

STUDYTOUR '22

Jaarlijkse studiereis van masterdispuut U-BASE TU Delft

IZMIR

Het Bayrakli district

FOLKART TOWERS

Constructief ontwerp &
aardbevingbestendig
bouwen

MISTRAL OFFICE TOWER

Koudgevormd glazen
gevelontwerp

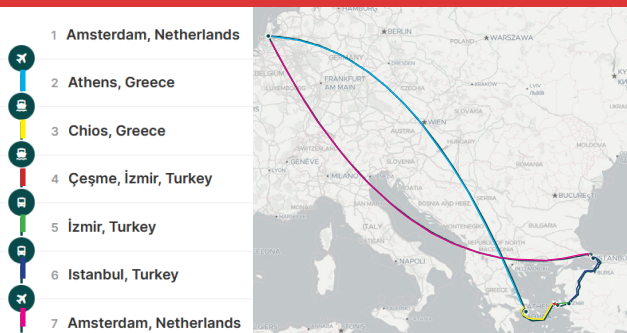


Study Tour 2022

U-BASE

StudyTour '22

Afgelopen Juli zijn 24 studenten en 2 professoren van de TU Delft op studiereis geweest. Deze studiereis ofwel Study Tour is een twee weekse reis die jaarlijks wordt georganiseerd door het masterdispuut U-BASE. U-BASE is het masterdispuut voor de studies Structural en Building engineering van de TU Delft en heeft zowel Nederlandse als internationale studenten. Het doel van de reis is om kennis te maken met nieuwe culturen, lokale bouw methodieken en natuurlijk ook enige vorm van ontspanning te bieden.



► Afgelegde route StudyTour '22

De commissie

De Study Tour commissie, een groep van zeven enthousiaste studenten met een passie voor reizen, is het afgelopen jaar druk bezig geweest met de organisatie. In het begin van het jaar waren er nog vele onzekerheden maar na enkele jaren van Covid perikelen kon de Study Tour eindelijk weer doorgaan in zijn normale vorm. Desondanks waren de risico's nog steeds aanzienlijk en is er voor gekozen om dit jaar dichterbij de buurt te blijven. De 2022 editie van de Study Tour heeft de steden Athene, Izmir en Istanbul bezocht, al deze steden kunnen met recht wereldsteden worden genoemd en dit gaf daardoor voldoende kansen op vele gave projecten te bezoeken.



► StudyTour '22 commissie

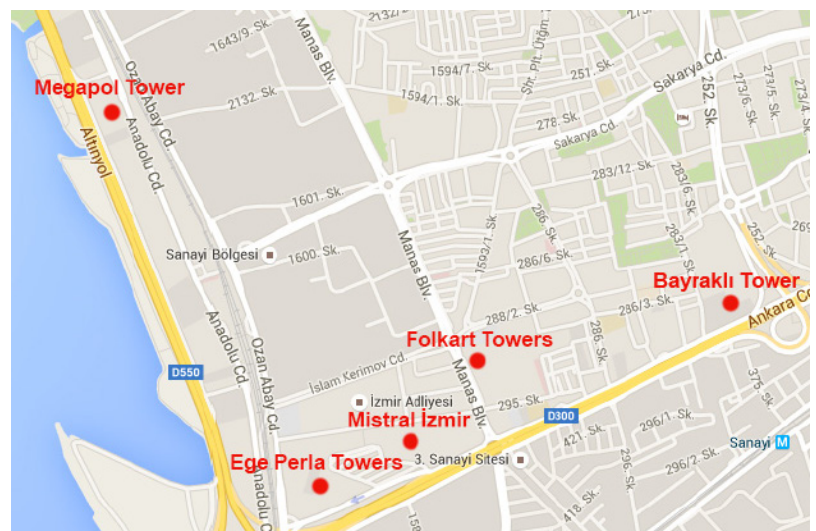
Izmir en hoogbouw

Met name in Izmir was er meer dan genoeg te zien op het gebied van hoogbouw en zijn er een drietal torens bezocht. Izmir is qua omvang de derde stad van Turkije met bijna 4.5 miljoen inwoners in de metropool. Izmir en de gehele west kust van Turkije is bekend van (of berucht om) de vele aardbevingen die hier plaats vinden. De samenkomst van de Euraziatische, Afrikaanse en Egeïsche plaat maakt het tot een seismische hotspot. Gedurende het afgelopen jaar zijn er 4483 aardbevingen gemeten met een sterkte van meer dan 1.0 op de schaal van Richter, de meeste van deze aardbevingen zullen echter zonder te worden opgemerkt aan ons voorbij gaan. Maar dit is helaas niet altijd het geval, de laatste serieuze aardbeving vond plaats 30 Oktober 2020 nabij Samos (ongeveer 70 km van Izmir) en met een sterkte van 7.0 op de schaal van Richter werd Izmir zwaar getroffen. In totaal stortte 700 gebouwen in of werden onbewoonbaar en kwamen 117 mensen om. Dit seismische vraagstuk maakt Izmir een interessante locatie voor het toepassen van hoogbouw echter houdt dit de stad niet tegen om rap uit te breiden in de hoogte.

Gedurende ons bezoek aan Izmir hebben we in het Bayrakli district een drietal torens bezocht, de Folkart Towers en de Mistral Tower. Laatst genoemde is momenteel de hoogste toren van de stad met een hoogte van 216 m. In dit artikel zullen we nader ingaan op het ontwerp, de fundering en de façades. Ook zal er special aandacht worden gegeven aan hoe de aardbevingsbestendigheid is meegenomen in het ontwerp.

Bayrakli District

Het Bayrakli district telt 314.402 inwoners, heeft een oppervlakte van 200 km² en is door de overheid aangewezen als regio waar ontwikkeling van hoogbouw plaats kan vinden. De regio telt nu vijf wolkenkrabbers die voltooid zijn, met als hoogste gebouw de Mistral Office Tower van 216 meter. In de toekomst zal dit aantal fors omhoog stijgen door het aantal geplande projecten.



► Voltooid hoogbouw projecten in het Bayrakli district



► Verschillende fases van de Folkart Towers in aanbouw

Folkart Towers

De Folkart Towers bestaan uit twee identieke wolkenkrabbers gesitueerd in het Bayrakli district van Izmir, Turkije. De torens tellen 47 verdiepingen en steken 200 meter boven de grond uit. De bouw van de torens duurde drie jaar en kwam tot voltooiing in 2014. Drie jaar na oplevering waren de Folkart Towers het hoogste bouwwerk van Izmir, tot de komst van de Mistral Office Tower in 2017. Vandaag de dag zijn de torens het op-een-na hoogste bouwwerk van Izmir en staan ze op plek zeven van hoogste wolkenkrabbers in Turkije.

► Één van de 200 meter hoge torens



De torens vervullen uiteenlopende functies zoals recreatie, woonruimtes, winkels, parkeerplaatsen, sportcomplexen, uitkijkpunten. Een openbaar indoor park is zeer geliefd bij de bewoners die weinig toegang hebben tot de natuur in de omgeving.

Het indrukwekkende aantal hoogtemeters en unieke architecturale karakter van de Folkart Towers heeft ertoe geleid dat het bouwwerk als iconisch symbool gezien wordt binnen de skyline van Izmir. Om die reden wilden deelnemers van StudyTour '22 de torens aanschouwen.

Fundering

Een van de grootste constructieve uitdagingen bij hoogbouw in aardbevingsgevoelige gebieden, is het ontwerp van de fundering. Het risico omtrent aardbevingen in de Izmir-regio is hoog wegens een actieve breuklijn

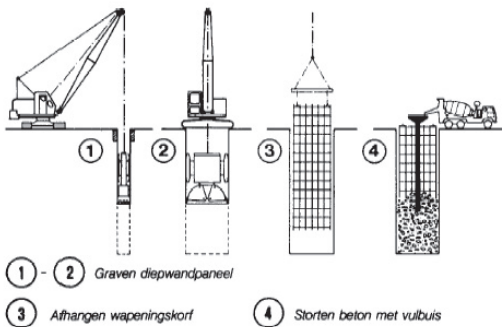
in de Aegean regio. Daarnaast is de grondopbouw van het projectgebied geclassificeerd als zeer slecht: lagen alluvium bestaande uit losse, zachte grond zijnde grind, zand, zilt en klei. Deze grondlagen wisselen elkaar af tot een diepte van 37 meter met een grondwaterpeil wat zich zeer hoog bevindt. Onder deze 37 meter diepe laag alluvium zit een draagkrachtige laag van grondgesteente. Wegens deze grondsamenstelling, is de constructie genoodzaakt af te steunen op een diepe fundering tot de draagkrachtige laag.

Een alternatief op het traditionele funderingsontwerp van heipalen of in het werk gestorte ronde boorpalen, is een barrette / diepwand fundering. Dit type fundering bevat ook in het werk gestort beton, alleen is de vorm rechthoekig. Enkele voordelen hiervan zijn, kostenbesparing ten opzichte van ronde boorpalen, besparing van tijd en deze methode kan binnen elke grondopbouw toegepast worden. Daarnaast is de specifieke oppervlakte (verhouding van omtrek tot oppervlak) groter dan bij ronde boorpalen, waardoor de verticale draagkracht in zachte ondergronden hoger is wegens contactwrijving over de gehele lengte.



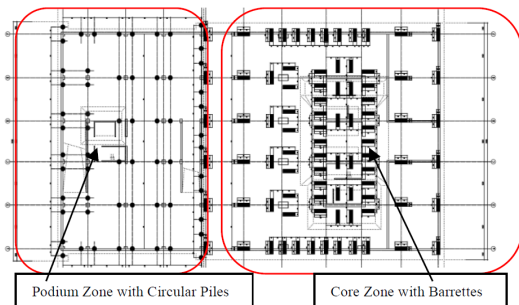
► De twin torens na oplevering in 2014

ook in het werk gestort beton, alleen is de vorm rechthoekig. Enkele voordelen hiervan zijn, kostenbesparing ten opzichte van ronde boorpalen, kortere uitvoeringsduur en de methodiek kan binnen elke grondopbouw toegepast worden. Daarnaast is de specifieke oppervlakte (verhouding van omtrek tot oppervlak) groter dan bij ronde boorpalen, waardoor de verticale draagkracht in zachte ondergronden hoger is wegens oppervlaktewrijving over de gehele lengte. Nadat afgraving van de wand heeft plaatsgevonden, wordt een wapeningskorf aangebracht en beton gestort.



► Constructie barrette / diepwand fundering

De rechthoekige diepwanden onder de Folkart Towers zijn gemiddeld 50 meter lang, 2,8 m breed en 0,8 m diep. De wanden waren bedoeld als drijvende fundering, wat betekent dat het gewicht veelal opgevangen wordt door oppervlaktefrictie rondom de wanden. Middels O'Cell testing, werd vastgesteld dat elke diepwand een ultieme draagkracht van 2700 ton heeft, wat fors hoger is dan de 1800 ton benodigd volgens ontwerp.

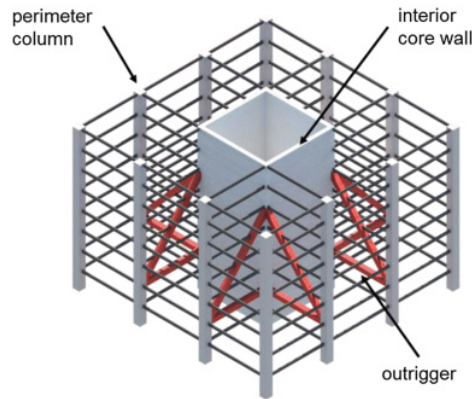


► Samenstelling boorpalen en diepwanden

Constructief ontwerp

De Folkart Towers bestaan uit een betonnen kern van verstijvingswanden en een raamwerk van liggers en kolommen wat verbonden is met een pendelstaven (outrigger systeem) van staal. De ge-

kromde vorm aan de westkant van het gebouw is gemaakt van stalen profielen. Daarnaast zijn er aanvullende I-profielen bij de kolommen toegepast om aan de flexibiliteits- en robuustheidseisen van het ontwerp te voldoen. Middels de pendelstaven wordt interactie verkregen tussen de kern en buitenste kolommen, wat zorgt voor een verhoging van stijfheid tegen laterale belastingen.



► “Outrigger systeem” toegepast bij Folkart Towers

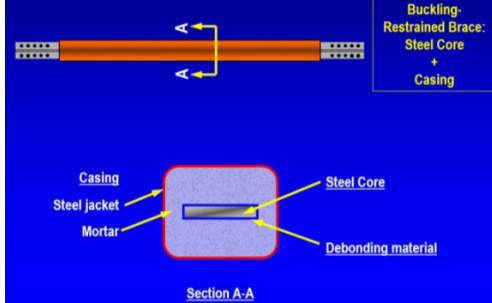
Het gebouw bestaat uit twee kelderverdiepingen gevolgd door zes verdiepingen aan parkeerruimtes met daarop volgend 39 verdiepingen van veelal woonruimte. Na deze parkeerruimtes versmalt het vloeroppervlak aanzienlijk en wordt de hoogte in gegaan. De hogere vloeroppervlakte aan de onderzijde van het gebouw bevordert eveneens de stijfheid.

Aardbevingsbestendigheid

De Bayrakli regio bestaat uit slappe ondergrond, zijnde een diepe laag (37 meter) alluvium van los grind, zand, zilt en klei. Bij een sterke grondlaag is een verandering in amplitude niet significant, al kunnen seismische golven (S-waves) de amplitude vergroten wanneer dit zich verplaatst door een slappe grondlaag opwaarts. Uit onderzoek is gebleken dat deze grondopbouw vooral problemen vormt voor mid-rise gebouwen met een verdiepingshoogte van zeven tot tien lagen en minder effect heeft op hoogbouw.

Wat betreft de aardbevingsbestendigheid, is vastgesteld dat fundatiedempers niet benodigd waren voor de wolkenkrabbers in het Bayrakli district. Dit is een vorm van aardbevingsbestendigheid die verkre-

gen wordt door een brugstuk toe te passen tussen fundering en bouwgeraamte om zo trillingen die het gebouw in willen dempen. In plaats hiervan, is een flexibel outrigger systeem toegepast in combinatie met dempende dwarsstaven. De staven bestaan uit een stalen kern met daar omheen beton en tot slot een stalen omhulsel.

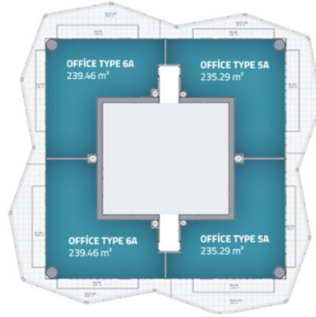


► Dempende dwarsstaven

Gedurende een aardbeving kan de laterale belasting gedempt worden door de stalen kern, waarbij vervorming van het beton plaats zal vinden en energie weggenomen wordt. Na vervorming van het beton, kan het restant verwijderd worden en vervangen worden middels een nieuwe injectie. Bij een aardbeving die plaatsvond in oktober 2020 met een magnitude van 6.6, werd vastgesteld dat er geen nieuwe betoninjectie nodig was aangezien het dempingsysteem niet geactiveerd was. Uit onderzoek is gebleken dat bij oscillatie van het gebouw grote verplaatsingen plaatsvinden op de 18e en 29e verdieping. Vandaar dat er ter hoogte van deze verdiepingen per toren acht dempingsystemen toegepast zijn.

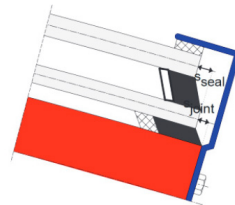
Mistral Office Tower

De Mistral Office Tower is een 48 verdiepingen tellende wolkenkrabber met een hoogte van 216 meter. Het is het hoogste gebouw van Izmir en staat op plek zes van hoogste wolkenkrabbers in Turkije. Wat dit gebouw uniek maakt, heeft voornamelijk van doen met het gevelontwerp. Dit bestaat uit een dubbele gevel met aan de buitenzijde koud gevormd glas, waarbij op elke verdieping een draai plaats vindt van de glazen panelen.

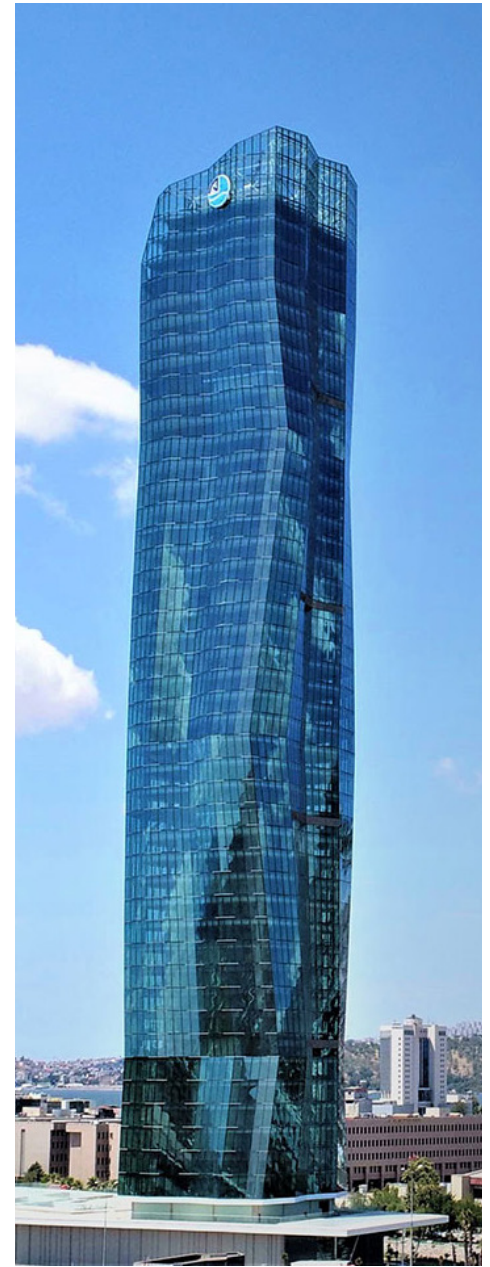


► Doorsnede Mistral Office Tower

Elk element bestaat uit een rechthoekig isolerend paneel van 1528 x 4000 mm, opgebouwd uit twee gelamineerde glasplaten van 8 mm aan de buitenzijden en een spouw van 16 mm in het midden. Aangezien de glasplaten vervormen tijdens het buigen, dienen de joints dit op te kunnen nemen.



► Detail element



► Mistral Office Tower

► U-BASE studenten bij de Folkart Towers (links) en Mistral Office Tower (rechts).



REFERENTIES

- [1] C Karakiz. “The “Manhattan” of Izmir? Folkart Towers and urban transformation”. (Jan 2017).
- [2] A Öner and B Pasin. “Emerging Towers in Bayrakli: Sustainability as a Branding Strategy or Tool for Local Development?”. Department of Architecture, Izmir University of Economics. DOI: 10.3390/buildings5030834. (Aug 2015).
- [3] E Öztürk and K Savasir. “Folkart in the Context of Earthquake Measures in Skyscrapers and the Samos Earthquake Investigation of the Towers”. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Architecture, Izmir. DOI: 10.19113/sdufenbed.935205. (Apr 2022).
- [4] A Deniz, et. al. “Probabilistic Seismic Hazard Assessment for Izmir, Turkey”. DOI: 10.1007/s00024-010-0129-6. (2010).
- [5] H Durgunoglu, et. al. “BARRETTE FOUNDATIONS-TWO CASE HISTORIES FROM TURKEY”. Civil Engineering Bogaziçi University, Istanbul.
- [6] V Nardini and J Hilcken. “Mistral Tower: Value of System Design, Manufacturing and Installation in Cold Bent SSG Units”. TU Darmstadt, Institute for Structural Mechanics and Design. DOI: <https://doi.org/10.1002/cepa.947> . (2018).

