

RIVM rapport 350010002/2004

**Vitamine A voorziening van de Nederlandse
bevolking**

PMCM Waijers, EJM Feskens

Correspondentie:

Patricia Waijers
Centrum voor Voeding en Gezondheid
email: Patricia.Waijers@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in het kader van project nr. V/350010/02/AA
'Voedselconsumptiebeoordeling ten aanzien van voedingsnormen'

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

Het rapport in het kort

Vitamine A voorziening van de Nederlandse bevolking

In dit rapport is de vitamine A inneming getoetst aan de behoefte. Voor 17 tot 30 procent van de volwassenen bleek de inneming inadequaet. Voor een aanzienlijk aantal daarvan was de vitamine A inneming meer dan 20 procent lager dan het niveau nodig om een adequate levervoorraad te kunnen handhaven.

De gebruikte voedselconsumptiegegevens zijn afkomstig uit VCP-3 (1997/1998). De toegepaste methode is beschreven in een voorgaand rapport: 'Methode voor schatting van de prevalentie van inadequate innemingen van micronutriënten' (Waijers et al., 2004).

De inneming van en behoefte aan vitamine A, een verzamelnaam voor retinol en provitamine A carotenoïden, wordt uitgedrukt in retinolequivalenten. Omdat in Nederland nog verouderde equivalenties gebruikt worden, is voor dit rapport het aantal retinolequivalenten voor alle producten in het NEVO-bestand 2001 geschat uitgaande van de hogere omrekeningsfactoren. Vervolgens is uit de waargenomen inneming de gebruikelijke vitamine A inneming geschat. De Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A dateert uit 1989. Voor de meeste leeftijdscategorieën zijn geen gegevens beschikbaar betreffende de gemiddelde behoefte. Daarom zijn deze geschat met behulp van een formule overgenomen van het Amerikaanse Institute of Medicine en karakteristieken van de Nederlandse bevolking. Aan de hand van de gebruikelijke innemingverdeling en de vitamine A behoefte is met behulp van de waarschijnlijkheidsbenadering het percentage individuen geschat waarvoor de inneming lager was dan de behoefte.

De betekenis voor de gezondheid van de marginale vitamine A voorziening voor een aanzienlijk deel van de Nederlandse bevolking dient nader te worden onderzocht. Daarnaast moeten ontwikkelingen in de vitamine A voorziening nauwlettend worden gevolgd.

Trefwoorden:

vitamine A; retinolequivalenten; VCP; voedselconsumptie; voedingsnorm

Abstract

Assessment of vitamin A intake in the Dutch population

In this report vitamin A intake is assessed. From these analyses, 17 to 30 per cent of the adults in our study were found to have an inadequate vitamin A intake to maintain sufficient vitamin A stores. A substantial proportion of these individuals had a level of intake greatly less than required.

Our data were taken from the third Dutch National Food Consumption Survey (1997/98) and we applied a method proposed in a previous study (Waijers et al., 2004), taking into account within- and between-individual variation in intakes and requirements.

The term vitamin A refers to retinoids and provitamin A carotenoids, with vitamin A intake expressed in retinol equivalents. Because retinol equivalent ratios used in the Netherlands are dated, we estimated retinol (activity) equivalents for all products in the Dutch food composition table from 2001. Next, we estimated the usual vitamin A intake from the observed intakes. We also estimated average vitamin A requirements, adapting a formula from the American Institute of Medicine, using characteristics of the Dutch population. The probability approach was then applied to estimate the proportion of individuals with an intake under their requirement, combining the usual intake and the requirement distribution.

Considering the inadequate vitamin A supply to a considerable proportion of the Dutch population we recommend sound monitoring of developments in the vitamin A intake and investigation of the health consequence of the current low vitamin A supply.

Keywords:

vitamin A; retinolequivalents; Dutch National Food Consumption Survey; dietary assessment; requirements

Inhoud

Samenvatting 9

1.	Inleiding	11
1.1	<i>Doelstelling</i>	11
1.2	<i>Adviesaanvraag</i>	11
1.3	<i>Opzet van het rapport</i>	11
2.	Vitamine A: retinol, carotenoïden en retinolequivalenten	13
2.1	<i>Definitie van vitamine A</i>	13
2.2	<i>Bronnen van vitamine A</i>	13
2.3	<i>Biobeschikbaarheid en bioconversie</i>	15
2.4	<i>Retinolequivalenten</i>	15
2.5	<i>Herberekening van het aantal RE</i>	17
3.	Voedingsnorm voor vitamine A	19
3.1	<i>Definitie van de voedingsnorm</i>	19
3.2	<i>De huidige Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A</i>	19
3.3	<i>Nieuwe inzichten met betrekking tot de vitamine A behoefte</i>	20
3.4	<i>Schatting van vitamine A behoefte van de Nederlandse populatie</i>	22
3.5	<i>Adequate levervoorraad of voorkomen van deficiëntieverschijnselen</i>	23
4.	Vitamine A inneming	25
4.1	<i>De waargenomen vitamine A inneming</i>	25
4.2	<i>Schatten van de gebruikelijke vitamine A inneming</i>	26
4.3	<i>De gebruikelijke vitamine A inneming</i>	27
4.4	<i>Vitamine A inneming van vegetariërs</i>	31
5.	Toetsing van de vitamine A inneming aan de behoefte	33
5.1	<i>De grenswaardebenadering en de waarschijnlijkheids- benadering</i>	33
5.2	<i>Vitamine A voorziening van de Nederlandse bevolking</i>	34
5.3	<i>Vitamine A voorziening van vegetariërs</i>	38
6.	Conclusies en aanbevelingen	39
6.1	<i>Conclusies met betrekking tot de procedure en de schattingen</i>	39
6.2	<i>Conclusies met betrekking tot de vitamine A voorziening</i>	40
6.3	<i>Aanbevelingen</i>	41

Literatuur	43
Bijlage A Karakteristieken van de waargenomen vitamine A inneming	45
Bijlage B Inneming van retinol en provitamine A carotenoiden	466
Bijlage C Prevalentieschattingen uitgaande van de waargenomen innemingverdeling	47

Samenvatting

In de afgelopen jaren is een daling geconstateerd in de vitamine A inneming in de Nederlandse bevolking. Het is daarom van belang te weten in welke mate de vitamine A voorziening adequaat is. In dit rapport wordt de vitamine A inneming van de Nederlandse bevolking getoetst aan de behoefte. De toegepaste methode is uitgebreid beschreven in een voorgaand RIVM-rapport: 'Methode voor schatting van de prevalentie van inadequate innemingen van micronutriënten' (Waijers et al., 2004). De voedselconsumptiegegevens uit de derde voedselconsumptiepeiling (1997/98) zijn voor dit doel gebruikt.

Vitamine A is een verzamelnaam voor retinol en provitamine A carotenoïden, waarvan β -caroteen de belangrijkste is. De vitamine A inneming en behoefte worden uitgedrukt in retinolequivalenten. Op grond van nieuwe inzichten wordt de omrekeningsfactor van provitamine A carotenoïden naar retinolequivalenten tegenwoordig hoger geschat dan voorheen het geval was. Er moeten dus meer provitamine A carotenoïden worden ingenomen voor een zelfde aantal retinolequivalenten. Zowel in de Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A die dateert uit 1989, als in het Nederlandse Voedingsmiddelenbestand uit 2001 worden echter nog de oude equivalenties gebruikt. Voor dit rapport is het aantal retinolequivalenten voor alle producten in dit Nederlandse Voedingsmiddelenbestand 2001 geschat, uitgaande van hogere omrekeningsfactoren.

Vervolgens is uit de waargenomen innemingen voor zowel de oude als de nieuwe equivalenties, en ook voor retinol en enkele andere provitamine A carotenoïden, de gebruikelijke (of lange termijn) inneming geschat. Het is met name voor vitamine A van groot belang om de *gebruikelijke* innemingverdeling en niet de *waargenomen* innemingverdeling als uitgangspunt te nemen, aangezien de variatie in inneming tussen dagen voor deze vitamine extreem groot is.

Om te beoordelen in welke mate de inneming van een nutriënt adequaat is, dient deze te worden getoetst aan de behoefte. De Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A dateert uit 1989. Voor de meeste leeftijdscategorieën zijn geen gegevens beschikbaar betreffende de gemiddelde behoefte. Daarom zijn deze geschat met behulp van een formule die ook door het Institute of Medicine gehanteerd is bij het opstellen van de Amerikaanse voedingsnorm voor vitamine A en die uitgaat van het handhaven van een adequate levervoorraad aan vitamine A. Hierbij zijn referentiegewichten en groeifactoren van de Nederlandse bevolking gebruikt.

Aan de hand van de gebruikelijke innemingverdeling en de vitamine A behoefte is het percentage individuen geschat waarvoor de inneming lager was dan de behoefte. Deze getallen gaan uit van hogere retinolequivalenten dan totnogtoe in Nederland gehanteerd werden. De gebruikte omrekeningsfactor heeft grote invloed op het geschatte percentage individuen met een inadequate inneming.

Het percentage individuen voor wie de inneming lager was dan de behoefte varieerde van 7 procent voor jonge kinderen tot 30 procent voor volwassen vrouwen. Voor 17 tot 30 procent van de volwassenen was de inneming inadequaet. Hoewel het merendeel van deze individuen hiervan geen directe fysiologische gevolgen zal ondervinden, blijkt dat voor meer dan 10 procent van de volwassenen, oplopend tot 16 procent van de vrouwen tussen de 19 en 50 jaar, de vitamine A inneming meer dan 20 procent lager dan het niveau nodig om een adequate levervoorraad aan vitamine A te kunnen handhaven. Een klein percentage individuen, dat naar schatting onder volwassen vrouwen oploopt tot 4,8 procent, heeft een dermate lage vitamine A inneming dat de fysiologische behoeften mogelijk niet meer volledig worden gedekt. Zeker in het licht van de huidige trends in de voedselconsumptie is deze situatie zorgwekkend te noemen. De betekenis van deze bevinding voor de gezondheid dient dan ook nader te worden onderzocht. Daarnaast moeten ontwikkelingen in de vitamine A voorziening nauwlettend worden gevolgd.

De manier waarop in dit rapport het percentage individuen met een te lage inneming is geschat, verdient tenslotte nog verbetering. Het gaat hierbij met name om het schatten van de gebruikelijke inneming. Dit kan beter als leeftijdsafhankelijke functie dan, zoals nu, per leeftijdscategorie apart gebeuren. Ook kunnen onzekerheden in, ofwel de betrouwbaarheid van, de uiteindelijke prevalentieschattingen beter inzichtelijk gemaakt worden.

1. Inleiding

1.1 Doelstelling

Dit rapport heeft tot doel inzicht te geven in de vitamine A voorziening van de Nederlandse populatie. Dit gebeurt aan de hand van de voedselconsumptiegegevens afkomstig van de derde landelijke voedselconsumptiepeiling (VCP-3) uit 1997/98 (Voedingscentrum, 1998).

1.2 Adviesaanvraag

In het voorjaar van 2004 is, in het kader van de kennisvraag van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport: ‘Voedselconsumptiebeoordeling ten aanzien van voedingsnormen’, een RIVM-rapport verschenen waarin een beoordelingskader werd voorgesteld voor het toetsen van de inneming van micronutriënten aan de voedingsnorm. De vitamine foliumzuur diende hierbij als voorbeeldstof (Waijers et al., 2004). In vervolg hierop is vanuit het Ministerie van Volksgezondheid Welzijn en Sport het verzoek gekomen om in kaart te brengen hoe de voorziening van vitamine A in de Nederlandse bevolking is. Aanleiding was onder andere de waargenomen daling in de vitamine A inneming tussen 1987/88 en 1997/98 gerapporteerd door de Gezondheidsraad in het zogenaamde ‘Tendrapport’ (Gezondheidsraad, 2002).

De Gezondheidsraad rapporteerde een daling in de retinolinneming als gevolg van onder andere een vermindering in het gebruik van smeer- en bereidingsvetten en van lever(producten), en de verschuiving van volle melk(producten) naar halfvolle en magere varianten. Ook werd een daling in de β -caroteeninneming gesignaleerd als gevolg van een lagere groenteconsumptie. Bovendien concludeerde de commissie dat vanwege de grote mate van scheefheid van de innemingverdeling van vitamine A een oordeel over de kwaliteit van de voorziening op basis van de beschikbare gegevens moeilijk te geven is (Gezondheidsraad, 2002).

1.3 Opzet van het rapport

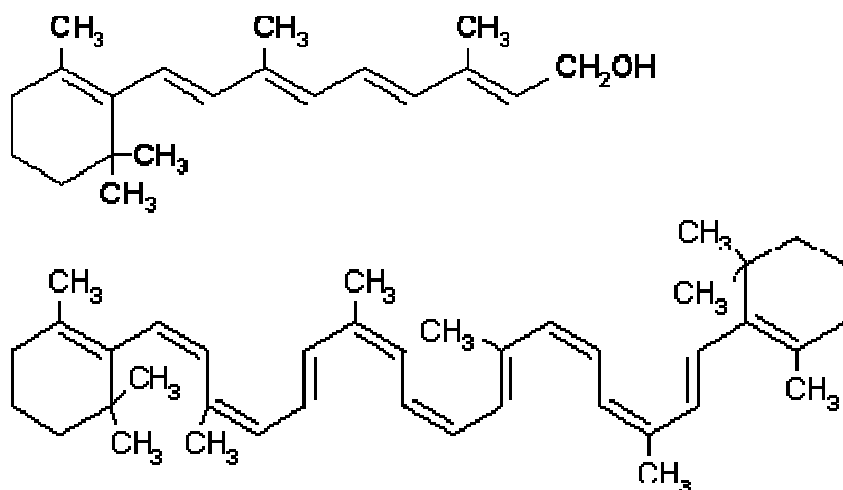
Allereerst wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op het begrip ‘vitamine A’. Biobeschikbaarheid, bioconversie en bio-effectiviteit komen ter sprake, waarbij het met name gaat om de omrekening van provitamine A carotenoïden naar retinolequivalenten, waarin vitamine A wordt uitgedrukt. In hoofdstuk 3 wordt nader ingegaan op de voedingsnorm voor vitamine A. De huidige Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A is enigszins gedateerd en daarom wordt een voorstel gedaan voor een aangepaste voedingsnorm die in het rapport verder

gebruikt zal worden. De gebruikelijke innemingverdeling van vitamine A in de Nederlandse bevolking wordt geschat in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 wordt vervolgens beschreven hoe de inneming is getoetst aan de behoefte. In dit hoofdstuk zijn ook de resultaten te vinden met betrekking tot de vitamine A voorziening van de Nederlandse bevolking. Afsluitend worden in hoofdstuk 6 conclusies getrokken en enkele aanbevelingen gegeven.

2. Vitamine A: retinol, carotenoïden en retinolequivalenten

2.1 Definitie van vitamine A

Vitamine A is een verzamelnaam voor retinoïden met de biologische activiteit van retinol. De chemische structuur is bepalend voor de mate van biologische activiteit van de verschillende retinoïden. De verbinding met de grootste vitamine A activiteit is *all-trans retinol*, dat meestal in veresterde vorm in de voeding aanwezig is. Daarnaast kan vitamine A in het lichaam worden gevormd uit *provitamine A carotenoïden*. Ongeveer 50 van de ruim 500 in de natuur voorkomende carotenoïden zijn provitamine A carotenoïden. De belangrijkste carotenoïde is β -caroteen. Andere provitamine A carotenoïden zijn α -caroteen en β -cryptoxanthine. In figuur 2.1 zijn de structuurformules van *all-trans retinol* en β -caroteen weergegeven.



Figuur 2.1: Structuurformules van *all-trans retinol* (boven) en β -caroteen (onder)

2.2 Bronnen van vitamine A

Retinol en carotenoïden zijn vetoplosbare verbindingen. In westerse landen is (*all-trans*) retinol de belangrijkste bron van vitamine A. Het komt voor in dierlijke producten zoals melk- en melkproducten, eidooier, lever en in sommige vette vissoorten. Daarnaast zijn er in Nederland voedingsmiddelen waaraan retinol wordt toegevoegd, met name margarines. Deze dragen ook in belangrijke mate bij aan de inneming van vitamine A.

De voornaamste bronnen van provitamine A carotenoïden, met name β -caroteen, zijn donkergroene bladgroenten en geel en oranje gekleurde fruit en groenten. Ook het pigment van melkvet en eidooier bevat deze carotenoïden.

Tabel 2.1: Factoren die de biobeschikbaarheid en bioconversie van retinol en carotenoïden kunnen beïnvloeden (Castenmiller en West, 1998)

- Soort carotenoïde
Carotenoïden verschillen onderling in de mate waarin ze worden geabsorbeerd en ook in de mate waarin ze worden omgezet in retinol.
- Moleculaire binding
Enkele carotenoïden komen voor als esters die relatief gemakkelijk afbreekbaar zijn.
- Geconsumeerde hoeveelheid
De mate van conversie hangt af van de caroteeninneming.
- De voedselmatrix
Dit is mogelijk de belangrijkste factor die de biobeschikbaarheid van provitamine A carotenoïden beïnvloedt. In donkergroene bladgroenten zitten de carotenoïden in chloroplasten en in wortelen in een kristalvorm. Deze structuren zijn moeilijk afbreekbaar. De celwanden van verschillende vruchten kunnen daarentegen eveneens carotenoïden bevatten die wel gemakkelijk verteerbaar zijn.
- Andere componenten in de voeding
Absorptie wordt gestimuleerd door vetten en geremd door pectines aanwezig in de voeding
- Nutriëntstatus van het individu
Een hoge vitamine A status, eiwitdeficiëntie en zinkdeficiëntie hebben een remmende werking op de bioconversie van β -caroteen naar retinol.
- Genetische factoren
Voor mensen is hierover weinig bekend
- Andere karakteristieken van het individu
Er is weinig bekend over het effect van leeftijd op de absorptie en bioconversie van carotenoïden. Gastro-intestinale infecties (*heliobacter pylori*) en parasieten kunnen maldigestie en malabsorptie tot gevolg hebben
- Mathematische interacties
Alle genoemde factoren kunnen met elkaar interacteren en biobeschikbaarheid en bioconversie van carotenoïden verder beïnvloeden.

2.3 Biobeschikbaarheid en bioconversie

De omzetting van caroteen naar retinol vindt plaats in de darmwand. Theoretisch kan 2 µgram β-caroteen worden omgezet in 1 µgram retinol. Twee begrippen, biobeschikbaarheid en bioconversie, zijn hierbij van belang. *Biobeschikbaarheid* is de fractie van de inneming die wordt geabsorbeerd in de darmen en beschikbaar komt in het lichaam. *Bioconversie* is de hoeveelheid van de geabsorbeerde provitamine die omgezet wordt in de actieve nutriënt (in dit geval van carotenoïde naar retinol).

De biobeschikbaarheid van retinol is in het algemeen hoog, variërend van 70 tot 90 procent. De biobeschikbaarheid van carotenoïden is echter lager en is afhankelijk van verschillende factoren (Tanumihardjo, 2002; West en Castenmiller, 1998). Dit geldt ook voor de bioconversie van carotenoïden naar retinol (Castenmiller en West, 1998). Een overzicht van deze factoren is te vinden in tabel 2.1. De biobeschikbaarheid van carotenoïden wordt eveneens beïnvloed door de bereidingsmethode (Rock et al., 1998; Yeum en Russell, 2002).

2.4 Retinolequivalenten

De *bio-effectiviteit*, het percentage van de geconsumeerde provitamine A carotenoïden dat beschikbaar komt als actief nutriënt in het lichaam, is uiteindelijk het meest van belang. Hiertoe wordt de activiteit van provitamine A carotenoïden, en ook die van retinol, uitgedrukt in *retinolequivalenten* (RE).

Zowel in de NEVO-tabel 2001 als in de Nederlandse voedingsnormen voor vitamine A, opgesteld in 1989 door de Voedingsraad, is hierbij uitgegaan van de volgende omrekeningsfactoren of equivalenties (Voedingscentrum, 2001; Voedingsraad, 1992):

$$\begin{aligned} 1 \text{ RE} &= 1 \text{ µg retinol} \\ &= 6 \text{ µg } \beta\text{-caroteen} \\ &= 12 \text{ µg andere provitamine A carotenoïden} \end{aligned}$$

In het NEVO-bestand 2001 vallen onder ‘andere provitamine A carotenoïden’ de nutriënten α-caroteen en β-cryptoxanthine.

Er zijn in het eind van de jaren 90 echter verschillende studies uitgevoerd naar de biobeschikbaarheid, en dus de bio-effectiviteit, van carotenoïden, onder andere ook door Wageningen Universiteit (Castenmiller et al., 1999; De Pee et al., 1998; Micozzi et al., 1992; Tang et al., 1999; Tang et al., 2000; Torronen et al., 1996; van het Hof et al., 1999; van Lieshout et al., 2001). Een overzicht van schattingen van de bio-effectiviteit β-caroteen is te vinden in een artikel van West en medewerkers (West et al., 2002); tabel 1 en 2 van het artikel). Gebleken is dat deze lager is dan voorheen werd aangenomen en is verondersteld bij

het opstellen van de Nederlandse voedingsnormen in 1989. Deze bevindingen zijn van invloed op de hoogte van de omrekeningsfactor van carotenoïden naar retinolequivalenten.

In 2001 zijn in de Verenigde Staten door het Institute of Medicine nieuwe voedingsnormen voor vitamine A gepubliceerd (Institute of Medicine, 2001). Op grond van de nieuwe inzichten met betrekking tot de biobeschikbaarheid en bioconversie van carotenoïden veronderstelde het Institute of Medicine in de Verenigde Staten een lagere bio-effectiviteit van provitamine A carotenoïden en rapporteerde daarom hogere omrekeningsfactoren. Hiertoe werd een nieuwe term geïntroduceerd: ‘retinol activity equivalents’ (RAE). Deze zijn te vinden in tabel 2.2.

Mogelijk zijn deze conversiefactoren nog steeds te laag. Voor een plantaardig dieet zou de werkelijke omzetting wellicht eerder in de orde van grootte van 1:21 liggen (De Pee et al., 1998; West, 2000; West et al., 2002); zie eveneens tabel 2.2).

De Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A dateert uit 1989. De huidige literatuur is vrij eenduidig: de omrekeningsfactoren of equivalenties die destijds gebruikt zijn, zijn waarschijnlijk te laag.

Om inzicht te krijgen in de invloed van de gebruikte omrekeningsfactoren op de inneming karakteristieken en op de prevalenties inadequate innemingen, zullen wij de vitamine A inneming uitdrukken in drie verschillende retinolequivalenties: *RE-NEVO (1:6)*, *RE-IOM (1:12)* en *RE-West (1:21)*. Deze equivalenties worden in tabel 2.3 nader toegelicht. Bij het beoordelen van de vitamine A inneming zal voor dit rapport in eerste instantie worden uitgegaan van RE-IOM, de omrekeningsfactoren zoals die zijn gehanteerd door het Institute of Medicine.

Tabel 2.2: Gehanteerde of voorgestelde omrekeningsfactoren van retinol en provitamine A carotenoïden naar retinolequivalenten door de Voedingsraad, het Institute of Medicine en West.

	‘RE-NEVO’ (Voedingsraad , 1992)	‘RE-IOM’ (Institute of Medicine, 2001)	‘RE-West’ (West, 2000)
1 RE (RAE) =			
... µg all-trans retinol	1	1	1
... µg β-caroteen uit supplementen	2	2	2
... µg β-caroteen uit de voeding	6	12	21
... µg andere provit. A carotenoïden uit de voeding	12	24	42

Tabel 2.3: De in dit rapport gehanteerde retinolequivalenties

Aanduiding	Omrekeningsfactor	Bron
RE-NEVO	1 RE ~	- NEVO-bestand 2001
	6 µg β-caroteen	- Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A (Voedingsraad, 1992)
RE-IOM	1 RE ~	- Amerikaanse voedingsnorm voor vitamine A (Institute of Medicine, 2001)
	12 µg β-caroteen	
RE-West	1 RE ~	- Equivalenties zoals voorgesteld door West (West, 2000)
	21 µg β-caroteen	

2.5 Herberekening van het aantal RE

In het algemeen kan de nutriëntinneming worden berekend door de Nederlandse Voedingsmiddelentabel te koppelen aan beschikbare voedselconsumptiegegevens. Het NEVO-bestand 2001 bevat de retinolequivalenten (RE) die in dit rapport worden aangeduid met 'RE-NEVO' (tabel 2.2). De gehalten 'RE-IOM' en 'RE-West' zijn uiteraard niet opgenomen in het NEVO-bestand. We waren dan ook genoodzaakt deze te berekenen. Het NEVO-bestand bevat voor een groot aantal producten retinolgehalten en voor veel producten ook gehalten aan β-caroteen. Voor een aanzienlijk geringer aantal producten zijn gegevens beschikbaar over het gehalte aan α-caroteen en β-cryptoxanthine. De herkomst van voedingsstoffenwaarden in de NEVO-tabel is weergegeven door middel van broncodes. Uit de bronvermelding blijkt dat voor een deel van de producten (de producten met broncode 13) het aantal RE is berekend met behulp van een formule. De volgende formule is gebruikt¹:

$$1 \text{ RE} = \mu\text{g retinol} + \mu\text{g } \beta\text{-caroteen} * 0,17 + \mu\text{g } \alpha\text{-caroteen} * 0,083 \\ + \mu\text{g } \beta\text{-cryptoxanthine} * 0,083$$

Met behulp van bovenstaande formule en van de waarden voor retinol, β-caroteen, α-caroteen en β-cryptoxanthine in de NEVO-tabel kan, voor de producten met broncode 13, het aantal RE zoals vermeld in hetzelfde NEVO-bestand worden gereproduceerd. Echter, voor lang niet alle producten is deze formule gebruikt. Het gaat dan om voedingsmiddelen met een broncode anders dan 13. Het aantal RE is in deze gevallen overgenomen uit andere tabellen of veelal gegeven door derden, meestal de fabrikant. Voor veel van deze producten, waarvoor dus *wel* het aantal RE is gegeven, zijn *geen* gegevens beschikbaar over het gehalte aan provitamine A carotenoïden. Berekening van het aantal RE aan de hand van de formule resulteert dan in te lage waarden.

Om voor alle producten in de NEVO-tabel de equivalenties 'RE-IOM' en 'RE-West' te kunnen berekenen, is voor de betreffende producten een inschatting gemaakt van de hoeveelheid retinol en carotenoïden. Hiervoor is het aantal RE(-NEVO) als uitgangspunt genomen. Daarnaast is gekeken naar de aard van ieder product en indien mogelijk naar vergelijkbare producten om de herkomst van het aantal RE te herleiden: afkomstig van retinol of van provitamine A carotenoïden. Op deze manier is voor de producten waarvoor de gegevens voor retinol en provitamine A carotenoïden niet volledig waren een inschatting hiervan gemaakt, met als doel het aantal RE-IOM en RE-West te berekenen.

Deze inschatting en daarmee de berekening (schatting) van RE-IOM en RE-West is naar beste inzicht geschied. Het is mogelijk dat voor sommige producten de verhouding van retinol en provitamine A carotenoiden niet helemaal goed is geraamd.

De Stichting NEVO die de NEVO-tabel onder beheer heeft, heeft te kennen gegeven dat het NEVO-bestand binnenkort zal worden aangevuld met 'Retinol Activity Equivalents' (RAE) volgens het Institute of Medicine. We verwachten dat deze redelijk overeen zullen komen met de door ons geschatte 'RE-IOM'. De vitamine A (RAE) inneming kan terzijnertijd opnieuw worden berekend om dit te toetsen.

¹ (Voedingscentrum, 2001) en correspondentie met Martine Jansen-van der Vliet van Stichting NEVO
ersie 14/12/04

3. Voedingsnorm voor vitamine A

3.1 Definitie van de voedingsnorm

De meest recente Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A is in 1989 opgesteld door de Voedingsraad (Voedingsraad, 1992). De gehanteerde terminologie wijkt enigszins af van de huidige terminologie voor voedingsnormen, maar komt inhoudelijk wel overeen.

De term voedingsnorm is een verzamelnaam voor een aantal referentiewaarden voor energie en voedingsstoffen (Gezondheidsraad, 2003):

- gemiddelde behoefte (behoefte): niveau van inneming dat bij een normale verdeling van de behoefte toereikend is voor de helft van een populatie
- aanbevolen hoeveelheid (ADH): niveau van inneming dat toereikend is voor vrijwel de gehele populatie, afgeleid van de gemiddelde behoefte (behoefte + 2*sd)
- adequate inneming (ADI): niveau van inneming dat toereikend is voor vrijwel de gehele populatie, afgeleid van andere gegevens dan de gemiddelde behoefte

In het Voedingsraadrapport (Voedingsraad, 1992) wordt gesproken van een 'minimum behoefte' ('de kleinste hoeveelheid van een voedingsstof die moet worden ingenomen om de stofwisselingsfuncties normaal te laten verlopen'). Deze gaat evenals de 'gemiddelde behoefte' uit van een hoeveelheid die toereikend is voor de helft van de populatie. Het zogenaamde 'adequaat niveau van inneming' (AI) komt overeen met de definitie voor adequate inneming (ADI).

3.2 De huidige Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A

De minimumbehoefte aan vitamine A voor volwassenen is in Nederland vastgesteld op 600 RE/dag (Voedingsraad, 1992) in overeenstemming met onderzoek van Sauberlich en anderen (Sauberlich et al., 1974). Met betrekking tot het vaststellen van een adequaat niveau van inneming (AI) stelt de commissie dat er weinig gegevens beschikbaar zijn. In aansluiting op de aanbevelingen in de Verenigde Staten (1980) en Canada (1975) is de AI voor mannen vastgesteld op 1000 RE/dag en voor vrouwen op 800 RE/dag. Voor kinderen en adolescenten is de AI berekend door interpolatie. Hierbij is rekening gehouden met lichaamsgewicht en groei.

In het Voedingsraadrapport is alleen voor volwassenen een minimum behoefte aan vitamine A gespecificeerd. Voor andere leeftijdsgroepen is alleen de AI weergegeven. Deze voedingsnormen zijn weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: De Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A (in RE) (Voedingsraad, 1992)

leeftijdscategorie	minimum behoefte	AI
1-4 kinderen		400
4-7 kinderen		500
7-10 kinderen		700
10-13 jongens		1000
10-13 meisjes		800
13-16 jongens		1000
13-16 meisjes		800
16-19 jongens		1000
16-19 meisjes		800
19-22 mannen	600	1000
19-22 vrouwen	600	800
22-50 mannen	600	1000
22-50 vrouwen	600	800
51-65 mannen	600	1000
51-65 vrouwen	600	800
>65 mannen	600	1000
>65 vrouwen	600	800

3.3 Nieuwe inzichten met betrekking tot de vitamine A behoefte

De Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A dateert uit 1989. Kennis omtrent de behoefte aan vitamine A en de biobeschikbaarheid van met name vitamine A carotenoïden uit de voeding is de sindsdien sterk toegenomen.

In 2001 heeft het Institute of Medicine een rapport uitgebracht met daarin de meest recente voedingsnormen voor onder andere vitamine A in de Verenigde Staten (Institute of Medicine, 2001). Hierin is de vitamine A behoefte geschat met behulp van een formule (zie kader).

Uitgangspunt was de hoeveelheid vitamine A nodig om de levervoorraad op peil te houden. Deze berekening is gebaseerd op een voorstel van Olson (Olson, 1987).

$$\text{Vitamine A behoefte} \sim A * B * C * D * E * F$$

- A = % verlies aan lichaamsreserve aan vitamine A per dag op vitamine A-vrij dieet
 ~ 0,5 procent per dag (0,005)
 gebaseerd op excretiesnelheid van radioactief gelabeld vitamine A en bij berekening van de halfwaardetijd van vitamine A)
- B = minimaal acceptabele leverreserve
 20.000 µg/kg
 niveau waarbij (1) geen klinische deficiënties worden waargenomen, (2) plasma retinol concentraties adequaat zijn, (3) geen vitamine A wordt uitgescheiden met de gal, (4) bescherming bestaat tegen vitamine A deficiëntie van minimaal 4 maanden op vitamine A-deficiënt dieet
- C = ratio levergewicht / lichaamsgewicht
 1:33 (0,03)
 gemiddelde van kinderen en volwassenen
- D = referentiegewicht voor geslacht en leeftijdsgroep
- E = ratio lichaamsreserve vitamine A / leverreserve vitamine A
 10:9 (1,1)
 gebaseerd op individuen met een adequate vitamine A status
- F = efficiëntie van opslag van geconsumeerd vitamine A
 40 procent (2,5)
 gebaseerd op onderzoek gebruikmakend van isotoop-verdunningsmethoden

De vitamine A behoefte wordt aldus afhankelijk geacht van lichaamsgewicht. Voor het vaststellen van de behoefte wordt uitgegaan van een referentiegewicht voor volwassen mannen en vrouwen. Voor kinderen en adolescenten is de gemiddelde behoefte door middel van interpolatie afgeleid van die van volwassenen. Hierbij is niet gewicht, maar metabool gewicht ($\text{kg}^{0,75}$) gebruikt, en is tevens een groeifactor meegenomen.

$$\text{behoefte kind} = \text{behoefte volwassene} * F$$

$$F = (\text{gewicht kind} / \text{gem gewicht volwassene})^{0,75} * (1 + \text{groeifactor})$$

De zo geschatte behoeften voor de Amerikaanse populatie zijn te vinden in tabel 3.2. Gebaseerd op hetzelfde onderzoek van Olson is de variatiecoëfficiënt voor de vitamine A behoefte voor zowel kinderen als volwassenen vastgesteld op 20 procent (Olson, 1987).

3.4 Schatting van vitamine A behoefte van de Nederlandse populatie

De huidige Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A schiet op een aantal punten tekort. Zoals eerder besproken zijn nieuwe inzichten omtrent de vitamine A behoefte hierin niet meegenomen. Ten tweede is alleen voor volwassenen een gemiddelde (minimum) behoefte gegeven. Echter, niet de AI, maar de gemiddelde behoefte is het uitgangspunt bij het beoordelen van de inneming (Waijers et al., 2004).

Daarom is besloten voor dit rapport een nieuwe schatting te maken van de vitamine A behoefte van de Nederlandse populatie. Hiertoe is de in paragraaf 3.3 beschreven formule toegepast, waarbij de karakteristieken van de Nederlandse populatie zijn gebruikt.

Invullen van de formule geeft het volgende resultaat voor volwassen mannen en vrouwen:

$$\text{Vitamine A behoefte} = A * B * C * D * E * F$$

$$\text{mannen:} \quad 0,005 * 20.000 * 0,03 * 75 * 1,1 * 2,5 = 619$$

$$\text{vrouwen:} \quad 0,005 * 20.000 * 0,03 * 64 * 1,1 * 2,5 = 528$$

Voor kinderen kan vervolgens de behoefte worden afgeleid. Een rekenvoorbeeld staat hieronder:

$$\text{beh kind} = \text{beh volw} * (\text{gewicht kind/gewicht volw})^{0,75} * (1 + \text{groefactor})$$

$$4\text{-}8 \text{ jongens:} \quad 619 * (24/75)^{0,75} * (1+0,18) = 311$$

$$9\text{-}13 \text{ meisjes:} \quad 528 * (41/64)^{0,75} * (1+0,15) = 435$$

Er is voor gekozen leeftijdscategorieën te hanteren volgens de meest recente indeling (Gezondheidsraad, 2000; Gezondheidsraad, 2003) (Institute of Medicine, 2001). Deze categorieën komen overeen met die in een eerder rapport waarin de foliumzuurinneming werd getoetst aan de voedingsnorm, behalve dat nu de 14-18 jarigen zijn opgesplitst naar jongens en meisjes, omdat binnen deze leeftijdscategorie de behoeften van de twee seksen sterk verschillen.

In tabel 3.2 zijn de zo berekende gemiddelde behoeften per leeftijdscategorie weergegeven, alsmede de referentiegewichten en groeifactoren die voor de berekening zijn gebruikt.

Tabel 3.2: Schatting van de gemiddelde behoefte aan vitamine A per leeftijdscategorie voor de Nederlandse populatie, met groeifactoren en referentiegewichten waarvan gebruik is gemaakt.

	Referentiewaarden voor de Nederlandse populatie (Gezondheidsraad, 2003)		Vit A behoefte ~ $A*B*C*D*E*F$ ¹	Schatting van de vit A behoefte per leeftijdscategorie	
	groeifactor	gem. lich. gewicht			
1-3 jongens	0.27	14	223	1-3 kinderen	220
1-3 meisjes	0.27	13.5	209		
4-8 jongens	0.18	24	311	4-8 kinderen	300
4-8 meisjes	0.18	23.5	294		
9-13 jongens	0.16	40	448	9-13 kinderen	440
9-13 meisjes	0.15	41	435		
14-18 jongens	0.08	65	600	14-18 jongens	600
14-18 meisjes	0.03	59	512	14-18 meisjes	510
19-30 mannen		75	619	19-50 mannen	620
19-30 vrouwen		64	528	19-50 vrouwen	530
31-50 mannen		72	594		
31-50 vrouwen		62	512		
51-70 mannen		74	611	51-65 mannen	610
51-70 vrouwen		64	528	51-65 vrouwen	530
>70 mannen		74	611	>65 mannen	610
>70 vrouwen		63	520	>65 vrouwen	520

¹ Voor toelichting bij de gebruikte formule wordt verwezen naar paragraaf 3.3

3.5 Adequate levervoorraad of voorkomen van deficiëntieverschijnselen

Na absorptie wordt vrijwel al het retinol, dat zich dan in de bloedcirculatie bevindt in de vorm van retinylesters, opgenomen door de lever. De lever is in staat grote hoeveelheden retinol op te slaan tot meer dan 500 µg retinol per gram lever. Het lichaam kan zo dus een flinke reservevoorraad aanleggen, die kan worden vrijgegeven als de voeding onvoldoende voorziet in vitamine A. In dat geval wordt opgeslagen retinol vanuit de lever gebonden aan een eiwit weer in de bloedcirculatie gebracht.

Bedacht moet worden dat de gemiddelde behoefte zoals hierboven geschat berust op het behouden van een adequate levervoorraad van vitamine A. Dit is uiteraard zeer wenselijk. Het zou echter ook mogelijk zijn een ander criterium te hanteren, zoals de hoeveelheid vitamine A nodig om abnormale donkeradaptatie te corrigeren. Deze niveaus van vitamine A inneming die worden gehanteerd in ontwikkelingslanden, liggen veel lager, op 300 RE per dag voor volwassenen (en daarvan afgeleid voor kinderen: 112 RE voor 1-3 jarigen, 150 RE

voor 4-8 jarigen, 230 RE voor 9-13 jarigen, 300 RE voor 14-18 jarigen) (Institute of Medicine, 2001). Het betreft een niveau van inneming waarbij van een adequate levervoorraad in het algemeen geen sprake is, maar waarbij nog geen fysiologische deficiëntieverschijnselen optreden. Uit studies in kinderen is echter gebleken dat een lage vitamine A voorziening gepaard kan gaan met verminderde weerstand tegen infecties, waarschijnlijk als gevolg van een slechter functionerend immuunsysteem. Dit niveau van inneming is dus feitelijk te laag.

4. Vitamine A inneming

Voor het berekenen van de vitamine A inneming in Nederland zijn de voedselconsumptiegegevens gebruikt van de derde Nederlandse voedselconsumptiepeiling (VCP-3) uit 1997/98 (Voedingscentrum, 1998). Deelnemers afkomstig uit een representatief panel van huishoudens uit de Nederlandse bevolking noteerden, verspreid over het gehele jaar, ieder op twee aaneensluitende dagen alles wat zij aten en dronken.

Zoals in hoofdstuk 2 besproken wordt de vitamine A inneming uitgedrukt in retinolequivalenten (RE). Omdat over de te hanteren omrekeningsfactoren van provitamine A carotenoïden naar RE nog enige onduidelijkheid bestaat en omdat de equivalenties die in Nederland totnogtoe werden gehanteerd inmiddels wellicht achterhaald zijn, worden de resultaten gepresenteerd voor 'RE-NEVO', 'RE-IOM' en 'RE-West'. RE-IOM verdient in onze ogen op dit moment de voorkeur bij het beoordelen van de vitamine A inneming (zie ook de paragrafen 2.4 en 2.5).

4.1 De waargenomen vitamine A inneming

De verdeling van de 2-daags gemiddelde vitamine A inneming kan worden aangeduid als de 'waargenomen inneming'. De variatie in deze waargenomen inneming bestaat uit de binnenpersoons (tussen-dag) variatie en de tussen-persoonsvariatie. Parameters van de waargenomen innemingverdeling van vitamine A in de Nederlandse bevolking, uitgedrukt in retinolequivalenten (RE-NEVO, RE-IOM, RE-West), zijn te vinden in bijlage A. Deze innemingen liggen iets hoger dan in eerdere rapportages met de gegevens van VCP-3. Dit komt doordat voor dit rapport in plaats van het NEVO-bestand 1996 gebruik is gemaakt van het NEVO-bestand 2001, dat voor meer producten nutriëntwaarden bevat.

In bijlage B zijn de innemingkarakteristieken van de waargenomen inneming van retinol, β -caroteen, α -caroteen en β -cryptoxanthine weergegeven. Hieruit blijkt dat de bijdrage van α -caroteen en β -cryptoxanthine aan de vitamine A inneming uiterst gering is, zeker gezien hun lage bio-effectiviteit (hoge omrekeningsfactor).

4.2 Schatten van de gebruikelijke vitamine A inneming

Voor evaluatie van de lange-termijn inneming dient niet de waargenomen maar de gebruikelijke innemingverdeling als uitgangspunt te worden genomen (Waijers et al., 2004). Dit is juist voor vitamine A belangrijk, omdat hiervoor geldt dat de binnenpersoonsvariatie in inneming in het algemeen relatief groot is. Dit komt doordat vitamine A in grote hoeveelheden voorkomt in een beperkt aantal producten en de inneming ervan de ene dag erg hoog en de andere dag vrijwel nihil kan zijn.

In een eerder rapport zijn voor het schatten van de gebruikelijke innemingverdeling uit de inneminggegevens twee methoden besproken: STEM (Slob, 1993) en de Nussermethode (Nusser et al., 1996; Waijers et al., 2004). Een definitieve keuze tussen deze methoden is nog niet gemaakt. Idealiter zouden deze twee methoden geïntegreerd worden om de sterke kanten van beide te kunnen benutten. Op dit moment is een gecombineerd instrument echter nog niet voorhanden.

Aangezien de schattingen door de Nussermethode vooralsnog het meest betrouwbaar lijken, zal voor dit rapport deze methode worden toegepast om de gebruikelijke inneming te schatten. Het softwarepakket C-SIDE is gebruikt om de Nussermethode te operationaliseren (Dodd, 1996; Iowa State University, 1996). Het schatten van de gebruikelijke innemingverdeling gebeurt voor iedere onderscheiden leeftijdscategorie afzonderlijk. De methode maakt gebruik van een powerfunctie en een polynomiale functie om de gegevens te transformeren naar normaal verdeelde data. Vervolgens wordt de binnenpersoonsvariatie geschat en verwijderd, en worden de gebruikelijke innemingparameters bepaald. Daarna vindt terugtransformatie plaats naar de oorspronkelijke schaal.

Het is mogelijk te corrigeren voor correlatie in inneming tussen twee opeenvolgende dagen. Daar de enige daarvoor beschikbare correlatiecoëfficiënten afkomstig zijn uit een Amerikaanse populatie en het meenemen van deze correlatiecoëfficiënten de gebruikelijke innemingparameters nauwelijks beïnvloedde, is besloten deze correlatiecoëfficiënten niet mee te nemen in de analyse.

In 2003 is een voedselconsumptiepeiling uitgevoerd onder jongvolwassenen waarbij een nieuwe manier van dataverzameling is toegepast. De resultaten van deze VCP zijn voor dit rapport nog niet gebruikt. De gegevensverzameling in deze meest recente VCP leent zich echter zeer goed voor het schatten van de gebruikelijke inneming. Omdat de gegevens zijn verzameld op willekeurige dagen, en niet op 2 opeenvolgende dagen, is er geen sprake van de correlatie in inneming tussen dagen. Dit is een voordeel bij het schatten van de gebruikelijke innemingverdeling.

4.3 De gebruikelijke vitamine A inneming

In tabel 4.1 en 4.2 zijn de innemingkarakteristieken van de gebruikelijke vitamine A inneming weergegeven uitgedrukt in RE-NEVO, RE-IOM en RE-West. Figuur 4.1 laat de waargenomen en gebruikelijke innemingverdelingen van vitamine A, uitgedrukt in RE-IOM, zien voor enkele leeftijdscategorieën.

Wat opvalt is dat de verdelingen erg scheef zijn naar rechts. Dit geldt zowel de waargenomen als de gebruikelijke inneming. Deze laatste is, zoals was te verwachten, iets minder scheef verdeeld. De figuur laat eveneens duidelijk het verschil zien tussen de waargenomen en de gebruikelijke innemingverdelingen.

De variatie in de gebruikelijke inneming (sd) is (uiteraard) beduidend kleiner dan die in de waargenomen inneming.

Omdat retinolequivalenten zijn opgebouwd uit retinol en enkele provitamine A carotenoïden zijn in tabel 4.3 de gemiddelden en standaarddeviaties van de gebruikelijke inneming van retinol en β -caroteen weergegeven. Het was niet mogelijk de gebruikelijke innemingverdeling van de andere twee provitamine A carotenoïden te schatten, omdat de gegevens niet naar normaal verdeelde data getransformeerd konden worden.

Tabel 4.4 geeft meer inzicht in de bijdrage van retinol aan het aantal retinolequivalenten. Deze bijdrage verschilt uiteraard voor de verschillende retinolequivalenties, omdat naarmate de omrekeningsfactor voor de provitamine A carotenoïden lager is hun relatieve bijdrage zal toenemen. We zien dat voor RE-IOM retinol voor ongeveer 80 procent bijdraagt aan de totale vitamine A inneming. Circa 20 procent komt dus voor rekening van de provitamine A carotenoïden.

De consumptie van vlees, vetten, groenten en melk en melkproducten leveren de grootste bijdrage aan de voorziening met retinolequivalenten.

Tabel 4.1: Gemiddelden en standaarddeviaties van de gebruikelijk vitamine A inneming van de Nederlandse bevolking uitgedrukt in retinolequivalenten (RE) ¹

	N	RE-NEVO ²		RE-IOM ³		RE-West ⁴	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd
1-3 kinderen	254	651	335	573	345	542	344
4-8 kinderen	431	794	559	674	488	625	491
9-13 kinderen	409	841	373	701	347	645	348
14-18 mannen	229	1137	631	960	578	881	553
14-18 vrouwen	216	944	435	741	356	660	368
19-50 mannen	1437	1279	744	1096	735	1020	744
19-50 vrouwen	1655	963	498	787	454	717	446
51-65 mannen	420	1398	785	1197	775	1116	786
51-65 vrouwen	479	1078	478	859	463	774	488
>65 mannen	260	1339	609	1102	564	1004	576
>65 vrouwen	410	1053	442	815	377	728	375

¹ Voedselconsumptiegegevens zijn afkomstig uit VCP-3

² Retinolequivalenten uit NEVO-bestand 2001

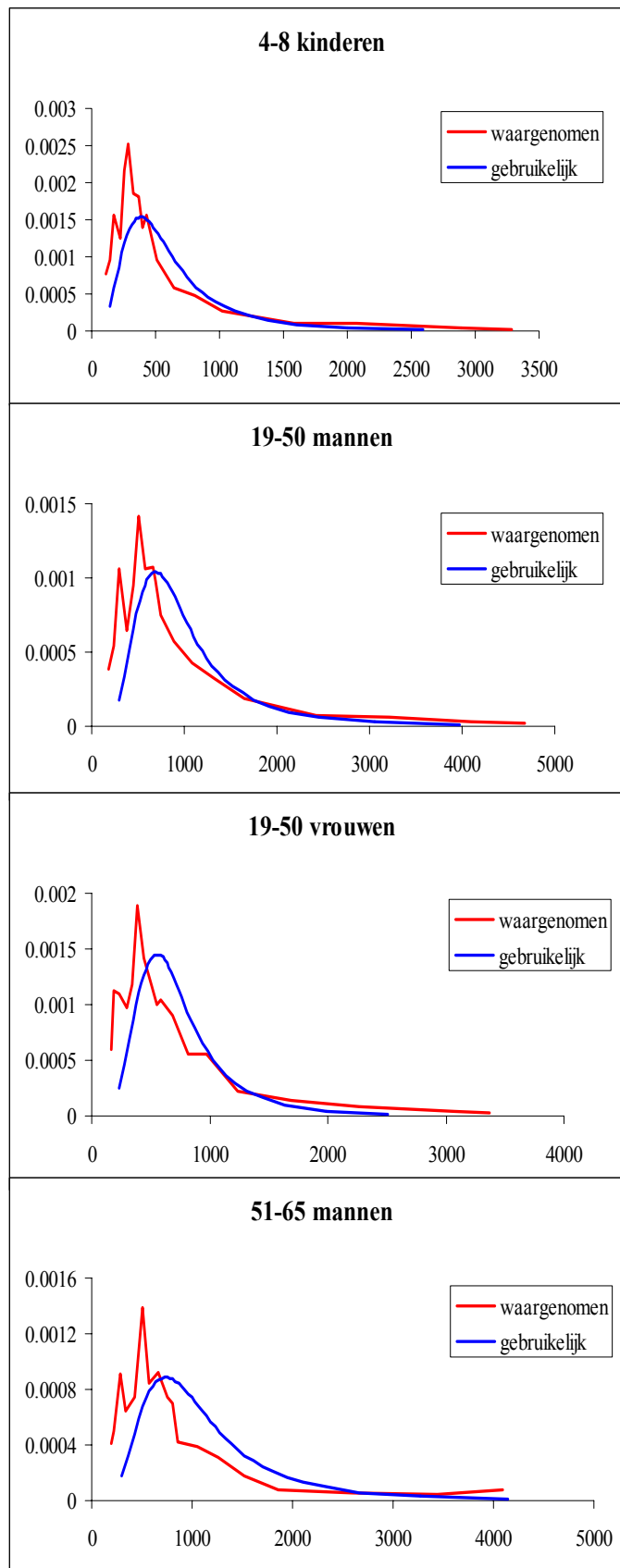
³ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens Institute of Medicine (Institute of Medicine, 2001)

⁴ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens West (West, 2000)

Tabel 4.2: Percentielen van de gebruikelijke vitamine A inneming ('RE-IOM') van de Nederlandse bevolking per leeftijdscategorie¹

	N	P1	P10	P25	P50	P75	P90	P99
1-3 kinderen	254	158	252	338	482	706	1006	1817
4-8 kinderen	431	144	259	365	540	818	1233	2567
9-13 kinderen	409	233	362	464	620	846	1136	1911
14-18 mannen	229	257	448	596	817	1150	1619	3129
14-18 vrouwen	216	247	382	495	662	897	1193	1966
19-50 mannen	1437	291	484	647	899	1302	1910	3942
19-50 vrouwen	1655	233	377	499	676	938	1315	2487
51-65 mannen	420	303	510	695	994	1453	2108	4114
51-65 vrouwen	479	273	424	549	746	1038	1424	2522
>65 mannen	260	353	541	708	971	1348	1832	3048
>65 vrouwen	410	303	442	555	728	978	1293	2114

¹ Voedselconsumptiegegevens zijn afkomstig uit VCP-3, Retinolequivalenten zijn berekend met omrekeningsfactoren volgens Institute of Medicine (Institute of Medicine, 2001)



Figuur 4.1: Verdeling van de waargenomen en de gebruikelijke vitamine A inneming (RE-IOM) voor enkele leeftijdscategorieën

Tabel 4.3: Gemiddelden en standaarddeviaties van de gebruikelijke inneming van retinol en β -caroteen van de Nederlandse bevolking ($\mu\text{g}/\text{dag}$)

	N	retinol		β -caroteen	
		gem	sd	gem	sd
1-3 kinderen	254	479	408	808	172
4-8 kinderen	431	551	462	1285	642
9-13 kinderen	409	539	290	1520	691
14-18 mannen	229	760	520	2014	1073
14-18 vrouwen	216	534	381	2285	1498
19-50 mannen	1437	909	791	2045	888
19-50 vrouwen	1655	608	447	1909	962
51-65 mannen	420	987	764	2238	972
51-65 vrouwen	479	654	550	2247	1072
>65 mannen	260	869	655	2451	1138
>65 vrouwen	410	597	407	2524	924

[†] Voedselconsumptiegegevens zijn afkomstig uit VCP-3

Tabel 4.4: De relatieve bijdrage van retinol aan retinolequivalenten voor volwassen mannen en vrouwen

	mannen >18 (N=2116)	vrouwen >18 (N=2544)
retinol/RE-NEVO	0.71	0.62
retinol/RE-IOM	0.82	0.76
retinol/RE-West	0.88	0.84

4.4 Vitamine A inneming van vegetariërs

Retinol komt voor in dierlijke producten en is toegevoegd aan margarines. Gezien de relatief grote bijdrage van retinol aan de vitamine A inneming van de Nederlandse bevolking, hebben we voor de vegetariërs en veganisten de vitamine A inneming apart berekend.

Het VCP-3 bestand omvatte 71 individuen die aangaven vegetarisch of veganistisch te eten. Hieruit zijn de consumptiegegevens van alle volwassenen (N=62) geselecteerd. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.5. Het was niet mogelijk de gebruikelijke innemingverdeling te schatten voor RE-NEVO, omdat de verdeling van de gegevens zeer ongebruikelijk was. Dat komt waarschijnlijk door de kleine aantallen. Dit probleem trad niet op voor RE-IOM en RE-West.

De retinolinneming is voor de vegetariërs beduidend lager dan het populatiegemiddelde, de inneming van β -caroteen ligt echter hoger. Naarmate de omrekening van de veelal van plantaardige oorsprong zijnde provitamine A carotenoïden naar retinolequivalenten 'strenger' is, wordt het relatieve verschil tussen vegetariërs en niet-vegetariërs groter. Uitgedrukt in RE-IOM is de vitamine A inneming voor vegetarisch etende mannen circa 20 procent en voor vegetarisch etende vrouwen circa 25 procent lager dan het bevolkingsgemiddelde.

Tabel 4.5 Inneming van vitamine A (RE), retinol en provitamine A carotenoïden van vegetariërs en veganisten (>18 jaar) in VCP-3

Waargenomen inneming						
	Allen (N=62)		Mannen (N=15)		Vrouwen (N=47)	
	gem	sd	gem	sd	gem	sd
RE-NEVO	926	449	1125	509	862	414
RE-IOM	675	326	844	384	622	290
RE-West	572	291	728	354	523	253
retinol	420	275	556	354	377	232
β -caroteen	2451	1757	2741	1941	2358	1707
α -caroteen	505	877	662	1394	455	647
β -cryptoxanthine	193	263	213	340	186	237
Gebruikelijke inneming						
	Allen (N=62)		Mannen (N=15)		Vrouwen (N=47)	
	gem	sd	gem	sd	gem	sd
RE-IOM	666	127	883	206	597	43
RE-West	554	160	729	249	498	97
retinol	393	200	519	324	355	150

¹ Van de 62 individuen waren er 7 veganist (4 mannen en 3 vrouwen)

5. Toetsing van de vitamine A inneming aan de behoefte

In het vorige hoofdstuk is de gebruikelijke innemingverdeling van vitamine A bepaald. Om inzicht te verwerven in de mate waarin deze inneming adequaat is, dus voorziet in de behoefte, dient de inneming getoetst te worden aan de voedingsnorm (hoofdstuk 3).

5.1 De grenswaardebenadering en de waarschijnlijkheidsbenadering

Voor het toetsen van de inneming aan de behoefte bestaan twee methoden: de grenswaardebenadering en de waarschijnlijkheidsbenadering (Institute of Medicine, 2000; Waijers et al., 2004).

De grenswaardebenadering is zeer rechttoe rechtaan. De prevalentie van inadequate innemingen wordt geschat als de proportie van de populatie met een gebruikelijke inneming lager dan de gemiddelde behoefte.

De waarschijnlijkheidsbenadering gaat uit van een risicofunctie die berekend kan worden uit de behoefteverdeling. Hieruit kan dan voor ieder niveau van inneming het risico worden berekend dat deze inadequaat is. Deze risico's kunnen vervolgens worden opgeteld om een prevalentieschatting te verkrijgen. In de praktijk kan dit ook door middel van Monte Carlo simulatie worden gedaan. Voor deze benadering moet een behoefteverdeling worden gespecificeerd.

Welke methode het best kan worden gebruikt hangt feitelijk af van (wat bekend is over) de behoefteverdeling ten opzichte van de innemingverdeling.

Voor toepassing van de grenswaardebenadering worden een aantal aannames gedaan:

- Inneming en behoefte zijn onafhankelijk
Er is geen reden te veronderstellen dat vitamine A inneming en behoefte sterk met elkaar samenhangen.
- De behoefteverdeling is symmetrisch
Hierover is feitelijk niets bekend. Voor de meeste μ nutriënten, dus ook voor vitamine A, wordt aangenomen dat de behoeften normaal verdeeld zijn.
- De variatie van de behoefteverdeling is klein vergeleken met de variatie van de gebruikelijke innemingverdeling
De variatie in de gebruikelijke vitamine A inneming ligt voor de meeste leeftijdscategorieën rond de vijftig procent en voor sommige zelfs ruim daarboven. Daarmee is deze naar alle waarschijnlijkheid een stuk groter dan die van de behoefte.

Schending van de aannames van de grenswaardebenadering leidt al snel tot onnauwkeurigheden in de prevalentieschatting (Waijers et al., 2004). Voor vitamine A lijkt aan de aannames van de grenswaardebenadering echter te worden voldaan. Deze ‘snelle’ benadering kan voor deze vitamine de prevalenties van inadequate inneming in de bevolking naar verwachting redelijk tot goed weergeven.

Bij toepassing van de waarschijnlijkheidsbenadering is het echter mogelijk meerdere behoefteverdelingen te specificeren. Op die manier kan inzicht worden verkregen in de betrouwbaarheid van de schatting.

5.2 Vitamine A voorziening van de Nederlandse bevolking

In tabel 5.1 en 5.2 zijn de prevalenties van inadequate vitamine A inneming per leeftijdscategorie weergegeven. Hierbij is de gebruikelijke innemingverdeling van vitamine A, zoals geschat en beschreven in hoofdstuk 3, als uitgangspunt genomen. Tabel 5.1 laat schattingen zien berekend met behulp van zowel de grenswaardebenadering als de waarschijnlijkheidsbenadering. Deze schattingen liggen zeer dicht bij elkaar. Voor de waarschijnlijkheidsbenadering is uitgegaan van normaal verdeelde behoeften met een variatiecoëfficiënt van 20 procent. In de tweede tabel is de behoefteverdeling gevarieerd om inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van de schattingen. De verschillen zijn uiterst gering. Dit verklaart ook dat de prevalenties berekend met de grenswaardebenadering zo dichtbij die van de waarschijnlijkheidsbenadering liggen.

De getallen in het vette kader in tabel 5.2, die geacht worden de werkelijke prevalenties het dichtst te benaderen, lijken daarmee betrouwbare schattingen voor het percentage personen voor wie de vitamine A inneming uitgedrukt in retinolequivalenten inadequaaf is.

Ook voor de waargenomen vitamine A inneming zijn de prevalentieschattingen berekend. Deze zijn te vinden in bijlage C. Dit is gedaan ondanks het feit dat niet de waargenomen, maar de gebruikelijke innemingverdeling als uitgangspunt dient voor het toetsen van de inneming aan de behoefte. De reden hiervoor is dat deze schattingen sterk afwijken van (veel hoger zijn dan) de prevalentieschattingen die uitgaan van de gebruikelijke innemingverdeling.

De verklaring voor het grote verschil is eenvoudig. Hiervoor hoeft slechts een blik te worden geworpen op de verdelingsgrafieken en –tabellen in hoofdstuk 4 en bijlage A. De tussenlaagvariatie (binnenpersoonsvariatie) in de vitamine A inneming is zeer groot. Op veel dagen zal voor veel mensen de inneming laag zijn en de voorziening inadequaaf. Echter op andere dagen zal de inneming juist erg hoog zijn, veel hoger dan de gemiddelde behoefte. Daarmee is voor deze personen de voorziening op langere termijn, de gebruikelijke inneming, adequaat.

Als we in tabel 5.1 en 5.2 de resultaten bekijken voor de verschillende retinolequivalenties zien we grote verschillen. Ook uit de innemingkarakteristieken was al gebleken dat de manier van berekenen van het aantal RE zelfs in de Nederlandse populatie, waar toch een belangrijk deel van de retinolequivalenten uit retinol afkomstig is, een behoorlijk verschil uitmaakt voor de uiteindelijke vitamine A inneming. Met andere woorden, de situatie met betrekking tot de vitamine A voorziening ziet er heel anders uit als uitgegaan wordt van RE-IOM in plaats van RE-NEVO. Zoals besproken in paragraaf 2.4 geven wij de voorkeur aan de omrekeningsfactoren die ook het Institute of Medicine heeft gebruikt.

Uitgaande van de in paragraaf 3.4 geschatte gemiddelde behoeften per leeftijdscategorie denken wij dat de vetgedrukte getallen in tabel 5.1 het beste het percentage individuen per leeftijdscategorie weergeven voor wie de vitamine A inneming inadequaats is.

De gemiddelde behoeften waarvan bij bovenstaande schatting uitgegaan wordt is gebaseerd op een adequate legervoorraad van vitamine A om verhoogde behoeften te kunnen dekken gedurende een periode van stress of verlaagde vitamine A inneming. Deze relatief hoge waarden zijn in principe haalbaar voor de Nederlandse bevolking dankzij de hoge beschikbaarheid van voedingsmiddelen rijk aan vitamine A. Echter, omdat uit bovenstaande prevalentiecijfers blijkt dat voor een aanzienlijk percentage van de Nederlandse bevolking de inneming lager is dan deze gemiddelde behoeften, leek het ons wenselijk inzicht te hebben in hoe deze percentages liggen uitgaande van een lagere gemiddelde behoefte. De eerder berekende gemiddelde behoefte is voor iedere leeftijdscategorie met 10 en 20 procent verlaagd en wederom is het percentage individuen met een inadequate vitamine A inneming geschat. Het resultaat is weergegeven in tabel 5.3a. In tabel 5.3b is het percentage individuen weergegeven voor wie de inneming lager is dan de minimale behoefte om deficiëntieverschijnselen te voorkomen (zie paragraaf 3.5).

Tabel 5.1: Prevalentie van inadequate vitamine A innemingen (% individuen met inneming < behoefte), uitgedrukt in 'RE-NEVO', 'RE-IOM' en 'RE-West', berekend met de waarschijnlijkheidsbenadering en de grenswaardebenadering¹

	N	gem behoefte	Waarschijnlijkheidsbenadering			Grenswaardebenadering		
			RE- NEVO ²	RE- IOM ³	RE- West ⁴	RE- NEVO ²	RE- IOM ³	RE- West ⁴
1-3 kinderen	254	220	3	7	10	2	6	9
4-8 kinderen	431	300	9	16	20	9	15	20
9-13 kinderen	409	440	11	22	30	9	21	30
14-18 mannen	229	600	15	26	33	14	26	33
14-18 vrouwen	216	510	13	28	40	12	27	40
19-50 mannen	1437	620	12	23	30	11	22	30
19-50 vrouwen	1655	530	15	30	38	14	30	39
51-65 mannen	420	610	9	19	24	8	18	24
51-65 vrouwen	479	530	8	23	34	6	23	35
>65 mannen	260	610	7	17	25	5	16	25
>65 vrouwen	410	520	7	21	32	6	20	31

¹ Gebruikelijke innemingverdeling, voedselconsumptiegegevens afkomstig uit VCP-3.

Waarschijnlijkheidsbenadering: behoefteverdeling normaal gespecificeerd, VC=20% conform (Institute of Medicine, 2001)

² Retinolequivalenten uit NEVO-bestand 2001

³ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens Institute of Medicine (Institute of Medicine, 2001)

⁴ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens West (West, 2000)

Tabel 5.2: Prevalentie van inadequate vitamine A innemingen (% individuen met inneming < behoefte), uitgedrukt in 'RE-NEVO', 'RE-IOM' en 'RE-West', berekend met de waarschijnlijkheidsbenadering voor verschillende behoefteverdelingen¹

	behoefte: VC=10% normaal verdeeld			behoefte: VC=30% normaal verdeeld			behoefte: VC=20% lognormaal verdeeld		
	RE- NEVO ²	RE- IOM ³	RE- West ⁴	RE- NEVO ²	RE- IOM ³	RE- West ⁴	RE- NEVO ²	RE- IOM ³	RE- West ⁴
1-3 kinderen	2	6	9	3	8	11	3	7	10
4-8 kinderen	9	15	20	10	17	20	9	16	20
9-13 kinderen	9	21	30	12	23	31	10	22	30
14-18 mannen	14	25	33	17	27	33	15	26	33
14-18 vrouwen	12	27	40	15	28	39	13	28	39
19-50 mannen	11	23	29	14	24	30	12	23	29
19-50 vrouwen	14	30	38	17	30	38	15	30	38
51-65 mannen	8	18	24	10	19	25	9	18	24
51-65 vrouwen	7	23	34	9	24	34	8	23	34
>65 mannen	6	16	25	8	18	26	7	17	25
>65 vrouwen	6	20	31	9	23	32	7	21	31

¹ Gebruikelijke innemingverdeling, voedselconsumptiegegevens afkomstig uit VCP-3

² Retinolequivalenten uit NEVO-bestand 2001

³ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens Institute of Medicine (Institute of Medicine, 2001)

⁴ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens West (West, 2000)

Tabel 5.3a: Prevalentie van inadequate vitamine A innemingen uitgaande van lagere gemiddelde behoeften (% individuen met inneming < behoefte)¹

	Gem. behoefte 10% verlaagd				Gem. behoefte 20% verlaagd			
	verlaagde behoefte	RE-NEVO ²	RE-IOM ³	RE-West ⁴	verlaagde behoefte	RE-NEVO ²	RE-IOM ³	RE-West ⁴
1-3 kinderen	198	2	5	7	176	1	3	4
4-8 kinderen	270	7	12	16	240	4	9	12
9-13 kinderen	396	7	16	23	352	4	10	16
14-18 mannen	540	11	20	26	480	7	14	19
14-18 vrouwen	459	9	21	32	408	6	15	23
19-50 mannen	558	8	17	23	496	5	12	17
19-50 vrouwen	477	11	23	31	424	7	16	23
51-65 mannen	549	6	14	18	488	4	10	13
51-65 vrouwen	477	5	17	27	424	3	11	20
>65 mannen	549	4	12	19	488	2	8	13
>65 vrouwen	468	4	15	24	416	2	9	17

Tabel 5.3b: Prevalentie van inadequate vitamine A innemingen uitgaande van minimale behoeften om deficiëntieverschijnselen te voorkomen (% individuen met inneming < behoefte)¹

	Minimale behoefte om geen deficiëntieverschijnselen te ontwikkelen			
	verlaagde behoefte	RE-NEVO ²	RE-IOM ³	RE-West ⁴
1-3 kinderen	112	0,0	0,2	0,4
4-8 kinderen	150	0,6	1,5	2,5
9-13 kinderen	230	0,3	1,5	2,6
14-18 mannen	300	0,8	2,5	3,8
14-18 vrouwen	300	1,2	4,1	8,1
19-50 mannen	300	0,5	1,6	3,1
19-50 vrouwen	300	1,3	4,8	8,2
51-65 mannen	300	0,3	1,3	2,5
51-65 vrouwen	300	0,3	2,6	5,8
>65 mannen	300	0,1	0,6	1,7
>65 vrouwen	300	0,2	1,8	4,3

¹ Gebruikelijke innemingverdeling, voedselconsumptiegegevens afkomstig uit VCP-3, waarschijnlijkheidsbenadering: behoeften normaal verdeeld, VC behoefte 20%

² Retinolequivalenten uit NEVO-bestand 2001

³ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens Institute of Medicine (Institute of Medicine, 2001)

⁴ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens West (West, 2000)

5.3 Vitamine A voorziening van vegetariërs

In hoofdstuk 4 is gebleken dat de gemiddelde vitamine A inneming van vegetariërs (en veganisten) tot een kwart lager ligt dan het gemiddelde van de populatie. Desalniettemin voldoet de vitamine A inneming uitgedrukt in RE-IOM voor de meeste vegetariërs aan de behoefte (tabel 5.4). De prevalenties inadequate innemingen zijn zelfs lager dan die in de totale bevolking. Dit is te verklaren door het feit dat de variatie in inneming tussen vegetariërs zeer klein is. Met andere woorden, mensen die vegetarisch eten hebben een zeer vergelijkbaar (bewust?) eetpatroon en er zijn weinig individuen met een zeer hoge maar ook weinig met een zeer lage inneming.

Hoewel vegetariërs een potentiële risicogroep zijn wat betreft hun vitamine A voorziening, lijkt dit voor Nederlandse vegetariërs niet bijzonder het geval te zijn.

Tabel 5.4: Prevalentie van inadequate vitamine A innemingen onder vegetariërs (>18 jaar) berekend met de grenswaardebenadering (% individuen met inneming < behoefte)

	mannen (N=15)	vrouwen (N=47)
	<620	<530
RE-IOM	9	5
RE-West	36	66

6. Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is de vitamine A inneming van de Nederlandse bevolking getoetst aan de voedingsnorm.

6.1 Conclusies met betrekking tot de procedure en de schattingen

Voordat de daadwerkelijke beoordeling, het toetsen van de vitamine A inneming aan de voedingsnorm, kon plaatsvinden, moesten eerst twee zaken worden uitgediept.

Dit betreft in de eerste plaats de Nederlandse voedingsnorm voor vitamine A, die dateert uit 1989. Alleen voor volwassenen is een gemiddelde behoefte gegeven. Het was daarom noodzakelijk voor dit rapport een inschatting te maken van de gemiddelde vitamine A behoefte per leeftijdscategorie. Hiervoor is gebruik gemaakt van een formule die ook is gehanteerd voor het vaststellen van de meest recente Amerikaanse voedingsnorm. Bij het beoordelen van de micronutriëntinneming is kennis omtrent de behoefte aan de betreffende micronutriënt onontbeerlijk.

Het tweede punt heeft betrekking op de eenheid, retinolequivalenten (RE), waarin vitamine A wordt uitgedrukt. De in Nederland gehanteerde omrekeningsfactor van provitamine A carotenoïden naar retinolequivalenten is achterhaald. Op grond van nieuwe inzichten wordt tegenwoordig gedacht dat deze minimaal twee keer zo hoog is. Reden hiervoor is dat de bio-effectiviteit (biobeschikbaarheid en bioconversie) van provitamine A carotenoïden lager is dan voorheen werd aangenomen. Daarom is in dit rapport de vitamine A inneming uitgedrukt in verschillende equivalenties. De NEVO-tabel bevat enkel de 'oude' retinolequivalenties. Daarom was het noodzakelijk voor een aantal producten het carotenoïdgehalte te schatten, om aan de hand daarvan de 'nieuwe' equivalenties te kunnen berekenen. Hoewel is getracht dit met nauwkeurigheid te doen, zijn het schattingen. Het is dan ook van belang dat dergelijke nieuwe inzichten worden gevolgd en dat hierop wordt ingesprongen. In dit geval door in de NEVO-tabel bijvoorbeeld ook de nieuwe equivalenties op te nemen.

De methode die gevolgd is voor het toetsen van de vitamine A inneming aan de behoefte is die zoals beschreven in het rapport 'Methode voor schatting van de prevalentie van inadequate innemingen van micronutriënten' (Waijers et al., 2004).

Als de prevalentie inadequate innemingen wordt geschat uitgaande van de waargenomen innemingverdelingen (dit is niet correct), dan valt deze veel hoger uit dan wanneer de gebruikelijke innemingverdeling wordt gebruikt. Vitamine A is een micronutriënt met zeer grote variaties in inneming tussen dagen. Het grote belang de gebruikelijke innemingverdeling als uitgangspunt te nemen bij de prevalentieschatting is gebleken, met name voor dergelijke vitaminen en mineralen. Voorzichtigheid dient dan ook te worden geboden bij het interpreteren van resultaten waarbij dit niet op deze manier is gedaan.

Hoewel voor drie equivalenties inneminggegevens zijn berekend en prevalentieschattingen zijn gedaan, is bij het beoordelen van de resultaten uitgegaan van de equivalenties die ook in Amerika worden gehanteerd en niet van de totnogtoe in Nederland gehanteerde equivalenties. De verschillen zijn aanzienlijk. De gehanteerde omrekeningsfactor naar RE heeft grote invloed op het geschatte percentage individuen met een inadequate inneming. Bij het interpreteren van gegevens betreffende de vitamine A voorziening dient dus goed te worden gekeken hoe het aantal retinolequivalenten is berekend.

De uiteindelijke prevalentieschattingen lijken betrouwbaar te zijn. Met behulp van de waarschijnlijkheidsbenadering kan inzicht worden verkregen in de betrouwbaarheid van de schattingen door verschillende behoefteverdelingen te specificeren.

De gevolgde methode voor het schatten van het percentage individuen met een inadequate inneming is echter nog niet volledig uitgekristalliseerd. In de eerste plaats is deze inhoudelijk niet optimaal. Voor het schatten van de gebruikelijke inneming wordt nu de Nussermethode gebruikt. Hierbij dienen vooraf leeftijdscategorieën te worden gespecificeerd. Dit gaat ten koste van de betrouwbaarheid van de schatting. Daarnaast is de manier waarop de berekeningen nu moeten worden uitgevoerd complex en oninzichtelijk. Het verdient aanbeveling een aangepaste methode te ontwikkelen waarin zowel de gebruikelijke inneming als de prevalentieschattingen een functie zijn van leeftijd. Onzekerheden in de behoefteverdeling en in de schatting van de gebruikelijke inneming kunnen daarbij eveneens inzichtelijk worden gemaakt.

6.2 Conclusies met betrekking tot de vitamine A voorziening

Als de vitamine A inneming van de Nederlandse bevolking kwantitatief wordt getoetst aan de voedingsnorm voor vitamine A waarbij wordt uitgegaan van een niveau van inneming waarbij een adequate levervoorraad kan worden behouden, dan blijkt voor deze, afhankelijk van de leeftijdscategorie, voor circa 20 tot 30 procent van de bevolking lager te zijn dan de behoefte (tabel 6.1).

De vitamine A inneming is erg variabel tussen dagen. Dit is geen probleem omdat deze vitamine adequaat kan worden opgeslagen in en vrijgegeven door de lever. Een chronisch tekort aan vitamine A, resulterend van een te lage inneming over een lange periode, kan uiteraard niet worden opgevangen. Op grond van deze resultaten lijkt voor circa een kwart van de bevolking de voorraad retinol in de lever lager dan wenselijk.

Gerealiseerd moet worden dat de gemiddelde behoefte voor vitamine A is gebaseerd op het behouden van een adequate levervoorraad. Het is dus niet zo dat individuen met een inadequate inneming ook klinische symptomen hebben, zoals abnormale donkeradaptatie. Tabel 5.3a laat echter zien dat voor meer dan 10 procent van de volwassenen, oplopend tot 16 procent van de vrouwen tussen de 19 en 50 jaar, de vitamine A inneming meer dan

20 procent lager is dan de gemiddelde behoefte. Voor deze groep vrouwen geldt dat 4,8 procent een niveau van inneming heeft dat de fysiologische behoeften wellicht niet dekt (tabel 5.3b), met mogelijk een verminderde donkeradaptatie en/of een verminderde weerstand tot gevolg. Het is verontrustend dat een niet te verwaarlozen percentage van de bevolking zelfs niet voldoet aan dit niveau van inneming dat echt te laag is.

Als de totnogtoe in Nederland gehanteerde equivalenties (RE-NEVO) als uitgangspunt zouden worden genomen, vallen de schattingen veel lager uit. Op grond van de huidige kennis achten wij deze equivalenties echter te laag. Hetzelfde geldt voor de bijbehorende prevalentieschattingen.

De consumptie van vlees, vetten, groenten en melk en melkproducten leveren de grootste bijdrage aan de vitamine A inneming. De vitamine A inneming is in de periode 1988-1998 sterk gedaald (Gezondheidsraad, 2002). Uit het trendrapport van de Gezondheidsraad kwam naar voren dat deze daling vooral het gevolg was van een lagere consumptie van lever(producten) en een verminderd gebruik van smeervetten. Daarnaast zou ook de vervanging van boter, margarine en bak- en braadproducten door olie en de vervanging van volle melk(producten) door halfvolle en magere varianten een rol spelen bij de daling (Gezondheidsraad, 2002). Het is mogelijk dat deze trends verder doorzetten.

Concluderend is voor 20 tot 30 procent van de bevolking de vitamine A inneming onvoldoende om een voldoende levervoorraad aan vitamine A te kunnen handhaven. Hoewel het merendeel van deze individuen hiervan geen directe fysiologische gevolgen zal ondervinden, blijkt voor een groot deel van deze groep de inneming substantieel lager te zijn dan de behoefte. Een klein percentage individuen, dat naar schatting onder volwassen vrouwen oploopt tot 4,8 procent, heeft een dermate lage vitamine A inneming dat de fysiologische behoeften mogelijk niet meer volledig worden gedekt.

De betekenis van deze bevinding voor de gezondheid dient dan ook nader te worden onderzocht. Daarnaast moeten, zeker in het licht van de huidige trends in de voedselconsumptie, ontwikkelingen in de vitamine A voorziening nauwlettend worden gevolgd.

6.3 Aanbevelingen

Om een waarheidsgetrouw inzicht te krijgen in de voorziening van een nutriënt, is het van belang om in te spelen op nieuwe inzichten op het gebied van onder andere voedingsnormen en bio-effectiviteit. Bij dit laatste gaat het in dit geval concreet om de omrekeningsfactor naar retinolequivalenten in de NEVO-tabel.

Het ontwikkelen van een methode waarbij de gebruikelijke inneming op een flexibele manier wordt geschat, zoals dat met de Nussermethode gebeurt, maar dan als functie van leeftijd, lijkt veelbelovend. Zeker als deze methode zou worden toegespitst op vraagstellingen als deze, waarbij de inneming van micronutriënten dient te worden getoetst aan de voedingsnorm. Als toetsing geschiedt door middel van de waarschijnlijkheidsbenadering is

het mogelijk de prevalentie inadequate innemingen weer te geven als functie van leeftijd met een betrouwbaarheidsinterval bij de schatting. Dit zal niet alleen een helder en volledig inzicht kunnen geven in de voorziening van de betreffende micronutriënt, ook kan met een goed uitgewerkt model een dergelijke berekening met veel grote efficiëntie gebeuren. Het verder uitwerken van een dergelijke methode verdient dan ook de aanbeveling.

De vitamine A voorziening is voor een aanzienlijk percentage van de bevolking in geringe tot ernstige mate te laag gebleken. Daarom dient onderzoek te worden gedaan naar de betekenis hiervan voor de gezondheid. Daarnaast is ook monitoring van de verdere ontwikkelingen in de vitamine A voorziening gewenst.

*Tabel 6.1: Prevalentie van inadequate vitamine A innemingen
(% individuen met inneming < behoefte)*

	gem behoefte	prevalentie ¹
1-3 kinderen	220	7
4-8 kinderen	300	16
9-13 kinderen	440	22
14-18 mannen	600	26
14-18 vrouwen	510	28
19-50 mannen	620	23
19-50 vrouwen	530	30
51-65 mannen	610	19
51-65 vrouwen	530	23
>65 mannen	610	17
>65 vrouwen	520	21

¹ Uitgaande van REs berekend met omrekeningsfactoren volgens het Institute of Medicine (Institute of Medicine, 2001)

Literatuur

Castenmiller JJ, West CE. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annu Rev Nutr* 1998; 18:19-38.

Castenmiller JJ, West CE, Linssen JP, van het Hof KH, Voragen AG. The food matrix of spinach is a limiting factor in determining the bioavailability of beta-carotene and to a lesser extent of lutein in humans. *J Nutr* 1999; 129:349-55.

Dodd KW. A technical guide to C-SIDE. Ames: Department of statistics and Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, 1996. Technical report 96-TR 32.

Gezondheidsraad. Enkele belangrijke ontwikkelingen in de voedselconsumptie. Den Haag: Gezondheidsraad, 2002.

Gezondheidsraad. Voedingsnormen: calcium, vitamine D, thiamine, riboflavine, niacine, pantotheenzuur en biotine. Den Haag: Gezondheidsraad, 2000.

Gezondheidsraad. Voedingsnormen: vitamine B₆, foliumzuur en vitamine B₁₂. Den Haag: Gezondheidsraad, 2003.

van het Hof KH, Brouwer IA, West CE et al. Bioavailability of lutein from vegetables is 5 times higher than that of beta-carotene. *Am J Clin Nutr* 1999; 70:261-8.

Institute of Medicine. Dietary reference intakes. Applications in dietary assessment. Washington DC: National Academy Press, 2000.

Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington D.C.: National Academy Press, 2001.

Iowa State University. A user's guide to C-SIDE. Ames: Department of statistics and Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, 1996. Technical Report 96-TR 31.

van Lieshout M, West CE, Muhilal et al. Bioefficacy of beta-carotene dissolved in oil studied in children in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 2001; 73:949-58.

Micozzi MS, Brown ED, Edwards BK et al. Plasma carotenoid response to chronic intake of selected foods and beta-carotene supplements in men. *Am J Clin Nutr* 1992; 55:1120-5.

Nusser SM, Carriquiry AL, Dodd KW, Fuller WA. A semiparametric transformation approach to estimating usual daily intake distributions. *J Am Stat Assoc* 1996; 91:1440-9.

Olson JA. Recommended dietary intakes (RDI) of vitamin A in humans. *Am J Clin Nutr* 1987; 45:704-16.

de Pee S, West CE, Permaesih D, Martuti S, Muhilal, Hautvast JG. Orange fruit is more effective than are dark-green, leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and beta-carotene in schoolchildren in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1998; 68:1058-67.

Rock CL, Lovalvo JL, Emenhiser C, Ruffin MT, Flatt SW, Schwartz SJ. Bioavailability of beta-carotene is lower in raw than in processed carrots and spinach in women. *J Nutr* 1998; 128:913-6.

Sauberlich HE, Hodges RE, Wallace DL et al. Vitamin A metabolism and requirements in the human studied with the use of labeled retinol. *Vitam Horm* 1974; 32:251-75.

Slob W. Modelling human exposure to chemicals in food. Bilthoven: RIVM, 1993. RIVM Rapport 639102002.

Tang G, Gu X, Hu S et al. Green and yellow vegetables can maintain body stores of vitamin A in Chinese children. *Am J Clin Nutr* 1999; 70:1069-76.

Tang G, Qin J, Dolnikowski GG, Russell RM. Vitamin A equivalence of beta-carotene in a woman as determined by a stable isotope reference method. *Eur J Nutr* 2000; 39:7-11.

Tanumihardjo SA. Factors influencing the conversion of carotenoids to retinol: bioavailability to bioconversion to bioefficacy. *Int J Vitam Nutr Res* 2002; 72:40-5.

Torronen R, Lehmusaho M, Hakkinen S, Hanninen O, Mykkanen H. Serum β -carotene response to supplementation with raw carrots, carrot juice or purified β -carotene in healthy non-smoking women. *Nutr. Res.* 1996; 16:565-75.

Voedingscentrum. Zo eet Nederland. Results of the Dutch Food Consumption Survey 1997/1998. Den Haag: Voedingscentrum, 1998.

Voedingscentrum. NEVO-tabel 2001. Den Haag: Voedingscentrum, 2001.

Voedingsraad. Nederlandse voedingsnormen 1989. Den Haag: Voedingsraad, 1992

Waijers PMCM, Slob W, Ocké MC, Feskens EJM. Methode voor schatting van de prevalentie van inadequate innemingen van micronutriënten. Toepassing: foliumzuur. Bilthoven: RIVM, 2004. RIVM rapport 350010001

West CE, Castenmiller JJ. Quantification of the 'SLAMENGHI' factors for carotenoid bioavailability and bioconversion. *Int J Vitam Nutr Res* 1998; 68:371-7.

West CE, Eilander A, van Lieshout M. Consequences of revised estimates of carotenoid bioefficacy for dietary control of vitamin A deficiency in developing countries. *J Nutr* 2002; 132:2920S-6S.

West CE. Meeting requirements for vitamin A. *Nutr Rev* 2000; 58:341-5.

Yeum KJ, Russell RM. Carotenoid bioavailability and bioconversion. *Annu Rev Nutr* 2002; 22:483-504.

Bijlage A Karakteristieken van de waargenomen vitamine A inneming

Tabel A: Gemiddelden en standaarddeviaties van de waargenomen tweedaags-gemiddelde vitamine A inneming van de Nederlandse bevolking per leeftijdscategorie uitgedrukt in retinolequivalenten (RE)¹

	N	RE-NEVO ²		RE-IOM ³		RE-West ⁴	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd
1-3 kinderen	254	664	633	571	593	533	582
4-8 kinderen	431	736	745	622	668	575	643
9-13 kinderen	409	818	599	679	526	622	509
14-18 mannen	229	1033	900	861	807	790	782
14-18 vrouwen	216	892	748	725	640	657	612
19-50 mannen	1437	1234	1328	1047	1266	970	1252
19-50 vrouwen	1655	940	849	763	751	691	727
51-65 mannen	420	1338	1111	1132	1027	1047	1009
51-65 vrouwen	479	1055	868	843	778	756	759
>65 mannen	260	1336	961	1091	822	990	790
>65 vrouwen	410	1022	784	794	594	700	540

¹ Voedselconsumptiegegevens zijn afkomstig uit VCP-3

² Retinolequivalenten uit NEVO-bestand 2001

³ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens Institute of Medicine (Institute of Medicine, 2001)

⁴ Retinolequivalenten berekend met omrekeningsfactoren volgens West (West, 2000)

Tabel B: Percentielen van de waargenomen vitamine A inneming ('RE-IOM') van de Nederlandse bevolking per leeftijdscategorie¹

	N	P1	P10	P25	P50	P75	P90	P99
1-3 kinderen	254	102	190	253	367	683	1189	2992
4-8 kinderen	431	84	199	268	398	679	1284	3718
9-13 kinderen	409	139	238	356	515	817	1277	2867
14-18 mannen	229	124	338	453	616	931	1477	3892
14-18 vrouwen	216	129	248	375	544	795	1476	2816
19-50 mannen	1437	136	334	484	696	1144	2014	5413
19-50 vrouwen	1655	124	261	373	552	870	1433	3690
51-65 mannen	420	172	367	547	802	1322	2262	4341
51-65 vrouwen	479	118	301	428	602	986	1543	4535
>65 mannen	260	239	408	530	813	1342	2214	4061
>65 vrouwen	410	193	321	440	616	946	1414	2845

¹ Voedselconsumptiegegevens zijn afkomstig uit VCP-3, Retinolequivalenten zijn berekend met omrekeningsfactoren volgens Institute of Medicine (Institute of Medicine, 2001)

Bijlage B Inneming van retinol en provitamine A carotenoiden

Gemiddelden en standaarddeviaties van de waargenomen inneming van retinol en provitamine A carotenoiden van de Nederlandse bevolking (mcg/dag)

	N	retinol		beta-caroteen		alpha-caroteen		beta-cryptoxanthine	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd
1-3 kinderen	254	462	571	955	1051	197	412	61	120
4-8 kinderen	431	504	617	1180	1443	231	598	70	151
9-13 kinderen	409	530	498	1428	1647	290	698	83	153
14-18 mannen	229	683	764	1783	2109	335	828	69	148
14-18 vrouwen	216	550	593	1708	2143	316	795	94	172
19-50 mannen	1437	855	1248	1936	2369	371	963	79	170
19-50 vrouwen	1655	582	711	1797	2211	349	894	104	198
51-65 mannen	420	921	999	2141	2448	415	1036	88	170
51-65 vrouwen	479	630	756	2109	2352	464	979	127	205
>65 mannen	260	843	778	2436	2896	607	1226	90	173
>65 vrouwen	410	561	502	2252	2797	560	1178	135	241

¹ Voedselconsumptiegegevens zijn afkomstig uit VCP-3

Bijlage C Prevalentieschattingen uitgaande van de waargenomen innemingverdeling

Prevalenties van inadequate vitamine A innemingen (% individuen met inneming < behoefte), uitgedrukt in 'RE-NEVO', 'RE-IOM' en 'RE-West', berekend met de waarschijnlijkheidsbenadering en de grenswaardebenadering, weergegeven voor de waargenomen innemingverdeling

	N	gem behoefte	Waarschijnlijkheidsbenadering			Grenswaardebenadering		
			RE- NEVO	RE- IOM	RE- West	RE- NEVO	RE- IOM	RE- West
1-3 kinderen	254	220	19	26	30	10	14	19
4-8 kinderen	431	300	28	36	40	20	32	38
9-13 kinderen	409	440	36	45	50	28	39	45
14-18 mannen	229	600	39	48	53	34	48	52
14-18 vrouwen	216	510	44	52	57	37	48	53
19-50 mannen	1437	620	37	47	52	29	42	49
19-50 vrouwen	1655	530	41	52	58	35	48	55
51-65 mannen	420	610	28	37	42	20	31	36
51-65 vrouwen	479	530	35	47	54	25	41	49
>65 mannen	260	610	29	38	44	23	31	40
>65 vrouwen	410	520	33	43	50	24	37	46