

# Ja taivas teki tilaa

Teksti **Susan Heikkinen** Kuvat **Markus Pentikäinen**

Rakennuksista korkein sijaitsee taas 700 vuoden tauon jälkeen Lähi-idässä. Toistaiseksi. Edes 818-metrinen Burj Dubai ei vielä saavuttanut tekniikan rajoja. ▶

■ Burj Dubain alueen rakennusmiehiä matkalla tauolle.

**V**iisi Näsinneulaa päällekkäin. Tai yksitoista Puijon tornia. Tai yhdeksän Turun tuomiokirkkoa, tai yhtä monta Vuosaaren Cirrusta, joka on Suomen korkein tornitalo.

Burj Dubai eli Dubain torni on 818 metriä korkea ja ylivoimaisesti maailman korkein rakennus. Tuulien sulttaani, talojen kalifi, pilvien stiletti ja kuuhun kurkottaja. Sen perustuskuoppia alettiin kaivaa syksyllä 2004, korkeutensa se saavutti tammikuussa, ja tulevana syksynä se avataan.

Ei Dubaissa tonttipulaa ole. Autiomaata ja Persianlahden rantaviivaa riittää rakennettavaksi. Maailman korkein talo onkin ennen kaikkea Dubain taivaaseen piirretty huutomerkki: me pystymme tekemään mitä tahdomme.

Mutta ensin ihmiskunnan piti voittaa eräs haaste.

Betonia ei koskaan ollut pumpattu niin korkealle.

Useimmat viime vuosituhannen pilvenpiirtäjät rakennettiin teräksestä, mutta Burj Dubain rakenteet ovat 156:n kerrokseen asti betonia. Tunnetusti tuore betoni alkaa jähmettyä pian, mutta Burj



**Burj Dubaita ovat rakentaneet pääasiassa aasialaiset rakennusmiehet.**

Dubaissa sen piti enimmillään kulkea putkessa ennätyksellinen 606 metrin matka, johon kului 630 hevosvoiman pumpullakin 40 minuuttia.

Maailman korkeimman rakennuksen tärkein edellytys on siis erikoisbetoni, joka säilyi notkeana ylös asti ja alkoi kovetua vasta sitten.

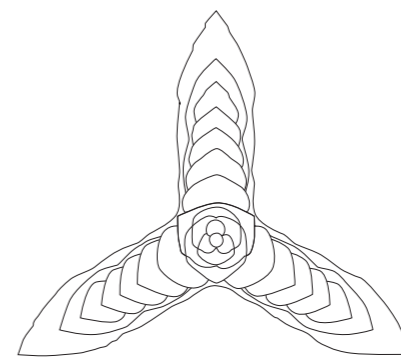
**Kuinka se pysyy pystyssä?**

Maaperä Burj Dubain alla on kaikkea muuta kuin vahvaa. Hiekan ja hiekkakiven alla

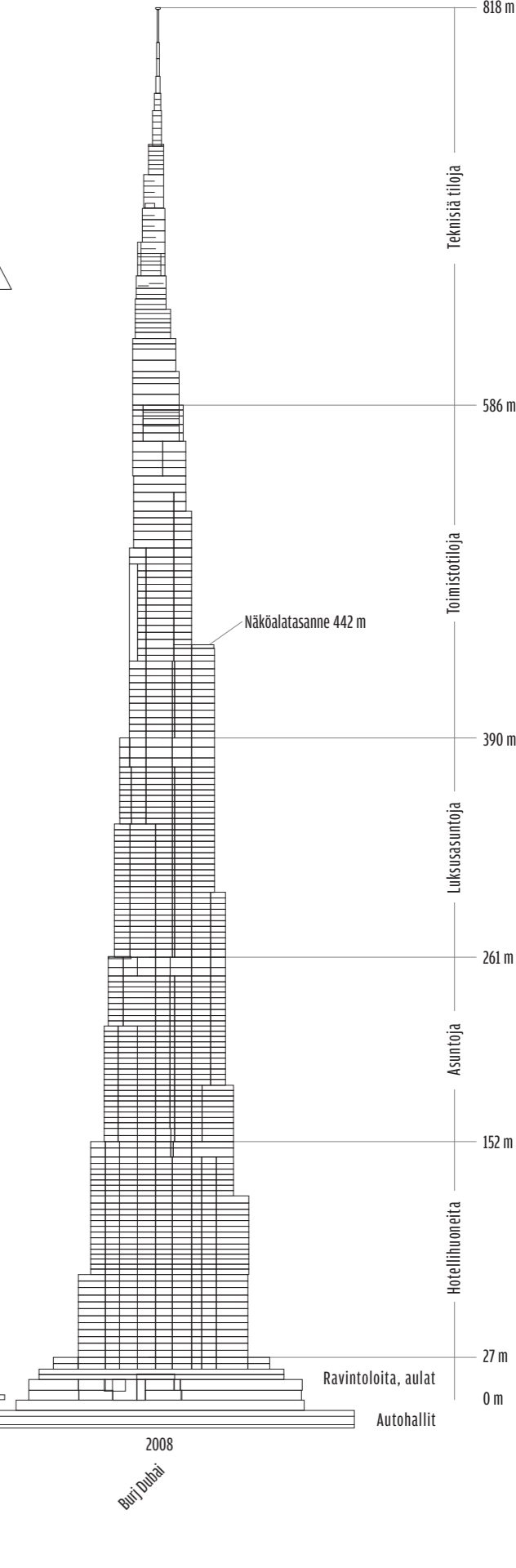
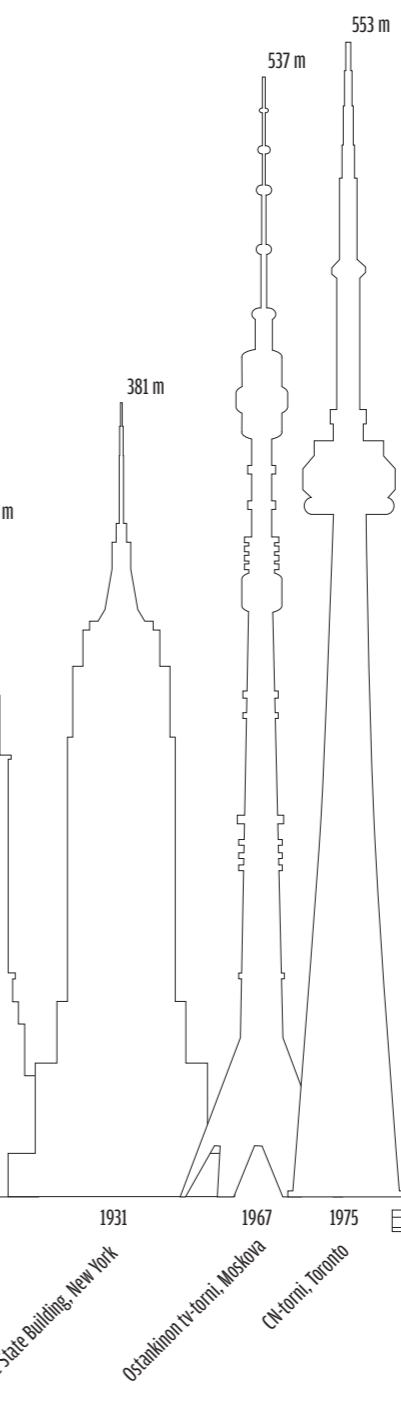
40–50 metrin syvyydessä on kuitenkin heikkoa kalkkikivikalliota, jonne perustuspaalut ulotettiin. Puolitoista metriä paksuja betonipaaluja valettiin 194 kappaletta. Niiden rakennukselle antama tuki ei perustu niinkään heppoiseen kallioon niiden alla, vaan yksinkertaisesti kitkaan maaperän ja paalun välissä. Suunnittelijat laskivat, että koko rakennus painuisi vain joitain senttimetrejä.

Paalujen päälle valettiin 3,7 metriä paksu teräsbetoninen antura. Routaeristystä ei autiomaassa tarvita, mutta Dubain pohjavesi oli osoittautunut kemiallisesti varsin vihamieliseksi. Siinä on klorideja ja sulfaatteja jopa enemmän kuin merivedessä, joten perustukset oli suojattava korroosiolta. Anturan alle asennettiin risteilemään titaniumverkko, johon on hamaan ikuisuuteen asti johdettava jatkuvaa pientä sähkövirtaa.

Kivi ei ole pilvenpiirtäjämateriaali, todettiin jo Chicagossa 1800-luvun lopulla. Jo 16-kerroksisen rakennuksen alimpien seinien oli oltava kaksi metriä paksuja, jotta ne kantoivat päällä olevan massan. Sitä korkeammassa rakennuksessa alakerrosten hyötyneliöt olisivat jääneet olemattomiin. Teräspalkkirakenteet olivat ratkaisu tähän ja tekivät jopa puolikilometriset rakennukset järkeviksi. ▶

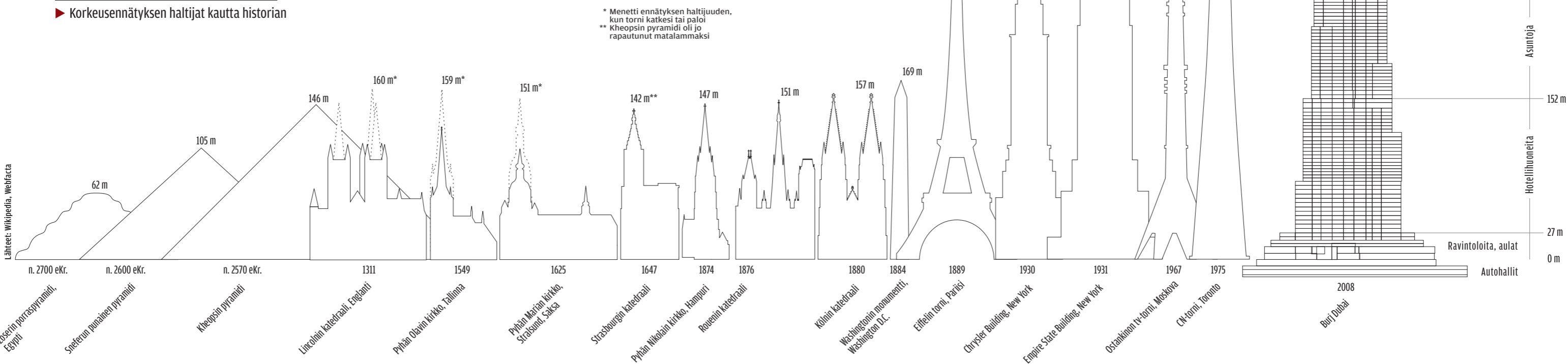


Burj Dubai suoraan ylhäältä nähtynä



**MAAILMAN KORKEIMMAT RAKENNELMAT**

▶ Korkeusennätyksen haltijat kautta historian



Lahteet: Wikipedia, Webfacta

Zoserin pinnaspyramidi, Egypti

Sneferon pinnainen pyramidi

Kheopsin pyramidi

Lincolnin katedraali, Englanti

Pihlän Olavin kirkko, Tallinna

Pihlän Mikolan kirkko, Strasburini, Saksa

Strachbourgin katedraali

Pihlän Nikolain kirkko, Hampuri

Rouennin katedraali

Kōlinin katedraali

Washingtonin monumentti, Washington D.C.

Eiffelin torni, Pariisi

Chrysler Building, New York

Empire State Building, New York

Ostankinin tv-torni, Moskova

CN-torni, Toronto

Burj Dubai

Ravintoloita, aulat

Autohallit

\* Menetti ennätyksen haltijuuden, kun torni katkesi tai paloi  
\*\* Kheopsin pyramidi oli jo rapautunut matalammaksi

Mutta myös betoniteknikka on kehittynyt huomasti, ja siksi Burj pystytettiin rakentamaan betonista. Nykyään pystytään valmistamaan puristuslujuudeltaan 8–9 kertaa vahvempaa betonia kuin vielä 1980-luvun alussa. Salaisuus ovat betoniin lisätyt notkistavat kemikaalit, polykarboksylaattihiapot, joiden ansiosta vettä tarvitaan vähemmän. Ja mitä vähemmän vettä, sen lujempi betoni. Eikä kehitys ole pysähtynyt: nykyään vetolujuuttakin pyritään parantamaan lisäämällä betoniin hiilen nanoputkia.

Burj Dubain keskellä kohoaa kuusikulmainen, teräsbetoninen keskusrunko, jonka seinät ovat alhaallakin vain 60 senttiä paksut. Keskusrungosta erkanevat kolme siipeä kuin kolme kukan terälehteä, joten pohjapiirros on Y-kirjaimen muotoinen. Kukin siipi tukee kahta muuta. Siivet tukevat rakennusta riippumatta siitä, mistä suunnasta tuulee, ne ovat kuin puun juuristo. Rakenne on erittäin luja. Edes vesial-

## Tornin muoto huijaa tuulia.

■ Burj Dubain aluetta ilmasta.



## ■ Burj Dubai on kaupungin uusi symboli ja maamerkki öin ja päivin.

taita tai muita massan liikkeitä hillitseviä, rakennuksen painopistettä muuttavia järjestelmiä ei Burj Dubaissa tarvittu.

Ylöspäin mentäessä siivet lyhenevät vuorotellen aina seitsemän kerroksen välein, mikä kaventaa rakennusta spiraalimaisesti. Rakenne huijaa tuulia. Pyörteet pysyvät epäjärjestyksessä, joten säännöllisiä, tornia heiluttavia voimia ei kehity. Shamalhiekkamyrskyissä tuulennopeus voi olla Dubaissa jopa 45 metriä sekunnissa.

Suunnittelijat ottivat huomioon myös jalankulkijat, sillä tornitaloilla on taipumus kaapata tuulia alaspäin. Jo New Yorkissa 1900-luvun alussa nuoret miehet osasivat mennä norkoilemaan Flatiron Buildingin juurelle, missä ilmavirtaukset saivat naisten alushameet nousemaan.

Maanjäristyksen riskiä Dubaissa pidetään vähäisenä. Erittäin järjestysaltis Etelä-Iran on kuitenkin vain muutaman sadan kilometrin päässä, joten Dubain kaupunkia on rakennettu kestävämmän vähintään 5,5 richterin järjestykset. Syyskuussa 2008 Iranissa tapahtui 6,2 richterin maanjäristys, joka tuntui Dubaissa asti. Burj Dubain työmaa evakuoitiin, mutta jälkikäteen todettiin, että tornin silloinen huippu oli heilahnutun järjestyksen takia vain 10 senttiä.

### Kuinka se voi toimia?

Useimmat pilvenpiirtäjät tehdään toimistokäyttöön, mutta Burj Dubaista tulee enimmäkseen asuintalo. **Giorgio Armani** suunnittelema hotelli vie kolmisenkymmentä alakerrosta, ja toimistot valloittavat yläosan.

Rakennus vetää 35 000 ihmistä, joten hisikapasiteetin on oltava valtava. Hissejä tulee 54, osa kaksikerroksisia, ja nopein niistä kiittää yli 18 metriä sekunnissa.

Kuuman ilmaston takia ikkunalasit on pinnoitettu puoliläpäisevällä metallikerroksella, joka heijastaa uv-säteet pois. Silti tornia on kesän kuumimpaan aikaan ilmastoitava niin tehokkaasti, että jos jäähdytys tehtäisiin tavallisen jään avulla, sitä pitäisi sulattaa 10 miljoonaa kiloa päivässä.

Kuten mihin tahansa ilmastoituun taloon, Burj Dubaihin kertyy kosteutta. Kondenssivesi kerätään omaa putkistoaan pitkin kellariin. Vuodessa sitä kertynee 60 miljoonaa litraa, ja se käytetään istutusten kasteluvadeksi.

Valtavan korkeuden aiheuttamat painenvaihtelut ovat olleet haaste talotekniikalle. Kuumalla ilmalla viileä sisäilma painuu alaspäin, mikä taas nostaa ilman-

painetta rakennuksen alaosissa ja saa ovet jumittumaan ja ilman vinkumaan. Tätä estetään ilmalukoilla.

Vettä torni kuluttaa päivittäin lähes miljoona litraa, ja korkeuden takia vesijohdoissa täytyy pitää jopa 30 barin painetta tavanomaisen 5 barin sijaan. Putkirikko ei olisi naurun asia.

Ikkunanpesijöillä on putsattavana 26 000 ikkunaruuua, joissa on pintaa yhteensä 17 jalkapallokentän verran. Pesijät liikkuvat kiinteillä huoltovaunuilla tornin pintoja pitkin, mutta kertapesu veisi pari kuukautta.

Entä hätätilanteet? Burj Dubain suunnittelijat hyväksyivät sen tosiasian, ettei tornista pääse nopeasti pois. Niinpä rakennukseen sijoitettiin noin 30 kerroksen välein paineistetut pelastautumishuoneet, jotka kestävät kaksi tuntia tulipalaa.

### Kuka sen rakennutti?

Vuonna 2001 miljardööri **Donald Trump** halusi Chicagoon maailman korkeimman rakennuksen. Kaukoita oli kaapannut kärkisijat, ja Trump halusi tittelin takaisin Amerikkaan.

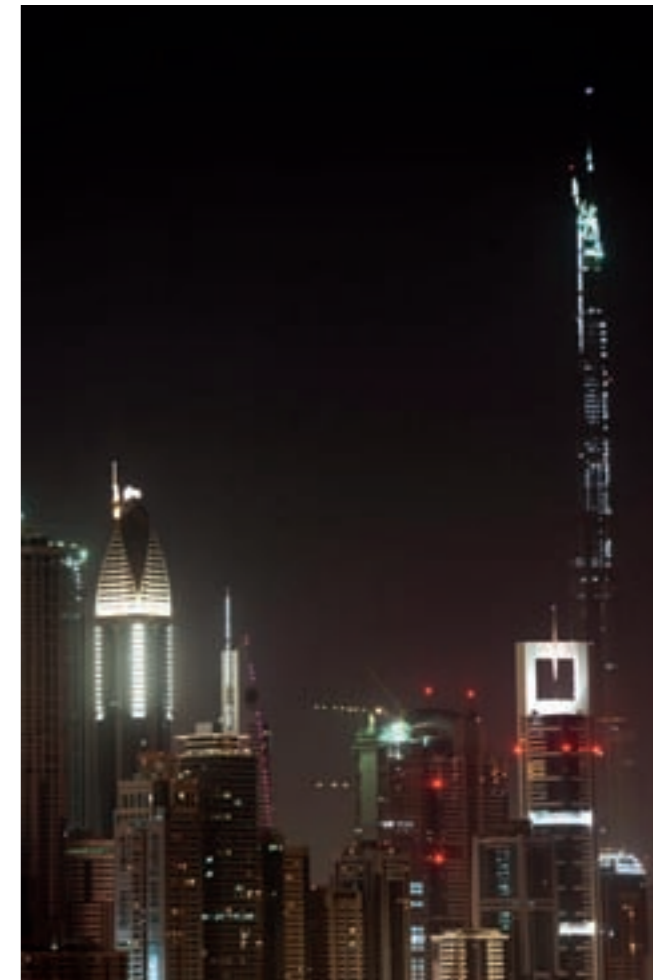
Projektin aloituspalaveri arkkitehtitoimiston kanssa oli määrä pitää 11. syyskuuta 2001.

Palaveri peruttiin.

WTC-iskujen uskottiin lopettavan superkorkeiden pilvenpiirtäjien rakentamisen tyystin. Taiwanin Taipei 101 oli jo rakenteilla, ja se valmistui maailman korkeimmaksi pilvenpiirtäjäksi (509 m) vuonna 2004.

Dubain šeikki **Mohammed bin Rashid al-Maktum** on mies, joka on ottanut korkeimman valtikan taas Lähi-itään – taas, ehtihän faarao **Kheopsin** pyramidi aikoinaan hallita tilastoa 4 000 vuotta. Šeikki yllytti suunnittelijat kasvattamaan tornia niin korkealle, että enää ei ole tarvetta halkoa hiuksia siitä, onko se korkein asuttujen kerrosten, katonrajan vai mastonhuipun mukaan – joka mittarilla se on kirkkaasti korkein. Vain yhdessä kilpasarjassa se häviää, korkeimman näköalatasanteen sarjassa. Shanghai World Financial Center pysyy paikkana, josta jokamies yhä pääsee tiiraamaan maata kaikkein korkeimmalta, 474 metristä.

Tornin suunnitteli amerikkalainen arkkitehtitoimisto Skidmore, Owings & Merrill.



Terälehtimäisen pohjapiirroksen väitetään saaneen innoituksensa eräästä Arabian niemimaan kukasta, lukiinliljasta. Arkkitehdit katkivat rakennukseen myös perinteistä islamilaista muotokieltä, mutta vasta torniin nousemalla se näkyy: tornin kavennukset ovat ylhäältä käsin katsottuna kuin sarja itämaisia kupoleita tai holvikaaria.

Kapenevalta perusmuodoltaan Burj Dubai muistuttaa hämmästyttävästi mailin korkuista rakennusta, jonka arkkitehti **Frank Lloyd Wright** suunnitteli utopiaksi 1956. "Omituinen hirviömäisten mittasuhteiden ihmisloukku", kuvaili Wright pilvenpiirtäjiä tuolloin.

Pilvenpiirtäjät ovat usein ennustaneet taloustaantumaa. New Yorkin Empire State Building valmistui 1931 keskelle suurta lamaa, ja suurin osa sen toimistotiloista kumisi tyhjyyttään 1940-luvulle asti. Taantumien varjoon nousi Burj Dubaikin.

### Kuka sen rakensi?

Rakennuspäällikkö **Greg Sang**, 43, on olemukseltaan kuin suomalainen perusinsinööri. Pyöreät posket, kauluspaita ja puvun housut. Vastavalmistunut uusseelantilai-

## Tapaturmissa kuoli kolme rakentajaa.

nen rakennusinsinööri lähti 1980-luvun lopun taantumaa pakoan Aasiaan ja päätyi mukaan pilvenpiirtäjäprojekteihin. Ja nyt hän on johtanut maailman korkeimman talon rakentamisen.

"Aivan uusia innovaatioita emme oikeastaan ole käyttäneet", Sang kertoo. "Rakentaminen on aina riski, jossa pitää hallita aikaa ja rahaa. Tälle rakennukselle sen riskin hallinta on erityisen kriittistä, joten emme käyttäneet mitään uusia rakennustekniikoita, emme kehittäneet uusia materiaaleja. Käytimme vain koeteltuja metodeja."

Rakentamisen suurimpia haasteita oli betoniteknikan lisäksi logistiikka. "Rakennuksen juurella on suuri pullonkaula, ja kaikkien ihmisten ja tavaroiden on kuljettava rakennukseen ja sieltä pois juuren kautta."

Tornin varsinaiset rakentajat ovat olleet pääasiassa intialaisia rakennusmiehiä. Tämä sinihaalarinen työläisarmeija on rakentanut käytännössä koko muunkin Dubain yleensä alle 200 euron kuukausipalkalla.

Rakentamisen aikana kolme heistä menetti henkensä Burj Dubaille.

"Onnettomuudet eivät varsinaisesti liittyneet rakennuksen korkeuteen", kertoo Sang.

"Koulutamme, jatkokoulutamme ja annamme turvavälineet, mutta emme voi välttää jokaisen työntekijän vieressä."

Sang on samaa jatkumoa muinaisen Egyptin työväppöjen kanssa, vaikka nauraakin vertaukselle.

"Noo, enpä tiedä. Olen onnekas, että minulla on ollut tilaisuus työskennellä tässä projektissa."

Ehkä faarao Kheopsin rakennuspäällikkö ajatteli samoin? **SK**