

## Virgo en LIGO onthullen nieuwe en onverwachte populaties van zwarte gaten

*Virgo en LIGO hebben de ontdekking van een extreem zwaar systeem van samensmeltende zwarte gaten bekend gemaakt: twee initiële zwarte gaten van 66 en 85 zonsmassa's smolten samen tot een uiteindelijk zwart gat van ongeveer 142 zonsmassa's. Het resulterende zwarte gat is het meest zware dat ooit eerder waargenomen is door zwaartekrachtsgolven of door elektromagnetische metingen, en kan helpen het ontstaan van super-massieve zwarte gaten te verklaren. Bovendien ligt de meest massieve component van het binaire systeem in een massabereik dat verboden is door de gangbare theorie van stervolutie en tornt daarom aan ons begrip van de laatste stadia van het leven van zware sterren.*

De wetenschappers van de internationale samenwerkingen die de Advanced Virgo-detector runnen bij het European Gravitational Observatory (EGO) in Italië en de twee Advanced LIGO's in de VS, hebben de detectie aangekondigd van een zwart gat van ongeveer 142 zonsmassa's, wat het uiteindelijke resultaat is van de fusie van twee zwarte gaten van 66 en 85 zonsmassa's. Zowel de initiële zwarte gaten als het overblijfsel bevinden zich in een massabereik dat nog nooit eerder is waargenomen, hetzij via zwaartekrachtsgolven, hetzij met elektromagnetische waarnemingen. Het laatste zwarte gat is het zwaarste dat ooit met zwaartekrachtsgolven is gedetecteerd. De zwaartekrachtsgolf werd gedetecteerd door de drie interferometers van het wereldwijde netwerk op 21 mei 2019. Het signaal (genaamd GW190521) is geanalyseerd door wetenschappers; twee wetenschappelijke artikelen die de ontdekking en de astrofysische implicaties ervan rapporteren, zijn vandaag gepubliceerd in respectievelijk Physical Review Letters en Astrophysical Journal Letters.

"Het signaal dat werd waargenomen op 21 mei van het afgelopen jaar is zeer complex en aangezien dit systeem van zwarte gaten zo massief is, hebben we het maar een korte tijd waargenomen: ongeveer 0.1 seconde", zegt Nelson Christensen, onderzoeksdirecteur van CNRS bij ARTEMIS in Nice, Frankrijk, en lid van de Virgo Collaboration. "Dit lijkt niet veel op de 'tsjilp' wat we doorgaans detecteren: het leek meer op een 'knal' en het systeem dat het heeft gegenereerd, is het meest massieve dat LIGO en Virgo tot nu toe hebben gedetecteerd." Inderdaad bracht de analyse van het signaal, gebaseerd op een krachtige arsenaal van state-of-the-art computationele en modellering-tools, een grote hoeveelheid informatie aan het licht over de verschillende fasen van deze unieke samensmelting.

Het verbreken van het massarecord van de Virgo- en LIGO-observatieruns is slechts één van de vele speciale kenmerken die de detectie van deze uitzonderlijke fusie tot een ongekende ontdekking maken. Een cruciaal aspect, dat vooral de aandacht van astrofysici trok, is dat het overblijfsel behoort tot de klasse van de zogenaamde 'intermediaire' zwarte gaten (van honderd tot honderd-duizend zonsmassa's). De interesse in deze populatie van zwarte gaten heeft te maken met een van de meest fascinerende en uitdagende puzzels voor astrofysici en kosmologen: de oorsprong van superzware zwarte gaten. Deze gigantische monsters, miljoenen tot miljarden keren zwaarder dan de zon en vaak in het centrum van melkwegstelsels, kunnen ontstaan door de samensmelting van 'kleinere', intermediaire, zwarte gaten.

Tot op heden zijn er zeer weinig kandidaten voor intermediaire zwarte gaten geïdentificeerd door alleen elektromagnetische waarnemingen; het overblijfsel van GW190521 is de eerste waarneming van een intermediair zwart gat via zwaartekrachtsgolven. Interessanter nog is dat overgebleven zwarte gat het in het bereik ligt van 100 tot 1000 zonsmassa's, wat jarenlang een soort "braakliggend terrein" is geweest vanwege het gebrek aan kandidaten binnen dit massabereik.

De componenten en de dynamica van het samensmeltende systeem van GW190521 bieden buitengewone astrofysische inzichten. Met name het zwaardere van de twee initiële zwarte gaten daagt de modellen uit die de ineenstorting van de zwaarste sterren tot zwarte gaten beschrijven. Volgens deze modellen worden, als gevolg van een proces dat paar-instabiliteit wordt genoemd, de allerzwaarste sterren volledig verscheurd door de supernova-explosie en laten ze daarom alleen gas en kosmisch stof achter. Daarom zouden astrofysici geen zwart gat verwachten in het massabereik tussen ongeveer 60 en 120 zonsmassa's: precies het massabereik waarin het meest massieve initiële zwarte gat van GW190521 ligt. Daarom opent deze detectie nieuw zicht op zware sterren en de mechanismen achter supernovae.

"Verschillende scenario's voorspellen de vorming van zwarte gaten in de zogenaamde '*pair instability mass gap*': ze kunnen het gevolg zijn van het samensmelten van kleinere zwarte gaten of van de botsing van (meerdere) zware sterren of zelfs van meer exotische processen", zegt Michela Mapelli, hoogleraar aan de Universiteit van Padova, lid van INFN Padova, en lid van de Virgo Collaboration. "Het is echter ook mogelijk dat we ons huidige begrip van de laatste stadia van het leven van sterren en de daaruit voortvloeiende massabeperkingen voor de vorming van zwarte gaten moeten herzien. Hoe dan ook, GW190521 levert een belangrijke bijdrage aan de studie van de vorming van zwarte gaten. "

De detectie van GW190521 door Virgo en LIGO wijst op het bestaan van populaties van zwarte gaten die nog nooit eerder zijn waargenomen of die onverwacht zijn, en roept daarbij intrigerende nieuwe vragen op over hun vormingsmechanismen. Ondanks de ongebruikelijk korte duur van het signaal, wat ons vermogen beperkt om de astrofysische eigenschappen van de bron af te leiden, suggereren de meest geavanceerde analyses en modellen die momenteel beschikbaar zijn dat de aanvankelijke zwarte gaten met hoge snelheid om hun eigen as roteerden, zogenaamde 'spins'.

"Het signaal toont hints van precessie, een rotatie van het baanvlak geproduceerd door spins met een grote omvang en een bepaalde oriëntatie", zegt Tito Dal Canton, CNRS-onderzoeker bij IJCLab in Orsay, Frankrijk, en lid van de Virgo Collaboration. "Het effect is zwak en we kunnen niet met zekerheid beweren dat het aanwezig is, maar als het waar is zou dit de hypothese ondersteunen dat de initiële zwarte gaten in een zeer wankel en overvolle kosmische omgeving zijn ontstaan, zoals een sterrenhoop of de accretieschijf van de kern van een sterrenstelsel."

Ook andere scenario's zijn in lijn met de getoonde resultaten, zoals de hypothese dat de initiële zwarte gaten van de samensmelting zogenaamde *primordial black holes* kunnen zijn: zwarte gaten die in het uiterst vroege heelal ontstaan zijn toen er nog geen sterren bestonden. We schatten dat de versmelting ongeveer 7 miljard jaar geleden plaatsgevonden heeft, in de vroegere perioden van het heelal. Vergeleken met eerdere detecties van zwaartekrachtsgolven is het waargenomen GW190521-signaal erg kort in tijd en moeilijker te analyseren. Vanwege de complexere aard van dit signaal zijn andere meer exotische bronnen overwogen, en deze mogelijkheden worden beschreven in een begeleidende publicatie. Deze mogelijkheden worden echter minder waarschijnlijk geacht omdat het eindproduct van de samensmelting weer een zwart gat was.

"De waarnemingen van Virgo en LIGO werpen licht op het universum en bepalen een nieuw kosmisch landschap", zegt Giovanni Losurdo, woordvoerder van Virgo en onderzoekshoofd bij het Istituto Nazionale di Fisica Nucleare in Italië. "En vandaag kondigen we opnieuw een ongekende ontdekking aan. We blijven onze detectoren verbeteren om hun prestaties te verbeteren en kijken steeds dieper het heelal in. "

**Aanvullende informatie:**

De Virgo Collaboration bestaat momenteel uit ongeveer 580 leden van 109 instituten in 13 verschillende landen, waaronder België, Frankrijk, Duitsland, Griekenland, Hongarije, Ierland, Italië, Nederland, Polen, Portugal, Spanje, Monaco en Japan. Het European Gravitational Observatory (EGO) herbergt de Virgo-detector in de buurt van Pisa in Italië en wordt gefinancierd door Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) in Frankrijk, het Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) in Italië en Nikhef in Nederland. Een lijst van de Virgo Collaboration-groepen is te vinden op <http://public.virgo-gw.eu/the-virgo-collaboration/>. Meer informatie is beschikbaar op de Virgo-website op <http://www.virgo-gw.eu>.

LIGO wordt gefinancierd door de National Science Foundation (NSF) en beheerd door Caltech en MIT, die LIGO hebben bedacht en het project hebben geleid. Financiële steun voor het Advanced LIGO-project werd geleid door de NSF, waarbij Duitsland (Max Planck Society), het Verenigd Koninkrijk (Science and Technology Facilities Council) en Australië (Australian Research Council-OzGrav) belangrijke toezeggingen en bijdragen aan het project hebben gedaan. Ongeveer 1300 wetenschappers van over de hele wereld nemen deel aan de inspanning via de LIGO Scientific Collaboration, waaronder de GEO Collaboration. Een lijst met aanvullende partners is beschikbaar op <https://my.ligo.org/census.php>.

**Mediacontact in Europa:****EGO**

Vincenzo Napolano  
[napolano@ego-gw.it](mailto:napolano@ego-gw.it)  
+393472994985

**Virgo**

Livia Conti  
[livia.conti@pd.infn.it](mailto:livia.conti@pd.infn.it)

**CNRS, Frankrijk**

Véronique Etienne  
[veronique.etienne@cnrs.fr](mailto:veronique.etienne@cnrs.fr)  
+33 1 44 96 51 37

**INFN, Italië**

Antonella Varaschin  
[antonella.varaschin@presid.infn.it](mailto:antonella.varaschin@presid.infn.it)

**Nikhef, Nederland**

Martijn van Calmthout  
[martijn.van.calmthout@nikhef.nl](mailto:martijn.van.calmthout@nikhef.nl)  
+31 6 46637876

**Mediacontact in de Verenigde Staten:****Caltech**

Whitney Clavin  
[wclavin@caltech.edu](mailto:wclavin@caltech.edu)  
626-390-9601

**MIT**

Abigail Abazorius  
[abbya@mit.edu](mailto:abbya@mit.edu)  
617-253-2709

**NSF**

Josh Chamot  
[jchamot@nsf.gov](mailto:jchamot@nsf.gov)  
703-292-4489