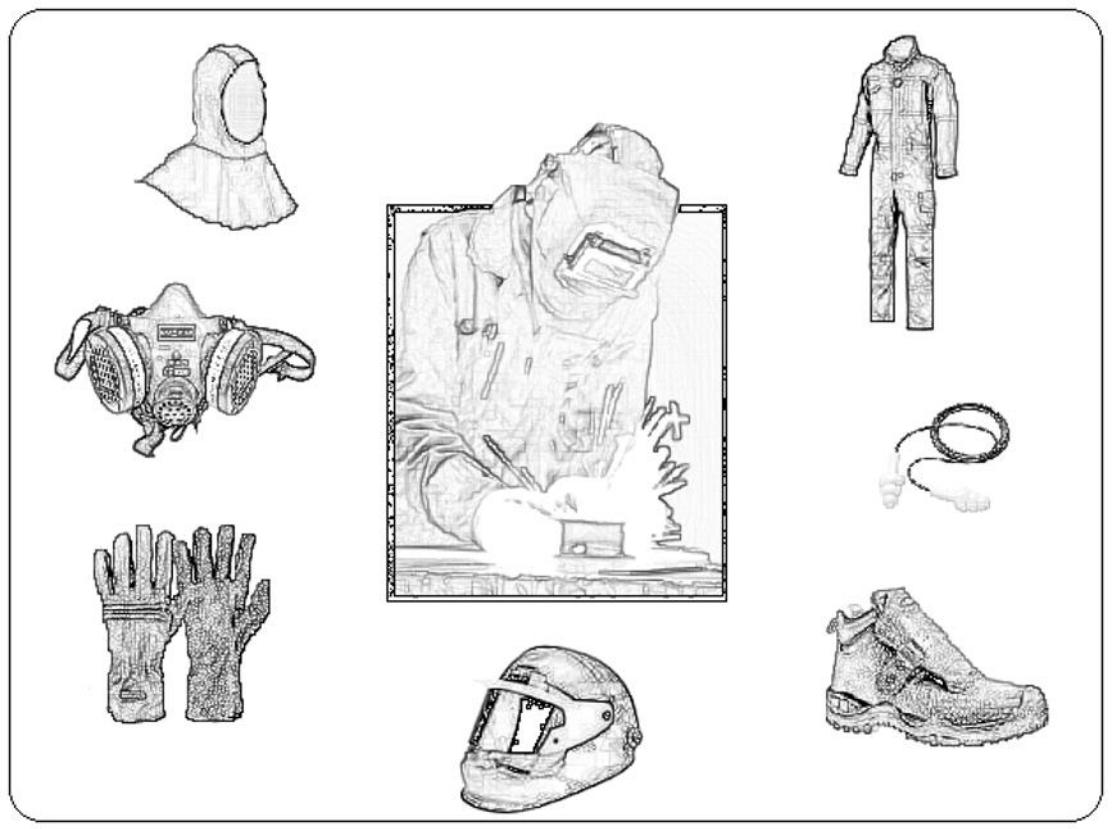


BETONIELEMENTTIRAKENTAMISEN TYÖMAAHITSAUSOHJE

betoni

Betonielementtirakentamisen työmaahitsausohje

Muutosluettelo

Versio	Muutos koskee	Tekijä	Päiväys
2.0	Ohje käyty kokonaisuudessaan läpi ja päivitetty ajantasalle.	JKo	4.11.2026

Kuvat:

Etukansi: Betoniteollisuus ry

Julkaisija:

Betoniteollisuus ry

Copyright:

Betoniteollisuus ry

Esipuhe

Betonielementtirakentamisen liitoksissa pyritään yleensä hyödyntämään pultti- ja/tai juotettuja liitosratkaisuja, koska suotuisten olosuhteiden varmistaminen on helpohkoa toteuttaa näiden osalta. Tietyissä betonielementtien liitosratkaisuissa joudutaan turvautumaan työmaahitsauksiin. Työmaahitsaus, etenkin kuormia siirtävissä ratkaisuissa, on yleensä aina erikoispätevyyden alaista työtä. Olosuhteiden hallinta ja oikeiden työtapojen valinta on tärkeää, jotta voidaan varmistua hitsauksen vaaditusta lopputuloksesta.

Tähän ohjeeseen on koottu käytännönläheistä ohjeistusta työmaahitsauksien toteutukseen. Ohjeessa käsitellään esimerkiksi vaadittuja pätevyyksiä, tarkastuksista, käytettävistä materiaaleista sekä työtavoista ja turvallisuudesta.

Ohje on tarkoitettu ensisijaisesti betonielementtien hitsauskiinnityksistä vastaaville tahoille työmaalla, kuten esimerkiksi elementtiasentajille. Ohjetta voidaan soveltaa myös betonielementtien valmistuksessa tehdasoloissa.

Ohjeen on päivittänyt Betoniteollisuus ry:n tilauksesta Juha Kukkonen Sweco Finland Oy:stä. Työtä on ohjannut Betoniteollisuus ry:n elementtisuunnittelun asiantuntijaryhmä.

Helsingissä, marraskuussa 2026

Sisällysluettelo

Esipuhe 1

1 TOTEUTUSERITELMÄN HUOMIOON OTTAMINEN 4

2 TYÖMAAHITSAUKSET 4

2.1 Tilapäiset kiinnitykset 4

2.2 Poikkeamat ja korjaavat toimenpiteet 4

3 TOTEUTUSLUOKKIIN LIITTYVÄT VAATIMUKSET 5

4 HITSAAJAN PÄTEVYYSTODISTUS 6

4.1 Pätevyystodistuksen lyhenteet 7

5 HITSAUSASENNOT 8

6 HITSAUSKOORDINOIJAN PÄTEVYYS 9

6.1 Seostamattomat rakenneteräkset 9

6.2 Ruostumattomat teräkset 10

6.3 Eripariliitokset 10

6.4 Betoniteräkset 10

7 PERUSAINEIDEN VARASTOINTI 11

8 HITSAUSPUIKOT 11

8.1 Hitsauspuikkojen säilytys ja varastointi 11

8.2 Valmistajan säilytys- ja varastointiohjeet 12

9 HITSAUSMERKIT 13

10 HITSAUSOLOSUHTEET 14

10.1 Kosteus 14

10.2 Epäpuhtaus 14

10.3 Esilämmitys 14

10.4 Hitsausympäristö 14

11 TARKASTUS JA TESTAUS 14

11.1 Tarkastus ja testaus ennen hitsausta 14

11.2 Tarkastus ja testaus hitsauksen aikana 15

11.3 Tarkastus ja testaus hitsauksen jälkeen 15

11.3.1 Silmämääräinen tarkastus 15

11.3.2 Muut ainetta rikkomattomat NDT-tarkastukset 15

12 HITSAUSVIRHEIDEN TOLERANSSIT 17

13 LAATUASIAKIRJAT 18

14 TUOTANTOKALUSTO JA LAITTEET 18
15 ALIHANKINTA 18
16 BETONITERÄSTEN HITSAUS 19
16.1 Betoniterästen hitsausohje 19
16.2 Betoniterästen hitsaajan pätevyys 19
16.3 Työkokeet 19
16.4 Suoritus ja tarkastus 19
16.5 Tuotantopäiväkirja 20
16.6 Betoniteräsliitokset 20
16.6.1 Voimaliitokset 20
16.6.2 Kiinnitysliitokset 20
17 HITSAUSOHJEEN LAADINTA JA HYVÄKSYMINEN 21
18 HITSAUSTURVALLISUUS 22
18.1 Hitsauslaitteet 22
18.2 Henkilökohtaiset suojaimet 22
LÄHTEET 23

1 TOTEUTUSERITELMÄN HUOMIOON OTTAMINEN

Hitsauksissa tulee aina huomioida ensin suunnittelijan laatima toteutuseritelmä rakennuskohteesta. Toteutuseritelmä sisältää toteutusta koskevat vaatimukset [1]:

- kohteen ja toteuttajan tiedot sekä projektissa laadittavat asiakirjat
- suunnittelustandardit, vastuuhenkilöiden pätevyysvaatimukset, laatutasovaatimukset ja tarkastukset
- toteutusluokka EXC ja toteutusluokkiin liittyvät vaatimukset
- pintakäsittelyt ja esikäsittelyaste: P1, P2 ja P3
- toleranssiluokat (olennaiset toleranssit, toiminnalliset toleranssit, luokka 1 ja luokka 2)
- paloluokitus ja materiaalivalinnat
- liitteen A1 mukaiset projektikohtaiset lisävaatimukset
- valinnat liitteen A2 mukaisiin tapauksiin, joissa on mahdollisuus esittää vaihtoehtoisia vaatimuksia
- rakennustyön turvallisuuteen liittyvät tekniset vaatimukset.

Toteutuseritelmän lisäksi tulee huomioida suunnittelijan laatima dokumentti, josta selviää mm. hitsityypit ja niiden hyväksikäyttöasteet sekä suunnittelijan mahdollisesti esittämät tarkastettavat hitsit.

2 TYÖMAAHITSAUKSET

Betonielementtirakentamisen työmaahitsaukset ovat suurimmalta osalta EXC2 toteutusluokkaa, joten hitsaukset tulee suorittaa pätevöityneellä hitsaajalla noudattaen hyväksyttyä hitsausohjetta (ks. hitsausohjeen laadinta ja hyväksyntä). Yrityksellä tulee olla myös pätevä hitsauskoordinoija toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4. Tämä opas on suunniteltu betonielementtirakentamisen työmaahitsauksiin pääosin toteutusluokassa EXC2. Toteutusluokkien laatuvaatimukset ovat esitetty seuraavan sivun taulukossa.

2.1 Tilapäiset kiinnitykset

Kiinnityshitsit on suoritettava hitsausohjeen mukaisesti ja ne on sijoitettava niin, ettei niiden poistaminen vahingoita varsinaista pysyvää teräsrakennetta. Poistaminen voidaan tehdä leikkaamalla tai talttaamalla toteutusluokissa EXC1 ja EXC2, jolloin perusaineen pinta tulee hioa leikkaamisen jälkeen huolellisesti sileäksi. Toteutusluokissa EXC1 ja EXC2 hitsausmenetelmien ja hitsaushenkilöstön hyväksymiselle ei ole asetettu vaatimuksia. Toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 leikkaamista ja talttaamista ei sallita, ellei toisin esitetä. Alueet, joilla tilapäisten hitsien käyttö ei ole sallittua sekä toteutusluokissa EXC3 tai EXC4 tehdyt tilapäiset kiinnitykset tulee esittää toteutuseritelmässä. [1]

2.2 Poikkeamat ja korjaavat toimenpiteet

Toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4 hitsaamalla tapahtuva korjaus tulee suorittaa hyväksytyn hitsausohjeen mukaisesti. Korjattujen hitsien tulee täyttää alkuperäisille hitseille asetetut vaatimukset ja ne tulee tarkistaa. Korjattavat kohdat on tunnistettava ja niitä tulee valvoa, että ne tulevat varmasti korjatuksi. [1]

3 TOTEUTUSLUOKKIIN LIITTYVÄT VAATIMUKSET

Taulukko 1. Vaatimukset toteutusluokille (hitsauksen osalta) [1].

Kohta	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
7 Hitsaus				
7.1 Yleistä	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2
7.4 Hitsausmenetelmien ja hitsaushenkilöstön hyväksyminen				
7.4.1 Hitsausmenetelmien hyväksyminen	Ei vaatimuksia	Ks. 7.4.1 hitsausmenetelmien hyväksyminen (EN 1090-2 + A1 taulukko 12 ja 13)	Ks. 7.4.1 hitsausmenetelmien hyväksyminen (EN 1090-2 + A1 taulukko 12 ja 13)	Ks. 7.4.1 hitsausmenetelmien hyväksyminen (EN 1090-2 + A1 taulukko 12 ja 13)
7.4.2 Hitsaajat ja hitsausoperaattorit	Hitsaajat: EN ISO 9606-1 Operaattorit: EN ISO 14732	Hitsaajat: EN ISO 9601-1 Operaattorit: EN ISO 14732	Hitsaajat: EN ISO 9601-1 Operaattorit: EN ISO 14732	Hitsaajat: EN ISO 9601-1 Operaattorit: EN ISO 14732
7.4.3 Hitsauksen koordinointi	Ei vaatimuksia	Tekninen tietämys EN 1090-2 + A1 taulukoiden 14 ja 15 mukainen (ks. hitsauskoordinoijan pätevyys)	Tekninen tietämys EN 1090-2 + A1 taulukoiden 14 ja 15 mukainen (ks. hitsauskoordinoijan pätevyys)	Tekninen tietämys EN 1090-2 + A1 taulukoiden 14 ja 15 mukainen (ks. ks. hitsauskoordinoijan pätevyys)
7.5.1 Railot	Konepajapohjamaali sallittu vain, jos ei vaikuta haitallisesti hitsausprosessiin	Konepajapohjamaalia ei sallita	Konepajapohjamaalia ei sallita	Konepajapohjamaalia ei sallita
7.5.6 Tilapäiset kiinnitykset	Ei vaatimuksia	Ei vaatimuksia	Käyttö on esitettävä Leikkaaminen ja lastuaminen eivät ole sallittuja	Käyttö on esitettävä Leikkaaminen ja lastuaminen eivät ole sallittuja
7.5.7 Siltahitsit	Ei vaatimuksia	Hyväksytty hitsausmenetelmä	Hyväksytty hitsausmenetelmä	Hyväksytty hitsausmenetelmä
7.5.9 Päittäishitsit 7.5.9.1 Yleistä 7.5.9.2 Yhdeltä puolelta hitsatut hitsit	Ei vaatimuksia	Aloitus- ja lopetuspalat, jos vaaditaan	Aloitus- ja lopetuspalat Pysyvä jatkuva juurituki	Aloitus- ja lopetuspalat Pysyvä jatkuva juurituki
7.5.16 Hitsaustyön suoritus			Roiskeiden poisto	Roiskeiden poisto
7.6 Hyväksymiskriteerit	EN ISO 5817 Hitsiluokka D	EN ISO 5817 Yleensä hitsiluokka C	EN ISO 5817 Hitsiluokka B	EN ISO 5817 Hitsiluokka B, mahdolliset lisävaatimukset sekä hitsit, joita ne koskevat, on esitettävä
12.4.2 Tarkastus hitsauksen jälkeen				
12.4.2.3 Rutiinitarkastus ja testaus	Silmämääräinen tarkastus	NDT: ks. EN 1090-2 + A1 taulukko 24 (ks. taulukko 8)	NDT: ks. EN 1090-2 + A1 taulukko 24 (ks. taulukko 8)	NDT: ks. EN 1090-2 + A1 taulukko 24 (ks. taulukko 8)

12.4.2.7 Hitsien korjaus	Ei vaadita hyväksyttyä hitsausohjetta	Hyväksytyn hitsausohjeen mukaisesti	Hyväksytyn hitsausohjeen mukaisesti	Hyväksytyn hitsausohjeen mukaisesti
12.4.4 Hitsauksen työkokeet	Ei vaatimuksia	Ei vaatimuksia	Erikseen vaadittaessa	Erikseen vaadittaessa

4 HITSAAJAN PÄTEVYYSTODISTUS

Kokeen (kokeiden) merkintä ISO 9606-1, 111 **P BW+FW FM2 B ≤13 PF ss nb**

WPS - Viittaus: WPS 321 Kokeen valvoja tai tarkastusorganisaatio - Viitenro:

Hitsaajan nimi: Hannu Hitsaaja

Tunnus: 123

Tunnistamistapa: Henkilöllisyystodistus

Syntymäaika ja -paikka: 1.4.1990, Ihmemaa

Työnantaja: Hitsaus Oy

Koodi / Testausstandardi: ISO 9606-1

Valokuva (vaadittaessa)

Tietopuolinen koe: Hyväksytty / ~~Ei testattu~~ (tarpeeton ylipyyhitään)

	Koekappale	Pätevyysalue
Hitsausprosessi(t)	111	111
Aineensiirtymismuoto	-	-
Tuotemuoto (levy tai putki)	P	P, T (ks. putken ulkohalkaisija)
Hitsilaji	BW, FW	BW, FW
Perusaineryhmä(t)/alaryhmät	3.1 (EN 10025-6 S690Q)	1…11 (ISO/TR 15608)
Lisäaineryhmä(t)	FM2	FM1, FM2
Lisäaine (Merkintä)	B (OK 75.75, ISO 18275 E 69 4 Mn2NiCrMo B 42 H5)	Pohja B, Muut kaikki, paitsi C
Suojakaasu	-	- - - - - - - - -
Apuaineet	-	- - - - - - - - -
Virtalaji ja napaisuus	DC +	- - - - - - - - -
Aineenpaksuus (mm)	13	≥ 3 mm
Hitsautumissyvyys (mm)	13	≥ 3 mm
Putken ulkohalkaisija (mm)	-	≥ 500 mm (kiinteä putki) ≥ 75 mm (pyörivä putki)
Hitsausasento	PF, PB	PA, PB, PF
Hitsien yksityiskohdat	ss nb	ss nb, ss mb, bs
Monipalkokerros/yksipalkokerros	ml, sl	sl, ml

Täydentävä pienahitsauskoe: ISO 9606-1, 111 **P FW FM2 B t13 F** hyväksytty/~~hylätty~~

Testausmenetelmä	Suoritettu ja hyväksytty	Ei suoritettu
Silmämääräinen tarkastus	2013-12-21 (BW ja FW)	(x)
Radiografinen tarkastus	2013-12-22 (BW)	(x)
Murtokoe	2013-12-23 (FW)	(x)
Taivutuskoe		
Lovivetokoe		
Makrohietutkimus		

Kokeen valvojen tai tarkastusorganisaation nimi:
Teppo Tarkastaja
Paikka, päivämäärä ja kokeen valvojan allekirjoitus:
Jyväskylä, 2013-12-23
Teppo Tarkastaja
Julkaisemispäivämäärä:
31.12.2013

Kuva 1. Esimerkki hitsaajan pätevyystodistuksesta [2].

4.1 Pätevyystodistuksen lyhenteet

SFS-EN 9606-1 111 **P BW 2 B t5 PF ss nb**

Taulukko 2. Hitsaajan pätevyystodistuksen lyhenteiden selitykset [2].

Lyhenne	Selitys
SFS-EN ISO 9606-1	Standardi, jossa esitetään hitsaajan pätevyyskokeet terästen sulahitsaukseen.
111	Puikkohitsauksen numerotunnus.
P	Levyn kirjaintunnus (Plate).
[T]	Putken kirjaintunnus (Tube).
BW	Päittäishitsin kirjaintunnus.
[FW]	Pienahitsin kirjaintunnus.
2	Perusaineryhmä 2 (Termomekaanisesti valssatut hienoteräkset ja valuteräkset).
[1.2]	Perusaineryhmä 1.2 (Teräkset, joiden ohjeellinen pienin ~~ylempi~~ myötöraja 275 N/mm^2 < R_{eH} ≤ 360 N/mm^2).
[8]	Perusaineryhmä 8 (Austeniittiset ruostumattomat teräkset).
[1.3]	Perusaineryhmä 1.3 (~~Normalisoidut~~ hienoraeteräkset, joiden ohjeellinen pienin ~~ylempi~~ myötöraja R_{eH} > 360 N/mm^2).
B	Emäspuikko
[R]	Rutiilipuikko
t5	Aineenpaksuus 5 mm
PF	Hitsausasento PF (seuraavalla sivulla asennot esiteltyinä kuvina).
ss nb	Päittäishitsauksessa hitsaus yhdeltä puolelta ilman juuritukea.
[ss mb]	Päittäishitsauksessa hitsaus yhdeltä puolelta juuritukea vastaan.
[bs]	Päittäishitsauksessa hitsaus molemmilta puolilta.
[sl]	Pienahitsauksessa yksipalkohitsaus.
[ml]	Pienahitsauksessa monipalkohitsaus.

Elementtiasennuksissa hitsattavat perusaineryhmät ovat yleisesti 1.2 ja 8. Harvemmin eteen tulevat hitsattavat teräkset ovat betoniteräs ja perusaineryhmät 2 ja 1.3, joita esiintyy joskus rakenneputkissa. Betoniteräksien hitsauspätevyys tulee tarkastaa erikseen (ks. betoniteräkset).
Eripariliitoksille pätevöityminen: käytettäessä perusaineryhmien 8 tai 10 mukaisia lisäaineita, pätevöitetään hitsaamaan materiaaliryhmiä 8 tai 10 minkä tahansa perusaineryhmän kanssa.
Hitsaajan pätevyystodistuksen tärkeimmät seurattavat osat ovat hitsaajan pätevyysalue ja hitsaajan pätevyyden voimassaolo. Hitsaajan pätevyyksien vahvistamisen kuuden kuukauden välein tekee hitsaustoiminnoista vastaava henkilö tai kokeen valvoja/tarkastusorganisaatio. Tämä edellyttää, että hitsaaja on hitsannut pätevyysalueella, jolloin voimassaoloa voidaan jatkaa kuudeksi kuukaudeksi eteenpäin. Jos kyseisiä toimenpiteitä ei ole tehty, hitsaaja ei ole pätevä hitsaamaan. [2]

	Pätevyysalue Range of qualification
	111
	P, T (D ≥ 500 ja/and [D ≥ 150 PA, PB ja PC])
	BW
i5J2H	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2, 3, 9.1 ja/and 11
	A, RA, RB, RC, RR, R, B

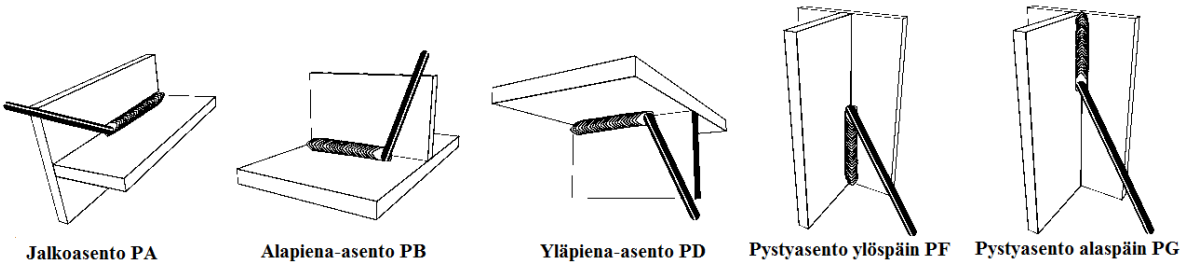
	3...10

	PA, PF
	ss nb, ss mb, bs

T (D ≥ 500 ja/and [D ≥ 150 PA, PB ja PC]) tarkoittaa, että on pätevöidytty hitsaamaan halkaisijaltaan 500 mm tai suurempaa putkea/neliöputkea, jonka lyhyemmän sivun pituus on 500 mm tai suurempi. Hitsausasennoissa PA, PB ja PC on pätevöidytty hitsaamaan halkaisijaltaan 150 mm tai suurempaa putkea/neliöputkea, jonka lyhyemmän sivun pituus on 150 mm tai suurempi.

5 HITSAUSASENNOT

Piena-asennot levylle



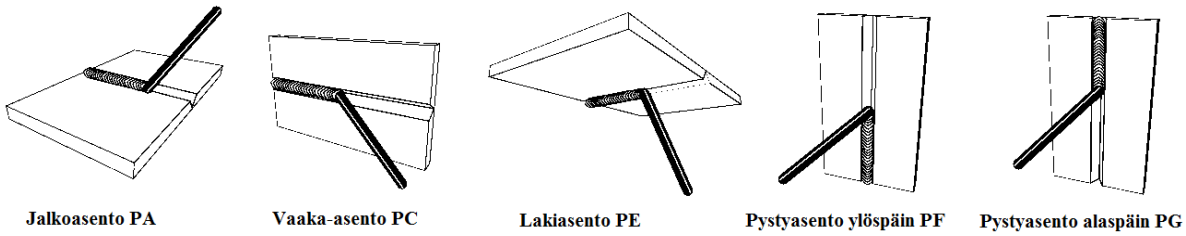
Kuva 2. Piena-asennot levyhitsauksessa [3].

Piena-asennot putkelle



Kuva 3. Piena-asennot putken hitsauksessa [3].

Päittäisasennot levylle



Kuva 4. Päittäishitsiasennot levyhitsauksessa [3].

Päittäisasennot putkelle



Kuva 5. Päittäishitsiasennot putken hitsauksessa [3].

6 HITSAUSKOORDINOIJAN PÄTEVYYS

Hitsattaessa toteutusluokkaa EXC2 tai sitä vaativampaa toteutusluokkaa, yrityksellä on oltava oma hitsauskoordinoija. Koordinoijan tulee olla IW-tasoa vastaava. IW-tasoja on kolmea luokkaa standardin EN ISO 14731 mukaisesti:

- C = kattava tekninen osaaminen IWE (Hitsausinsinööri)
- S = erityinen tekninen osaaminen IWT (Hitsausteknikko)
- B = tekninen perusosaaminen IWS (Hitsausneuvoja)

Betonielementtirakentamisen työmaahitsauksissa riittää yleensä hitsausneuvoja, sillä toteutusluokka on yleisesti EXC2, teräkset ovat perusryhmistä 1.1, 1.2, 1.4 ja 8 sekä aineenpaksuus on yleisimmin 25 mm tai alle. Jos yrityksen hitsauskoordinoijan koulutus ei riitä tiettyyn hitsaukseen, yritys voi ostaa koordinoinnin kyseiseen hitsaukseen ulkopuolelta yritystä. Vastuu standardinmukaisuudesta jää tällöin kuitenkin valmistajalle. Hitsauskoordinoijan ei tarvitse olla työmaalla koko ajan paikalla, mutta yrityksellä tulee olla vastaava työnjohtaja työmaalla, joka valvoo hitsauksen kulkua. Yrityksen koordinoija vastaa kaikista hitsauksista ja hitsauksiin liittyvistä asioista ja asiakirjoista, kuten pätevyyksistä ja hitsausohjeista.

Hitsauksen koordinointi tulee suorittaa standardin EN ISO 14731 (Hitsauksen koordinointi, tehtävät ja vastuut) määräysten mukaan. Hitsauskoordinoijalla tulee olla standardin EN 1090-2 + A1 mukainen tekninen tietämys valvottavista hitsaustöistä: [1]

6.1 Seostamattomat rakenneteräkset

Taulukko 3. Hitsauskoordinoijien teknisen tietämyksen taso, seostamattomat rakenneteräkset [1].

EXC	Teräkset (teräsryhmä)	Viitestandardit	Ainepaksuus (mm)		
			t ≤ 25[a]	25 < t ≤ 50[b]	t > 50
EXC2	S235…S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10210-3, EN 10219-1, EN 10219-3	B	S	C[c]
	S420…S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10210-3, EN 10219-1, EN 10219-3	S	C[d]	C
EXC3	S235…S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10210-3, EN 10219-1, EN 10219-3	S	C	C
	S420…S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10210-3, EN 10219-1, EN 10219-3	C	C	C
EXC4	Kaikki	Kaikki	C	C	C

[a] Pilareiden pohjalevyille ja päätelevyille ≤ 50 mm.
[b] Pilareiden pohjalevyille ja päätelevyille ≤ 75 mm.
[c] Teräksille, joiden lujuusluokka on korkeintaan S275, taso S riittää.
[d] Teräksille N, NL, M ja ML, taso S riittää.

- M = Termomekaanisesti valssattu, iskuenergian vähimmäisarvot on määritelty alimmillaan lämpötilassa - 20 ˚C.
- ML = Termomekaanisesti valssattu ja kylmäsitkeä teräs, iskuenergian vähimmäisarvot on määritelty alimmillaan lämpötilassa - 50 ˚C.
- N = Normalisoitu tai normalisointivalssattu, iskuenergian vähimmäisarvot on määritelty alimmillaan lämpötilassa - 20 ˚C.
- NL = Normalisoitu tai normalisointivalssattu ja kylmänsitkeä teräs, iskuenergian vähimmäisarvot on määritelty alimmillaan lämpötilassa - 50 ˚C.

6.2 Ruostumattomat teräkset

Taulukko 4. Hitsauskoordinoijien teknisen tietämyksen taso, ruostumattomat teräkset [1].

EXC	Teräkset (teräsryhmä)	Viitestandardit	Ainepaksuus (mm)		
			t ≤ 25	25 < t ≤ 50	t > 50
EXC2	Austeniittinen (8) Ferriittinen (7.1)	EN 10088-2: 2009, taulukko 3 EN 10088-3: 2009, taulukko 4 EN 10296-2: 2005, taulukko 1 EN 10297-2: 2005, taulukko 2	B	S	C
	Austeniittis-ferriittinen (10)	EN 10088-4: 2009, taulukko 4 EN 10088-4: 2009, taulukko 5 EN 10296-2: 2005, taulukko 1 EN 10297-2: 2005, taulukko 3	S	C	C
EXC3	Austeniittinen (8) Ferriittinen (7.1)	EN 10088-4: 2009, taulukko 3 EN 10088-5: 2009, taulukko 4 EN 10296-2: 2005, taulukko 1 EN 10297-2: 2005, taulukko 2	S	C	C
	Austeniittis-ferriittinen (10)	EN 10088-4: 2009, taulukko 4 EN 10088-5: 2009, taulukko 5 EN 10296-2: 2005, taulukko 1 EN 10297-2: 2005, taulukko 3	C	C	C
EXC4	Kaikki	Kaikki	C	C	C

6.3 Eripariliitokset

Eripariliitoksissa hitsauskoordinoijan teknisen tietämyksen taso vastaa ruostumattomien terästen teknisen tietämyksen tasoa. Liitoksia hitsatessa, koordinoijan tulee huomioida, että käytössä on asianmukaiset hitsaustekniikat, hitsausprosessit ja hitsausaineet. Samalla tulee harkita huolellisesti ruostumattomien terästen sähkökemialliseen korroosioon ja kontaminaatioon eli ei-toivotun aineen olemassaoloon liittyvät seikat.

6.4 Betoniteräkset

Hitsattaessa betoniteräsliitoksia, koordinoijalla on oltava tekninen erityistietämys betoniteräksen hitsauksesta ja hänen tulee täyttää standardin EN ISO 14731 mukaiset vaatimukset. Betoniteräksen hitsauskoordinoijan tekninen osaaminen voidaan saavuttaa (EN 17660-1, Liite B) asiakirjan EWF 544–01 mukaisella betoniteräksen erikoiskurssilla tai kansallisilla perehdyttämisohjelmilla.

7 PERUSAINEIDEN VARASTOINTI

Varastoinnissa tulee huolehtia, ettei materiaali, asiakkaan toimittama materiaali mukaan lukien, pääse vahingoittumaan. Varastoinnin aikana materiaalin tunnistettavuus tulee säilyä. [1]

8 HITSAUSPUIKOT

Teräslaadun hitsattavuus ja hitsauspuikon soveltuvuus tulee varmistaa teräslaadun perusteella. Taulukossa 5 on esitetty elementtiasennuksissa yleisimmin käytettäviä puikkoja [4][1)]:

Taulukko 5. Käytettävät hitsauspuikot [4][1)].

Puikko	Seos	Hitsattava teräs	Rutiili R/ Emäs B
OK 48.00	-	- Seostamattomat rakenneteräkset ja hienoraeteräkset - Betoniteräkset B500B ja S235JR. - Betoniterästen päittäishitsaukset sallittu ainoastaan S235JR betoniteräkselle - Huom! Lujuusluokan 700 MPa betoniteräksiä ei saa hitsata tällä puikolla!	B
OK 46.00	-	- Seostamattomat rakenneteräkset ≤ S355	R
OK 61.30	19%Cr-10%Ni	- Austeniittiset ruostumattomat teräkset (AISI 304) EN 1.4301, EN 1.4307	RA*
OK 63.20	18%Cr-12%Ni-3%Mo	- Austeniittiset ruostumattomat teräkset (AISI 316, AISI 316L, AISI 316 Ti) EN 1.4404, EN 1.4435, EN 1.4401, EN 1.4436, EN 1.4571	RA*
OK 63.30	18%Cr-12%Ni-3%Mo	- Austeniittiset ruostumattomat teräkset (AISI 316, AISI 316L, AISI 316 Ti) EN 1.4404, EN 1.4435, EN 1.4401, EN 1.4436, EN 1.4571	RA*
OK 67.70	23%Cr-13%Ni-3%Mo	- Musta/ruostumaton -eripariliitokset	RA*

*RA = hapan-rutiili -puikko

[1)] Alkuperäistä taulukkoa muokattu 2026 päivityksen yhteydessä.

Betoniteräksien hitsauksissa voidaan käyttää OK 48.00 puikkoa, jos puikon myötölujuus (445 MPa) on vähintään 70 % betoniteräksen myötölujuudesta. Puikolla voidaan hitsata tällöin maksimissaan myötölujuuden 635 MPa omaavaa betoniterästä. Betoniteräksen päittäishitsauksissa lisäaineena tulee käyttää betoniteräksen myötölujuuden tai sitä suuremman myötölujuuden omaavaa lisäainetta. Päittäishitsauksia voidaan tehdä tällöin kyseisellä puikolla maksimissaan myötölujuuden 445 MPa omaaville betoniteräksille. [11]

8.1 Hitsauspuikkojen säilytys ja varastointi

Hitsausaineiden varastoinnissa, käsittelyssä ja käytössä tulee noudattaa valmistajan suosituksia. Hitsauspuikkoja kuivattaessa ja varastoidessa, tulee noudattaa valmistajan suosituksia lämpötiloista ja kuivausajoista.

Käyttämättä jääneet hitsausaineet tulee kuivata aikaisemmin mainittujen ohjeiden mukaan. Puikkoja ei saa kuivata kahta kertaa useammin, vaan jäljelle jääneet aineet ovat poistettava

käytöstä. Vahingoittuneet tai huonontuneet hitsausaineet tulee myös hylätä (esim. puikkojen halkeilleet tai irronneet päällysteet).

Puikkojen tunnistettavuus tulee säilyä koko puikkojen elinkaaren ajan.

8.2 Valmistajan säilytys- ja varastointiohjeet

Kaikki päällystetyt hitsauspuikot ovat arkoja kostumaan ja ne aiheuttavat kosteana käytettynä huokosia ja halkeamia hitsiin. Puikkopakettien kostumista voidaan pitää alhaisella tasolla, varastoimalla ne seuraavanlaisissa ilmasto-olosuhteissa:

- 5 – 15 ˚C: enintään 60 % suhteellisessa kosteudessa
- 15 – 25 ˚C: enintään 50 % suhteellisessa kosteudessa
- > 25 ˚C: enintään 40 % suhteellisessa kosteudessa

Lämpötilan ollessa matala, kosteuspitoisuus voidaan pitää alhaisena pitämällä varaston lämpötila ainakin 10 ˚C ulkoilman lämpötilaa korkeampana. Lämpötilan ollessa korkea, riittävä suhteellinen kosteus voidaan saavuttaa kuivaamalla ilmaa.

Jos puikkopaketteja varastoidaan kylmässä tilassa, niiden pitää antaa saavuttaa ympäristön lämpötila ennen paketin avaamista.

Puikkopaketteja voidaan säilyttää enimmillään kolme vuotta.

Avatun paketin puikkoja tulee säilyttää hitsauksen aikana 100 ˚C puikkosäiliössä. Työvuoron päätyttyä hitsaajan tulee viedä käyttämättömät avatun paketin hitsauspuikot 150 ˚C säilytyskaappiin, jotta puikot eivät pääse kostumaan.

Jos puikot ovat kostuneet tai epäillään, että ne ovat kostuneet (esim. olleet ilman vaikutuksen alaisena 4 – 8 h), ne tulee kuivata uudelleen ennen käyttöä pakkauksessa olevan ohjeen mukaan. Rutiili- ja hapanpuikot seostamattomille teräksille eivät yleensä tarvitse uudelleenkuivausta.

Uudelleenkuivaus

Uudelleenkuivaukseen annetaan ohjeet puikkopaketin kyljessä. Seuraavassa taulukossa on esiteltynä käytettyjen puikkojen kuivauslämpötilat ja -ajat:

Taulukko 6. Hitsauspuikkojen kuivausajat [5].

Puikko	Kuivauslämpötila [˚C]	Kuivausaika [h]
OK 48.00	350	2
OK 46.00	70 – 80	1
OK 61.30	350	2
OK 67.70	350	2

Kuivausaika tulee laskea kuivauslämpötilan saavuttamishetkestä. Puikkojen kuivauskertojen määrä suositellaan pidettävän maksimissaan kolmessa kerrassa. Pahasti kosteusvaurioituneita puikkoja ei voida ottaa käyttöön uudelleen kuivaamalla, vaan ne tulee hävittää asianmukaisesti. [5]

9 HITSAUSMERKIT

Hitsausmerkki koostuu seuraavista osista:



Merkintäviiva koostuu kahdesta yhdensuuntaisesta viivasta, ehyestä viivasta ja katkoviivasta. Katkoviiva ei ole tarpeellinen, jos hitsi on symmetrinen. Katkoviivaa voidaan piirtää ehyen viivan ylä- tai alapuolelle. Viitenuolen kärki osoittaa liitoksen viistettävän puolen (puoli-v -railo). Muuten asennolla tai suunnalla ei ole merkitystä. Haarukassa voidaan ilmoittaa lisätietoja, kuten hitsausprosessi, hitsiluokka, hitsausasento ja hitsauslisäaine. Lisäksi on mahdollista esittää haarukassa suorakaide, jossa viitataan hitsausohjeeseen. [6]

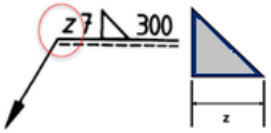
Elementtiasennuksien hitsaukset ovat suurimmalta osalta pienahitsauksia eli perusmerkiltään kolmio. Toinen esiintyvä liitosmuoto on puoli-v -hitsi, jonka perusmerkki on puoli-v:n muotoinen. Puoli-v -hitsit ovat läpihitsattuja, ellei toisin mainita.


Pienahitsi


Puoli-V-hitsi

Pienahitsille annetaan koko millimetreinä ennen perusmerkkiä. Koko annetaan joko a- tai z-mittana. Joskus kirjainta ei ole annettu, jolloin numeroarvo on ajateltava a-mittana.

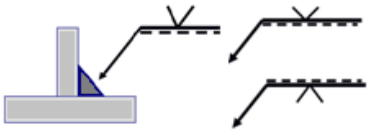




Perusmerkki voi sijaita merkintäviivan ylä- tai alapuolella, jolla määritetään hitsin puoli.

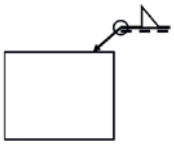


Hitsi on nuolen vastapuolella

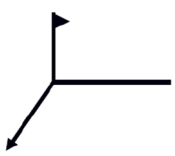


Hitsi on nuolen puolella

Lisäksi hitsausmerkinnöissä näkyy seuraavanlaisia merkintöjä:



Kun kappale on ympärihitsattava, käytetään ympyrätunnusta



Kun hitsaus tehdään asennuspaikalla, käytetään lipputunnusta

10 HITSAUSOLOSUHTEET

10.1 Kosteus

Kosteus on erittäin vahingollista hitsin loppulaadulle aiheuttaen hitsiin huokosia ja vedyn aiheuttamaa halkeiluriskiä. Hitsaaja ja työ tulee suojata varsinkin sateen ja lumen vaikutuksilta, jotta aiottu hitsi voidaan toteuttaa aiotussa ja hitsausohjeen sallimissa hitsausolosuhteissa ja -asennoissa. Samaten hitsaajan turvallisuudesta sähkötapaturmia vastaan tulee huolehtia asianmukaisilla suojavälineillä. Hitsauspuikoista ja hitsattavista pinnoista on pidettävä huolta, etteivät ne pääse kostumaan kondensoitumisen tai muun kosteuden aiheuttajan vuoksi. Liitettävien levyjen pintojen kosteuden poiston ainoa luotettava keino on lämmittäminen esim. kaasuliekillä. Puikkojen säilytyksestä annetaan tarkemmat ohjeet kohdassa hitsauspuikot.

10.2 Epäpuhtaus

Kaikkien levyjen liitospinnoilla oleva epäpuhtaus tulee poistaa kulmahiomakoneella. Pohjamaali ja sinkitys tulee myös poistaa, ellei hitsausohjeessa ole sen esiintymistä huomioitu. Hitsauksen kunnollinen maadoitus on olennainen tekijä hitsauksen laadun varmistamiseksi. Maadoituskaapelin tulee olla metallisen puhdas, jotta maadoitus olisi mahdollisimman toimiva. Maadoituskaapeli tulee mitoittaa yhtä suureksi kuin hitsauskaapeli ja se on kytkettävä suoraan työkappaleeseen.

10.3 Esilämmitys

Betonielementtirakentamisen teräkset ovat yleisesti lujuusluokaltaan alle S355, jolloin esilämmitys ei ole standardien mukaan pakollista, mutta sen käyttö on suositeltavaa lämpötilan laskiessa alle + 5 ˚C. Alle 0 ˚C terästä ei tule mennä hitsaamaan ilman esilämmitystä [14]. Kylmässä ilmassa kosteus kondensoituu metallipinnoille, jolloin teräs tulee lämmittää + 50 – 100 ˚C, vaikka teräs ei itsessään esilämmitystä vaatisikaan. Esilämmitys on pakollista, kun hitsataan lujuusluokaltaan yli S355 teräksiä ja teräksen lämpötila on alle + 5 ˚C. WPQR:n eli hyväksymispöytäkirjan hyväksytty minimityölämpötila voi kuitenkin vaatia lämmitystä jo aikaisemmin (ks. hitsausohje). Hitsausohje laaditaan WPQR:n pohjalta.

10.4 Hitsausympäristö

Työpaikalla tulee olla kunnolliset ja tasaiset telineet sekä kunnollinen valaistus hitsauksen suorittamiseen. [1] [7] [8]

11 TARKASTUS JA TESTAUS

11.1 Tarkastus ja testaus ennen hitsausta

Ennen hitsauksen aloittamista tulee tarkistaa tarvittaessa seuraavat seikat: [9]

- hitsaajien pätevyystodistusten soveltuvuus ja voimassaolo
- hitsausohjeiden soveltuvuus
- perusaineen tunnistaminen

- hitsausaineiden tunnistaminen
- railo (muoto ja mitat)
- sovitus, kiinnitys ja silloitus
- hitsausohjeessa esiintyvät mahdolliset erityisvaatimukset (esim. muodonmuutosten välttäminen)
- hitsausolosuhteiden soveltuvuus ympäristöolosuhteet mukaan lukien.

11.2 Tarkastus ja testaus hitsauksen aikana

Hitsauksen aikana tulee tarkistaa sopivin välein tai jatkuvasti seuraavat asiat: [9]

- olennaiset hitsausparametrit (esim. hitsausvirta, kaarijännite ja kuljetusnopeus)
- esikuumennuslämpötila / välipalkolämpötila
- palkojen ja palkokerrosten puhdistus ja muoto
- juuren avaus
- hitsausjärjestys
- hitsausaineiden oikea käyttö ja käsittely
- muodonmuutosten seuranta
- kaikki välitarkastukset (esim. mittojen tarkastaminen).

11.3 Tarkastus ja testaus hitsauksen jälkeen

Hitsauksen jälkeen tulee suorittaa silmämääräinen tarkastus kaikista hitseistä koko pituudeltaan ennen muita tarkastuksia. Pintavirheitä havaittaessa, hitseille tulee suorittaa tunkeumaneste- (EN ISO 3452-1) tai magneettijauhetarkastus (EN ISO 17638).

Toteutusluokan EXC1 hitseille riittää pelkkä silmämääräinen tarkastus ilman erillistä määräystä. Toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4 vaaditaan tarvittaessa myös muita NDT-tarkastuksia. Käytännössä kuitenkin silmämääräinen tarkastus riittää lähes aina betonielementtirakentamisen työmaahitsauksissa. [1]

11.3.1 Silmämääräinen tarkastus

Silmämääräisen tarkastuksen tekijän ei tarvitse aina olla pätevöitetty [9, s. 7]. Silmämääräisen tarkastuksen tulee sisältää:

- hitsien olemassaolon ja sijainnin tarkastuksen
- hitsien tarkastaminen standardin EN ISO 17637:2017 mukaisesti
- roiskeet ja sytytysjäljet
- neliö- tai suorakaideputkien nurkissa tulee kiinnittää huomiota hitsin muotoon ja pinnan laatuun.

11.3.2 Muut ainetta rikkomattomat NDT-tarkastukset

Muita ainetta rikkomattomia NDT-tarkastuksia ei käytännössä tulla tarvitsemaan kovinkaan usein betonielementtityömaan hitsauksissa. Pienahitsien a-mitta ei ylitä 12 mm ja ainepaksuus on yleisesti alle 30 mm. Päittäishitsejä hitsataan erittäin harvoin ja niihin harvemmin kohdistuu vetojännitystä. Seuraavassa on kuitenkin esiteltynä taulukko 7, jos

taulukon mukaisia hitsejä hitsataan enemmän jollakin työmaalla. NDT-tarkastuksien tekijän tulee olla pätevöitetty tarkastukseen.

Taulukko 7. Muun kuin silmämääräisen NDT-tarkastuksen laajuus [1].

Hitsin tyyppi	**Konepaja- ja työmaahitsit**		
	EXC2	**EXC3**	**EXC4[a]**
Poikittaiset päittäishitsit ja osittain läpihitsatut hitsit päittäisliitoksissa:	10 %	20%	≥ 20 %
Poikittaiset päittäishitsit ja osittain läpihitsatut hitsit:			
ristiliitoksissa	10 %	20 %	≥ 20 %
T-liitoksissa	5 %	10 %	≥ 10 %
Poikittaiset pienahitsit:			
kun a > 12 mm tai t > 30 mm	5 %	10 %	≥ 10 %
kun a ≤ 12 mm ja t ≤ 30 mm	0 %	5 %	≥ 5 %
Täyden tunkeuman pitkittäishitsit nosturipalkkien uuman ja yläpalkin välillä:	10 %	20 %	≥ 20 %
Muut pitkittäishitsit ja jäykisteiden hitsit ja hitsit, joiden toteutuseritelmässä oletetaan olevan puristettuja	0 %	5 %	≥ 5 %

[a] Toteutusluokassa EXC4 prosenttiosuuden tulee olla vähintään toteutusluokan EXC3 mukainen.
Pitkittäiset hitsit = kokoonpanon akselin suuntaiset hitsit
Poikittaiset hitsit = kaikki muut hitsit
Suureet *a* ja *t* viittaavat pienahitsin a-mittaan ja liitettävien aineiden enimmäispaksuuteen.

Taulukon 7 mukaisesti tarkastettavat hitsit tulee valita standardin EN ISO 17635:2025 perusteella. Valinnassa tulee varmistaa, että valittavat liitokset sisältävät tärkeät muuttujat mahdollisimman kattavasti (liitostyyppi, käytettävien tuotteiden lajit, hitsauslaitteet ja hitsaajien työ). Tiettyä hitsausohjetta käyttäviä hitsattavia liitoksia käsitellään yhtenä jatkuvan tarkastuseränä. Tarkastuserän vähimmäiskokonaispituudeksi on määrätty 900 mm. Toteutuseritelmässä on mahdollista yksilöidä tiettyjä liitoksia tarkastettavaksi ja esittää niitä koskevat tarkastuslaajuudet ja -menetelmät. Kun tarkastuspituudella havaitaan vaatimustenvastaisuuksia, tarkastusta on jatkettava tarkastuspituuden verran molemmilta puolilta alkuperäistä tarkastuspituutta. Virheiden löytyessä uusista tarkastuspituuksista, tulee suorittaa tutkimus poikkeavuuksien syyn löytämiseksi. NDT-tarkastuksia ei saa kuitenkaan yleensä tehdä ennen kuin seuraavassa taulukossa 8 esitetty vähimmäisjäähdytysaika on saavutettu.

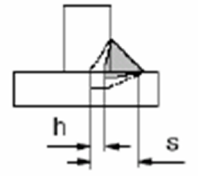
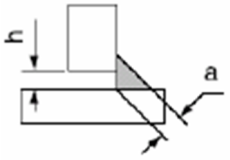
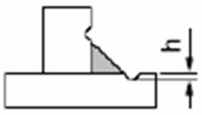
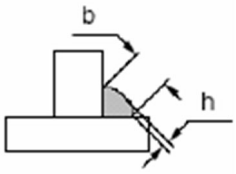
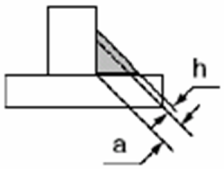
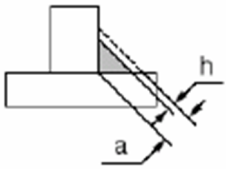
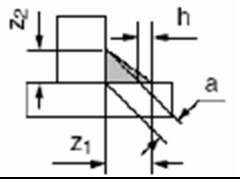
Taulukko 8. NDT-tarkastuksia edeltävät vähimmäisjäähdytysajat [1].

Hitsin koko [mm]	**Lämmöntuonti Q [kJ/mm]**	**Jäähdytysajat [h] S235…S460**
a tai t ≤ 6	Kaikki	Vain jäähtymisaika
a > 6 tai t ≤ 12	≤ 3	8
	>3	16
a tai t > 12	≤ 3	16
	>3	24

12 HITSAUSVIRHEIDEN TOLERANSSIT

Suurin osa elementtirakentamisen työmaahitseistä on pienaliitoksia. Seuraavassa taulukossa 9 on esiteltynä pienahitsien hitsausvirheiden toleranssit eri hitsiluokissa.

Taulukko 9. Pienahitsien hitsausvirheiden toleranssit eri hitsausluokissa [10].

Virhetyyppi		**Hitsausluokka (toteutusluokka)**		
		D (EXC1) **Tyydyttävä**	**C (EXC2)** **Hyvä**	**B (EXC3)** **Vaativa**
Vajaa hitsautumissyvyys [1]		Lyhyet virheet [2] h ≤ 0,2 s Max. 2 mm Pitkät virheet [3] Ei sallita	Lyhyet virheet [2] h ≤ 0,1 s Max. 1,5 mm Pitkät virheet [3] Ei sallita	Virheitä ei sallita
Sovitusvirhe [1]		h ≤ 1 mm + 0,3 a Max. 4 mm [1]	h ≤ 0,5 mm + 0,2 a Max. 3 mm [1]	h ≤ 0,5 mm + 0,1 a Max. 2 mm [1]
Reunahaava [1]		h ≤ 0,2 *t*, enintään 1 mm	h ≤ 0,1 *t*, enintään 0,5 mm	h ≤ 0,05 *t*, enintään 0,5 mm
Korkea kupu		h ≤ 1 mm + 0,25 b Max. 5 mm	h ≤ 1 mm + 0,15 b Max. 4 mm	h ≤ 1 mm + 0,1 b Max. 3 mm
Ylisuuri a-mitta		Sallitaan	h ≤ 1 mm + 0,2 a Max. 4 mm	h ≤ 1 mm + 0,15 a Max. 3 mm
Vajaa a-mitta		Lyhyet virheet [2] h ≤ 0,3 mm + 0,1 a Max. 2 mm Pitkät virheet [3] Ei sallita	Lyhyet virheet [2] h ≤ 0,3 mm + 0,1 a Max. 1 mm Pitkät virheet [3] Ei sallita	Virheitä ei sallita
Kateettipoik-keama		h ≤ 2 mm + 0,2 a	h ≤ 2 mm + 0,15 a	h ≤ 1,5 mm + 0,15 a

1) Suomessa käytetään B-luokan vaatimuksia kaikissa hitsausluokissa.

2) Lyhyt hitsausvirhe on yksi tai useampi hitsausvirhe, joiden kokonaispituus on enintään 25 mm 100 mm hitsin pituudesta tai enintään 25 % hitsin pituudesta, kun hitsin pituus on alle 100 mm.

3) Pitkä hitsausvirhe on yksi tai useampi hitsausvirhe, joiden kokonaispituus ylittää 25 mm 100 mm hitsin pituudesta tai vähintään 25 % hitsin pituudesta, kun hitsin pituus on alle 100 mm.

13 LAATUASIAKIRJAT

Yrityksen tulee laatia laatuasiakirjat rakennuskohteen hitsauksista. Laatuasiakirjojen tulee sisältää tarvittaessa: [9]

- vaatimusten / teknisen katselmuksen pöytäkirjat
- materiaalitodistukset
- hitsausainetodistukset
- hitsausohjeet
- hitsausohjeiden hyväksymispöytäkirjat (WPQR)
- hitsaajien ja hitsausoperaattoreiden pätevyystodistukset
- NDT-tarkastajien pätevyystodistukset
- lämpökäsittelyohjeet ja -todistukset
- rikkomattoman ja rikkovan ainekoestuksen ohjeet ja pöytäkirjat
- mittauspöytäkirjat
- korjausten pöytäkirjat ja poikkeamaraportit
- muita asiakirjoja vaadittaessa.

Laatuasiakirjoja tulee säilyttää vähintään 5 vuotta, ellei toisin sovita.

14 TUOTANTOKALUSTO JA LAITTEET

Laitteet tulee olla huollettu asianmukaisesti ja tarkoitukseensa sopivia. Tarkoituksen mukainen mittaus-, tarkastus- ja testauslaitteiden kalibrointi ja kelpuutus ovat tarvittaessa valmistajan vastuulla.

Seuraavat laitteet tulee tarvittaessa olla saatavissa: [9]

- hitsausvirtalähteet ja muut koneet
- railon valmistuslaitteet ja pinnan viimeistelylaitteet sekä leikkauslaitteet, terminen leikkaus mukaan lukien
- esikuumennus- ja jälkilämpökäsittelylaitteet sekä lämpötilan mittauslaitteet
- ohjaimet ja kiinnittimet
- hitsaustuotannossa käytettävät nosto- ja käsittelylaitteet
- henkilösuojaimet ja muut turvalaitteet, jotka liittyvät suoraan käytettävään valmistusprosessiin
- hitsausaineiden säilytys- ja kuivauslaitteet
- pinnan puhdistuslaitteet
- laitteet rikkovaa ja rikkomatonta aineenkoestusta varten.

15 ALIHANKINTA

Valmistaja voi käyttää alihankintapalveluja esimerkiksi hitsauksessa, tarkastuksessa, NDT -tarkastuksessa tai lämpökäsittelyssä. Alihankintapalveluja käytettäessä, valmistajan tulee toimittaa alihankkijalle sovellettavien vaatimusten täyttämiseen tarvittavat tiedot. Alihankkijan tulee toimittaa työstään valmistajan määrittämät asiakirjat ja pöytäkirjat. Valmistajan on huolehdittava alihankkijan pätevyydet suorittaa työnsä sopimuksen mukaisten

laatuvaatimuksien mukaisesti. Valmistajan tehtävänä on antaa alihankkijalle kaikki asiaan kuuluvat tiedot vaatimusten katselmuksesta ja teknisestä katselmuksesta. Tämän hitsausasiakirjan ohjeet noudattavat suurelta osalta teknisen katselmuksen vaatimuksia toteutusluokassa EXC2. [9]

16 BETONITERÄSTEN HITSAUS

Betoniterästen tai betoniteräs–muu teräs -sekaliitoksien hitsausten vaatimukset tulevat betoniterästen hitsausmäärityksistä standardien EN ISO 17660-1 (voimaliitokset) ja 17660-2 (kiinnitysliitokset) mukaisesti. [11] [12]

16.1 Betoniterästen hitsausohje

Jokaisella betoniteräksiä hitsaavalla yrityksellä tulee olla omin menetelmäkokein hyväksytty betoniterästen hitsausohje jokaiselle käytettävälle liitokselle. Ensin tulee tehdä esihitsausohjeet, joiden mukaan tehdään menetelmäkokeet. Voimaliitoksille tehty menetelmäkoe pätevöittää hitsaamaan myös kiinnitysliitoksia, mutta ei päinvastoin. Voimaliitosten hitsausohjeen laadinnalle löytyy ohjeet standardista EN ISO 17660-1 ja kiinnitysliitosten hitsausohjeen laadinnalle standardista EN ISO 17660-2.

16.2 Betoniterästen hitsaajan pätevyys

Hitsaajan tulee olla saanut erityiskoulutusta betoniterästen hitsauksesta. Voimaliitosten hitsaamiseen hitsaajalla tulee olla standardin EN ISO 9606-1 mukainen tai vastaava pienahitsauksen pätevyystodistus. Lisäksi hitsaaja on saanut täydentävää koulutusta tarkoituksenmukaisesta hitsausliitosten hitsauksesta ja onnistunut niissä. Koekappaleiden lukumäärä ja pätevyysalue on standardin EN ISO 17660-1 taulukossa 3. Kokeiden tulee kattaa vaativimmat tuotannon olosuhteet (esim. halkaisijamitat ja hitsausasennot). Hyväksytyn tuloksen tulee vahvistaa hitsauskoordinoija. Pätevyyden voimassaoloaika on kaksi vuotta, jos hitsaaja hitsaa alkuperäisellä pätevyysalueella. Tämän jälkeen hitsaajan on uusittava pätevyyskokeet tai voimassaoloa voidaan jatkaa standardin EN ISO 17660-1 ohjeiden mukaisesti. Kiinnitysliitosten pätevyyskokeen ohjeistus standardissa EN ISO 17660-2.

16.3 Työkokeet

Jokaisen hitsaajan tulee tehdä työkokeita tuotannon vaativimmissa olosuhteissa, jotta voidaan tuottaa hitsausohjeen hyväksymisessä saavutettu hitsin laatu. Työkokeille annetaan tarkat ohjeet standardin EN ISO 17660-1 kohdissa työkokeet ja koekappaleiden tarkastus ja testaus. Kiinnitysliitosten kokeet löytyvät standardista EN ISO 17660-2.

16.4 Suoritus ja tarkastus

Jokainen hitsi tulee tarkastaa silmämääräisesti. Kaarihitsausprosesseilla liitosten pintavirheet tulee täyttää hitsiluokan C vaatimukset soveltuvin osin. Hitsaajat ja hitsit tulee suojata ympäristöhaitoilta, hitsattavalta alueelta tulee poistaa lika, rasva, öljy, kosteus, irtohilse ja maali. Muut tiedot annetaan hitsausohjeessa.

16.5 Tuotantopäiväkirja

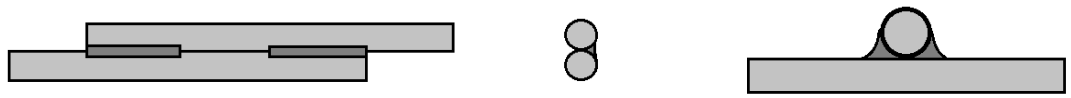
Valmistajan tulee ylläpitää tuotantopäiväkirjaa työpaikalla, jossa ilmaistaan hitsausohjeen hyväksymispöytäkirja. Päiväkirjaa tulee pitää jokaista hitsausprosessia varten ja siihen tulee kirjata kaikkien työkokeiden tulokset ja kaikki merkittävät tuotantotiedot. Standardin EN ISO 17660-1 liitteessä F esitetään esimerkkilomake, jota tulee täyttää soveltuvin kohdin.

16.6 Betoniteräsliitokset

Seuraavassa on esiteltynä betoniteräksen voimaliitokset ja kiinnitysliitokset.

16.6.1 Voimaliitokset

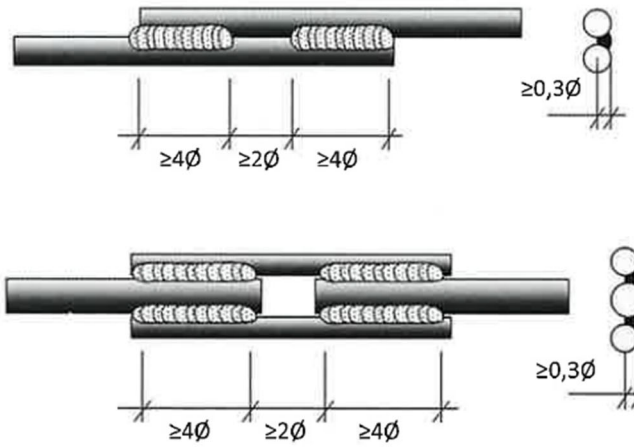
Voimaliitos on hitsausliitos, johon kohdistuu määritettyjä voimia betoniterästankojen välillä tai betoniterästankojen ja muiden teräsosien välillä. Voimaliitoksia ovat päittäisliitokset, limiliitos, kaksoislimiliitos, ristiliitos ja liitokset muihin teräsosiin kuten kylkiliitokset. Seuraavissa kuvissa on esiteltynä limiliitos ja kylkiliitos. Tarkemmat kuvat ja selitykset löytyvät standardista EN ISO 17660-1.



Limiliitos (2 x harjatanko) **Kylkiliitos (harjatanko + levy)**

Kuva 6. Esimerkkejä voimaliitoksista betoniterästankojen tai betoniterästankojen ja muiden teräsosien välillä.

Alla olevassa kuvassa 7 esitetty esimerkkinä raudoitustankojen hitsattuja jatkoksia [16].



Kuva 3.3. Tankojen hitsattuja jatkoksia.

Kuva 7. Esimerkkejä raudoitustankojen hitsattuja jatkoksia.

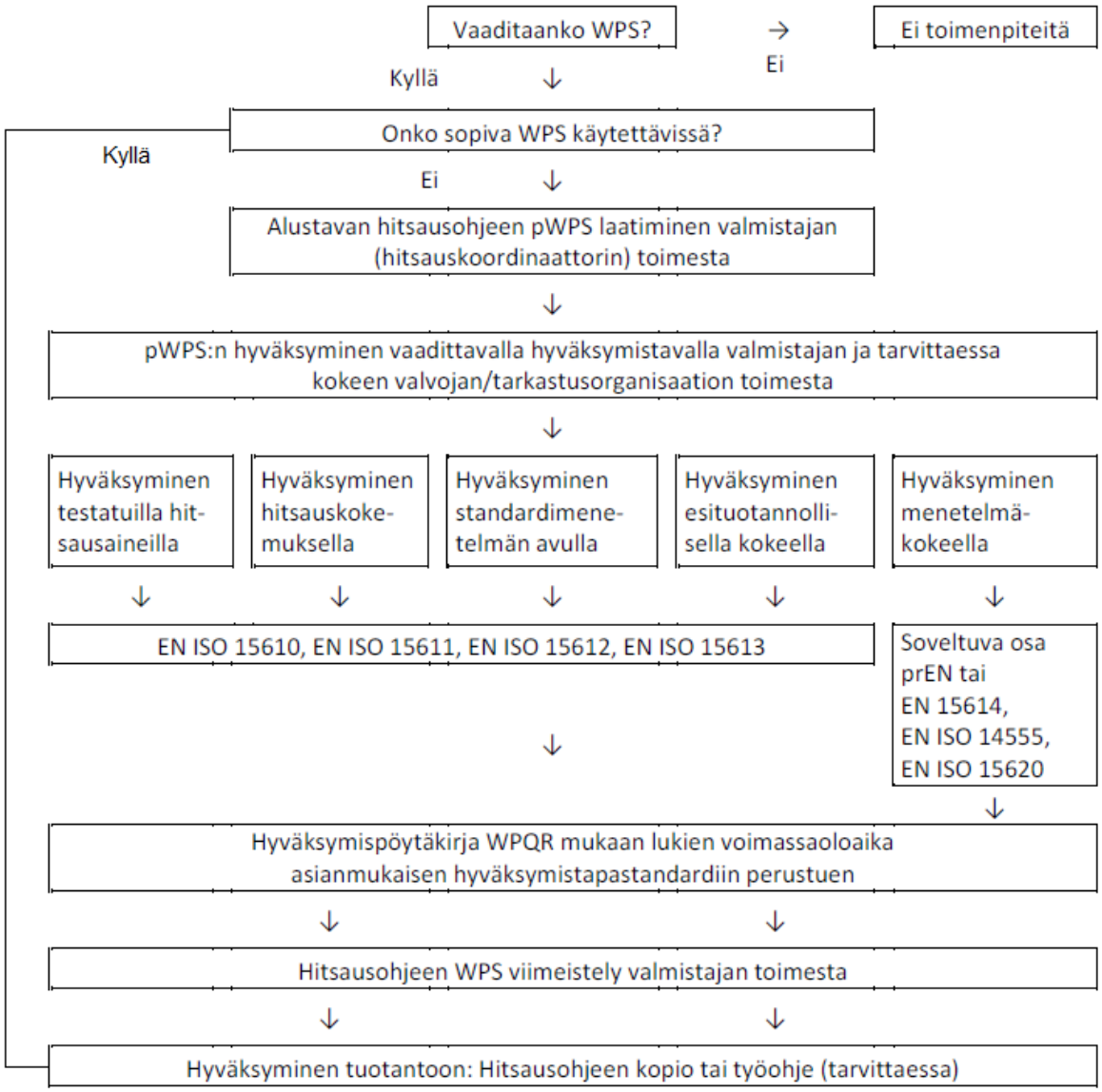
16.6.2 Kiinnitysliitokset

Kiinnitysliitos on hitsausliitos, jonka lujuutta ei ole huomioitu raudoitetun betonirakenteen suunnittelussa. Hitsiä nimitetään yleisesti heftiksi. Kiinnitysliitoksia ovat limiliitos ja

ristiliitos. Ristiliitoksessa kaksi betoniterästankoa hitsataan ristikkäin keskenään. Tarkemmat kuvat ja selitykset löytyvät standardista EN ISO 17660-2.

17 HITSAUSOHJEEN LAADINTA JA HYVÄKSYMINEN

Betonielementtirakentamisen työmaahitsauksien alustavien hitsausohjeiden hyväksymismenetelmänä voidaan käyttää standardimenetelmää, kun hitsataan toteutusluokassa EXC2 ja hitsattavien terästen lujuusluokka on ≤ S355 sekä hitsataan perusaineryhmän 1 teräksiä toisiinsa tai perusaineryhmän 8 teräksiä toisiinsa. Muissa tapauksissa, kuten eripariliitosten ja betoniterästen hitsauksissa, standardimenetelmää ei voida käyttää. Vaihtoehdoiksi jäävät esituotannollinen koe tai menetelmäkoe. Betoniterästen hitsauksien alustavien hitsausohjeiden hyväksynnässä tulee käyttää aina menetelmäkoetta. Seuraavassa kuvassa 8 on esiteltynä kulkukaavio hitsausohjeen laatimiselle ja hyväksymiselle: [1]



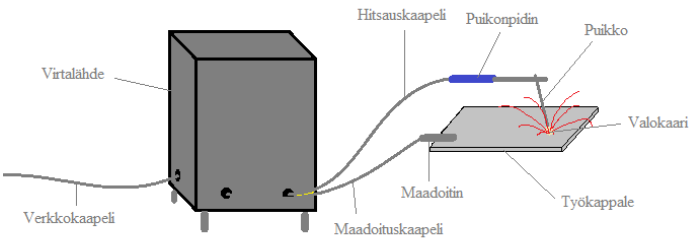
Kuva 8. Kulkukaavio hitsausohjeen laatimiselle [1].

18 HITSAUSTURVALLISUUS

Hitsaustyöltä vaaditaan paljon niin henkisesti kuin fyysisesti, joten työssä tulee keskittyä turvalliseen työympäristöön ja asianmukaisiin työlaitteisiin, suojaimiin ja turvalaitteisiin. Hitsaustyöympäristöä tulee kehittää jatkuvasti, sillä hyvä ja turvallinen työympäristö parantaa työ- ja paloturvallisuutta, yleistä motivaatiota, työn laatua sekä lisää yrityksen tuottavuutta. [13]

18.1 Hitsauslaitteet

Hitsauslaitteiden tulee olla CE-varmennettuja tuotteita.



Kuva 9. Puikkohitsauslaitteen komponentit [15].

Hitsaajan tulee tutustua hitsauskoneiden ja -laitteiden käyttöohjeisiin huolellisesti ennen hitsauksen aloittamista uusilla laitteilla. Käyttöohjeissa annetaan ohjeet oikeasta käytöstä, asennuksesta ja sijoituspaikasta, joita hitsaaja noudattaa asianmukaisesti. Virtalähteitä tulee pitää sateelta suojassa, sillä ne ovat suunniteltu ensisijaisesti sisäkäyttöön tai ulkokäyttöön kuivissa olosuhteissa. Sadesuojaa asennettaessa on huomioitava, että virtalähteen tuuletusilma pääsee kiertämään vapaasti.

Hitsauslaitteet ja laitteisiin liittyvät kaapelit tulee tarkastaa ja huoltaa ohjeiden mukaan säännöllisin väliajoin.

18.2 Henkilökohtaiset suojaimet

Henkilökohtaiset suojaimet ovat siisteyden ja ergonomian ohella hitsausturvallisuuden lähtökohta. Henkilösuojainten ja suojavaatetuksen tulee olla standardien mukaisia ja CE-merkinnällä varustettuja. Suojaimia tulee hoitaa ja säilyttää asianmukaisesti. Seuraavassa taulukossa 10 esitetään hitsaajan eri osa-alueiden suojaus:

Taulukko 60. Hitsaajan henkilökohtaiset suojaimet [13].

Osa-alue	Suojaus	Syy
Iho	Hitsaajan suojavaatetus (ihon peittävä) Suojajalkineet (umpinaiset, ei nauhoja) Suojakäsineet Hitsausnaamari	Kuumat roiskeet UV-säteily ja lämpösäteily Lämmönjohtuminen Paloturvallisuus (liekkikosketus, kipinät)
Pää ja silmät	Kypärällinen hitsausmaski, jossa on tumma hitsauslasi	UV-säteily ja kirkas valo Kuumat roiskeet
Kuulo	Kuulonsuojaimet	Hitsauksen ja sen oheistoimintojen melu
Hengityselimet	Hyvä ilmanvaihto (>1,5 l/s/m²) Tehokas kohdepoisto (>1000 m³/h) Raitisilmanaamari (TH1P-TH3P)	Hitsaussavut ja -huurut

LÄHTEET

[1] SFS-EN 1090, 2018 + A1:2024. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus, Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardit ry. 378 s.

[2] SFS-EN ISO 9606-1, 2017. Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset. Toinen painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 83 s.

[3] Esab, 2012. Hitsausasennot. [Online]. [Viitattu 2.4.2013].
Huom! Lähde ei saatavissa ohjeen päivityshetkellä (9/2026).

[4] Laitinen, J., 2013. Työpäällikkö. Asennuspojat LM Oy. Askolantie 80, 07510 Vakkola. Haastattelu 8.5.2013.

[5] Esab, 2012. Hitsauslisäaineiden varastointi- ja käsittelyohjeet. [Online]. [Viitattu 10.4.2013]. Huom! Lähde ei saatavissa ohjeen päivityshetkellä (9/2026).

[6] Orava, T., 2013. EWE, hitsausasiantuntija. Haastattelu 21.3.2013.

[7] Saarinen, E., 2009. Betonielementtien työnjohtaja, 2009-05-26 Hitsausliitokset ja vakioteräsosat. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy. 15 s.

[8] Vesterinen, O., 2013. Hitsausasiantuntija. Haastattelu 22.5.2013.

[9] SFS-EN ISO 3834-3, 2021. Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 3: Vakiolaatuvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 27 s.

[10] SFS-EN ISO 5817, 2023. Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 64 s.

[11] SFS-EN ISO 17660-1, 2007. Betoniterästen hitsaus osa 1: voimaliitokset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 78 s.

[12] SFS-EN ISO 17660-2, 2006. Betoniterästen hitsaus, osa 2: kiinnitysliitokset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 39 s.

[13] Lukkari, J., 2006. Tulityöt, terveys ja turvallisuus hitsauksessa. Helsinki: Savion Kirjapaino Oy. 151 s. ISBN 951-797-232-6.

[14] Saaranen, K., 2013. DI, IWE. Rautaruukki Oyj. PL 138, Suolakivenkatu 1, 00811 Helsinki. Haastattelu 25.6.2013.

[15] Lepola, P. & Makkonen, M., 1998. Hitsaus ja teräsrakenteet. Ensimmäinen painos toim. Porvoo: WSOY - Kirjapainoyksikkö. 559 s. ISBN 951-0-21573-2.

[16] Suomen Betoniyhdistys ry, 2025. Betoninormit by 65. ISBN 978-952-7314-57-9. 156 s.

Betoniteollisuus ry
PL 381 (Eteläranta 10)
00131 Helsinki
www.betoni.com
www.elementtisuunnittelu.fi