

Undersøgelse af udviklingen i maksimale vandstande i den østligste del af Limfjorden Aalborg – Hals

Burcharth, Hans Falk; Røge, Mads Sønderstrup

*Publication date:*  
2015

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Burcharth, H. F., & Røge, M. S. (2015). Undersøgelse af udviklingen i maksimale vandstande i den østligste del af Limfjorden Aalborg – Hals. Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg. DCE Technical reports Nr. 198

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**INSTITUT FOR BYGGERI OG ANLÆG**  
AALBORG UNIVERSITET

# **Undersøgelse af udviklingen i maksimale vandstande i den østligste del af Limfjorden Aalborg – Hals**

**Hans F. Burcharth  
Mads Sønderstrup Røge**



Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg

**DCE Technical Report No. 198**

**Undersøgelse af udviklingen i maksimale vandstande i  
den østligste del af Limfjorden  
Aalborg – Hals**

Hans F. Burcharth  
Mads Sønderstrup Røge

Oktober 2015

© Aalborg Universitet

## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2015 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sofiendalsvej 9-11  
DK-9200 Aalborg SV, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 198



## **1. Undersøgelsens formål**

Udviklingen i maksimalvandstande i den veslige del af Limfjorden har påkaldt sig stor interesse i forbindelse med diskussionen om stigende oversvømmelsesfrekvens relateret til en eventuel klimaændring.

Formålet med nærværende undersøgelse er at belyse udviklingen i maksimalvandstande i den østligste del af Limfjorden på strækningen fra Aalborg til Hals, en strækning hvor der er lavtliggende områder på begge sider af fjorden.

Målinger af højvandstande i Aalborg er foretaget siden 1944 og i Hals siden april 2002.

## **2. Tilgængelige vandstandsmålinger**

Aalborg Havn A/S har registreret vandstande som anført i nedenstående opgørelse/statistik Tabel 1, dateret 31.07.2014. Opgørelsen indeholder målte månedlige maksimalvandstande for perioden september 1969 til juli 2014.

Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) har siden 2002 modtaget den automatiske måling af vandstandene, som foretages hvert tiende minut. Med tilladelse af 14.11.2014 fra Civ. ing. Lars Thorsted, Aalborg Havn A/S har forfatterne fra DMI fået adgang til følgende data:

Station 20303 Aalborg Øst, Tunnelbassinet. 03.05.2002 – 25.11.2014.

Station 20262 Hals Havn. 11.04.2002 – 25.11.2014.

Station 20299 Grønlandshavnen. 27.08.2007 – 25.11.2014.

Målestationernes placering er vist i Fig.1.

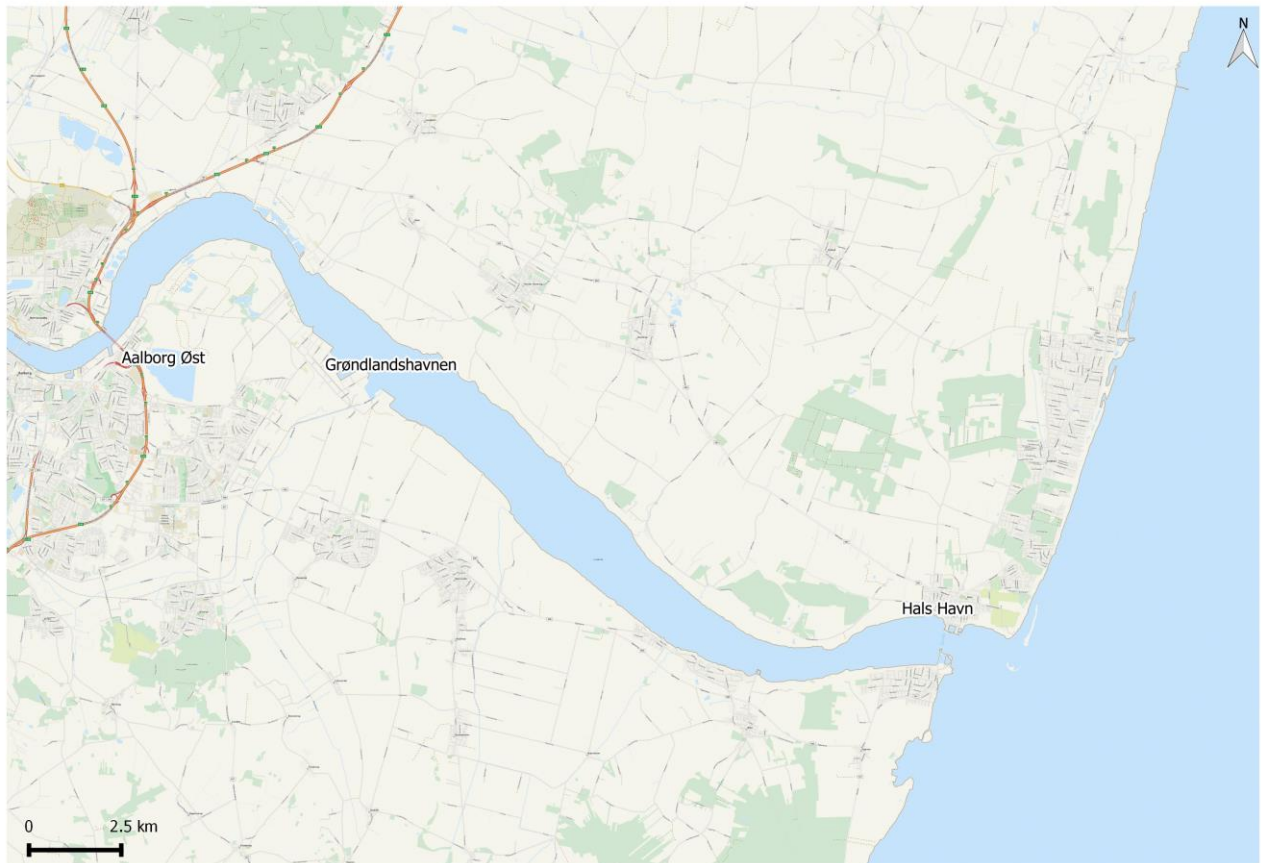


Fig.1. Placering af vandstandsmålestationerne i Aalborg og i Hals



Tabel 1. Statistik over maksimale vandstande i Aalborg Havn  
**Maksimale vandstande i Aalborg Havn Maksimale vandstande i cm.**

1944-1970: Aflæsning på vandstandsbrædt

1969-10.03 2008: Aflæsning på selvregistrerende måler

11.03 2008 - : Aut. Vandstandsmåler ved Tunnelbassin

|          |    |          |     |          |     |
|----------|----|----------|-----|----------|-----|
| 1944-45: | 80 | 1954-55: | 127 | 1962-63: | 74  |
| 1946-47: | 68 | 1955-56: | 105 | 1963-64: | 86  |
| 1948-49: | 78 | 1956-57: | 90  | 1964-65: | 86  |
| 1949-50: | 78 | 1957-58: | 70  | 1965-66: | 98  |
| 1950-51: | 92 | 1958-59: | 90  | 1966-67: | 102 |
| 1951-52: | 86 | 1959-60: | 68  | 1967-68: | 96  |
| 1952-53: | 68 | 1960-61: | 76  | 1968-69: | 54  |
| 1953-54: | 90 | 1961-62: | 108 |          |     |

| År           | Jan        | Feb        | Mar        | Apr       | Maj       | Juni      | Juli      | Aug       | Sep        | Okt        | Nov        | Dec        | Året       |
|--------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1969         |            |            |            |           |           |           |           |           | 97         | 88         | 89         | 33         | 97         |
| 1970         | 48         | 60         | 43         | 51        | 42        | 37        | 47        | 38        | 58         | 100        | 80         | 51         | 100        |
| 1971         | 62         | 53         | 33         | 36        | 12        | 36        | 37        | 42        | 42         | 92         | 73         | 67         | 92         |
| 1972         | 31         | 30         | 44         | 44        | 12        | 36        | 32        | 46        | 40         | 78         | 81         | 79         | 81         |
| 1973         | 31         | 73         | 23         | 52        | 19        | 40        | 39        | 47        | 51         | 47         | 105        | 90         | 105        |
| 1974         |            |            | 63         | 18        | 56        | 36        | 39        | 39        | 50         | 50         | 84         | 72         | 84         |
| 1975         | 78         | 27         | 38         | 33        | 31        | 18        | 38        | 42        | 76         | 64         | 65         | 67         | 78         |
| 1976         | 96         | 38         | 41         | 38        | 25        | 34        | 33        | 28        | 45         | 56         | 75         | 77         | 96         |
| 1977         | 50         | 36         | 55         | 33        | 36        | 35        | 44        | 25        | 66         | 82         | 99         | 75         | 99         |
| 1978         | 61         | 19         | 42         | 20        | 12        | 30        | 26        | 38        | 63         | 58         | 90         | 48         | 90         |
| 1979         | 48         |            | 46         | 14        | 36        | 16        | 41        | 34        | 62         | 49         | 74         | 72         | 74         |
| 1980         | 32         | 26         | 24         | 70        | 14        | 41        | 44        | 57        | 72         | 59         | 70         | 67         | 72         |
| 1981         | 28         | 67         | 70         | 29        | 33        | 47        | 27        | 40        | 58         | 75         | 133        | 60         | 133        |
| 1982         | 39         | 21         | 80         | 77        | 41        | 28        | 30        | 52        | 53         | 55         | 93         | 100        | 100        |
| 1983         | 101        | 84         | 47         | 24        | 25        | 32        | 29        | 35        | 84         | 75         | 68         | 56         | 101        |
| 1984         | 122        | 55         | 24         | 20        | 23        | 48        | 23        | 35        | 60         | 60         | 84         | 56         | 122        |
| 1985         | 44         | 68         | 36         | 36        | 22        | 28        | 40        | 44        | 58         | 67         | 150        | 60         | 150        |
| 1986         | 72         |            | 65         | 27        | 28        | 28        | 36        | 36        | 48         | 61         | 67         | 84         | 84         |
| 1987         | 45         | 55         | 52         | 27        | 28        | 46        | 37        | 47        | 67         | 98         | 71         | 68         | 98         |
| 1988         | 86         | 52         | 48         | 32        | 24        | 32        | 67        | 40        | 70         | 76         | 87         | 100        | 100        |
| 1989         | 71         | 116        | 70         | 24        | 29        | 52        | 49        | 52        | 50         | 62         | 59         | 64         | 116        |
| 1990         | 94         | 120        | 83         | 36        | 25        | 27        | 41        | 56        | 94         | 71         | 64         | 87         | 120        |
| 1991         | 74         | 44         | 28         | 35        | 24        | 28        | 29        | 36        | 61         | 88         | 69         | 109        | 109        |
| 1992         | 72         | 65         | 87         | 33        | 40        | 15        | 39        | 42        | 46         | 36         | 81         | 77         | 87         |
| 1993         | 99         | 75         | 60         | 37        | 13        | 22        | 32        | 38        | 34         | 35         | 32         | 103        | 103        |
| 1994         | 73         | 36         | 73         | 45        | 28        | 39        | 21        | 49        | 52         | 42         | 83         | 91         | 91         |
| 1995         | 111        | 67         | 67         | 46        | 16        | 25        | 32        | 47        | 103        | 64         | 52         | 44         | 111        |
| 1996         | 19         | 59         | 26         | 12        | 24        | 25        | 24        | 20        | 52         | 102        | 81         | 41         | 102        |
| 1997         | 37         | 88         | 56         | 39        | 32        | 29        | 21        | 30        | 54         | 69         | 34         | 65         | 88         |
| 1998         | 64         | 61         | 52         | 24        | 29        | 18        | 51        | 49        | 52         | 93         | 45         | 69         | 93         |
| 1999         | 74         | 76         | 31         | 32        | 32        | 35        | 41        | 36        | 62         | 61         | 78         | 108        | 108        |
| 2000         | 109        | 72         | 80         | 28        | 56        | 48        | 37        | 34        | 39         | 78         | 59         | 77         | 109        |
| 2001         | 39         | 33         | 34         | 32        | 24        | 28        | 35        | 40        | 41         | 63         | 71         | 60         | 71         |
| 2002         | 76         | 84         | 62         | 54        | 28        | 51        | 35        | 36        | 64         | 87         | 52         | 34         | 87         |
| 2003         | 68         | 40         | 40         | 53        | 46        | 48        | 37        | 56        | 52         | 72         | 47         | 65         | 72         |
| 2004         | 67         | 50         | 52         | 21        | 27        | 40        | 35        | 39        | 85         | 51         | 89         | 75         | 89         |
| 2005         | 120        | 62         | 49         | 21        | 29        | 23        | 40        | 56        | 57         | 61         | 52         | 54         | 120        |
| 2006         | 61         | 61         | 33         | 28        | 34        | 28        | 21        | 32        | 58         | 83         | 96         | 77         | 96         |
| 2007         | 119        | 44         | 88         | 44        | 41        | 78        | 48        | 48        | 52         | 44         | 105        | 73         | 119        |
| 2008         | 92         | 92         | 116        | 32        | 23        | 48        | 44        | 47        | 36         | 72         | 70         | 74         | 116        |
| 2009         | 60         | 37         | 43         | 15        | 49        | 35        | 45        | 57        | 69         | 89         | 85         | 52         | 89         |
| 2010         | 47         | 39         | 36         | 24        | 27        | 47        | 33        | 58        | 62         | 67         | 88         | 74         | 88         |
| 2011         | 46         | 87         | 68         | 32        | 52        | 32        | 32        | 62        | 73         | 81         | 120        | 133        | 133        |
| 2012         | 112        | 39         | 36         | 32        | 41        | 37        | 46        | 59        | 73         | 60         | 58         | 67         | 112        |
| 2013         | 64         | 67         | 17         | 31        | 26        | 27        | 40        | 59        | 51         | 103        | 72         | 151        | 151        |
| 2014         | 67         | 67         | 55         | 50        | 39        | 29        | 34        |           |            |            |            |            | 67         |
| <b>Måned</b> | <b>122</b> | <b>120</b> | <b>116</b> | <b>77</b> | <b>56</b> | <b>78</b> | <b>67</b> | <b>62</b> | <b>103</b> | <b>103</b> | <b>150</b> | <b>151</b> | <b>151</b> |

Aalborg Havn A/S  
2014-07-31

Som eksempel på udskrift fra den i perioden 1969 – 10.03.2008 benyttede selvregistrerende måler i Aalborg Havn er i Fig. 2 gengivet en strimmel med målingen i dagene 27.12.2004 – 03.01.2005. De i ovenstående statistik for Aalborg Havn for perioden 1969 – 13.03.2008 viste data er tilvejebragt ved aflæsning af strimlerne fra den selvregistrerende måler.

Til analyserne foretaget i denne undersøgelse er der brugt DMI data for perioden 01.01.2003 - 31.12.2012 fra Station 20303 Aalborg Øst, Station 20262 Grønlandshavnen, og Station 20299 Hals Havn.

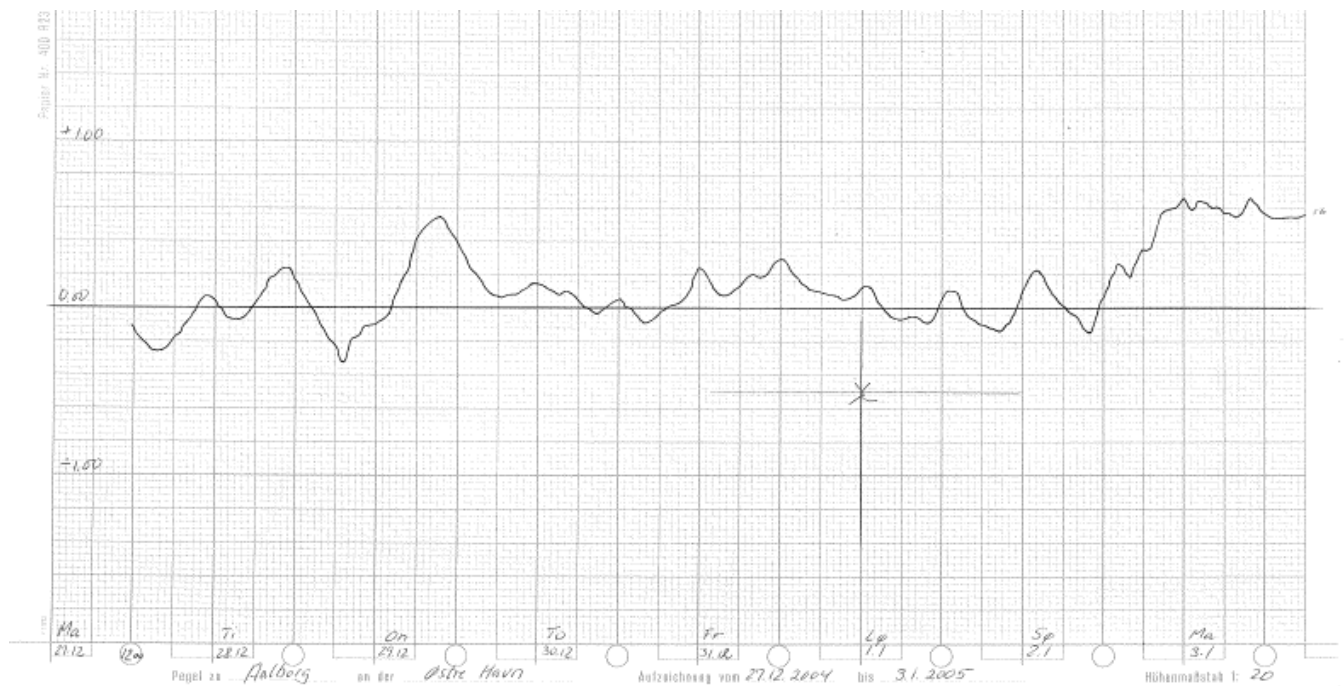


Fig. 2. Eksempel på udskrift fra selvregistrerende vandstandsmåler i Aalborg Havn

### 3. Årsag til højvande og højvandets udbredelse på strækningen Aalborg - Hals

Højvande i Limfjorden imellem Aalborg og Hals skyldes i hovedsagen vandspejlsstigning på grund af atmosfærisk lavtryk og vindforårsaget opstuvning af vand. Astronomisk tidevand spiller en underordnet rolle, da det alene optræder i Kattegat, men med maksimalværdier, der er mindre end  $\pm 0.30$  m. Ved storme fra Vest breder højvandet sig fra Vesterhavet igennem Limfjorden, hvor vindforårsaget opstuvning af vandet i Løgstør bredning normalt giver det største tilskud til vandstanden i Aalborg. Ved vestenstorme presses vandet op i Skagerrak og Kattegat, hvorfra det fra Hals breder sig mod Aalborg. Højvande i Aalborg kan således komme fra både øst og vest. Ved analyse af vandstandstidsserierne har det vist sig, at de største vandstande kommer fra Øst, d.v.s. at store højvande normalt breder sig fra Hals mod Aalborg. Således er det vist, at de fem, måske seks største højvande i den analyserede 10 års periode udbreder sig fra Hals mod Aalborg. Dette forhold har betydning for den tidsforskydningen, der anvendes i korrelationsberegningen. Der kan i analysen kun forskydes i én retning, selv om bølgeudbredelsen jo kan gå i begge retninger. I korrelationsanalyserne er derfor regnet med, at højvandet i Aalborg optræder senere end højvandet i Hals.

I Fig. 3 er vist et eksempel på tidsforskydningen imellem højvandstande i Hals og Aalborg.

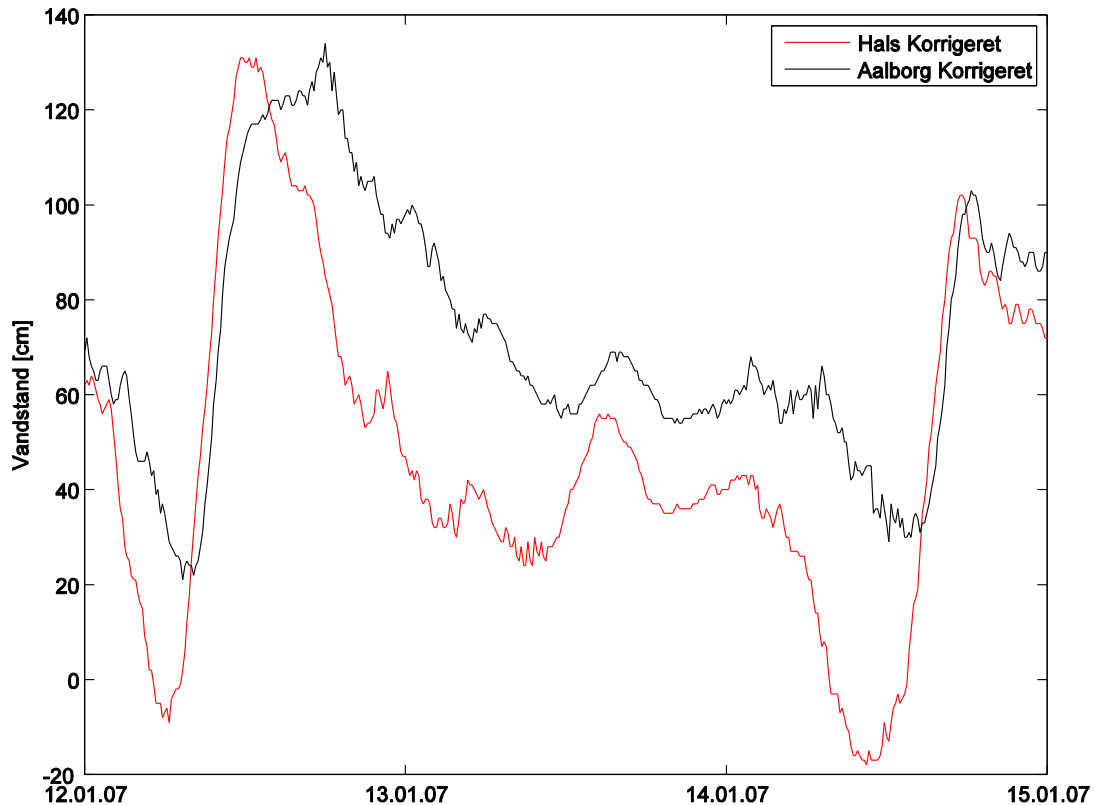


Fig. 3. Eksempel på tidsforskydning imellem højvande i Hals og Aalborg

#### 4. Undersøgelsens metodik

Indledningsvis er ved hjælp af Tabel 1 undersøgt variationen af årlig maksimalvandstand i Aalborg Havn over perioden 1944 – 2013, dvs. 68 år, for at se om der afspejles en trend.

Dernæst er DMI dataene fra Station 20303, Aalborg Øst, for perioden 2003 – 2012, dvs. 10 år, analyseret med hensyn til månedlige maksimalvandstande med det formål at sammenligne med de tilsvarende månedlige maksimalvandstande givet i Tabel 1. Ideen med sammenligningen er at verificere pålideligheden af databehandlingen.

Efterfølgende er for samme 10 års periode sammenlignet overskridelseshyppigheden af højere vandstande i Aalborg Øst (Station 20303) og i Hals (Station 20262). Endvidere er maksimal-korrelationen imellem vandstandene i de to havne undersøgt ved forsøgsvis tidsforskydning af de to dataserier. Formålet er at vurdere, om den meget lange vandstandsstatistik for Aalborg Havn med rimelighed kan overføres til Hals Havn og dermed til hele strækningen fra Aalborg til Hals.

## 5. Årlig maksimalvandstand i Aalborg Havn i perioden 1944 – 2013.

Fig. 4 viser grafisk den registrerede maksimalvandstand i hvert af årene fra og med 1944 til og med 2013. Dataene er taget fra Tabel 1.

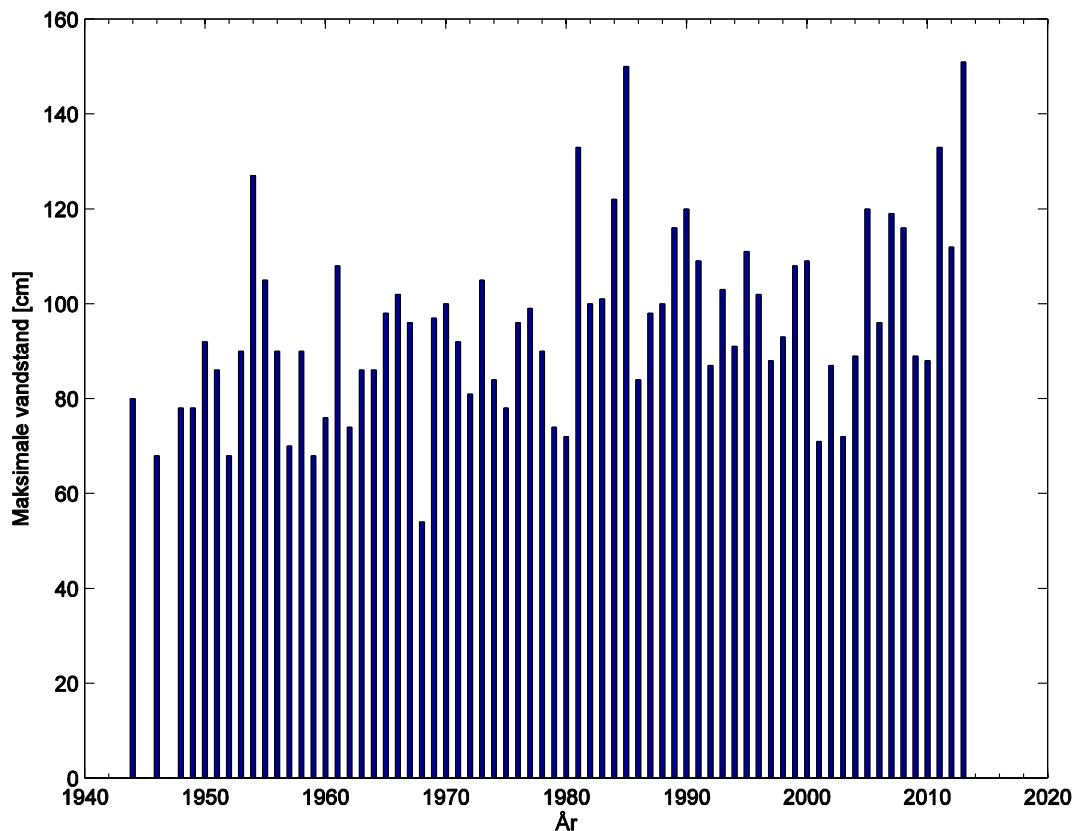


Fig. 4. Årlige maksimalvandstande i Aalborg Havn for årene 1944 – 2013

Det ses af Fig.4, at der tilsyneladende er en svag trend visende stigende maksimal-vandstande over de sidste år. Der skal dog nok tages hensyn til, at vandstandene i årene indtil 1969 blev aflæst på vandstandsbræt, dvs. at der ikke er sikkerhed for, at aflæsninger blev foretaget netop på de tidspunkter, hvor maksimalvandstandene optrådte. Der er dermed ret stor sandsynlighed for, at maksimalvandstandene i perioden indtil 1969 kan være ensidigt for små. På den baggrund er det ikke muligt at afgøre, om der reelt har været en tendens til stigende maksimalvandstande i observationsperioden.

## 6. Filtrering og udbedring af DMI dataserien for Aalborg og Hals i 10 års perioden 2003 – 2012

Dataserierne indeholder udfald samt fejlregistreringer, som er identificeret ved visuel gennemgang af dataserierne. Fig. 5 viser et eksempel på fejlregistrering. Dataserierne fra Aalborg Øst, Grønlandshavnen og Hals Havn er derfor blevet korrigeret ved, at målinger, der udviser vandstandsændringer på mere end 20.8 cm/10 minutter, samt målinger, der viser vandstande over 200 cm og under – 150 cm, er fjernet. Herudover er data, som ikke afspejlede forventet naturlig vandstandsvariation blevet fjernet.

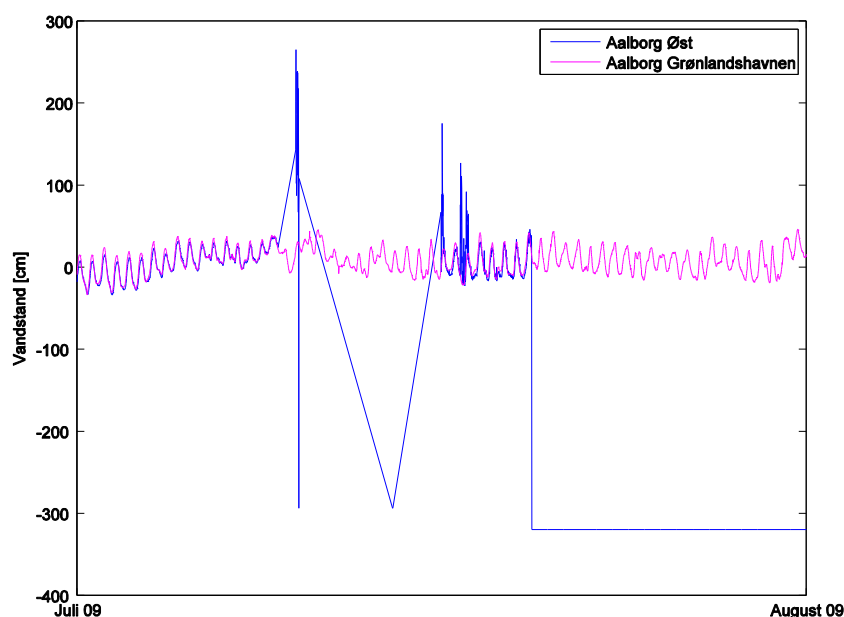


Fig. 5. Eksempel på fejlregistrering af vandstande i Aalborg Øst

Idet dataserien for Aalborg Øst, Station 20303, indeholder særligt mange fejlregistreringer, er for perioden siden start af parallel-vandstandsmålingerne i den nærliggende Grønlandshavn, Station 20299, brugt sidstnævnte målinger i databearbejdningen, dvs. i 5 år og 4 mdr. ud af 10 år.

Databearbejdningen består i, at simultandata fra Grønlandshavnen erstatter fejldata eller manglende data fra Aalborg øst. Den endelige tidsserie svarer således til vandstandsvariationen i Aalborg øst. I tilfælde hvor parallelmålinger ikke findes, er fejldata erstattet med den målte vandstand umiddelbart før fejlen opstår.

## 7. Sammenligning af de i Tabel 1 givne månedlige maksimalvandstande i Aalborg for 10 års perioden 2003 – 2012 med de tilsvarende fundet ved analyse af DMI dataserien.

Fra Tabel 1 er i Tabel 2 vist de månedlige maksimalvandstande for årene 2003 – 2012 til sammenligning med Tabel 3, der viser de månedlige maksimalvandstande fundet ved analyse af DMI data serierne med korrektioner som anført i Afsnit 6.

Tabel 2. Månedlige maksimalvandstande i Aalborg for perioden 2003 – 2012 taget fra Aalborg Havns statistik Tabel 1

| År           | Jan        | Feb       | Mar        | Apr       | Maj       | Juni      | Juli      | Aug       | Sep       | Okt       | Nov        | Dec        | Året       |
|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 2003         | 68         | 40        | 40         | 53        | 46        | 48        | 37        | 56        | 52        | 72        | 47         | 65         | 72         |
| 2004         | 67         | 50        | 52         | 21        | 27        | 40        | 35        | 39        | 85        | 51        | 89         | 75         | 89         |
| 2005         | 120        | 62        | 49         | 21        | 29        | 23        | 40        | 56        | 57        | 61        | 52         | 54         | 120        |
| 2006         | 61         | 61        | 33         | 28        | 34        | 28        | 21        | 32        | 58        | 83        | 96         | 77         | 96         |
| 2007         | 119        | 44        | 88         | 44        | 41        | 78        | 48        | 48        | 52        | 44        | 105        | 73         | 119        |
| 2008         | 92         | 92        | 116        | 32        | 23        | 48        | 44        | 47        | 36        | 72        | 70         | 74         | 116        |
| 2009         | 60         | 37        | 43         | 15        | 49        | 35        | 45        | 57        | 69        | 89        | 85         | 52         | 89         |
| 2010         | 47         | 39        | 36         | 24        | 27        | 47        | 33        | 58        | 62        | 67        | 88         | 74         | 88         |
| 2011         | 46         | 87        | 68         | 32        | 52        | 32        | 32        | 62        | 73        | 81        | 120        | 133        | 133        |
| 2012         | 112        | 39        | 36         | 32        | 41        | 37        | 46        | 59        | 73        | 60        | 58         | 67         | 112        |
| <b>Måned</b> | <b>120</b> | <b>92</b> | <b>116</b> | <b>53</b> | <b>52</b> | <b>78</b> | <b>48</b> | <b>62</b> | <b>85</b> | <b>89</b> | <b>120</b> | <b>133</b> | <b>133</b> |

Tabel 3. Månedlige maksimalvandstande i Aalborg for perioden 2003 – 2012 fundet ved analyse af korrigerede DMI dataserier

| År           | Jan        | Feb       | Mar        | Apr       | Maj       | Juni      | Juli      | Aug       | Sep       | Okt       | Nov        | Dec        | Året       |
|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 2003         | 70         | 39        | 40         | 57        | 36        | 52        | 42        | 59        | 57        | 80        | 50         | 81         | 81         |
| 2004         | 75         | 61        | 59         | 26        | 31        | 47        | 41        | 44        | 95        | 58        | 90         | 75         | 95         |
| 2005         | 121        | 70        | 54         | 30        | 37        | 30        | 48        | 63        | 64        | 70        | 60         | 62         | 121        |
| 2006         | 71         | 55        | 23         | 30        | 40        | 34        | 26        | 38        | 66        | 93        | 107        | 86         | 107        |
| 2007         | 134        | 43        | 99         | 53        | 47        | 81        | 50        | 40        | 59        | 52        | 115        | 79         | 134        |
| 2008         | 82         | 99        | 125        | 32        | 23        | 48        | 44        | 50        | 47        | 72        | 70         | 74         | 125        |
| 2009         | 60         | 37        | 43         | 15        | 49        | 35        | 45        | 57        | 69        | 89        | 85         | 52         | 89         |
| 2010         | 47         | 39        | 36         | 24        | 27        | 47        | 33        | 58        | 62        | 67        | 88         | 74         | 88         |
| 2011         | 46         | 87        | 68         | 38        | 53        | 39        | 32        | 62        | 73        | 81        | 120        | 133        | 133        |
| 2012         | 112        | 39        | 36         | 32        | 41        | 37        | 46        | 58        | 73        | 61        | 57         | 66         | 112        |
| <b>Måned</b> | <b>134</b> | <b>99</b> | <b>125</b> | <b>57</b> | <b>53</b> | <b>81</b> | <b>50</b> | <b>63</b> | <b>95</b> | <b>93</b> | <b>120</b> | <b>133</b> | <b>134</b> |

Det ses ved sammenligning af Tabel 2 og Tabel 3, at der kun er meget små relative afvigelser imellem værdierne i de to tabeller. Pålideligheden af dataanalysen antages derfor at være stor. I de følgende databehandlinger er anvendt dataene fra de korrigerede DMI dataserier

## 8. Sammenligning af månedlige maksimalvandstande i Aalborg Havn og Hals Havn for 10 års perioden 2003 – 2012

Som led i undersøgelsen af, hvor stor afvigelse der er imellem vandstande i Hals og i Aalborg, er for de to stationer i Tabel 3 og Tabel 4 vist de månedlige maksimalvandstande for perioden 2003 – 2012.

Tabel 3. Månedlige maksimalvandstande i Aalborg for perioden 2003 – 2012 fundet ved analyse af korrigerede DMI dataserier

| År           | Jan        | Feb       | Mar        | Apr       | Maj       | Juni      | Juli      | Aug       | Sep       | Okt       | Nov        | Dec        | Året       |
|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 2003         | 70         | 39        | 40         | 57        | 36        | 52        | 42        | 59        | 57        | 80        | 50         | 81         | <b>81</b>  |
| 2004         | 75         | 61        | 59         | 26        | 31        | 47        | 41        | 44        | 95        | 58        | 90         | 75         | <b>95</b>  |
| 2005         | 121        | 70        | 54         | 30        | 37        | 30        | 48        | 63        | 64        | 70        | 60         | 62         | <b>121</b> |
| 2006         | 71         | 55        | 23         | 30        | 40        | 34        | 26        | 38        | 66        | 93        | 107        | 86         | <b>107</b> |
| 2007         | 134        | 43        | 99         | 53        | 47        | 81        | 50        | 40        | 59        | 52        | 115        | 79         | <b>134</b> |
| 2008         | 82         | 99        | 125        | 32        | 23        | 48        | 44        | 50        | 47        | 72        | 70         | 74         | <b>125</b> |
| 2009         | 60         | 37        | 43         | 15        | 49        | 35        | 45        | 57        | 69        | 89        | 85         | 52         | <b>89</b>  |
| 2010         | 47         | 39        | 36         | 24        | 27        | 47        | 33        | 58        | 62        | 67        | 88         | 74         | <b>88</b>  |
| 2011         | 46         | 87        | 68         | 38        | 53        | 39        | 32        | 62        | 73        | 81        | 120        | 133        | <b>133</b> |
| 2012         | 112        | 39        | 36         | 32        | 41        | 37        | 46        | 58        | 73        | 61        | 57         | 66         | <b>112</b> |
| <b>Måned</b> | <b>134</b> | <b>99</b> | <b>125</b> | <b>57</b> | <b>53</b> | <b>81</b> | <b>50</b> | <b>63</b> | <b>95</b> | <b>93</b> | <b>120</b> | <b>133</b> | <b>134</b> |

Tabel 4. Månedlige maksimalvandstande i Hals for perioden 2003 – 2012

| År           | Jan        | Feb       | Mar        | Apr       | Maj       | Juni      | Juli      | Aug       | Sep       | Okt       | Nov        | Dec        | Året       |
|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 2003         | 82         | 36        | 41         | 61        | 39        | 52        | 44        | 62        | 58        | 87        | 53         | 86         | <b>87</b>  |
| 2004         | 73         | 63        | 66         | 25        | 28        | 44        | 40        | 46        | 93        | 59        | 96         | 80         | <b>96</b>  |
| 2005         | 116        | 88        | 66         | 26        | 32        | 30        | 43        | 70        | 68        | 68        | 59         | 65         | <b>116</b> |
| 2006         | 75         | 75        | 26         | 38        | 45        | 37        | 29        | 38        | 72        | 93        | 123        | 86         | <b>123</b> |
| 2007         | 131        | 56        | 101        | 64        | 55        | 81        | 51        | 38        | 64        | 55        | 120        | 86         | <b>131</b> |
| 2008         | 80         | 99        | 131        | 38        | 24        | 43        | 49        | 62        | 33        | 72        | 72         | 82         | <b>131</b> |
| 2009         | 71         | 42        | 47         | 26        | 57        | 42        | 44        | 51        | 64        | 88        | 84         | 58         | <b>88</b>  |
| 2010         | 63         | 52        | 47         | 32        | 37        | 46        | 40        | 61        | 63        | 70        | 82         | 75         | <b>82</b>  |
| 2011         | 55         | 85        | 66         | 41        | 53        | 38        | 38        | 60        | 67        | 83        | 123        | 130        | <b>130</b> |
| 2012         | 106        | 48        | 41         | 36        | 40        | 41        | 43        | 58        | 65        | 58        | 59         | 59         | <b>106</b> |
| <b>Måned</b> | <b>131</b> | <b>99</b> | <b>131</b> | <b>64</b> | <b>57</b> | <b>81</b> | <b>51</b> | <b>70</b> | <b>93</b> | <b>93</b> | <b>123</b> | <b>130</b> | <b>131</b> |

Ved sammenligning af de to tabeller kan det konstateres, at der kun er meget små afvigelser imellem de månedlige maksimalvandstande i Aalborg og Hals for så vidt angår de højere vandstande. Dette indikerer, at langtids- vandstandsstatistikken for de højere vandstande i Aalborg med god nøjagtighed kan anvendes for Hals, idet der dog er en klar tendens til, at vandstandene er lidt højere i Hals end i Aalborg.

## 9. Sammenligning af vandstandsvariationen i Aalborg og Hals i 10 års perioden 2003 – 2012.

I Fig. 6 er vist simultan-vandstandsvariationen som analyseret ud fra de korregerede DMI dataserier.

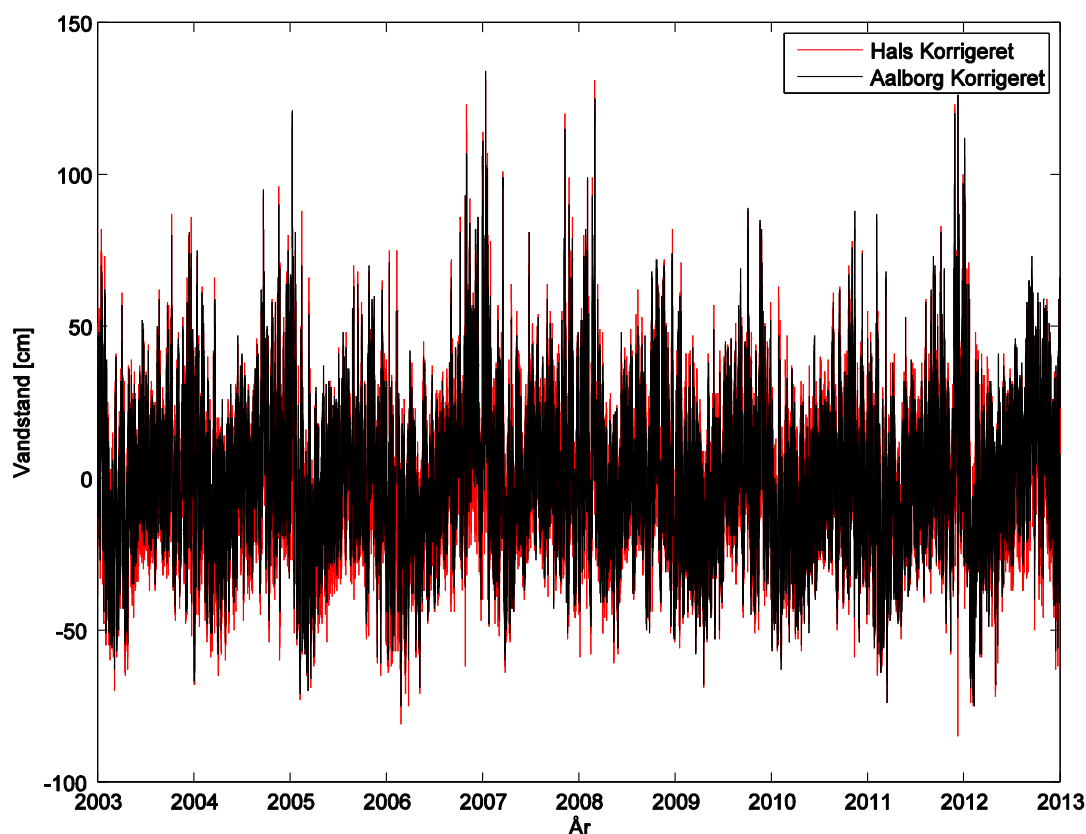


Fig.6. Vandstandsvariationen i Aalborg og Hals i perioden 2003 – 2012

Det ses af Fig.6, at der er en om end begrænset afvigelse imellem de simultant målte vandstande på de to lokaliteter. Afvigelserne skyldes til dels den tidsforskydning, der opstår som resultat af en begrænset udbredelseshastighed for en vandstandsændring.

## 10. Undersøgelse af korrelationen imellem vandstande i Aalborg og Hals for perioden 2003 - 2012

En undersøgelse af den maksimale korrelation imellem vandstandene i de to stationer er foretaget ved forsøgsvis tidsforskydning imellem de korrigerede DMI dataserier. Tidsforskydningen skal ideelt set svare til den tid det tager for en vandstandsændring at nå fra Aalborg til Hals eller omvendt. Udbredelseshastigheden for en vandstandsændring svarer til lavtvandsbølgeudbredelseshastigheden, som tilnærmet kan beregnes som  $V = (g \cdot D)^{0.5}$ , hvor  $g$  er tyngdeakselerationen, og  $D$  er middelvanddybden over tværsnittet.

På det grundlag er det beregnet, at tidsforskydningen imellem Tunnelbassinet (Aalborg Øst) og Grønlandshavnen er ca. 24 minutter. Imellem Grønlandshavnen og Hals havn er tidsforskydningen ca. 40 minutter, og imellem Tunnelbassinet og Hals Havn er den ca. 64 minutter. Maksimal korrelation imellem vandstandsdata for de tre lokaliteter skulle dermed opnås ved anvendelse af de beregnede tidsforskydninger. Som anført i Afsnit 3 er der regnet med, at udbredelsen for de store højvande fortrinsvis sker fra Hals mod Aalborg.

Figurene 7, 8 og 9 viser resultatet af korrelationsanalyser med tidsforskydning 0, 60 og 70 minutter. Det ses, at bedste korrelation opnås ved en tidsforskydning på 60 – 70 minutter.

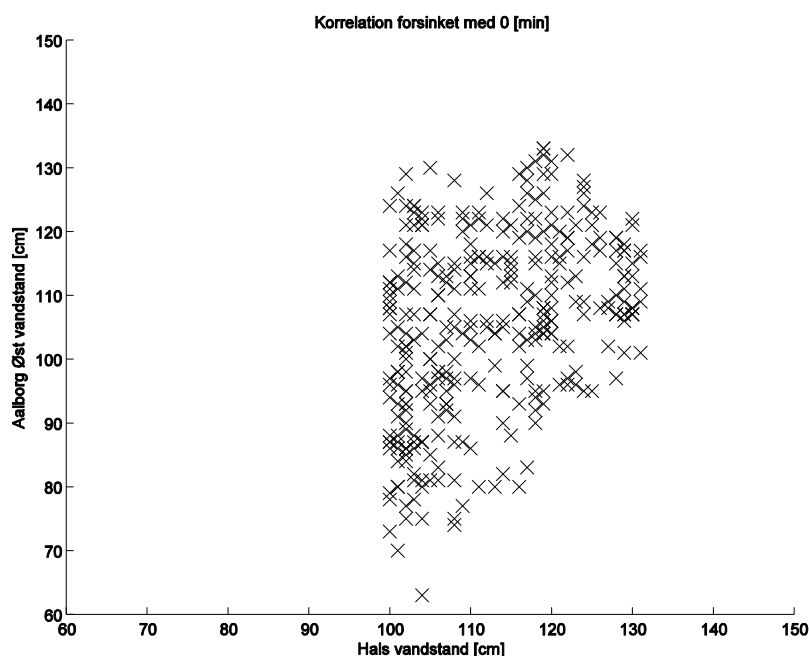


Fig. 7. Korrelation imellem højere vandstande (større end 100 cm) i Hals og Aalborg ved 0 minutters tidsforskydning



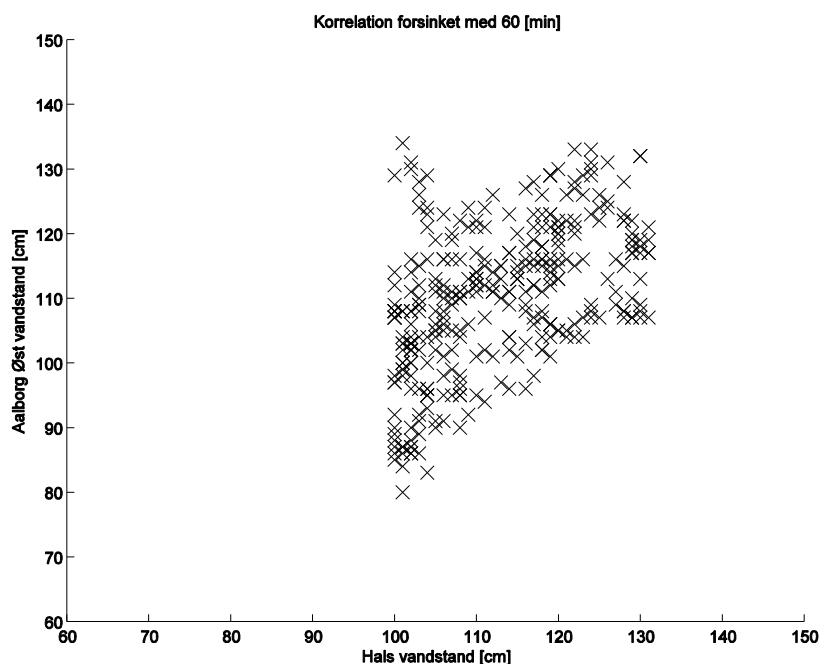


Fig. 8. Korrelation imellem højere vandstande i Hals (større end 100 cm) og i Aalborg ved 60 minutters tidsforskydning

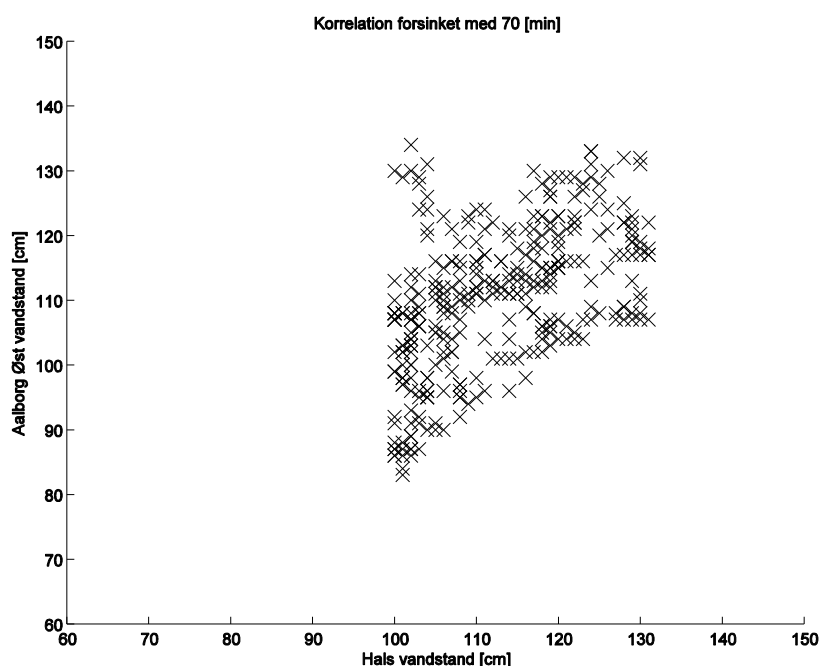


Fig. 9. Korrelation imellem højere vandstande i Hals (større end 100 cm) og i Aalborg ved 70 minutters tidsforskydning

## 11. Undersøgelse af frekvensen for overskridelse af højere vandstande i Aalborg og Hals

Af hensyn til oversvømmelse eller beskyttelse mod oversvømmelse af de lavt liggende områder, der grænser ud til Limfjorden, er det af interesse at undersøge, hvor hyppigt vandstanden overskrider forskellige niveauer på land. Her er gennemført en analyse af antallet af overskridelser af niveauerne fra +0.80 m til +1.50 m (med 0.10 m's interval) for 10 års perioden 2003 – 2012. De

korrigerede DMI dataserier for Hals og Aalborg er anvendt i analysen. Maksimalvandstande er defineret ud fra, at der hverken seks timer før eller seks timer efter er vandstande højere end den identificerede maksimalvandstand. Resultatet af analysen er vist i Tabel 5.

Tabel 5. Antal overskridelser af vandstands niveauer i Aalborg og Hals i 10 års perioden 2003 - 2012

| Overskridelsesniveau [m] | Aalborg | Hals | % afvigelse fra Aalborg |
|--------------------------|---------|------|-------------------------|
| 0,8                      | 42      | 40   | -5%                     |
| 0,9                      | 22      | 25   | +14%                    |
| 1,0                      | 13      | 14   | +8%                     |
| 1,1                      | 9       | 8    | -11%                    |
| 1,2                      | 4       | 5    | +25%                    |
| 1,3                      | 2       | 2    | 0                       |
| 1,4                      | 0       | 0    | 0                       |
| 1,5                      | 0       | 0    | 0                       |

Som det ses af Tabel 5, har der ikke været stor forskel i antal overskridelser af højere niveauer i de to stationer. Med baggrund i denne tabel samt beskrivelser og resultater givet i afsnittene 8, 9 og 10 må det formodes, at overskridelsesfrekvenserne i Aalborg og Hals i tidligere 10 års perioder siden 1970 ikke har været væsentligt forskellige fra de i Tabel 5 viste.

## 12. Kystdirektoratets vandstandsstatistik

Kystdirektoratets vandstandsprognose 2012 giver de i Tabel 6 viste vandstande svarende til middeltidsafstande (returperioder) på 10, 20, 50 og 100 år for lokaliteterne Hals og Nørresundby (DAC).

Tabel 6. Kystdirektoratets vandstandsprognoser 2012 for Hals og DAC Nørresundby

| Middeltidsafstand i år | Hals (data 1964 – 31.1.2013) | Nørresundby (data 1972 – 8.1.2013) |
|------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 10                     | + 1,32 m                     | + 1,22 m                           |
| 20                     | + 1,40 m                     | + 1,30 m                           |
| 50                     | + 1,50 m                     | + 1,39 m                           |
| 100                    | + 1,58 m                     | + 1,46 m                           |

## 13. Konklusioner

De højere vandstande er næsten ens i Aalborg og Hals med en tendens til lidt højere maksimale vandstande i Hals, jfr. Tabel 6.

Maksimalvandstande i Aalborg synes ikke at have ændret sig signifikant i løbet af de sidste 70 år, omend en svagt stigende tendens måske kan spores, selvom målingerne fra før 1970 sandsynligvis er for små, jfr. afsnit 5.

I Limfjorden på strækningen fra Aalborg til Hals har vandstanden i 10 års perioden 2003 – 2012 overskredet kote + 1,05 m cirka 10 gange, dvs. cirka én gang årligt. Kote + 1,4 m er i 10-års perioden ikke blevet overskredet. Kote + 1,3 m er overskredet to gange, hvilket svarer godt til den i Tabel 6 angivne værdi på + 1,32 m for 10 års middelfaststand.

**Tak** til civ.ing. Lars Thorsted, Aalborg Havn A/S for adgang til vandstandsmålingerne.

