# Economische gevolgen crisisregeling binnenvaart

**Onderzoekers**:

Mr. Dr. Peran van Reeven

Drs. Michiel Nijdam

Dr. Bart Kuipers

Dr. Vladimir Karamychev

1 februari 2010

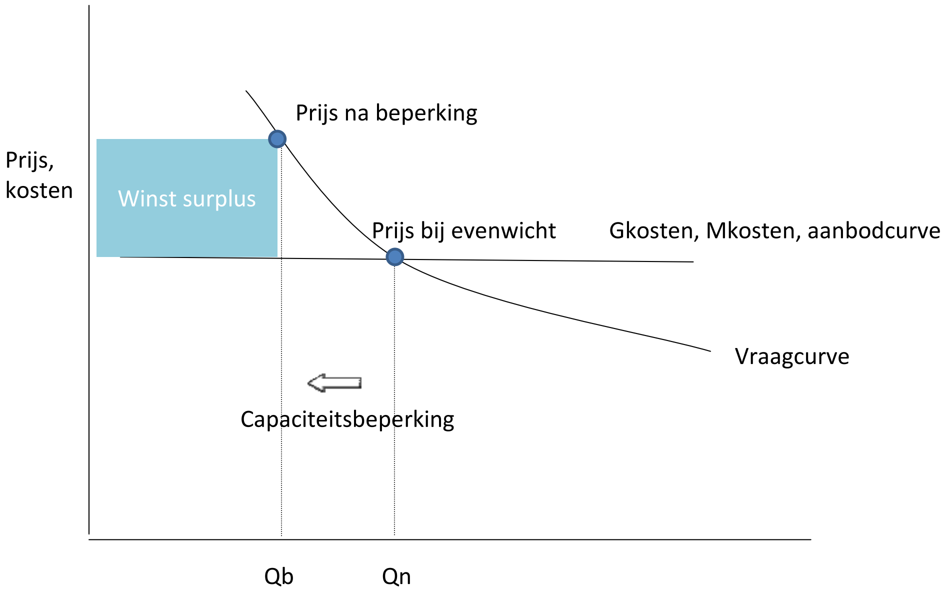
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

# 1. Introductie

De economische crisis heeft ook in de binnenvaart aanzienlijke gevolgen, de vraag naar vervoer is minder en de waarde van de schepen is flink gedaald. Het crisisberaad Binnenvaart is voornemens een systeem in te voeren waarbij Nederlandse binnenvaartschepen kunnen worden opgelegd tegen een vergoeding die een deel van de kosten dekt.

De maatregel betekent ingrijpen in een markt die in normale omstandigheden goed functioneert, waardoor er een kans op verstoring is. Reden waarom de NMa niet zondermeer kan toestaan dat de oplegregeling wordt ingevoerd. Onderstaande grafiek geeft de vrees van de NMa weer. Door het beperken van capaciteit zou de prijs langs de vraagcurve verschuiven naar 'prijs na beperking'. Deze voorstelling van de markt houdt dus in dat een oplegregeling zal zorgen voor een prijsverhoging en een overwinst voor de binnenvaartondernemers.

**Figuur 1: NMA vreest voor prijsopdrijving**




In een markt met vrije mededinging en een homogeen product zal een beperking van de capaciteit inderdaad een prijsverhoging tot gevolg hebben. De belangrijkste vraag voor een eventuele oplegregeling in de binnenvaart is dus of dezelfde nadelige effecten die optreden in een markt met vrije mededingen ook opgaan in het geval van de binnenvaart. En of bovenstaande grafiek ook klopt voor de binnenvaartmarkt in crisistijd.

In dit document schetsen we aan de hand van een statistisch model de waarschijnlijke prijsontwikkeling bij capaciteitsvermindering. De uitkomsten illustreren we aan de hand van vraag- en aanbodcurven die meer recht doet aan de binnenvaartmarkt dan de hierboven beschreven ‘vrees van de NMA’. Deze uitkomsten zijn onderbouwd met een theoretische analyse van het lading acceptatiegedrag van schepen. De analyse laat zien dat de binnenvaart zich bij overcapaciteit gedraagt als een industrie met stijgende meeropbrengsten. Tot slot is berekend wat de implicaties zijn van de oplegregeling voor de kosten van verladers, de efficiëntiewinsten voor de binnenvaart, en of de kosten van de oplegregeling doorberekend kunnen worden aan de actieve vloot zonder de vrachtprijs te laten stijgen.

## 2. Prijseffecten: Model en data

De meest voor de hand liggende methode om prijzen te kunnen voorspellen is het schatten van vraag- en aanbodcurven, maar deze methode vergt ook veel wat betreft data-beschikbaarheid. Voor de vraagcurve kan hieraan worden voldaan door data over vervoersvraag en prijzen op de spotmarkt over een langere periode. Voor een aanbodcurve zijn echter de benodigde data over mutaties van actieve schepen, scheepsgrootte, en verschuivingen van ladingcapaciteit tussen submarkten niet voorhanden.

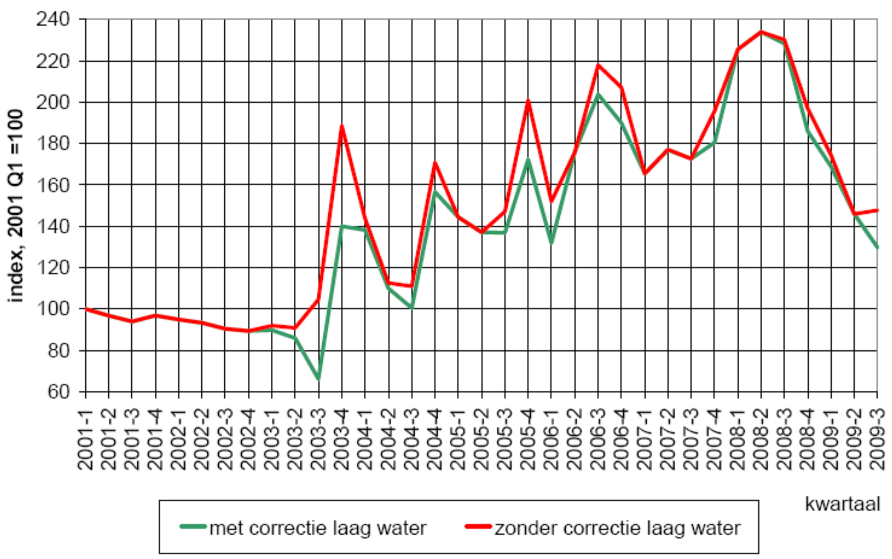
Deze methode wordt extra bemoeilijkt doordat we te maken hebben met verschuivingen *van* de vraag- en aanbodcurven in plaats van verschuivingen *op* de vraag- en aanbodcurve. Door de financiële crisis is bij een gegeven prijs de vraag lager geworden, waardoor de hele vraagcurve is verschoven. Hetzelfde gebeurt met de aanbodcurve door veranderingen in de capaciteit van actieve vloot, bijvoorbeeld door de oplevering van nieuwe schepen of het opleggen van schepen.

De alternatieve methode, die hier gevolgd wordt, is daarom om het prijsevenwicht te schatten in plaats van vraag- en aanbodcurven. Deze methode is mogelijk omdat we niet zozeer geïnteresseerd zijn in het voorspellen van prijzen maar van prijsveranderingen, dat wil zeggen de invloed die het reduceren van ladingcapaciteit heeft op de prijs. Hiervoor is de beschikbare data wel voldoende. We schatten een model waarin de functie *f* de vrachtprijs $P$ verklaart uit vraag $V$ en aanbod $A$, geformaliseerd als:

$$P = f(V, A),$$

We gebruiken kwartaaldata, van het eerste kwartaal van 1999 tot het laatste kwartaal van 2008. De data beslaat 10 jaar en in totaal 40 datapunten. De vrachtprijs $P$ is een prijsindex afkomstig van NEA die betrekking heeft op de droge lading in de Rijnvaart. Deze prijsindex is gecorrigeerd voor laag water, en houdt rekening met verlaging van het laadvermogen als gevolg van lage waterstanden in de Rijn. De referentieperiode voor deze index is het eerste kwartaal van 2001 met de indexwaarde 100.

**Gemiddelde vrachtprijsontwikkeling Rijnvaart, droge lading**




Bron: NEA

De vraag $V$ wordt benaderd middels de vervoersprestatie van de vloot van Nederlandse binnenvaartschepen. Deze data is afkomstig van Eurostat en meet het vervoersvolume in ton vermeerderd met de afgelegde afstand. Vervoersprestatie is strikt genomen niet de vraag naar vervoer per binnenscheepvaart, maar gezien het afgeleide karakter van de vraag, en de relatieve inelasticiteit die daaruit voortvloeit, is het een goede benadering.

Het aanbod $A$ wordt bepaald door het totale laadvermogen van de vloot. De data over de periode 1999-2002 is afkomstig van het CBS, en de data over de periode 2003-2008 is afkomstig van de CCR[1].

In de regressie nemen we alle variabelen op in de logaritmische waarden. Logaritmen beperken de spreiding van variabelen waardoor de geschatte coëfficiënten minder gevoelig worden voor sterk afwijkende datapunten. Dit maakt het waarschijnlijker dat aan de voorwaarden voor een regressie met "kleinste kwadraten" wordt voldaan.

Het is algemeen bekend in de vervoerseconomie dat de aanbodcurve niet lineair is, prijselastisch bij overcapaciteit en sterk inelastisch bij ondercapaciteit (convex verloop). Intuïtief geldt dit ook voor de vraag. Zoals eerder aangegeven is de vraag redelijk inelastisch. Bij hogere prijzen echter worden alternatieve modaliteiten (trein, vrachtauto) concurrerend en zal de vraag snel afnemen (concaaf verloop). Omdat noch aanbodcurve noch vraagcurve lineair zijn, kan dit ook niet verwacht worden van het prijsevenwicht. Daarom nemen we in het model de vervoersprestatie en laadvermogen niet alleen lineair op maar ook kwadratisch.

Tot slot bevat het model een trend. Hiermee wordt rekening gehouden met de ontwikkeling van de prijs in de tijd als gevolg van meer macro-economische factoren die niet expliciet zijn meegenomen zijn in het model, zoals groei van inkomen, inflatie, technologische vooruitgang, etc.

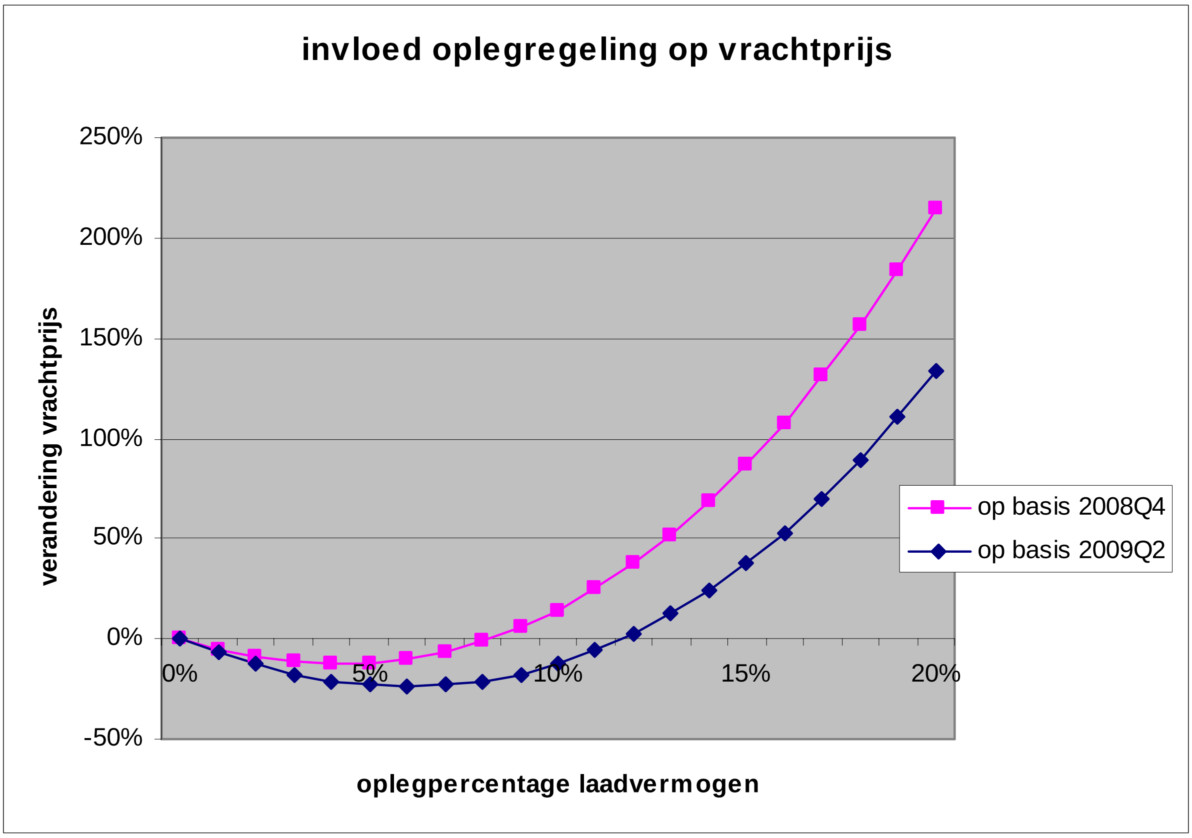
[1] Centrale Commissie voor de Rijnvaart, Straatsburg

## 2.1 Resultaten

De regressie laat zien dat alle variabelen significant zijn en dat 86% van de variantie in prijs wordt verklaard, de $R^2$.(zie Bijlage 1 voor details).

Deze regressievergelijking maakt het mogelijk de invloed van het reduceren van laadvermogen op de prijs te schatten. Hierbij gebruiken we twee referentiepunten. De eerste is de laatste observatie in de tijdreeks, dat wil zeggen de vervoersprestatie en het laadvermogen in het laatste kwartaal van 2008. De tweede betreft een extrapolatie van de vervoersprestatie en het laadvermogen naar het tweede kwartaal van 2009. Hiervoor maken we gebruik van data van NEA over het vervoerd gewicht op de Rijn (voor vervoersprestatie) en een index van het aantal Rijnschepen groter dan 1500 ton (voor laadvermogen). Deze data zijn beschikbaar tot en met het tweede kwartaal van 2009. Dit resulteert in figuur 2.

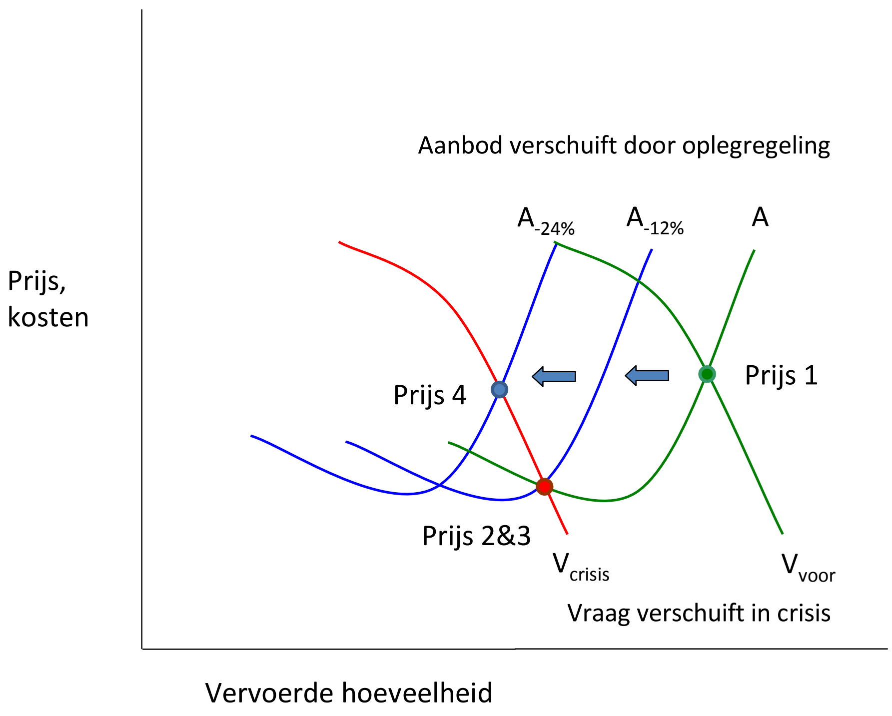
**Figuur 2: Invloed oplegregeling op vrachtprijs**



Het verloop van de grafiek laat eerst een prijsdaling zien bij het opleggen van capaciteit, en daarna een prijsstijging die steeds sterker wordt. Het verschil in curven voor het laatste kwartaal 2008 en het tweede kwartaal 2009 is een indicatie van toenemende overcapaciteit in de markt voor binnenvaart. Uitgaande van het tweede kwartaal van 2009 kan 12% van de vlootcapaciteit worden opgelegd zonder dat de vrachtprijs stijgt.

Onderstaande figuur illustreert aan de hand van verschuivingen van de vraag- en aanbodcurve wat er gebeurt met de marktprijs als gevolg van de crisis en een eventuele oplegregeling.

**Figuur 3: structuur en dynamiek binnenvaartmarkt**



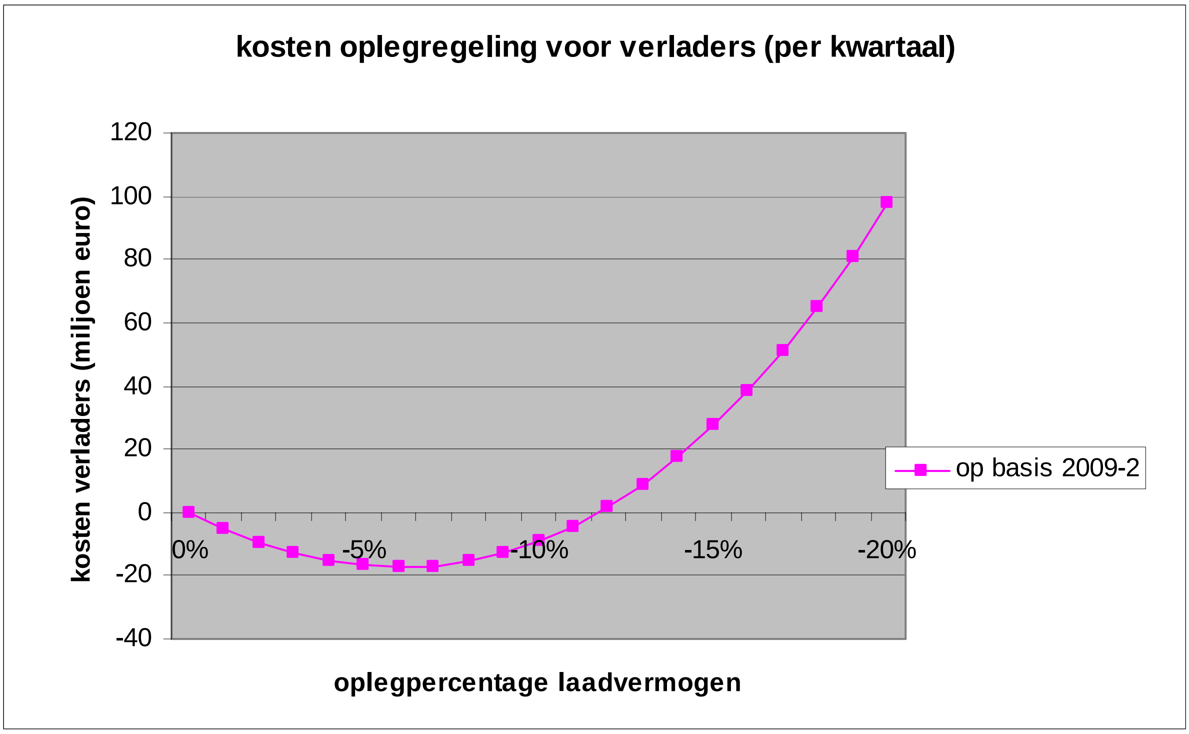

‘Prijs 1’ geeft de evenwichtsprijs voor de crisis. Als gevolg van de economische neergang verschuift de vraagcurve naar links; bij dezelfde prijs is er minder vraag naar vervoer. Het gevolg is een nieuw evenwicht bij ‘prijs 2’. Als vervolgens de oplegregeling wordt ingevoerd dan verschuift de aanbodcurve A naar links. Verdwijnt 12% uit de markt dan blijft de prijs gelijk, ‘prijs 3’. Wordt er echter meer capaciteit uit de markt gehaald, de aanbodcurve verschuift nog verder, dan ontstaat prijsstijging, ‘prijs 4’.

De economisch theoretische onderbouwing waarom de prijs kan dalen als gevolg van de oplegregeling is opgenomen in Bijlage 2. De verklaring is dat individuele schippers bij overcapaciteit lading accepteren die kleiner is dan het laadvermogen van hun schip. De reden is een afweging tussen ladingomvang en wachtkosten. Bij overcapaciteit hebben schippers een sterke prikkel om kleinere lading te accepteren door oplopende wachtkosten. Hoe groter de mate van overcapaciteit, hoe lager de gemiddelde beladingsgraad van de vloot wordt. Daarnaast zorgen oplopende wachttijden dat individuele schippers minder vaarten (kunnen) maken. Het resultaat is dat de binnenvaart zich bij overcapaciteit gedraagt als een industrie met stijgende meeropbrengsten (“increasing return”). De marginale kosten voor een extra ton vervoer zijn bijna nul.

Deze “increasing returns” verklaren de daling van de aanbodcurve bij overcapaciteit. In eerste instantie worden door het opleggen van capaciteit de overgebleven schepen beter benut zodat de gemiddelde beladingsgraad en het aantal vaarten per schip stijgen. Door deze betere benutting van hun schip kunnen ondernemers *per ton* een lagere prijs rekenen. Wordt vervolgens meer capaciteit opgelegd, dan kan dat niet meer worden opgevangen door een efficiëntere benutting en zal de aanbodcurve eerst langzaam, en volgens, steeds sneller gaan oplopen.

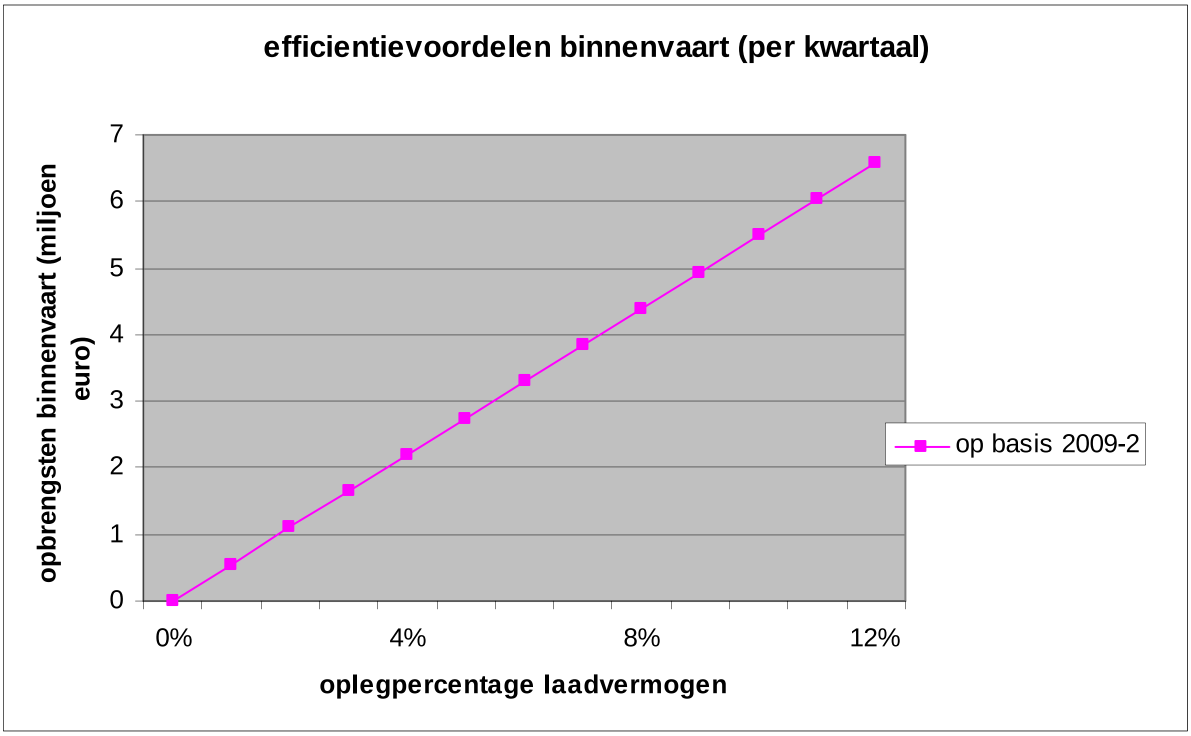
De invloed van de prijsverandering op de totale kosten voor de verlader zijn weergegeven in figuur 4. Op basis van het vrachttarief (2009Q2) van 1 cent per tonkilometer en het vervoerd volume in diezelfde periode, hebben verladers geen extra kosten als 12% van de vlootcapaciteit wordt opgelegd.

**Figuur 4: kosten oplegregeling voor verladers**




Uitgaande van hetzelfde referentiepunt kan ook een inschatting gemaakt worden van de efficientiewinsten die het opleggen oplevert voor de actieve vloot. Het percentage opgelegde capaciteit komt overeen met het percentage lading dat overblijvende schepen extra gaan vervoeren. Uit kostendata afkomstig van NEA blijkt dat ruwweg 25% van de kosten per reis daadwerkelijk variabel zijn en proportioneel stijgt met meer lading. In geval van opleggen van 12% van de vlootcapaciteit resulteert dan een voordeel van 6,6 miljoen euro per kwartaal.

**Figuur 5: voordeel oplegregeling voor binnenvaart**




De economisch theoretische analyse in Bijlage 2 analyseert of de vergoeding aan opgelegde schepen kan worden doorberekend aan de (overblijvende) actieve schepen. Dit blijkt afhankelijk van het percentage schepen dat op enig moment met lading onderweg is. Op dit moment ligt dit percentage op ongeveer 50% zodat eveneens 50% van de vlootcapaciteit wacht op lading. Het resultaat van de analyse is dan dat de marktprijs niet zal stijgen als de vaste kosten van de actieve vloot met niet meer dan 0,8% toenemen per 1% opgelegde capaciteit. Gegeven de voorgenomen vergoeding in de “Oplegregeling” betekent dit dat de kosten van de oplegregeling volledig door de sector zelf kunnen worden betaald, zonder dat daarmee de vrachtprijs boven het huidige niveau stijgt.

## 3. Conclusie

De analyse van capaciteit, vraag en prijs in de binnenvaart heeft laten zien dat de binnenvaartmarkt niet reageert op de manier die de NMA vreest. In het geval van overcapaciteit -de vervoerde hoeveelheid is minder dan het laadvermogen van de vloot- stijgt de evenwichtsprijs niet direct als gevolg van het opleggen van capaciteit. Hoe groter de overcapaciteit is, hoe meer schepen uit de vaart gehaald kunnen worden zonder dat de prijs stijgt. De reden is dat de binnenvaart zich bij overcapaciteit gedraagt als een industrie met toenemende meeropbrengsten.

Een statistische analyse toont aan dat de capaciteit van de vloot met 12 procent kan worden gereduceerd zonder dat de vrachtprijs stijgt. De reden hiervoor is de onderbenutting van de huidige vloot. De economische theoretische analyse toont aan dat overcapaciteit zich uit in een lage beladingsgraad en een laag aantal vaarten, en dat het opleggen van capaciteit leidt tot een efficiëntere benutting van capaciteit. Deze laatste analyse laat ook zien dat voor elke procent capaciteitsreductie, de vaste kosten van de actieve vloot mogen stijgen met 0,8 procent zonder de vrachtprijs te laten stijgen. Gegeven de voorgenomen vergoeding van de “Oplegregeling” is dit meer dan voldoende om als sector zelf de oplegregeling te kunnen betalen zonder negatieve gevolgen voor de vrachtprijs.

**Overwegingen bij de interpretatie**

De schatting van de curves is gebeurd met behulp van data over 10 jaren, voldoende om een goede inschatting te maken maar niet genoeg om met zekerheid elke verandering precies te voorspellen. De benaderde functie van het prijsevenwicht laat zien hoe de prijs zich ontwikkelt bij het opleggen van capaciteit *op een bepaald moment, bij een gegeven vraag en aanbod.* Het is dus van belang dat in de loop der tijd de grafiek anders kan komen te liggen; het verloop is gelijk, maar het startpunt is anders. Monitoring van de actuele vraag en capaciteit is daarvoor noodzakelijk.

## Referenties

CCR, 2009 (juni), Marktobservatie binnenvaart 2008-II, Straatsburg: Centrale Commissie voor de Rijnvaart

CCR, 2009 (oktober), Marktobservaties binnenvaart 2009-I, Straatsburg: Centrale Commissie voor de Rijnvaart

CE-Delft, 2008, LC den Boer et al. ,STREAM Studie naar Transport Emissies van Alle Modaliteiten

CE-Delft, 2008,HP van Essen et al., Handbook on estimation of external costs in the transport sector

HEATCO, 2005, P. Bickel (et al.), Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment; State-of-the-art in project assessment, Stuttgart: Universität Stuttgart, 2005

# Bijlage 1: regressieanalyse

De resultaten van de uitgevoerde regressieanalyse zijn onderstaand weergegeven.

Dependent Variable: LNVRACHTPRIJSINDEX

Method: Least Squares

Date: 01/20/10 Time: 16:34

Sample (adjusted): 1999Q1 2008Q4

Included observations: 40 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| C | -0.419104 | 0.070201 | -5.970088 | 0.0000 |
| @TREND | 0.024226 | 0.001992 | 12.16377 | 0.0000 |
| LNLAADVERMOGENC^2 | 46.33728 | 12.66090 | 3.659873 | 0.0008 |
| LNVERVPRESTC | 0.721388 | 0.371124 | 1.943793 | 0.0600 |
| LNVERVPRESTC^2 | -8.543155 | 3.472672 | -2.460110 | 0.0190 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.856258 | Mean dependent var | 0.228893 |
| Adjusted R-squared | 0.839830 | S.D. dependent var | 0.330343 |
| S.E. of regression | 0.132207 | Akaike info criterion | -1.092425 |
| Sum squared resid | 0.611755 | Schwarz criterion | -0.881316 |
| Log likelihood | 26.84851 | Hannan-Quinn criter. | -1.016095 |
| F-statistic | 52.12289 | Durbin-Watson stat | 1.768721 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

De verklarende variabelen zijn gecentreerd (aangegeven met een ‘c’ achter de naam van de variabele) omdat anders multicollineariteit optreedt. Alle verklarende variabelen zijn stationair en de te verklaren variabele is trend-stationair. De betrouwbaarheid van de regressie wordt bevestigd door de afwezigheid van significante seriële correlatie van de “residuals” zoals blijkt uit de Durbin Watson statistic en nadere inspectie van de corellogram. De Jarque-Bera statistic is ook niet significant zodat er geen bewijs is dat de “residuals” niet normaal verdeeld zijn. Er is geen significante heteroskedasticiteit.

## Bijlage 2: theoretische analyse

Let's assume there are $N$ ships in the market with unit capacity. Ship running cost $C$ consists of a fixed component $c_0$ per unit of time $t$ (for interest payments, labor, amortization, maintenance), and an operational component $c_1$ depending on cargo load $l$ (for fuel) so that

$$C = c_0 t + c_1 l .$$

At any moment in time, a number of ships, denoted by $N_0$, wait for cargo, all other ships, $N_1 = N - N_0$ are loaded and on route.

Shipments arrive one by one in a Poisson process with arrival rate $\lambda$, *i.e.*, the expected time between consecutive shipments is $1/\lambda$. Each shipment has a cargo load $l$ that is uniformly distributed over a normalized $[0,1]$ interval. Shipments go to the ship that charges the lowest price per unit of load. The ship either accepts the load and departs or decides to wait for another shipment. If the shipment is accepted, its transport is being paid. For simplicity, we assume that if the shipment is not accepted (because of a too small cargo load), it uses another mode for transportation. The inland shipping trip lasts time $t_0$, and the discount rate for future profits is $r$.

In equilibrium, it must be that all ships charge equal price $p$, and shipments randomly arrive at any waiting ship. Hence, the arrival rate at a ship is $\lambda / N_0$. Suppose the current shipment size (cargo load) is $x$. We denote the value function of the ship, *i.e.*, the net present value of its profit stream, by $\pi(x)$.

By accepting $x$, the ship gets revenue $px$, pays variable cost $c_1 x$ (fuel, *etc.*), pays fixed cost $c_0 t_0$, and makes the trip. Afterwards, in time $t_0$, the ship arrives at the port and starts waiting for a new shipment. At that time, its value is simply $\pi(0)$, which is the net present value of the future profit stream when the ship is empty. Thus, accepting load $x$ has value $\pi^A(x)$:

$$\pi^A(x) = px - c_1 x - c_0 t_0 + e^{-rt_0}\pi(0).$$

For realistic values of the discount rate $r$ and trip length $t_0$, $e^{-rt_0} \approx 1 - rt_0$, so that

$$\pi^A(x) = (p - c_1)x - c_0 t_0 + (1 - rt_0)\pi(0).$$

On the other hand, by rejecting $x$ and waiting the infinitesimal time interval $dt$, first, causes additional time cost $c_0 dt$, and, second, discounts the future profit stream by $e^{-rdt} = 1 - rdt$. With probability $(\lambda / N_0)dt$ a new shipment comes that yields expected value $E(\pi(l))$, and with the complementary probability $1-(\lambda / N_0)dt$ no shipment shows up so that $\pi(0)$ because the current load $x$ is forgone. Thus, the value of rejecting $\pi^R(x)$ is:

$$\pi^R(x) = -c_0 dt + (1-rdt)\left(\frac{\lambda}{N_0} dt E(\pi(l)) + \left(1 - \frac{\lambda}{N_0} dt\right)\pi(0)\right)$$

$$= \pi(0) + \left(\frac{\lambda}{N_0}\int_0^1 \pi(l)dl - \left(\frac{\lambda}{N_0} + r\right)\pi(0) - c_0\right)dt = \pi^R$$

The ship accepts or rejects $x$ to maximize its value, therefore:

$\pi(x) = \max(\pi^R, \pi^A(x))$.

We define the critical level $l^*$ by $\pi^A(l^*) = \pi^R$. As $d\pi^A / dx = p - c_1 > 0$, all loads $l > l^*$ will be accepted whereas all loads $l < l^*$ will be rejected. The load $l^*$ yields the same pay-off irrespective of whether it is accepted or rejected so that it must be that

$$0 = \frac{\lambda}{N_0}\int_0^1 \pi(l)dl - \left(\frac{\lambda}{N_0} + r\right)\pi(0) - c_0$$

$$= \frac{\lambda}{N_0}\left(\int_0^{l^*} \pi^R dl + \int_{l^*}^1 \pi^A(l)dl\right) - \left(\frac{\lambda}{N_0} + r\right)\pi(0) - c_0$$

$$= \frac{\lambda}{N_0}\frac{(p-c_1)}{2}\left(1 - l^{*2}\right) - \left(\frac{\lambda}{N_0} t_0 (1-l^*) + 1\right) r\pi(0) - \frac{\lambda}{N_0} c_0 t_0 (1-l^*) - c_0$$

Since $\pi^R$ does not depend $x$, it must be that $\pi^R = \pi(0)$, so that

$$\pi(0) = \frac{(p-c_1)l^* - c_0 t_0}{r t_0}$$

Inserting $\pi(0)$ in the equation above yields

$$0 = \frac{\lambda}{N_0}\frac{(p-c_1)}{2}\left(1 - l^{*2}\right) - \left(\frac{\lambda}{N_0} t_0 (1-l^*) + 1\right)\frac{(p-c_1)l^* - c_0 t_0}{t_0} - \frac{\lambda}{N_0} c_0 t_0 (1-l^*) - c_0,$$

$$0 = \frac{\lambda t_0}{2N_0}(1-l^*)^2 - l^* \qquad (1).$$

The final ingredient of the model is the equation that relates the expected number of waiting ships $N_0$ to the total number of ships $N$. The expected waiting time at port $t_1$ is

$$t_1 = \frac{N_0}{\lambda(1-l^*)}.$$

Given the size of the current inland navigation fleet (> 6000 ships), we can use the law of large numbers, so that

$$N_0 = N \frac{t_1}{t_1 + t_0} = N \frac{N_0}{N_0 + \lambda(1 - l^*)t_0} .$$

This simplifies into

$$N_0 = N - \lambda(1 - l^*)t_0 .$$

Together with (1) this yields

$$0 = \frac{\lambda t_0}{2N}(1 - l^*)^2 - \left(1 + \frac{\lambda t_0}{N}\right)(1 - l^*) + 1$$

Let $z = \lambda t_0 / N$ be the market thickness parameter, *i.e.*, the demand per ship in the fleet. Then,

$$0 = \frac{z}{2}(1 - l^*)^2 - (1 + z)(1 - l^*) + 1$$

$$l^* = \frac{\sqrt{1 + z^2} - 1}{z}$$

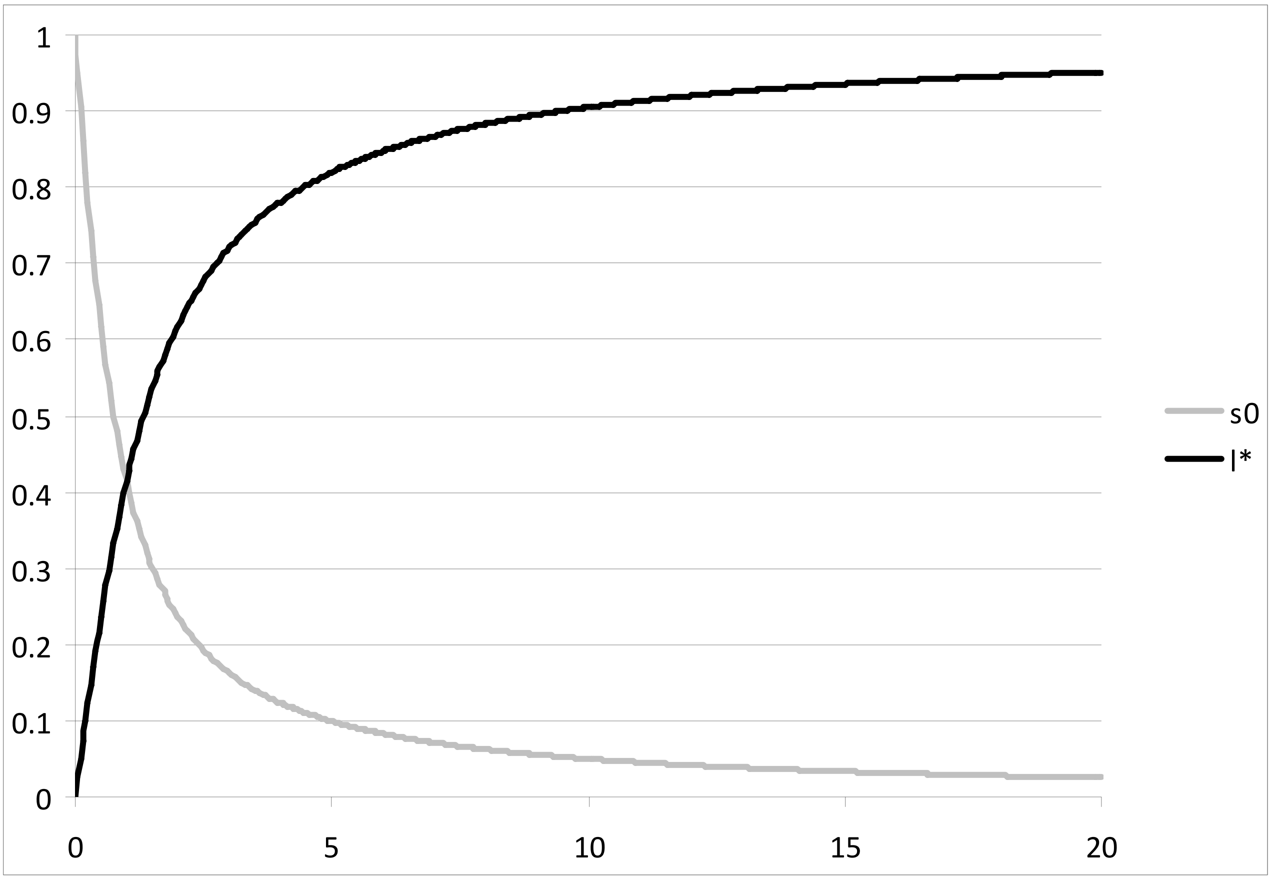
The expected number of waiting ships is

$$N_0 = N\left(\sqrt{1 + z^2} - z\right),$$

and the share $s_0 = N_0 / N$ of waiting ships in the fleet is

$$s_0 = \frac{N_0}{N} = \left(\sqrt{1 + z^2} - z\right).$$

The graphs of $s_0$ and $l^*$ as functions of $z = \lambda t_0 / N$ are shown below:




This graphs shows that the inland shipping industry behaves as an industry with increasing returns to scale. A decrease in *N* leads to a thicker market with a higher demand per ship (*z*). This increases the critical load $l^*$ and generates fuller ships, resulting in a more efficiently utilization of ship capacity. At the same time, ships spend less time in port so that a more efficiently utilized ship also makes more trips. These two effects are independent of time cost $c_0$.

These increasing returns to scale invalidate marginal cost pricing as the industry could not exist. Second-best pricing requires us to assume that firms compete in prices in such a way that in equilibrium they charge prices that equalize profits to zero. The flow of profit $r\pi(0)$ is

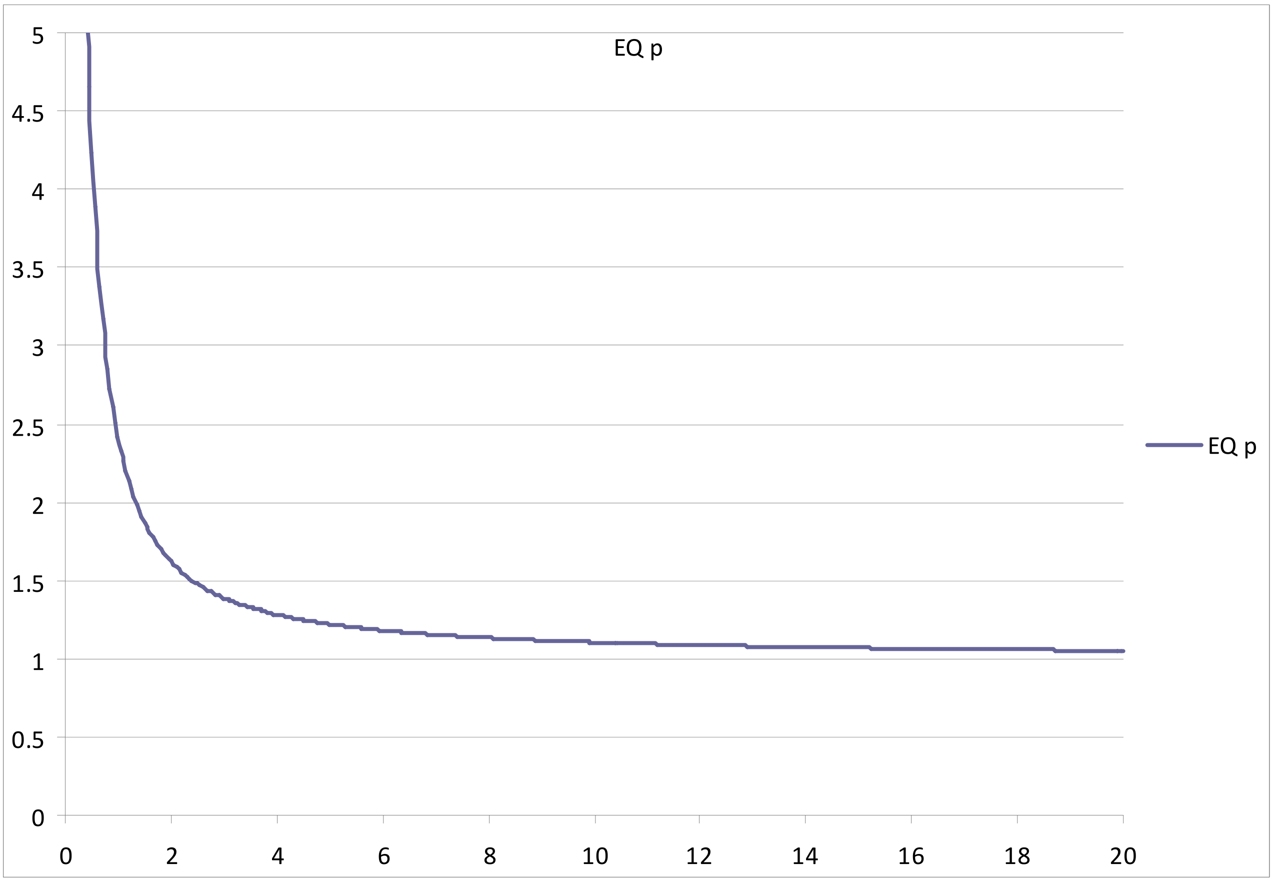
$$r\pi(0) = \frac{(p-c_1)l^*}{t_0} - c_0 = \frac{(p-c_1)}{t_0}\frac{\sqrt{1+z^2}-1}{z} - c_0$$

Then,

$$0 = \frac{(p-c_1)}{t_0}\frac{\sqrt{1+z^2}-1}{z} - c_0$$

$$p(z) = c_1 + \frac{z}{\sqrt{1+z^2}-1}t_0c_0$$

The following graph shows the resulting equilibrium price $p(z) = c_1 + \frac{z}{\sqrt{1+z^2} - 1} t_0 c_0$ for $c_1 = 0$ and $t_0 c_0 = 1$ as a function of $z$:




This graph shows that the price increases with the number of ships. Now we can assess what happens with the price if the compensation to laid up ships must be paid by the ships that stay in operation (through an increase in fixed cost $c_0$ per unit of time). For simplicity, let's assume that marginal costs are zero, i.e., $c_1 = 0$. Then, the following expression relates $N$ (through $z$) and $c_0$:

$$c_0 = \frac{p}{t_0} \frac{\sqrt{1+z^2} - 1}{z} = c_0(z).$$

This expression gives the level of $c_0$ that is necessary to maintain market price $p$ for any given number of ships $N$. The elasticity of $c_0$ with respect to $N$ is:

$$\varepsilon = \frac{N}{c_0} \frac{dc_0}{dz} \frac{dz}{dN} = -\frac{1}{\sqrt{1+z^2}}.$$

Empirically, the value of $z$ can be elicited from the share of all ships waiting for cargo by

$$s_0 = \frac{N_0}{N} = \left(\sqrt{1+z^2} - z\right),$$

from which we get

$$z = \frac{1 - s_0{}^2}{2s_0}$$

Currently, the share of ships on route with a load is approximately 50 percent so that the share of ships waiting for cargo is also about 50 percent ($s_0 = 0.5$). This implies a demand per ship $z = 0.75$ and an elasticity of $\varepsilon = -0.8$. Therefore, a 1% decrease in the number of ships $N$ allows for 0.8% increase in cost $c_0$ in order to maintain price on the previous level. Given the definition of $c_0$, this is higher than needed to make the compensation as proposed in the “Oplegregeling”.