

Berekening ray traces.

Demo - 27 november 2020

Allereerst een theoretische situatie: een plat vlak met daar bovenop een luchtlaag met afnemende (optische dichtheid). De optische dichtheid is afhankelijk van variabelen als luchtvochtigheid en luchtdruk en temperatuur.

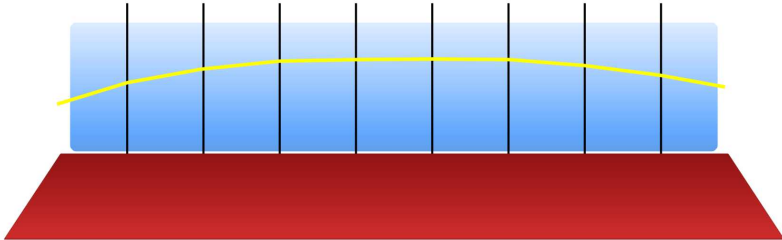
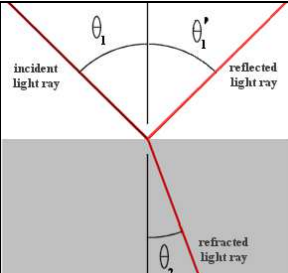
De optische dichtheid laat zich uitdrukken in een variabele, die bekend staat als de brekingsindex, de waarde voor lucht ligt dichtbij 1,0003, terwijl de waarde voor vacuüm op 1 ligt. Het verschil tussen deze waarden wordt voor het gemak met 10^6 vermenigvuldigd en voorzien van het symbool N. De waarde hiervan ligt voor lucht dus rond de 3000.

Voor de berekening van de daadwerkelijke N geldt de volgende formule:

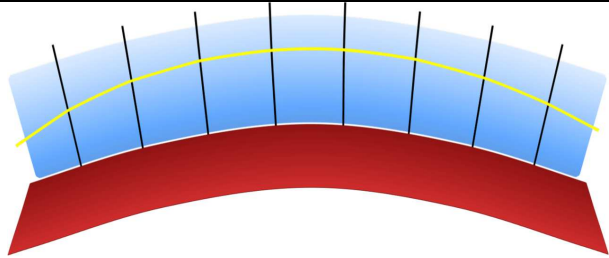
$$N = 77,6 \frac{P}{T} + 3,73 \times 10^5 \frac{e}{T^2}$$

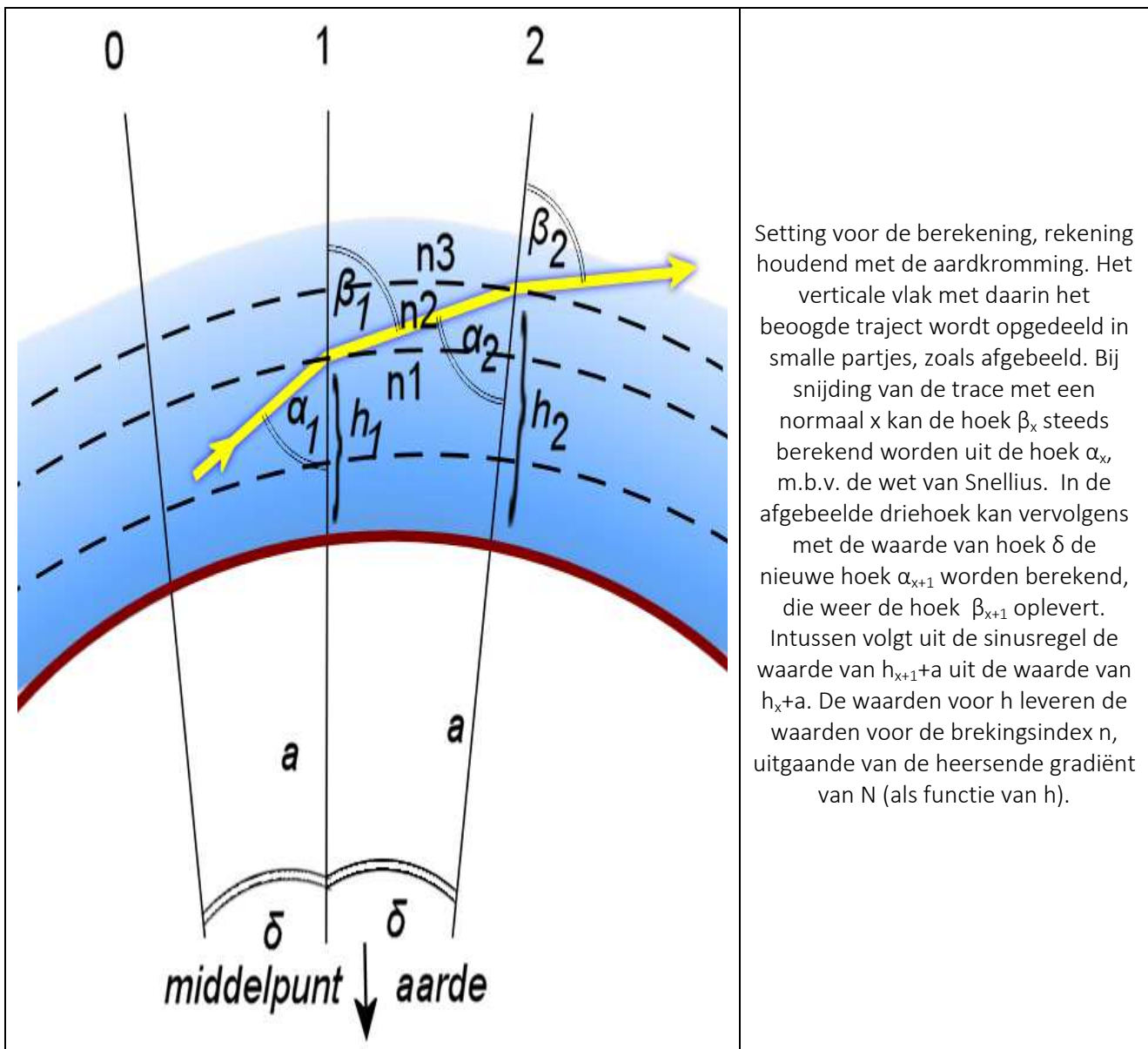
P = luchtdruk (mb), T = luchttemperatuur (Kelvin), e = partiële waterdruk (mb).

De index daalt bij grotere hoogte en die daling wordt versterkt, indien T -onverwacht- stijgt. Dit vormt een niet zo gewone situatie, die in de meteorologie bekend staat als temperatuursinversie. De ontstane situatie laat zich als volgt samenvatten:

	
<p>Loodrecht op de gradiënt plaatst men hulplijnen, <i>normalen</i> genoemd. Met de wet van Snellius kan men het verloop van een trace berekenen. De blauwe tint symboliseert de afnemende waarde van n. Een trace buigt richting van de hogere n.</p>	<p>Voorbeeld van de werking van de wet van Snellius.</p>

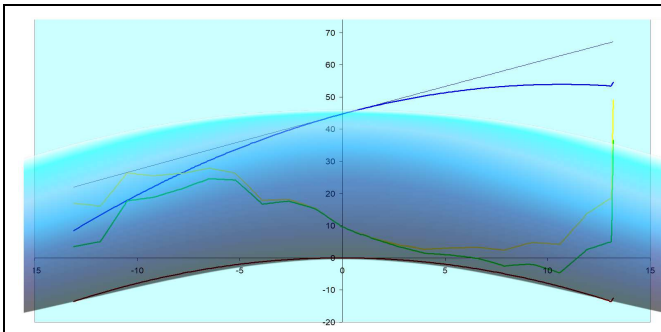
Echter is de werkelijkheid gecompliceerder, het aardoppervlak is gekromd.

	<p>De aardkromming heeft als gevolg, dat de <i>normalen</i> niet parallel zijn, maar geprojecteerd zijn naar het middelpunt van de aarde. Dit compliceert de bovenstaande berekening aanzienlijk. Meestal is de buiging van de trace geringer dan die van de aardkromming, dat is dan de normale propagatie in contrast met de hier geconstateerde <i>bijzondere</i> propagatie.</p>
---	--

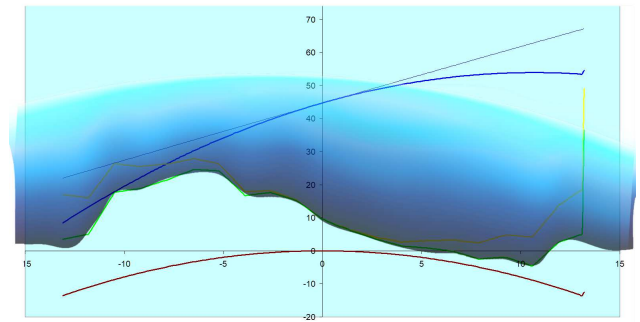


In bovenstaand model dienen de taartpunten, waarin de totale setting wordt verdeeld zo smal mogelijk te worden gekozen, zodat de gebruikte n -waarden een continuüm benaderen, zoveel mogelijk in overeenstemming met de werkelijkheid. De gevonden trace gaat dan over in een cirkelsegment. Feitelijk zoekt de trace steeds meer een lijn van constante brekingsindex op doordat hoek β_x steeds groter wordt met een maximum van 90° .

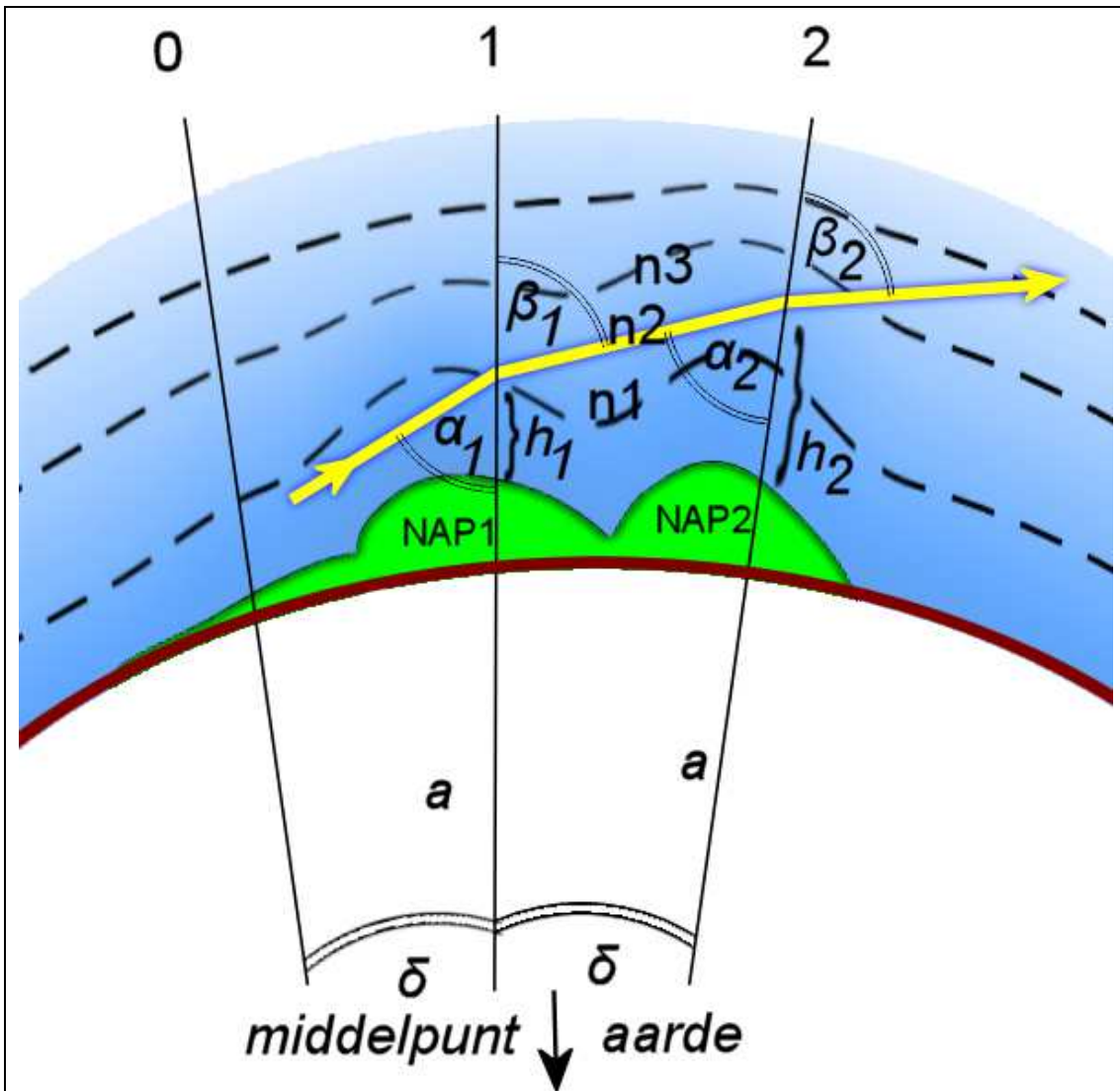
De berekening kan nog verder worden verfijnd, door rekening te houden met de *verschillende* temperatuurgadiënten tijdens het doorlopen traject. Deze gradiënten hangen namelijk af van de lengte van de verticale kolom, waarbinnen de temperatuur varieert. Deze kolom is in de onderhavige studie zo kort (rond 60 m), dat het bodemprofiel hierop een significante invloed heeft. De variatie in NAP bedraagt ongeveer 30m. Uitgaande van een constante hoogte van het inversieniveau (de hoogte van de warme-lucht-laag) varieert de verticale kolom dus met een factor 2 en daarmee ook de temperatuurgadiënt. Dit veroorzaakt weer een scherpere hoekverbuiging op plaatsen, waar het reliëf omhoog is gebogen. Kortom, in iedere taartpunt moet worden gerekend met een andere relatie tussen h en n . Ook moet er een NAP-laag tussengevoegd worden.



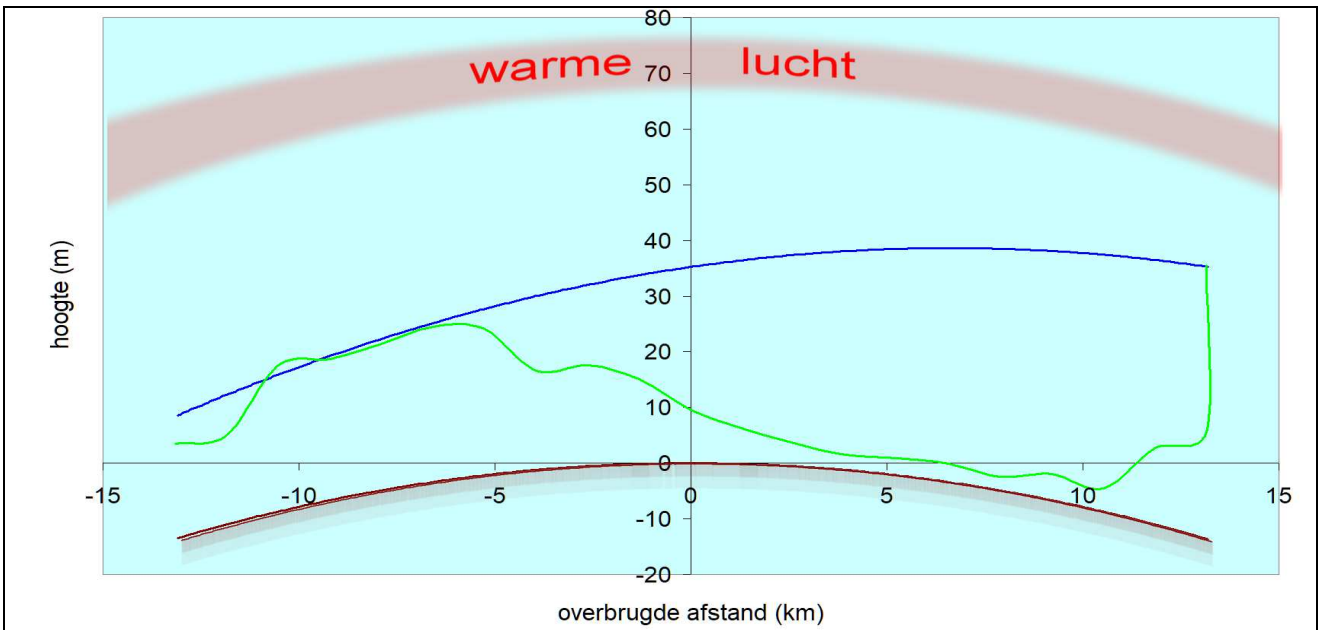
Inversielag boven aardkorst met constante hoogte.



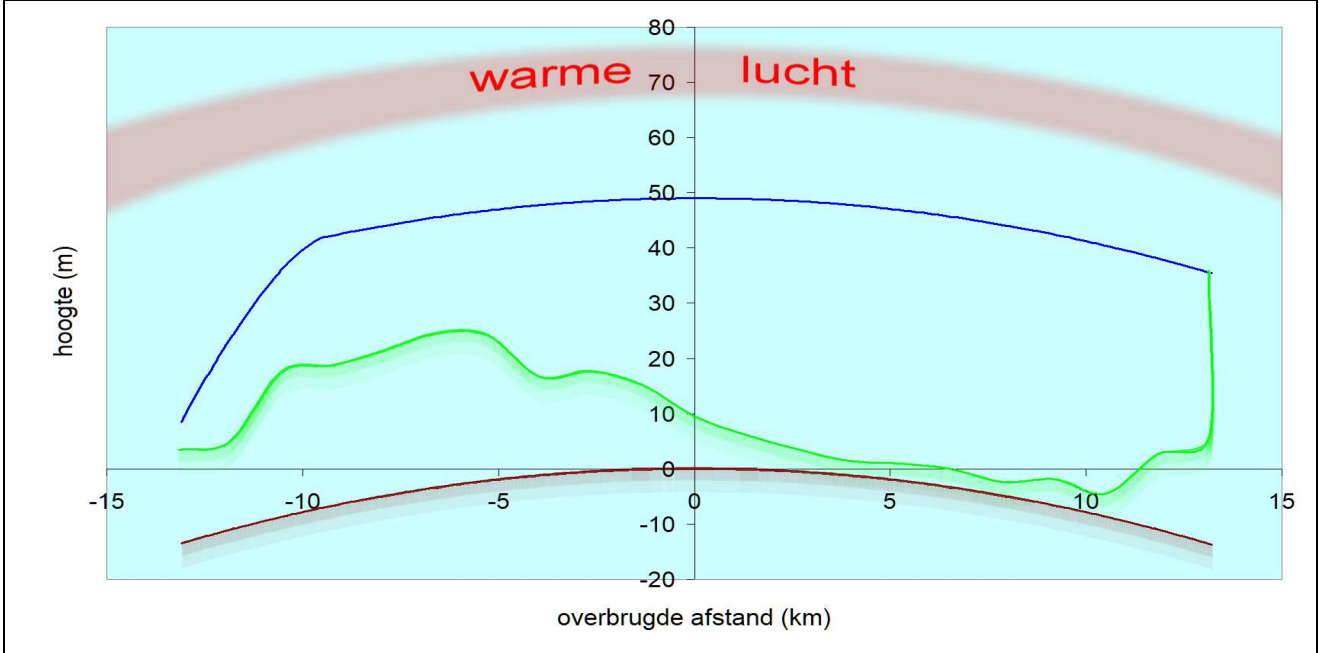
Inversielag boven aardkorst met variabele hoogte en constant inversieplafond.



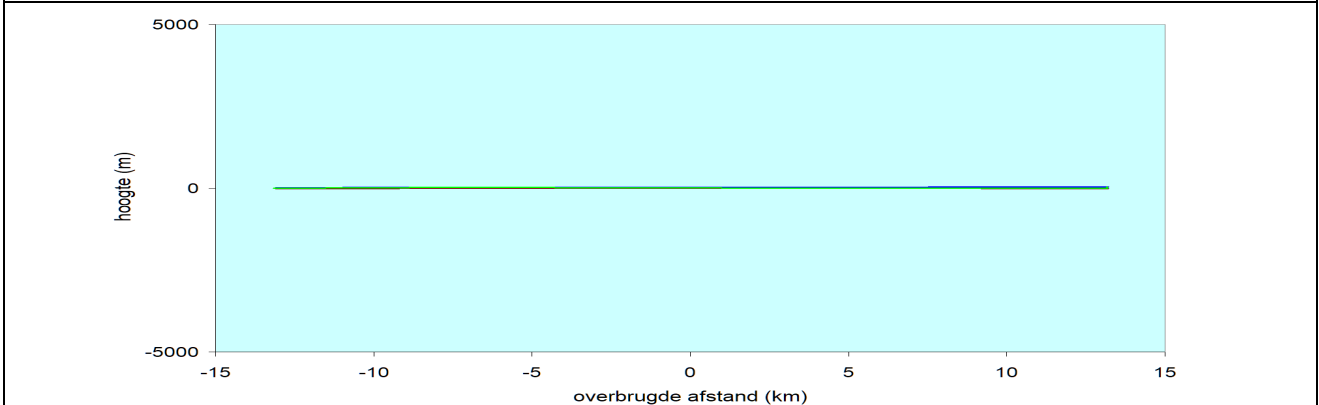
De nieuwe situatie vereist een flink aantal aanpassingen in het nieuwe model. Er moet gerekend worden met een variabele kolomhoogte door het inpassen van NAP en de waarde van ieder hoogtesegment is nu $a + \text{NAP} + h$.



Boven de berekende trace met een uniforme gradiënt. Onder na aanpassing van de gradiënt aan het NAP-relief. Nu volgt de trace op afstand het NAP-relief en blijkt om obstakels heen te buigen. Weer zoekt de trace een lijn op met constante n, echter loopt een dergelijk lijn veel grilliger.



Merk op, dat de horizontale en verticale schalen sterk verschillen. Bij een neutrale schaal (b)lijkt de trace gewoon een rechte lijn te volgen.



Er zijn nog twee complicaties, die het beeld kunnen veranderen. Aan de ene kant is het niet ondenkbaar, dat de passage van de warme lucht omhoog wordt gedrongen tijdens de passage van de stuwwal. Dat zou de verbuiging (refractie) van de trace weer afzwakken. Aan de andere kant is het dan weer logisch, dat de onderste luchtlaag mee tegen de stuwwal wordt opgevoerd. De onderste lucht laag is 1 °C kouder dan de lucht daarboven. Deze lagere temperatuur is in het bovenstaande model tot nu toe buiten beeld gebleven, omdat de trace zich veelal boven deze luchtlaag bevindt (ook wat betreft de ballonmetingen).

Intussen betekent dit, dat een trace vlak bij de grond - en dat is nu juist de situatie rond de stuwwal - weer een (veel) sterkere refractie vertoont. Dit is een evenwichtssituatie, die ertoe zal leiden, dat het hierboven geschetste beeld vermoedelijk niet sterk zal wijzigen. De trace volgt nog steeds de contour van de sterkste temperatuursverschillen.