



One Simulations BV
3^e Binnenvestgracht 23K
2312 NR Leiden
The Netherlands
+31 (0)71 56 80 900
info@onesimulations.com
www.onesimulations.com

Rapport

Project: Vuurtoren Lange Jaap

Locatie: Den Helder, Nederland
Onderwerp: CFD simulaties ter bepaling van het windprofiel
Document: P00321965e100
Datum: 27 oktober 2021

Revisie	Status	Omschrijving	Auteur	Controle door	Datum
0	1 ^e uitgave	CFD rapport			27-10-2021

Project	Vuurtoren Lange Jaap
Locatie	Den Helder, Nederland
Onderwerp	CFD simulaties ter bepaling van het windprofiel
Document	P00321965e100
Revisie	0
Datum	27 oktober 2021
Status	Definitief
Auteur	[REDACTED]
Controle door	[REDACTED]
Opdrachtgever	PT Structural design & analysis bv
	Boelewerf 22 2987 VD Ridderkerk Nederland
Contact	[REDACTED]
Uitgever	ONE Simulations BV
	3 ^e Binnenvestgracht 23K 2312 NR Leiden Nederland +31 (0)71 5680900 info@onesimulations.com www.onesimulations.com

Inhoudsopgave

1	Introductie.....	4
2	Onderzoeksdoel.....	4
3	Uitgangspunten	5
3.1	Geometrie	5
3.2	Windrichting.....	7
3.3	Windprofiel.....	7
3.4	CFD modellering.....	10
4	Resultaten	11
	Referenties	17
	Bijlage A – Omschrijving software en validatielijst	18

1 Introductie

De Lange Jaap is een vuurtoren in Den Helder met de status van rijksmonument. In de wanden van Lange Jaap zijn scheuren ontstaan, waardoor de toren mogelijk door windbelasting zou kunnen instorten. De Eurocode NEN-EN 1991-1-4 Belastingen op constructies (1) beschrijft een methode om de windbelasting op een constructie te bepalen, gebaseerd op een generiek windprofiel. Deze norm houdt geen rekening met de directe omgeving, zoals de dijk die direct naast Lange Jaap gelegen is.

Op verzoek van PT Structural design & analysis bv is een Computational Fluid Dynamics (CFD) simulatie uitgevoerd om het effect van de dijk, gelegen naast Lange Jaap, op het windprofiel te kunnen bepalen. Aan de hand van dit windprofiel kunnen de krachten op Lange Jaap nauwkeuriger worden bepaald.

Een CFD simulatie geeft inzicht in de te verwachten luchtstromingen, rekening houdend met verschillende fysische verschijnselen. Bij een dergelijke simulatie wordt een geometrie voorzien van een rekengrid waarbinnen de massa-, energie- en impulsbalansen worden opgelost.

2 Onderzoeksdoel

Het doel van de simulatie is het berekenen van de verandering van het windprofiel door de dijk gelegen naast Lange Jaap. Aan de hand hiervan kan PT Structural bepalen welke windsnelheid nog acceptabel is voor het openstellen van de Zeeweg langs de vuurtoren.

Daarnaast is op verzoek van PT Structural, uitsluitend ter indicatie, inzicht verschaft in de orde grootte van de krachten op de constructie.

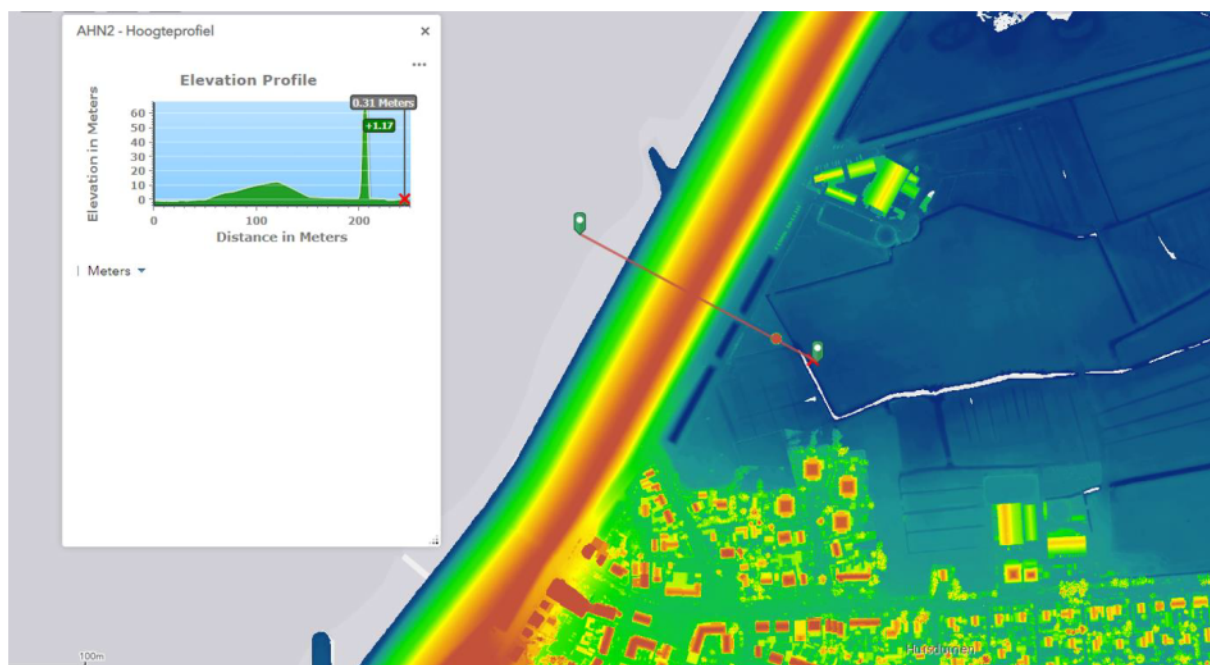
3 Uitgangspunten

3.1 Geometrie

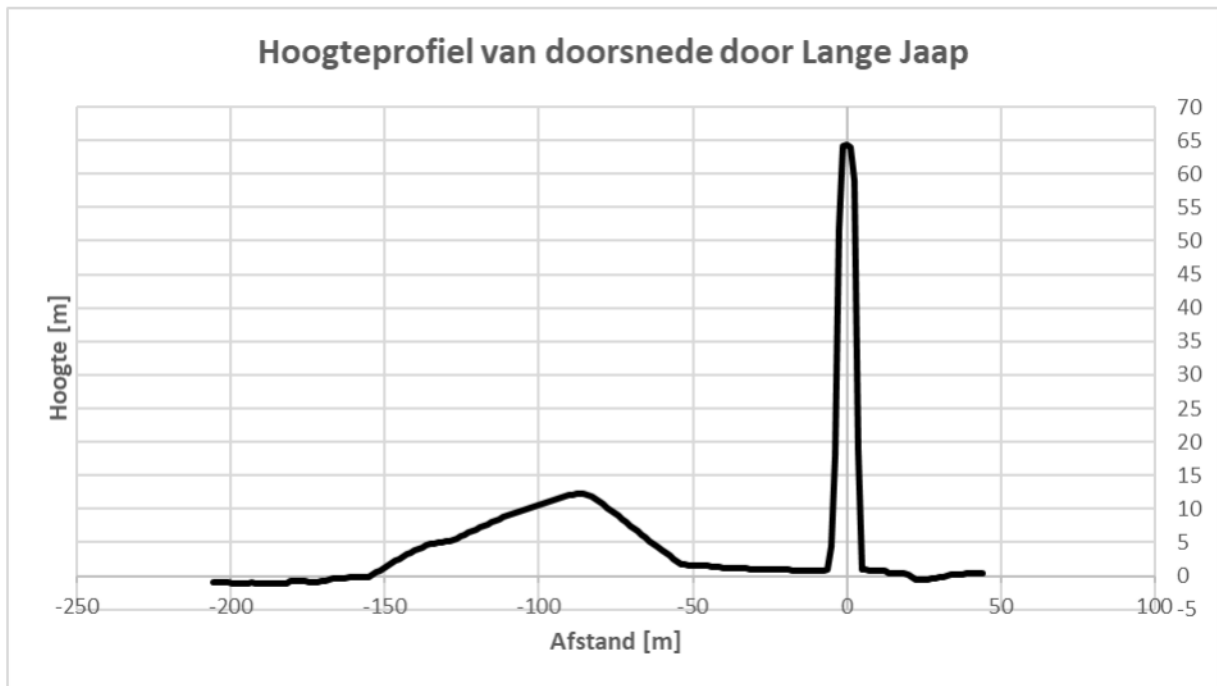
De vuurtoren Lange Jaap is gelegen langs de dijk aan de Zeeweg te Den Helder. De directe omgeving van de vuurtoren bestaat voornamelijk uit open weiland. Aan de west zijde van Lange Jaap ligt de dijk die grenst aan de Noordzee.

Het 3D CFD model van de vuurtoren is gebaseerd op het aangeleverde 3D model van PT Structural. Het hoogteprofiel van de dijk is gebaseerd op het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) (2). De locatie van en het toegepaste hoogteprofiel zijn weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2.

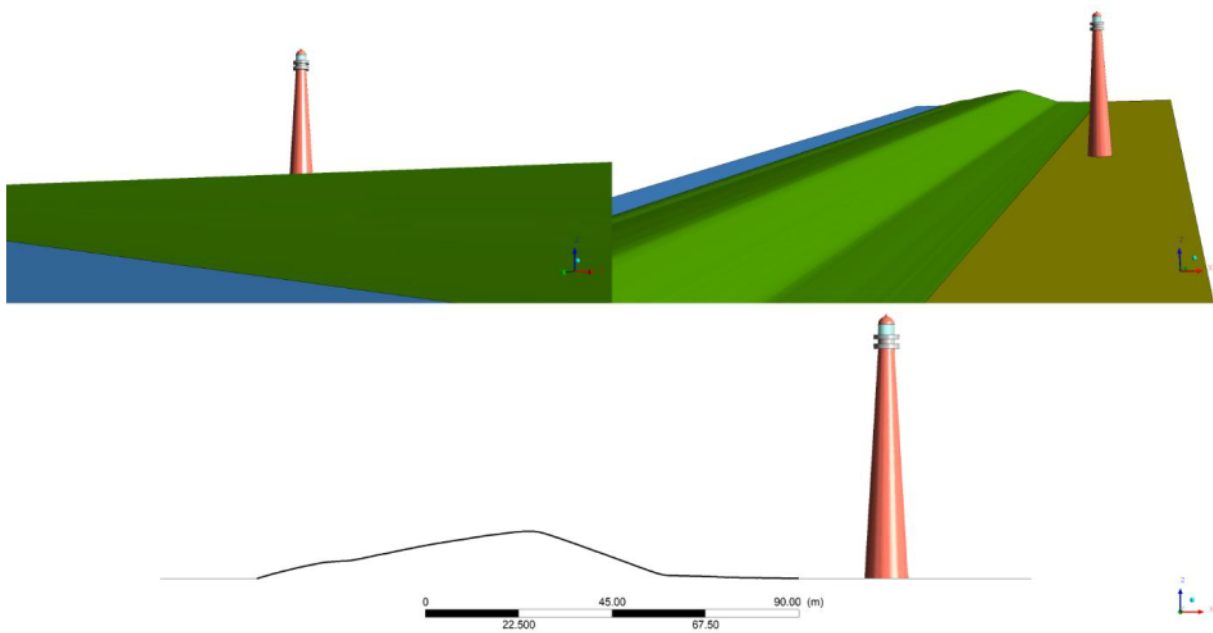
In Figuur 3 is een impressie van het 3D CFD model van Lange Jaap weergegeven.



Figuur 1: Locatie hoogteprofiel, weergegeven met de rode snede-lijn (2).



Figuur 2: Hoogteprofiel op de locatie zoals weergegeven in Figuur 1 (2).



Figuur 3: 3D visualisatie van het CFD model van Lange Jaap.

3.2 Windrichting

De directe omgeving van de vuurtoren bestaat uit open weiland met aan de west zijde de dijk. De NEN-EN 1991-1-4 kan worden gebruikt ter bepaling van het windprofiel aan de weilandzijde van Lange Jaap. De grootste verstoring van het windprofiel wordt veroorzaakt wanneer de wind loodrecht op de dijk aanstroomt. In dit geval duwt de dijk lucht omhoog en zal er meer lucht tegen de bovenkant van de toren aanstromen, waardoor er een groter moment kan ontstaan. Daarom is in de CFD simulatie uitgegaan van wind uit het West Noord Westen (WNW).

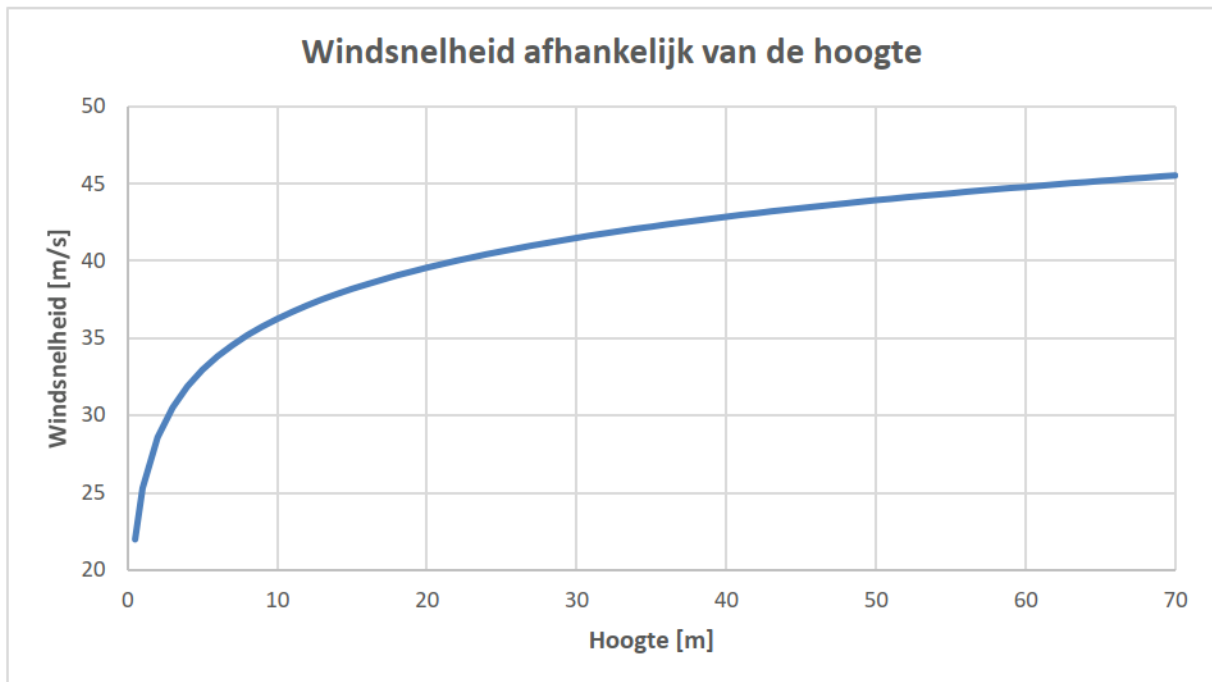
3.3 Windprofiel

De windsnelheid is afhankelijk van de hoogte boven het maaiveld. Ter hoogte van het maaiveld is de windsnelheid lager door de invloed van bebouwing en begroeiing. De verandering van de windsnelheid met de hoogte wordt het windprofiel genoemd. De vertraging van de windsnelheid ter hoogte van het maaiveld wordt bepaald door de obstructies en het type landschap. De invloed van het landschap wordt beschreven door de ruwheidslengte.

Het doel van de simulatie is het berekenen van de verandering van het windprofiel door de dijk gelegen naast Lange Jaap. Deze verandering is ten opzichte van het windprofiel dat wordt bepaald aan de hand van de NEN-EN 1991-1-4. De uitgangspunten voor dit windprofiel zijn aangeleverd door PT Structural. In Tabel 1 zijn de parameters voor het basiswindprofiel samengevat. In Figuur 4 is het basis windprofiel weergegeven.

Parameter	Waarde	Omschrijving
Windgebied	1	Locatie, ter bepaling van windeigenschappen
$V_{b,0}$	29,5 [m/s]	Basis windsnelheid
Terreincategorie	0	Kustgebied, ter bepaling van ruwheid
Z_0	0.005 [m]	Ruwheidslengte in zee of kustgebied aan zee

Tabel 1: Samenvatting van de eigenschappen ter bepaling van het basiswindprofiel nabij Lange Jaap.

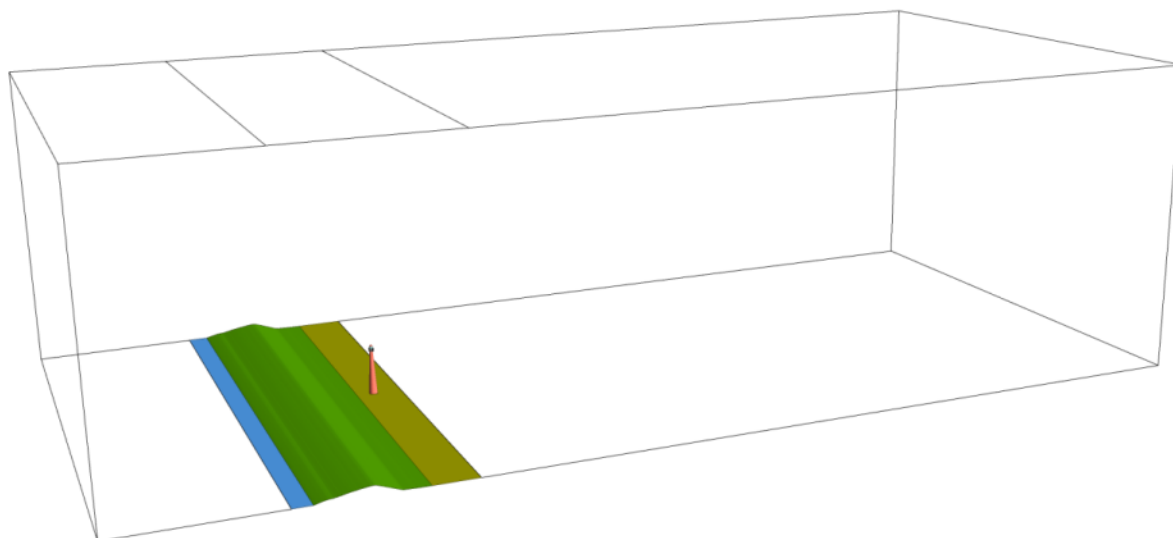


Figuur 4: Windprofiel volgens de NEN-EN 1991-1-4.

In het 3D CFD model is rondom de gemodelleerde vuurtoren en dijk een winddomein geplaatst. Aan de randen van dit winddomein wordt het windprofiel opgegeven. In het winddomein wordt het windprofiel behouden door volumetrische bronnen van momentum en turbulentie, afgestemd op de betreffende ruwheidslengte.

Door de buitengrenzen van het CFD model op afstand van het gebied van interesse te plaatsen wordt een zo realistisch mogelijke windstroom nabij Lange Jaap berekend. De afmetingen van het winddomein worden bepaald op basis van de hoogte (H) van de vuurtoren. De randen van het winddomein bevinden zich ten minste op 5H vanaf de rand van het gemodelleerde gebied. De totale hoogte van het domein is ten minste 6H. Het effect van de buitengrens van het CFD model is stroomafwaarts van grotere invloed en is daarom op ten minste 15H geplaatst. Door bovenstaande methodiek ontstaat een realistische windstroom in het gebied van interesse.

Het winddomein om het gemodelleerde gebied heen is weergegeven in Figuur 5 en kan worden gezien als een digitale windtunnel.



Figuur 5: Winddomein om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).

3.4 CFD modellering

De simulaties zijn uitgevoerd met behulp van het software pakket ANSYS CFX versie 2021 R1. Dit software pakket is geschikt voor vele toepassingen en in ruime mate gevalideerd. In Bijlage A staat een omschrijving van de software en validatielijst voor deze toepassing.

Er is een 3D model gecreëerd van het gebied rondom de vuurtoren. Vervolgens is het model opgedeeld in een grote hoeveelheid rekencellen. De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluïda worden voor elke cel opgelost. In Tabel 2 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven.

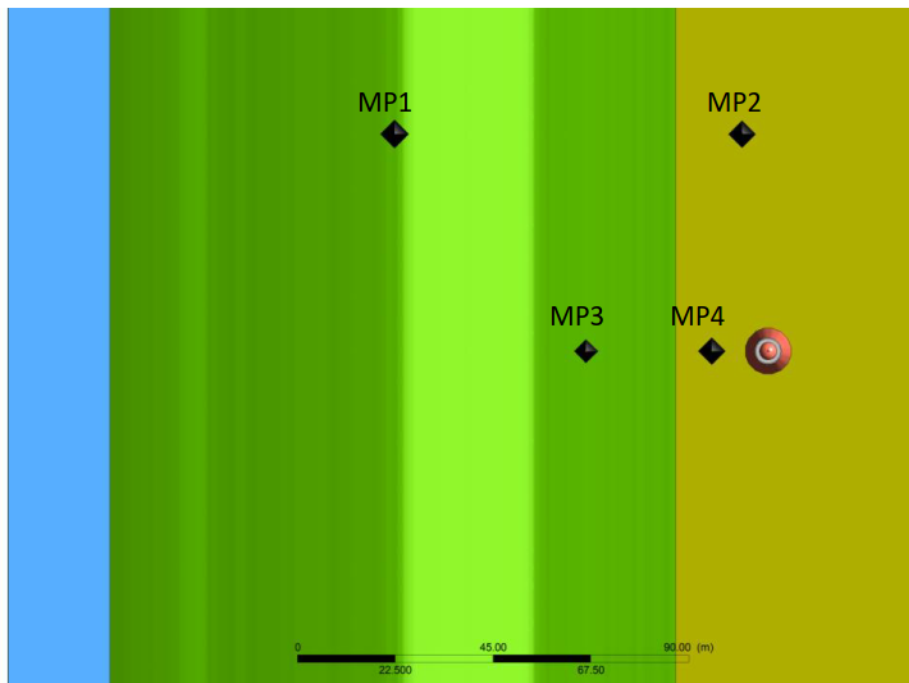
Parameter	Beschrijving
Cell type	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen
Cell grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,15 tot 2,0 m in de omgeving van Lange Jaap, groeiend met een factor 1,2 tot maximaal 15 m in het vrije volume
Aantal cellen	30,5 miljoen
Simulatie type	Steady state
Convergentie criteria	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	0,5 s
Aantal iteraties	1000
Fluide	Lucht met constante eigenschappen
Turbulentie model	RANS, Shear Stress Transport Reattachment Modification
Wanden	Glad met stilstaande lucht (no slip)
Grondvlak (gemodelleerd gebied)	Ruw met stilstaande lucht (no slip) Sandgrainroughness: - 0.005 m
Inlaat winddomein	Snelheids- en turbulentieprofiel
Ruwheid winddomein	Gemodelleerd door toepassing van volumetrische bronnen voor momentum en turbulentie net boven het maaiveld

Tabel 2: CFD modellering eigenschappen.

4 Resultaten

De verandering van het standaard windprofiel (gebaseerd op de NEN-EN 1991-1-4) door de dijk is berekend aan de hand van CFD simulaties. Er is uitgegaan van het windprofiel zoals omschreven in hoofdstuk 3.3. In de simulaties is er van uitgegaan dat de wind loodrecht op de dijk aanstroomt (West-Noord-Wester wind).

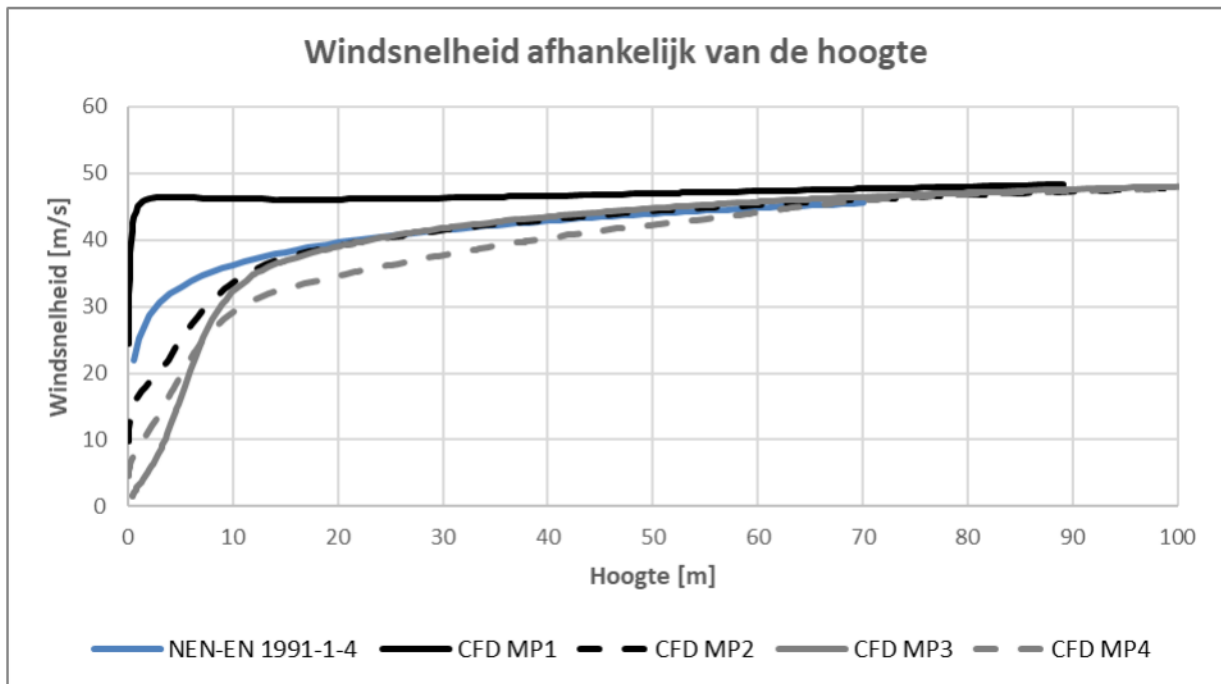
De windprofielen uit de CFD simulatie zijn gemeten op verschillende plekken rond de vuurtoren. De meetlocaties van de windprofielen zijn weergegeven in Figuur 6.



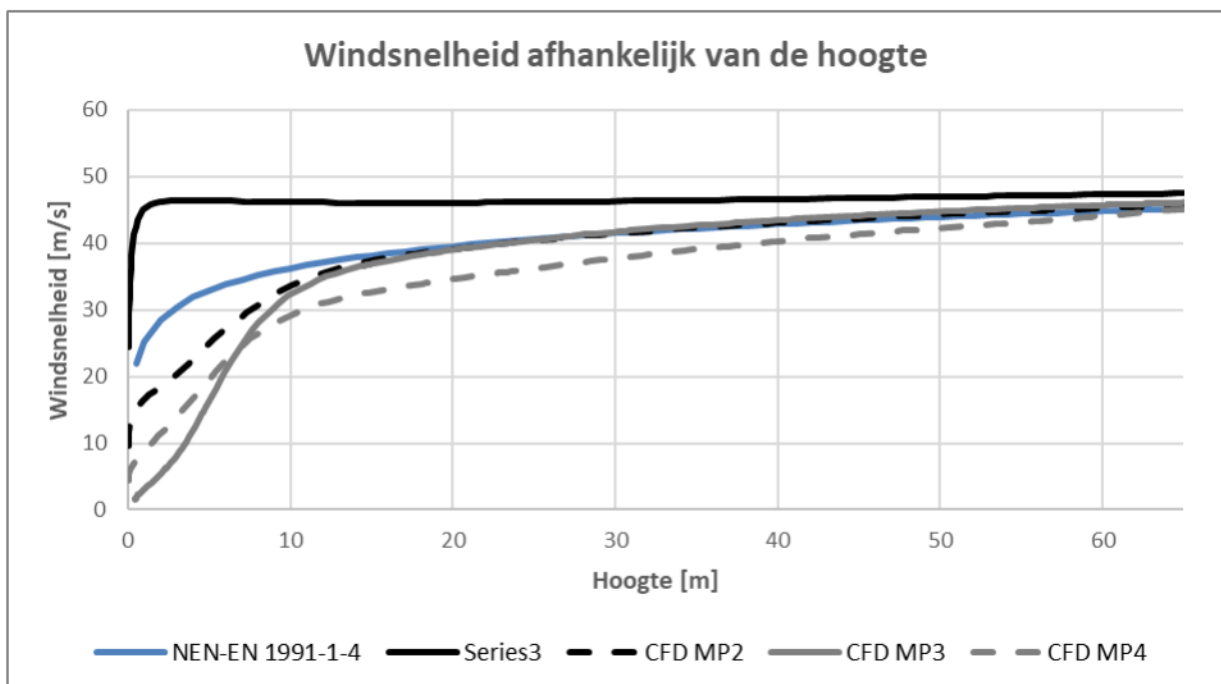
Figuur 6: Meetlocaties van de berekende windprofielen.

In Figuur 7 zijn het standaard windprofiel op basis van de NEN-EN 1991-1-4 en de berekende windprofielen tot 100 m hoogte weergegeven. Let op, het profiel van MP1 wordt weergegeven ten opzichte van de dijk, zodat deze vergeleken kan worden met de andere meetlocaties omdat de dijk boven maaiveld ligt. Voor dit profiel komt dus de hoogte van 0 m (boven de dijk) overeen met een hoogte van 11 m boven maaiveld. Daarnaast zijn, voor een hoger detailniveau, de windprofielen tot 65 m hoogte (hoogte Lange Jaap) weergegeven in Figuur 8. Het berekende windprofiel voor meetlocatie MP2 kan direct worden toegepast in de krachtenberekening als vervanging van het standaard windprofiel.

Door de dijk versnelt de lucht waardoor het windprofiel op de dijk is sneller is dan het windprofiel uit de NEN-EN 1991-1-4 of op de meetlocaties in de luwte van de dijk. Achter de dijk is te zien dat de dijk tot ongeveer 25 m hoogte zorgt voor een vertraging van de windsnelheid. Van 25 m hoogte tot 45 m hoogte is de luchtsnelheid ongeveer gelijk aan het profiel uit de NEN-EN 1991-1-4. Het gevolg van de vertraging van de luchtsnelheid nabij de dijk is dat lucht boven de 45 m sneller gaat stromen dan het standaard profiel, omdat dezelfde massa door een relatief kleiner doorstroomoppervlak stroomt.

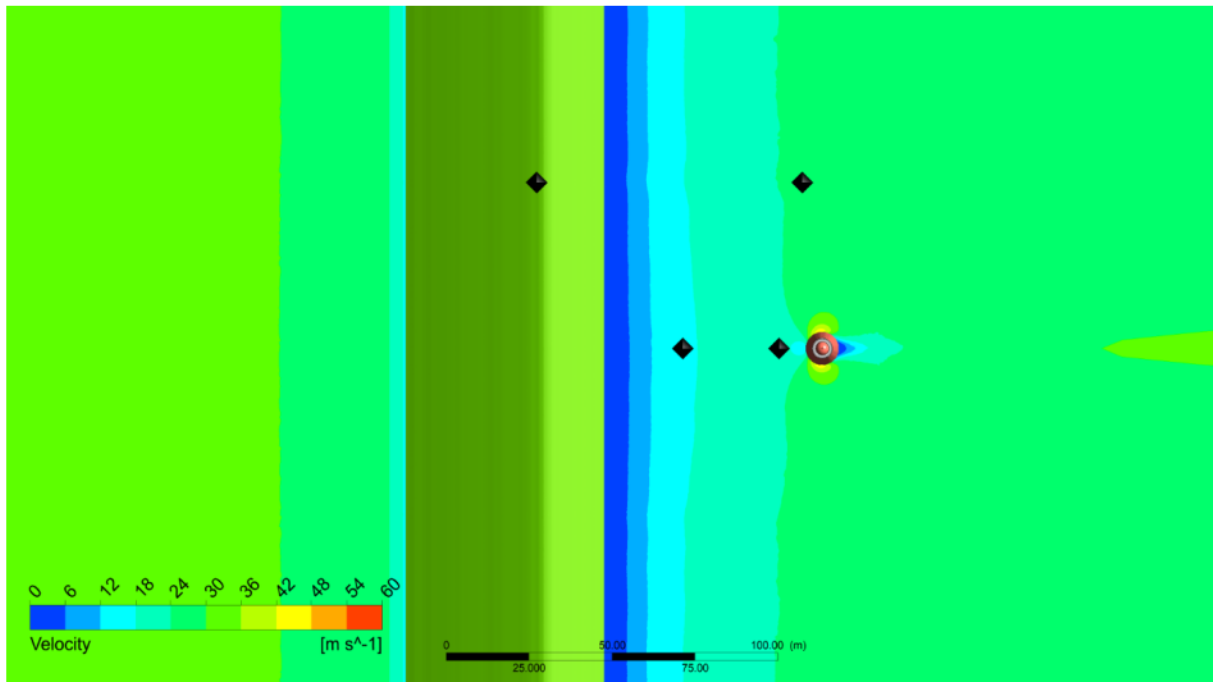


Figuur 7: Vergelijking van het windprofiel uit de NEN-EN 1991-1-4 en de CFD simulatie tot 100 m boven het maaiveld. Let op, hoogten ten opzichte van maaiveld voor MP2 t/m MP4 en ten opzichte van bovenkant dijk voor MP1.



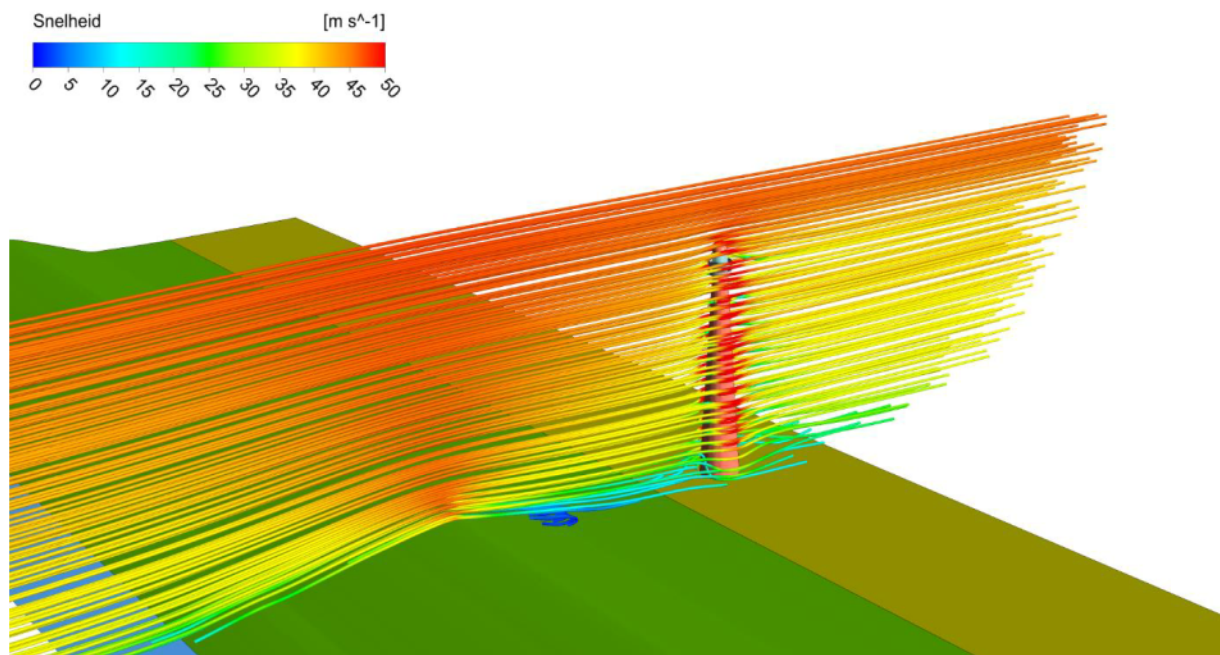
Figuur 8: Vergelijking van het windprofiel uit de NEN-EN 1991-1-4 en de CFD simulatie tot 65 m boven het maaiveld. Let op, hoogten ten opzichte van maaiveld voor MP2 t/m MP4 en ten opzichte van bovenkant dijk voor MP1.

In Figuur 9 wordt de snelheid op 5 m boven het maaiveld weergegeven. De meetlocaties van de windprofielen zijn tevens zichtbaar. De dijk zorgt voor een luwte waar de luchtsnelheid relatief laag is. Het windprofiel op meetlocatie MP2 wordt niet beïnvloed door de luchtstroming om de vuurtoren heen, overeenkomstig met de aanpak in de NEN-EN 1991-1-4. De windprofielen op de andere meetpunten geven weer wat de invloed van de dijk op het windprofiel is.

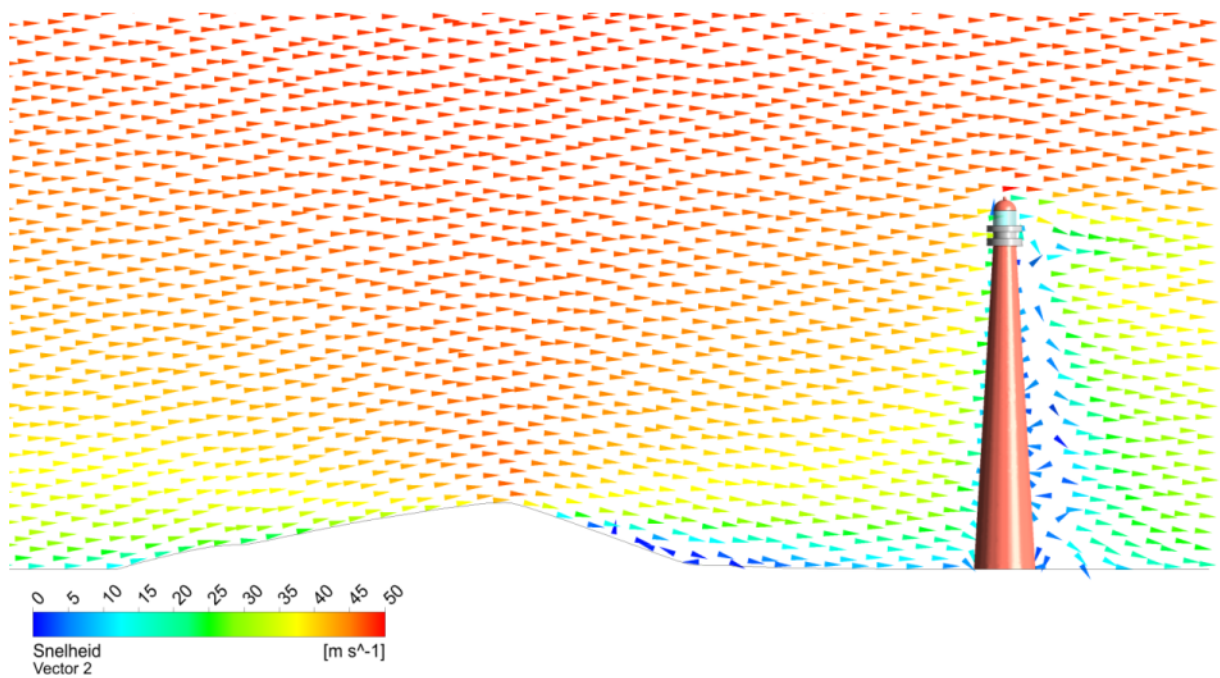


Figuur 9: Meetlocaties van de windprofielen en de snelheid op 5 m boven het maaiveld.

In Figuur 10 is Lange Jaap weergegeven met een visualisatie van de luchtstroming, gekleurd naar de snelheid. De luchtsnelheid is lager nabij de grond en neemt toe op hoger niveau. Daarnaast is te zien dat de luchtsnelheid versnelt als deze over de dijk heen stroomt. De stroomlijnen laten tevens zien dat er in de luwte van de dijk een luchtwerveling ontstaat. Op deze plek stroomt lucht lokaal tegen de stroomrichting in. De terugstroming achter de dijk is ook weergegeven in Figuur 11.



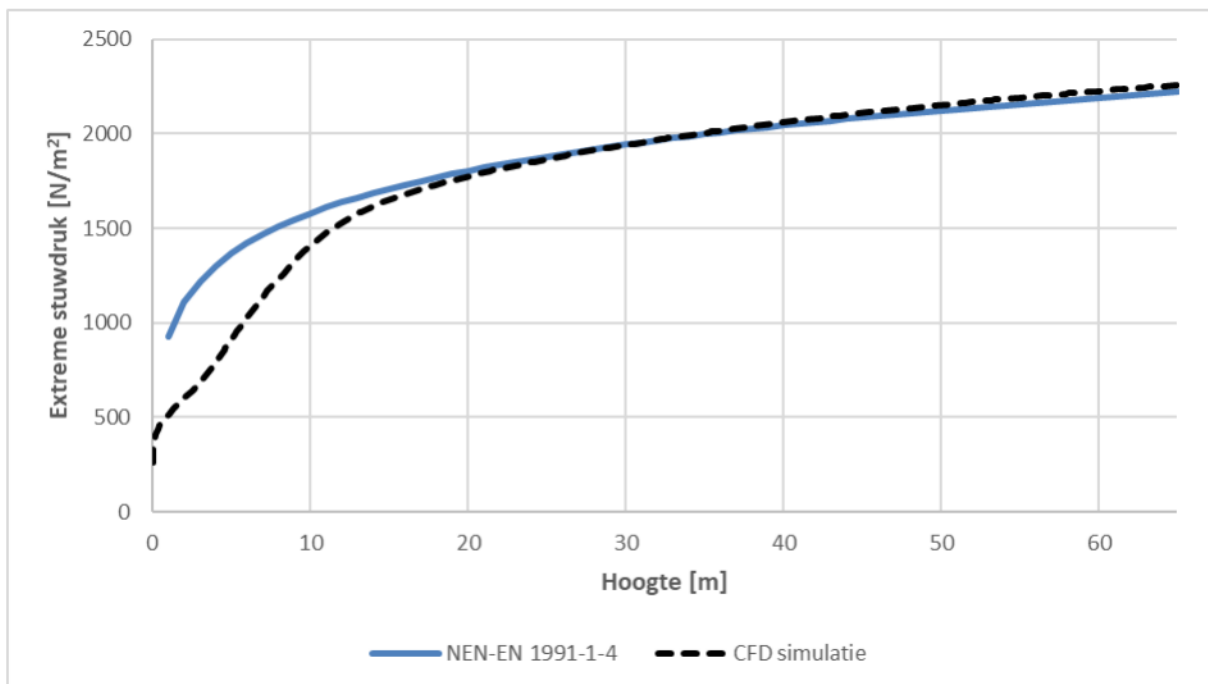
Figuur 10: Stroomlijnen van de lucht over de dijk en om Lange Jaap.



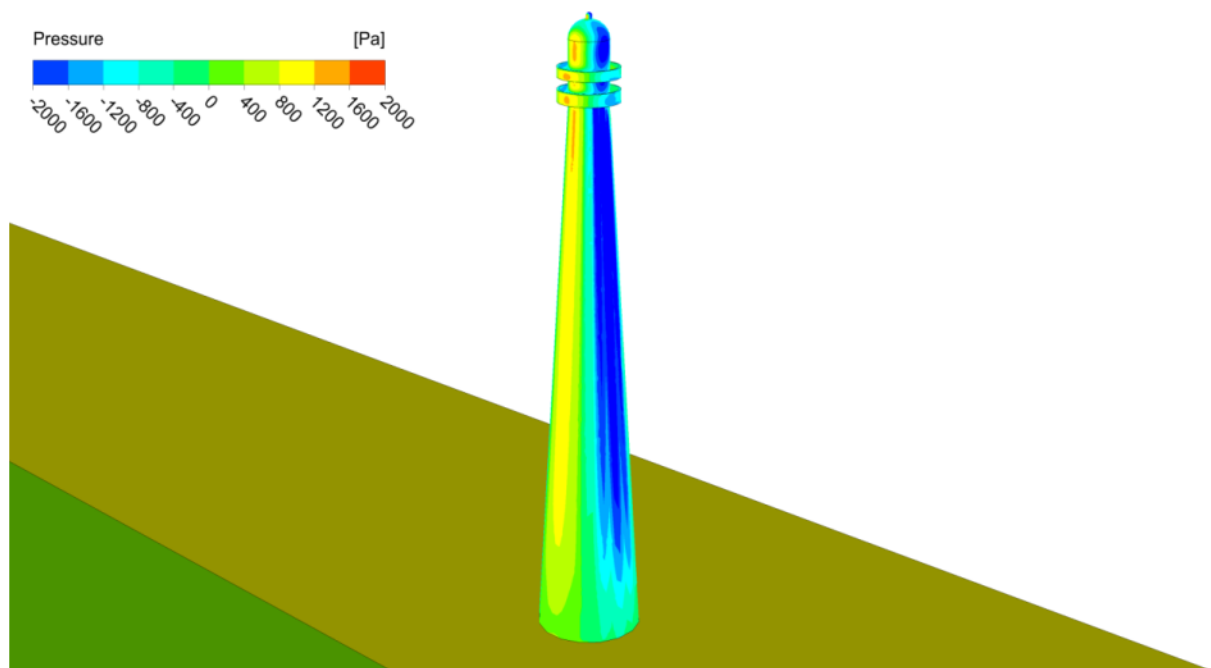
Figuur 11: Doorsnede met vectoren die de terugstroming achter de dijk weergeven.

Naast het berekenen van het windprofiel door middel van de CFD simulatie heeft PT Structural ook gevraagd om een indicatie te geven van de te verwachten krachten op Lange Jaap. In Figuur 12 is de extreme stuwdruk (zie sectie 4.5 in de NEN-EN 1991-1-4) weergegeven op basis van het windprofiel uit de NEN-EN 1991-1-4 en op basis van de CFD simulatie. Hierbij dient opgemerkt te worden dat bij beide berekeningen het extreme stuwdruk profiel wordt gebaseerd op het windprofiel vermenigvuldigd met de turbulentiefactor, zoals omschreven in de NEN-EN 1991-1-4.

In Figuur 13 is de statische druk op de wanden van de vuurtoren weergegeven. Het is te zien dat het extreme stuwdrukprofiel en de druk op het loodrecht aanstroomvlak van de vuurtoren uit de CFD simulatie in dezelfde orde grootte liggen. De druk in de CFD simulatie is lager omdat in de simulatie het windprofiel constant is in de tijd, ofwel, er zijn geen snelheidsfluctuaties (of 'gusting') door turbulentie in de atmosfeer meegenomen. In de NEN-EN 1991-1-4 wordt rekening gehouden met turbulentie door het windprofiel te vermenigvuldigen met de windturbulentie factor.



Figuur 12: Extreme stuwdruk gebaseerd op de het windprofiel uit de NEN-EN 1991-1-4 en de CFD simulatie.



Figuur 13: Statische druk op de wanden van Lange Jaap.

Referenties

1. *NEN-EN 1991-1-4 Belastingen op constructies - Algemene belastingen - Windbelasting*. s.l. : Nederlands Normalisatie-instituut, 2005.
2. *Actueel Hoogtebestand Nederland*. [Online] <https://www.ahn.nl/en>.

Bijlage A – Omschrijving software en validatielijst

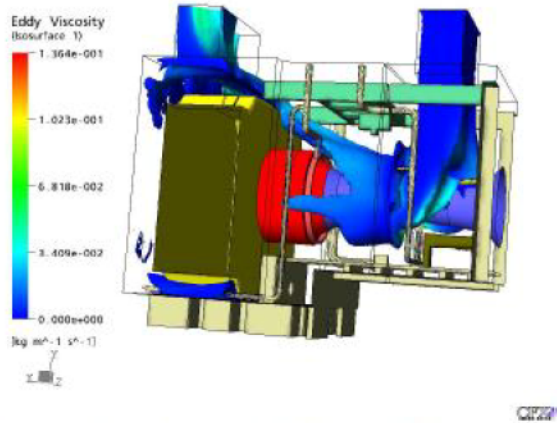


Figure 1: Ventilation and leaks in a turbine enclosure.

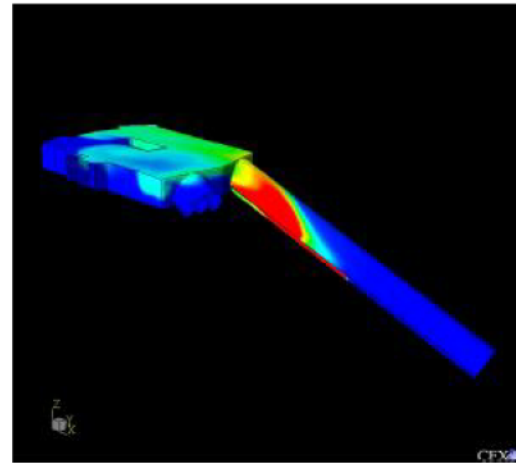


Figure 2: Forensic investigation of fire at King's Cross underground station. Wall temperature.

1 ANSYS' CFD Software in Safety, HVAC and Environment

ANSYS develops, sells and consults with its own CFD (Computational Fluid Dynamics) software packages named FLUENT and CFX. Other packages relevant to safety are AutoReaGas and AUTODYN. This document focuses on CFX. The software offers automatic, unstructured meshing, a coupled solver, and efficient performance in parallel. CFX is being actively used for the modelling of safety-related flows. This includes:

- Smoke movement calculations, and the so-called field modelling of fire, including the effects of ventilation and fire growth
- Jet and Pool fire calculations, to assess the effects of the flames upon neighbouring structures and the dispersion of products.
- Dispersion outdoors and indoors, to determine whether or not there may be a build up of toxic or flammable gases.
- Pressure and smoke concentration levels for the external flow around Temporary Refuges on offshore installations, to quantify smoke ingress into the refuge.

Sometimes, fire is modelled as a source of heat and combustion products, within an inert gas, when the fire engineer has some idea of these quantities for the scenario of interest. With the CFX software it is also possible to include the effects of combustion by computing the chemical reactions explicitly. Radiation can also be computed, as well as the influence of ventilation, whether by natural or active means (including wind effects). Modelling of deflagrations in confined regions, for application to industrial process plant safety, is usually done with AutoReaGas, and AUTODYN is normally used for blast phenomena.

2 ANSYS Europe's Track Record for Dispersion, HVAC and Fire

There are many organisations which use CFX for these topics. ANSYS Europe Ltd. itself has carried out a substantial number of studies on ventilation, gas dispersion, fire and environmental flows on behalf of customers. The most important of these was the work carried out in the late 1980s by ANSYS Europe at Harwell (in the UK) to investigate the reason for the rapid spread of the fire within King's Cross Underground Station in London. The team was then part of AEA Technology. The ANSYS work demonstrated that there was a 'new' phenomenon, the trench effect, which was responsible for the rapid fire spread. The work began with consideration of an inert, buoyant flow and later included combustion and radiation. The CFX predictions were confirmed by a series of experiments in a one-third scale model of the underground station, and were accepted in the official Fennell enquiry report as the correct explanation for the rapid fire spread. Despite the age of this work, it still arouses popular interest. For example, it was the subject of a documentary entitled 'Blaze' on the UK's Channel 4, and the Canadian Discovery Channel filmed material about it in December 2003.

Since the enquiry, the modelling has been enhanced and applied in diverse industrial sectors. CFX is of course also being used by our colleagues in other ANSYS offices, and by our clients.

A selection of ANSYS Europe Ltd. projects is shown below. The customer is given in brackets, although in some cases it is not possible to identify the customer due to confidentiality requirements.

- LNG fires (large gas company).
- HVAC in buildings and web-enabled CFD (ABB Ventilation Systems & Fläkt Woods).
- Ventilation and gas dispersion at gas-fired plant. Work has been carried out for National Power (Killingholme, Didcot, and others), HEPS, Powergen, Turbogas, Transco, BP, PGT, NEL Power, ABB, Alstom, Siemens, Costain, HSE.
- Wind-driven draughts in buildings (Royal Bank of Scotland).
- NO_x dispersion in subway stations, allowing for train movement (Buro Happold).
- Ventilation and safety in the Greenwich Millennium Dome (Buro Happold and NMEC).
- Ventilation and thermal performance in the New Scottish (air traffic control) Centre, Prestwick.
- Diesel exhaust dispersion and wind loading at railway stations (Halcrow, Wates).
- Ventilation and toxicity assessment at an indoor sewage plant (Earthtec).
- Flow and heat transfer in window facades, including radiation and conjugate heat transfer (consulting engineers).
- Explosion risks from foam aerosol dispensers.
- Fire modelling (Brandskyddslaget & Brandkonsulten).
- Investigation of the fire at King's Cross, for the HSE. Presented in the Fennell Report.
- Follow-up to the King's Cross analyses (London Underground).
- Fires in tunnels (large international construction company).
- Fires on the HGV shuttle (HSE).

- Fires on the HGV shuttle, explosions and parallel processing (European Commission).
- Fire suppression & water spray interactions (UK Government).
- Validation for jet compartment fires, as part of the Blast and Fire Engineering for Topside Structures Phase 2 (managed by the Steel Construction Institute).
- Validation for 2-D heavy-gas dispersion (Shell).
- Validation for dispersion of buoyant plumes, fires in long structures, response of risers to nearby jet fires (large international oil companies).
- Fires on offshore platforms (European Commission).
- Fire and smoke movement on offshore platforms (large international oil companies).
- Marine oil dispersion and sea fires (Mobil North Sea Ltd.).
- Ingress of foreign bodies into turbomachinery (large power company).
- Ventilation of large compartment fires (Home Office).
- Ventilation, gas dispersion and remediation at a gas-fired power station (Hydro-Electric Production Services, Keadby). ANSYS' work in this area was shortlisted for the "TCE Excellence in Safety & Environment Awards 1998", organised by the UK's Institution of Chemical Engineers.
- Wind conditions at an airfield (Ferguson McIlveen).
- Heavy gas dispersion in a ventilated room (Gaz de France).
- LNG dispersion subject to wind (Gaz de France).
- Sea- and freshwater mixing at the Cardiff Bay barrage (Hyder Environmental).



CFX VALIDATION - A SAMPLE LIST RELEVANT TO FIRE, HVAC & ENVIRONMENT

1. Burns A D and Jones I P, "Numerical predictions of turbulent three-dimensional jet flows in rectangular enclosures", AERE-R 11892, 1986.
2. Jayanti S and Hewitt G F, "Turbulent flow through a 90° bend of square cross-section", Proceedings of the Conference on Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow, STANFORD, pages 255-265, Pineridge Press, 1991. See also S J Dewhurst, S R Martin, S Jayanti and G Costigan, "Flow measurements in a square section 90° bend", HTFS RS860, pages 457-467, 1990.
3. Witlox H W M, "Mathematical modelling of three-dimensional dense-gas dispersion problems", Proceedings of the Third I.M.A. Conference on Stably Stratified Flows, LEEDS, UNITED KINGDOM, pages 363-394, 1989.
4. Ciofalo M and Collins M W, "Predictive study of heat transfer to an incompressible fluid past a double symmetric flat duct expansion", Second United Kingdom National Heat Transfer Conference, pages 1057-1074, GLASGOW, SCOTLAND. 1988.
5. Ciofalo M and Collins M W, "Predictive study of heat transfer to an incompressible fluid past a downstream-facing step in turbulent flow", International Journal of Heat and Technology, Volume 6, pages 8-33, 1988.
6. Hawkins I R, Honecker A, Krus H, Shaw C T and Simcox S, "Numerical studies of vehicle aerodynamics", Proceedings of Fisita Conference, TURIN, ITALY, 1990. Also AERE CSS240.
7. Wilkes N S, Alderton J H and Macintosh L M, "A comparison of predictions with experimental data for a fire in a hospital ward. 1: Preliminary predictions", AERE-M3712, 1988.
8. Awoleski S T & Kokkalis A, "A Case Study on the Application of Measurements and Computer Simulation to the Ventilation and Airborne Contaminants Control Within a Workshop", Proc. BEPAC Conference, 1991.
9. Simcox S, Wilkes N S and Jones I P, "Fire at King's Cross Underground Station, 18 November 1987: Numerical simulation of the buoyant flow and heat transfer", Report No. AERE-G 4782, Harwell Laboratory, Harwell, UK, 1988.
10. Simcox S, Wilkes N S & Jones I P, "Computer Simulation of the Flows of Hot Gases from the Fire at King's Cross Underground Station", Fire Safety Journal, Vol.18, pp 49-73, 1992.
11. Hiley R A, "CFD Investigation of Wind Pressure on Buildings", AEA-InTec-0993, 1992.

12. McCaughey M and Fletcher D F, "Calculations of wind-induced pressure distribution on a model building", *Fire Safety Journal*, Vol 20, pages 189-205, 1993.
13. Ergin-Ozkan S, Mokhtarzadeh-Dehghan M R and Reynolds A J, "Two and three-dimensional finite volume predictions of flow in a stairwell and comparison with experiment", *International Symposium on Room Air Convection and Ventilation Effectiveness*, TOKYO, JAPAN, July 1992.
14. Sinai Y L, Owens M P, Askari A and Fry C J, "Field modelling of fire and smoke movement", *Proceedings Offshore Structural Design against Extreme Loads*, LONDON, UNITED KINGDOM, 3-4 November, 1993, ERA.
15. Johnson A E, Saunders C J & Fletcher B, "Measured and predicted flows in fume cupboards", *Staub-Reinhaltung der Luft*, Vol. 55, pp 417-422, 1995.
16. Sinai Y L and Owens M P, "Validation of CFD modelling of unconfined pool fires with cross-wind: Flame geometry", *Fire Safety Journal*, Vol. 24, pp 1-34, 1995. See also Sinai Y L and Owens M P, "CFD simulation of large-scale pool fires", *Second Seminar European Research in Industrial Fires*, CADARACHE, FRANCE, 16-19 May 1994, CEC, and Owens M P and Sinai Y L, "Comments on CFD modelling of pool fires", *Proceedings Tenth International Heat Transfer Conference*, SOUTHAMPTON, UNITED KINGDOM, 14-18 August 1994, IChemE.
17. Fry C J, "The Use of CFD for Modelling Pool Fires", presented at the 11th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials (PATRAM 95), LAS VEGAS, USA, 1995.
18. Rhodes N, "CFD Prediction of Memorial Tunnel Fire Test No. 614", *Proc. Second International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels*, GRANADA, University of Dundee & ITC.
19. Biollay H, "Project Eureka 499: Simulations Numeriques de L'essai D'Heptane H32", *Journee de presentation de resultats de recherche a l'Arche de la defence*, Paris, January 1996.
20. Zhou X & Lea CJ, "Applications of CFX for assessment of process hazards", *Proc. Third CFX International Users' Conference*, Latimer House, CHESHAM, UNITED KINGDOM, pp 199-224, October/November 1996.
21. Owczarek E, "Fires in tunnels: Study of the impact of various parameters on the critical ventilation speed (partial results)", *Proc. Third CFX International Users' Conference*, Latimer House, CHESHAM, UNITED KINGDOM, pp 225-244, October/November 1996.
22. Rhodes N, "Computer-aided analysis for fire safety in subways", *Proc. Third CFX International Users' Conference*, Latimer House, CHESHAM, UNITED KINGDOM, pp 191-198, October/November 1996.
23. Pritchard D K, Freeman D J & Guilbert P W, *Prediction of Explosion Pressures in Confined Spaces*, *J. Loss Prev. Process Ind.* Vol. 9 No. 3, pp 205-215, 1996.
24. Johnson A D, Ebbinghaus A, Imanari T, Lennon S P & Marie N, "Large-scale free and impinging turbulent jet flames - modelling and experiments", *Trans. IChemE*, Vol. 75, 1997.



25. Ungut A, Johnson A D, Phillips L & Berkel A I, "CFD calculation of combustion and radiation for a sonic syngas jet fire using a premixed flamelet turbulent combustion model", ICHMT International Symposium on Radiative Transfer, KUSADAI, TURKEY, 21-25 Jul 1997.
26. Lea C J, Owens M P & Jones I P, "Computational Fluid Dynamics Modelling of Fire on a One-Third Scale Model of a Channel Tunnel Heavy Goods Vehicle Shuttle", presented at 9th International Symposium Aerodynamics & Ventilation of Vehicle Tunnels", 6-8 October 1997, AOSTA, ITALY.
27. Lea C J, Hambleton R T, Hawksworth S J, Sinai Y L and Owens M P, "Assessment of Gas Dispersion in CCGT Enclosures: Measurement and CFD Modelling Using the CFX Software", presented at "Prevention & Control of Gas Explosions in CCGT and Steam Plants", IMechE HQ, LONDON, UNITED KINGDOM, 8 October 1997.
28. Guilbert P W, Jones I P, Owens M P & Sinai Y L, "Advances in Hazard Analysis Using CFD", Proc. HAZARDS XIII Symposium, UMIST, MANCHESTER, UK, 22-24 April 1997, IChemE Symposium Series No. 141, IChemE.
29. Montavon C, "Validation of a non-hydrostatic numerical model to simulate stratified wind fields over complex topography", Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, Vol. 74-76, pp 273-282, 1998.
30. Hagglund B, Werling P & Bengtson S, "An experimental study of the smoke spread in a two-plane compartment", Proc. "Third Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology", SINGAPORE, 10-12 June 1998.
31. Steel Construction Institute, Proceedings "Blast and Fire Engineering For Topside Structures, Phase 2", 18-19 February 1998, LONDON, UNITED KINGDOM, Section II p 26, SCI Publication Number 253, 1998. This deals with blind validation of CFX by AEA Technology and DNV for a compartment jet fire. See also FABIG Newsletter Issue No. 23, article R333 by A Huser, Y Sinai & R Wighus, pp 11-14, October 1998, for correspondence on this validation.
32. Wen J X, Huang L Y, Amin E M & Nolan P, "Modelling of sooting jet fires in a large-scale offshore compartment", Proc. 27th International Symposium on Combustion, BOULDER, USA, 1998.
33. Wright N G & Easom G J, "Comparison of several computational turbulence models with full-scale measurements of flow around a building", Wind and Structures, Vol. 2, No. 4, pp 305-323, 1999.
34. Wright N G, Easom G J & Hoxey R, "Improved computational models for wind engineering", Proc. Tenth International Conference on Wind Engineering, Ed. A Larsen et al, COPENHAGEN, DENMARK, 21-24 June 1999, pp 1359-1365, A A Balkema, 1999.
35. Miles S, "A study of the operation of a novel naturally ventilated building using computational fluid dynamics", Proc. CIBSE National Conference, pp 338-345, CIBSE, 1999.

36. Jia F, Galea E R & Patel M K, "The numerical simulation of enclosure fires using a CFD field model coupled with a pyrolysis based solid fuel combustion submodel - a first approximation", *Journal of Fire Protection Engineering*, Vol. 9 No. 4, pp 1-17, 1999.
37. Jia F, Galea E R & Patel M K, "The numerical simulation of fire spread within a compartment using an integrated gas and solid phase combustion model", *Journal of Applied Fire Science*, Vol. 8 No. 4, pp 327-352, 1999.
38. Huang L Y & Wen J X, "Field modelling of large-scale compartment jet fires by constrained equilibrium method", *Proc. 6th International Symposium on Fire Safety Science, POITIERS, FRANCE, July 1999.*
39. Sinai Y L, "Comments on the role of leakages in field modelling of under-ventilated compartment fires", *Fire Safety Journal*, Vol 33, pp 11-20, 1999.
40. Ribot B, Chasse P, Gay B & Rhodes N, "Numerical simulation of smoke extraction by roof vents in a tunnel: Comparison with experimental tests – analysis of physical phenomena", *Proc. International Conference on Tunnel Fires and Escape from Tunnels, Lyon, France, 5-7 May 1999, pp 169-179, ITC, 1999.*
41. Ingason H, Hagglund B & Werling P, "Effects of ventilation on smoke spread in tunnels", *Proc. International Conference on Tunnel Fires and Escape from Tunnels, LYON, FRANCE, 5-7 May 1999, pp 407-416, ITC, 1999.*
42. Hagglund B, Walmerdahl P, Delin M & Lundquist M, "Applied engineering calculations of smoke spread by zone- and CFD-models", FOA-R-00-01409-311-SE, January 2000, FOA, (in Swedish).
43. Klein R & Rehm W, "Models and Criteria for Prediction of Deflagration-to-Detonation Transition in Hydrogen-Air-Steam Systems under Severe Accident Conditions, Energy Technology Volume 9, Schriften des Forschungszentrums Julich, 2000.
44. Santon R C, Lea C J, Lewis M J, Pritchard D K, Thyer A M & Sinai Y L, "Studies into the role of ventilation and the consequences of leaks in gas turbine power plant acoustic enclosures and turbine halls", *Trans. IChemE*, Vol. 78, Part B, pp 175-182, May 2000. Also *Proc. HAZARDS XV, UMIST, MANCHESTER, UK, 4-6 April 2000, IChemE.*
45. Ammerman C N, Bernardin J D, Gregory W S, Hopkins S M & Zygmunt S P, "Thermal analysis of the thermally cooled vault within the Los Alamos nuclear materials storage facility", *Proc. ASME FEDSM'00, ASME 2000 Fluids Engineering Division Summer Meeting, 11-15 June 2000, Boston, Massachusetts, USA.*
46. Rota R, Canossa L & Nano G, "Analysis of Air Draught Influence on the Local Ventilation Efficiency Through CFD Modelling", *Proc. Ventilation 2000, 4-7 June 2000, Helsinki, pp 77-79, 2000, Finnish Institute of Occupational Health.*
47. Sinai Y L, "Exploratory CFD modelling of pool fire instabilities without cross-wind", *Fire Safety Journal*, Vol. 35 No. 1, pp 51-61, July 2000.



48. Koskela H, "CFD Modelling of Active Displacement Air Distribution", ROOMVENT 2000, Proc. Seventh International Conference on Air Distribution in Rooms, READING, UK, 9-12 July 2000, Vol. 1, pp 577-582, Elsevier, 2000.
49. Nilsson H, Holmer I, Holmberg S & Sandberg M, "Thermal Climate Assessment in Office Environment – CFD Calculations and Thermal Manikin Measurements", ROOMVENT 2000, Proc. Seventh International Conference on Air Distribution in Rooms, READING, UK, 9-12 July 2000, Vol. 1, pp 107-112, Elsevier, 2000.
50. Hyun S & Kleinstreuer C, "Computational Exposure and Dose Assessment Analyses for Transient Turbulent Flow and Gaseous Pollutant Transport", ROOMVENT 2000, Proc. Seventh International Conference on Air Distribution in Rooms, READING, UK, 9-12 July 2000, Vol. 1, pp 119-124, Elsevier, 2000.
51. Ungut A, Bradley D, Gaskell P H & Gu X J, "Flamelet Simulation of a Large Propane Jet Fire and its Radiative Emission", presented Third International Symposium on Fire & Explosion Hazards, WINDERMERE, UK, 10-14 April 2000, University Central Lancashire, UK.
52. Koskela H, "Modelling of Active Displacement Air Distribution in Heating and Cooling Conditions – A Case Study", Proc. Sixth International Symposium on Ventilation and Contaminant Control, HELSINKI, FINLAND, November 2000, Vol. 1, pp 35-38, Finnish Institute of Occupational Health, 2000.
53. Sinai Y L, Stopford P J, Edwards M & Watkins S, "CFD Modelling of Fire Suppression by Water Spray: A Feasibility Study Examining a Pool Fire in a Simple Enclosure". Proc. Interflam 2001, 17-19 September 2001, Edinburgh, Vol. 2, pp 1445-1451, Interscience, 2001.
54. Saunders J, Ivings M, Johnson A, Fletcher B, Lea C & Connolly S, "A study of the natural ventilation of offshore modules using CFD modelling and on-site measurements", Paper 4.3, Proc. Major Hazards Offshore, London, 27-28 November 2001, ERA.
55. Koskela H & Heikkinen J, "Calculation of Thermal Comfort from CFD-Simulation Results", INDOOR AIR 2002, Proc. Ninth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, MONTEREY, USA, 2002.
56. Cook M J, Ji Y & Hunt G R, "CFD Modelling of Natural Ventilation: Combined Wind and Buoyancy Forces", Int. Journal of Ventilation, Vol. 1 No. 3, pp 169-180, 2003.
57. Sinai Y L, "Field Modelling of a Steckler Experiment: An Example of the Relationship Between the Level of Modelling and Accuracy", presented Fourth International Seminar on Fire & Explosion Hazards, Londonderry, UK, 8-12 September 2003, University of Belfast, 2003.
58. Sklavounos S & Rigas F, "Validation of turbulence models in heavy gas dispersion over obstacles", Journal of Hazardous Materials, A108, pp 9-20, 2004.
59. Horvat, A., Sinai, Y., "Validation of CFD Predictions of a Forced Convection Jet and Buoyant Plume", Proc. 8th UK National Heat Transfer Conference in Oxford, UK, 2004.



60. Liu, Y., Moser, A. and Sinai, Y., "Comparison of a CFD Fire Model Against a Ventilated Fire Experiment in an Enclosure", *International Journal of Ventilation*, Vol. 3 No. 2, pp 169-182, 2004.
61. Gobeau N, Kelsey A, Saunders J & Sinai Y, "Thermal effects on the dispersion of a gaseous contaminant in a naturally-ventilated building", *Proc. ROOMVENT 2004*, Coimbra, Portugal, 5-8 September 2004.
62. Sinai Y L, Sykes N, Everitt P, Danielsson N, "Validation of a CFD model for several displacement ventilation geometries", *Proc. ROOMVENT 2004*, Coimbra, Portugal, 5-8 September 2004.
63. Ledin H S, Allen J T, Ivings M J & Bettis R J, "Evaluation of CFD modelling of smoke movement in complex spaces – Production of small-scale experimental data and assessment of CFD", *CM/01/18*, Health & Safety Laboratory, UK, 2002.
64. Dahlsveen J & Johnsen R, "LNG accident consequence modelling – a comparison study between simple models and CFD", *Proc. Major Hazards Offshore & Onshore*, London 2004, ERA Report 2004-0610, ERA, 2004.
65. Galgano A., Di Blasi C., Horvat A. & Sinai Y., "Experimental Validation of a Coupled Solid- and Gas-Phase Model for Combustion and Gasification of Wood Logs", *Energy & Fuel*, Vol. 20, No. 5, pp 2223-2232, 2006.
66. Deevey M. & Gobeau N., "CFD Modelling of Benchmark Test Cases for Flow Around a Computer Simulated Person", *Health & Safety Laboratory Report CM/06/06*, May 2006.
67. Horvat A. & Sinai Y.L., "Numerical simulation of backdraft phenomena", *Fire Safety Journal*, Vol. 42, pp 200-209, 2007.
68. Sinai Y., Staples C., Edwards M. & Smerdon M., "CFD modelling of fire suppression by water mist", *Proc. Interflam 2007*, Vol. 1, pp 323-333, Interscience Communications, 2007.
69. Deevey M., Sinai Y., Everitt P., Voigt L. & Gobeau N., "Modelling the effect of an occupant on displacement ventilation with computational fluid dynamics", *Energy and Buildings*, Vol. 40, pp 255-264, 2008.
70. Horvat A., Sinai Y., Gojkovic D. & Karlsson B., "Numerical and Experimental Investigation of Backdraft", *Combustion Science and Technology*, Vol. 180, Issue 1, pp 45-63, 2008.
71. Horvat A., Sinai Y. and Tofilo P., "Semi-Analytical Treatment of Wall Heat Transfer Coupled to a Numerical Simulation Model of Fire", *Numerical Heat Transfer, Part A*, Volume 55 Issue 6, pp 517 – 533, 2009.