdzināmi un interpretējami. (EN 12390-2; EN 12390-3).

10.6. Pieņemšanas kritēriji

Ja projektā nav noteikts citādi, ZBŠ darbu pieņemšana balstāma uz četriem savstarpēji saistītiem kritēriju blokiem: svaigā materiāla atbilstību iestrādes laikā, sacietējušā materiāla atbilstību, ja projektā paredzēta stiprības pārbaude, aizpildījuma pilnīguma vai izbūvētā slāņa atbilstības verifikāciju, kā arī pilnīgu kvalitātes kontroles dokumentāciju.

Svaigā materiāla atbilstība vērtējama pēc mitrā blīvuma objektā. Katram mērījumam jāatbilst projektā noteiktajam mērķa blīvumam un pieļaujamajai tolerancei. Ja mērījumi iziet ārpus noteiktajām robežām, attiecīgā partija vai darba posms uzskatāms par neatbilstošu līdz korekciju veikšanai, atkārtotai validācijai un dokumentētam lēmumam par turpmāko izmantošanu.

Ja projektā noteikta minimālā 28 dienu spiedes stiprība vai minimālā agrīnā stiprība pirms virsslāņa izbūves, sacietējušā materiāla atbilstība vērtējama pēc projektā vai kvalitātes kontroles plānā noteiktās testēšanas kārtības. Ja projektā noteikta arī maksimāli pieļaujamā stiprība, tā vērtējama kā papildu pieņemšanas kritērijs gadījumos, kad būtiska ir turpmāka pārbūves iespējamība, apstrādājamība vai komunikāciju uzturēšanas darbi ekspluatācijas laikā.

Tukšumu aizpildes, gredzenveida atstarpju vai citu slēgtu dobumu gadījumā pieņemšanai papildus jāapstiprina aizpildījuma pilnīgums, izmantojot projektā noteikto verifikācijas pieeju, piemēram, tilpuma bilanci, kontroles atveres, procesa novērojumus vai citu iepriekš saskaņotu metodi. Ja projektā noteikta arī izbūvētā slāņa ģeometrijas vai robežu pārbaude, tā uzskatāma par daļu no pieņemšanas procesa.

Pieņemšanai obligāti jābūt pamatotai ar pilnu kvalitātes kontroles dokumentu paketi, kurā ietilpst mitrā blīvuma mērījumu žurnāli, korekciju reģistrs, paraugu un testēšanas rezultāti, tilpuma uzskaitē, kā arī

citi projektā noteiktie izpilddokumenti. Nepilnīga dokumentācija uzskatāma par neatbilstošu pieņemšanas pamatu arī tad, ja daļa materiāla parametru objektā ir sasniegti.

Ja tiek konstatētas novirzes no projektā noteiktajiem parametriem, nepilnīgs aizpildījums vai nepietiekama dokumentācija, pasūtītājam, būvuzraudzībai vai projektētājam ir tiesības pieprasīt papildu verifikāciju, lokālu atsegšanu, papildu testēšanu vai korektīvus pasākumus pirms darbu galīgās pieņemšanas.

10.7. Saskaņošanas punkti

- SP-1: pirms darbu sākuma — tehnoloģiskā shēma, piekļuves/ventilācijas plāns, mērķa parametri;
- SP-2: pēc starta režīma — stabilitātes apstiprināšana;
- SP-3: pirms virskārtas izbūves (ja attiecināms) — noteikts minimālais vecums/stiprība vai cits kritērijs.

10.8. Izpildītāja kvalifikācijas minimālās prasības

Ja ZBŠ risinājums tiek iekļauts iepirkuma dokumentācijā, izpildītājam jāspēj pierādīt tehnisko kompetenci, atbilstošu tehnoloģisko nodrošinājumu un kvalitātes kontroles spēju konkrētā projekta apjomam, ģeometrijai un riska līmenim. No izpildītāja ieteicams prasīt pierādāmu pieredzi salīdzināmos darbos vai salīdzināmā tehnoloģijā, kā arī spēju nodrošināt kontrolētu darbu izpildi un kvalitātes kontroles dokumentēšanu. Projektos ar paaugstinātu risku pasūtītājs var noteikt papildu prasības attiecībā uz līdzīgu objektu pieredzi, tehnoloģisko jaudu, rezerves nodrošinājumu, izmēģinājuma iestrādi vai papildu verifikāciju. Kvalifikācijas prasībām jābūt samērīgām ar projekta sarežģītību un pietiekami konkrētām, lai darbus neveiktu izpildītājs bez pierādāmas tehnoloģiskās sagatavotības un kvalitātes kontroles spējas.

11. Normatīvā bāze un testēšanas metodes

Šajā sadaļā norādīti tipiskie Eiropas standarti (EN/CEN) un to nacionālās adaptācijas (piem., LVS EN), kuru testēšanas principi vai vispārīgie dokumentēšanas ietvari praksē bieži tiek izmantoti ZBŠ kvalitātes kontrolei un dokumentēšanai, ciktāl tie ir piemērojami konkrētajam materiālam un projektam. Projektā primāri jāievēro pasūtītāja/projektētāja norādītie standarti un specifikācijas.

Temats	Standarts (EN)	Kur dokumentā tiek lietots
Vispārīgs dokumentēšanas ietvars un atsaucis punkts testēšanas pieejai	EN 206*	10. nodaļa (ierobežoti, pēc analogijas)
Paraugu ņemšana no svaiga materiāla	EN 12350-1	10.4 – 10.5
Mitrā blīvuma noteikšana objektā	EN 12350-6	10.4 (mitrais blīvums)
Paraugu izgatavošana un kopšana stiprībai	EN 12390-2	10.5 (ja attiecināms)
Spiedes stiprības tests	EN 12390-3	10.5 (ja attiecināms)
Sacietējuša materiāla blīvums	EN 12390-7	papildu verifikācija
* EN 206 nav tieši ZBŠ materiāla pilns specifikācijas standarts; šeit tas lietots tikai kā vispārīgs dokumentēšanas/atbilstības atsaucis punkts un tikai ciktāl konkrētajā projektā tas ir piemērojams. ZBŠ specifiskās prasības definē projekts, specifikācija un KK plāns.		

12. Veidnes un žurnāli

Šajā sadaļā norādīti praktiski veidņu paraugi iepirkumam, būvuzraudzībai un izpildītājam.

12.1. Projektētāja specifikācijas ievades lapa

Pozīcija	Aizpildāmā informācija
Mērķa mitrais blīvums (kg/m ³)	
Tolerances (± kg/m ³)	
Min. 28 d spiedes stiprība (MPa)	
Maks. spiedes stiprība (MPa) (ja attiecināms)	
Ūdens režīms (slēgts / drenējošs)	
KK režīmu prasības (starta/stabils/korekcija)	
Tukšumu aizpildes verifikācija (kritēriji)	

12.2. KK žurnāla paraugs (mitrais blīvums)

Datums/Laiks	Objekts/Posms	Partija	Tilpums (m ³)	Mērķis (kg/m ³)	Mērījums (kg/m ³)	Atbilstība	Piezīmes

12.3. Korekciju reģistra paraugs

Datums/Laiks	Novirze	Iemesls	Veiktā korekcija	Mērījums pēc korekcijas	Atbildīgais	Piezīmes

SKYSTONE SIA

Zema blīvuma šūnbetona risinājumi projektēšanai un būvniecībai

SKYSTONE SIA nodrošina zema blīvuma šūnbetona risinājumu tehnisko atbalstu, materiāla parametru precizēšanu, projekta izvērtēšanu, kā arī izgatavošanas un iestrādes izpildes kompetenci atbilstoši projektā noteiktajām prasībām.

Kontakti

E-pasts: info@skystoneprof.com

Tālrunis: +371 29836343

Mājaslapa: www.skystoneprof.com