

Épületek és betonszerkezetek előállítása 3D nyomtatás-technológiával

- A 3D betonnyomtatás alkalmazásának sajátosságai
- Betonnyomtatásra alkalmazott eljárások
- A beton összetételének meghatározása
- A 3D nyomtatásra alkalmas beton tulajdonságai
- Az üzemi 3D betonnyomtatás és tapasztalatai

A 3D betonnyomtatás alkalmazásának sajátosságai

- Additív gyártástechnológiával, vékony rétegekből építi fel a szerkezetet.
- Szerkezeti formák tekintetében az építésznek nagy a szabadsága.
- Nem szükséges zsaluzat, így az építés folyamat gyorsítható (+ kevesebb hulladék keletkezik).
- Az építési folyamatok automatizálhatók és ismételhetők.

A 3D nyomtatásra alkalmas beton tulajdonságai

- A friss betonkeveréknek megfelelő plaszticitással kell rendelkeznie a betonréteg nyomtathatósága (extrudálása) érdekében.
- Össze kell hangolni a nyomtatás sebességét a beton kötési idejével.
- A kinyomtatott friss betonnak deformálódás nélkül el kell viselnie a föléje nyomtatott rétegek súlyát. →

A beton összetételének meghatározása

- Geopolimer beton helyett hazai cement, homok és adalékanyagok alkalmazása.
- Szálerősítés az összetartó képesség növelésére és a repedés érzékenységre csökkentésére.



Betonyomtatásra alkalmazott eljárások



A - Kötőanyag sugaras technológia
Az adalékanyag rétegekre kötőanyagot lőnek. A kész termékről a felesleges, adalékanyagot eltávolítják.



B - Lőtt betonos technológia
A hagyományos lőttbeton technológia fejlesztett változata.

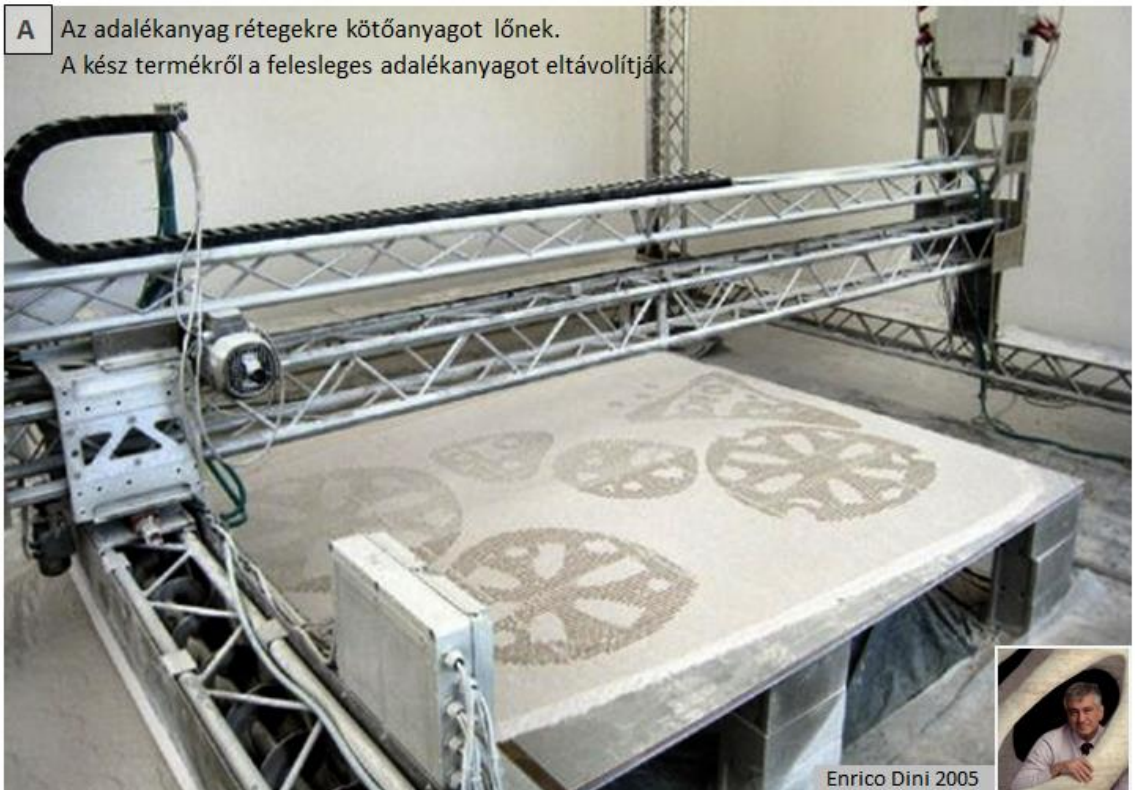


C - Csúszó zsalus technológia
Dinamikus csúszózsaluzással egy robotkar a formát felfelé húzza, kialakítva a terméket.

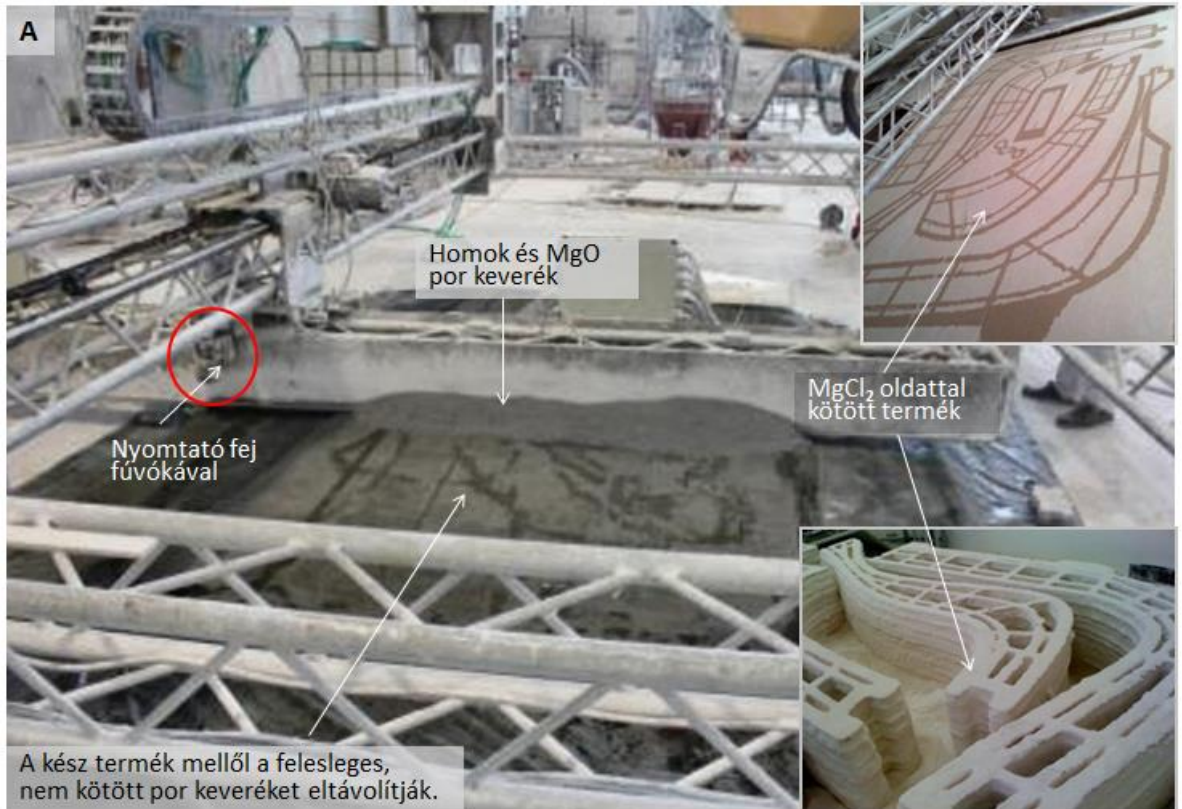


D - Extruderes nyomtatási technológia
Programvezérelt nyomtató fejjel formázzák a terméket.

A Az adalékanyag rétegekre kötőanyagot lőnek.
A kész termékről a felesleges adalékanyagot eltávolítják.



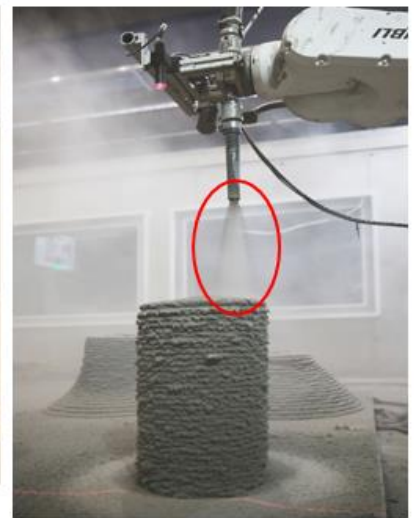
Kötőanyag sugaras technológia



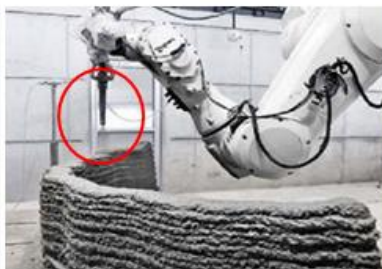
3D réteges nyomtatási technológia (D-Shape)



Falszerkezet formázása lőtt betonnal



Vasbetonszerkezet előállítás lőtt-betonos technológiával



3D betonszerkezetek előállítása lőtt-betonos technológiával



Egy robotkar a formát felfelé húzva alakítja ki a terméket.

3D betonszerkezetek előállítása csúszó-zsaluzatos technológiával

D Az extruderes nyomtatási technológiához használatos nyomtatók

Portál rendszerű nyomtatók:

- fix keretes, mozgó keresztgerendás
- mobilkeretes



Robotkaros rendszerű nyomtatók:

- fix állású
- mobil robotkaros
- portál keresztgerendára szerelt
- mobil-robotkaros portál



Teleszkópos darurendszerű nyomtatók:

- fix daruállású
- mobildaru rendszerű



Delta rendszerű függesztett nyomtatók:

- nyomtatófej huzalokkal pozícionálva



3D betonszerkezetek nyomtatása extruderes technológiával



A nyomtatófejet elhagyó friss betonrétegek



3D betonnyomtatás extruderes technológiával (nyomtatófej)



Nyomtatófej a mozgó keresztgerendán



Malawi, Afrika



Szélerőmű betontornya, Koppenhága

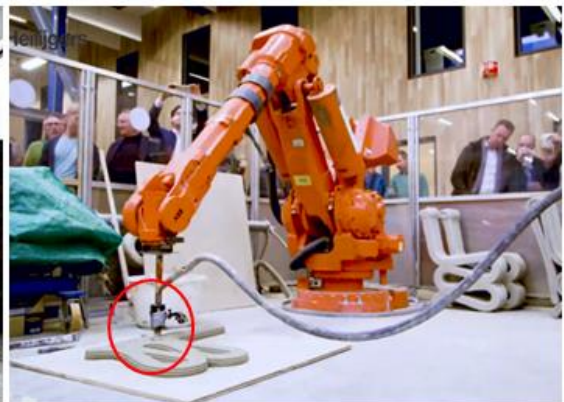
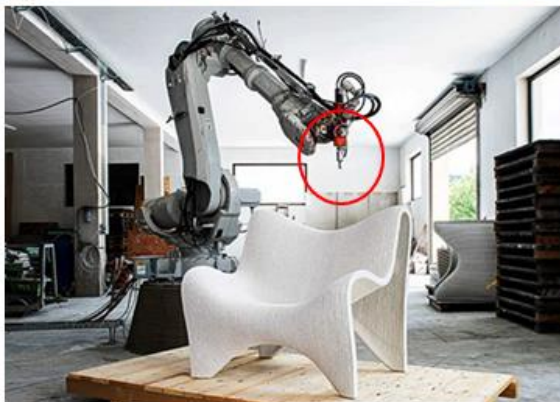


Utókeverés a nyomtató fejben

Fixkeretes portálrendszerű nyomtatók



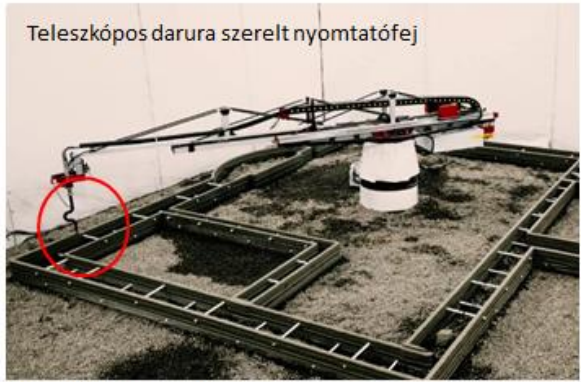
Mobilkeretes portálrendszerű nyomtatók



Robot karos rendszerű extruderes nyomtatók (fix és mobil)



Robotkaros és portál technológiát egyesítő nyomtatók



Teleszkópos darurendszerű nyomtatók



Teleszkópos mobildaru rendszerű nyomtató

Az extruderes nyomtatási technológiát használó 3D nyomtatók típusai



Agyag épület „Delta” rendszerű 3D nyomtatása, Olaszország (2018)



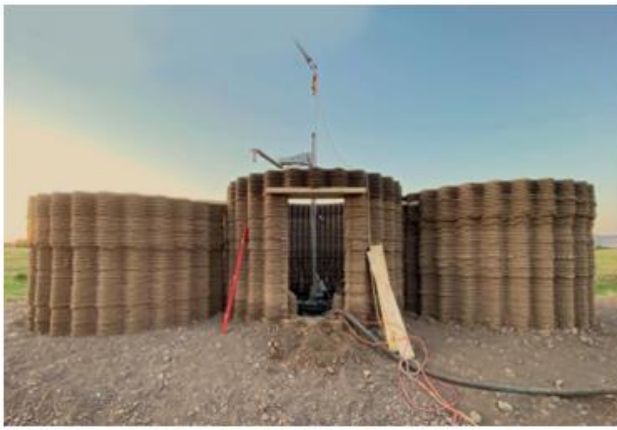
Építészeti kialakítások. Thai művészeti alkotás (Chanita Chu)



Vályog épület „Delta” rendszerű 3D nyomtatása, Olaszország



Vályog kunyhó nyomtatása San Luis-völgy sivatagában (Colorado)



Covid-19 idején épült vályog kunyhó



Delta rendszerű 3D nyomtatás, szalma adalékos helyi vályogból (Ravenna)



Vályog szauna épület. Kecskemét



Vasbeton födémpanelek

Betonépület extruder 3D nyomtatása és építése (Németország)



Betonépület extruderes 3D nyomtatása és építése (Németország)



3D technológiával nyomtatott közigazgatási épület, Dubai



Épület szerelése előre nyomtatott panelelemből (Szlovákia)



Hídelemek üzemi előnyomtatása



A helyszínre szállított hídelemek



A híd elemeinek összeszerelése és feszítése



A híd üzembe helyezése ($H = 8\text{m}$ $Sz = 3,5\text{m}$)

5t teherbírású kerékpárút híd, Hermet (Hollandia)



Íves gyaloghíd (12x16m) egy velencei parkban



Habarc és betonacél erősítés nélküli hídszerkezet



Extruderes nyomtatási betontechnológia



A híd betonelemeinek 3D nyomtatása

*A híd betontömb elemeinek előregyártása, 3D nyomtatással.
Nyomtatott betonelemekből épített hagyományos boltíves konstrukciójú híd*



A híd elemeinek helyszínre szállítása



A híd betonelemeinek beemelése



Hagyományos boltíves hídkonstrukció kialakítása

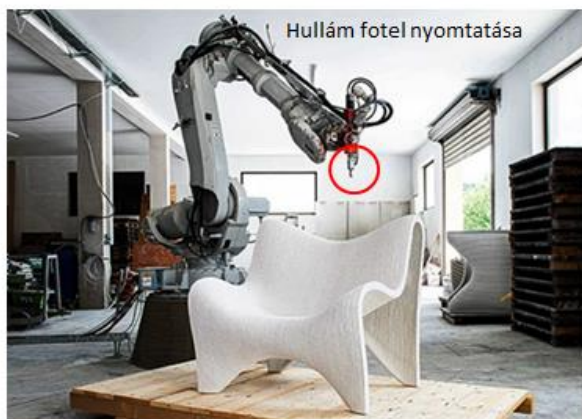


A betontömb elemek ívet alkotnak

Nyomtatott betonelemekből épített hagyományos boltíves konstrukciójú híd



„Printed House” Kupolás épület 3D-s nyomtatása (Ø 9m, 7 nap)



Robotkaros 3D technológiával nyomtatott kültéri bútorok



Födémlemez utóeszített teherviselő bordákkal



A födém mintázata

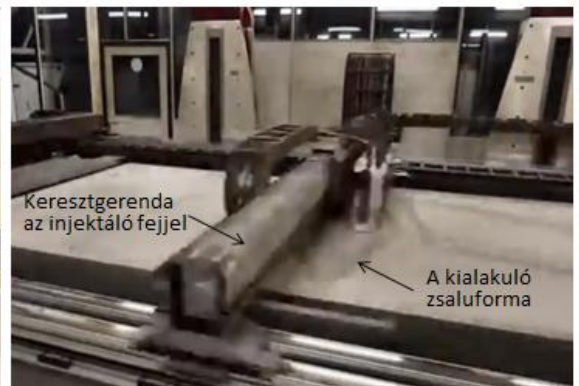


A födém mintázata alulnézetben

Födémlemez előállítása 3D nyomtatással készült zsaluzattal (Zurick)



A kötőanyag sugaras 3D nyomtatás homokasztala



Keresztgerenda az injektáló fejjel

A kialakuló zsaluforma



A zsaluforma kiszabadítása a homokból



Födémlemez beemlése

Födémlemez zsaluzatának előállítása 3D kötőanyag sugaras nyomtatóval



Az első próbálkozások (MIK Pécs (2021))



A nyomtatott építmény falzatának kialakítása



A kinyomtatott falszerkezet (betonépítmény)

Üzemi 3D betonnyomtatás (Turbotech Kft. Szeged 2022 június)



A falszerkezet nyomtatása (Turbotech, Szeged 2022)



A betonépítmény falfelülete

Az üzemi 3D betonnyomtatás tapasztalatai:

- Szükséges a folyamatos betonkeverés és nyomtatás.
- Nyomtatási sebesség és a kötési idő összehangolandó.

Fejlesztési feladatok:

- A nyomtatófej elé átkeverő tartály beépítése utólagos vegyszeradagolás és átkeverés.
- A repedések megelőzésére műanyag háló csíkok.
- Épületszerkezeti megoldások és épületek tervezése.
- Statikai és hőtechnikai számítások és mérések.



PTE MIK labor 2023. szeptember