

1 **Identifying critical recruitment bottlenecks limiting seedling establishment in a**  
2 **degraded seagrass ecosystem**

3

4 \*John Statton<sup>1</sup> - [john.statton@uwa.edu.au](mailto:john.statton@uwa.edu.au) (Mob) ++61 4 23 393 677 (W) ++61 8 6488 2306

5 Leonardo R. Montoya<sup>1</sup> - [leonardo.ruizmontoya@uwa.edu.au](mailto:leonardo.ruizmontoya@uwa.edu.au)

6 Robert J. Orth<sup>2</sup> - [jjorth@vims.edu](mailto:jjorth@vims.edu)

7 Kingsley W. Dixon<sup>3</sup> - [kingsley.dixon@curtin.edu.au](mailto:kingsley.dixon@curtin.edu.au)

8 Gary A. Kendrick<sup>1</sup> - [gary.kendrick@uwa.edu.au](mailto:gary.kendrick@uwa.edu.au)

9

10 <sup>1</sup>School of Biological Sciences and UWA Oceans Institute, Faculty of Natural and  
11 Agricultural Science, University of Western Australia, Crawley, 6009, Perth, Western  
12 Australia

13 <sup>2</sup>Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary, Gloucester Pt., 23061,  
14 VA, USA

15 <sup>3</sup>Department of Environment and Agriculture, Curtin University, Bentley, 6102, Perth,  
16 Western Australia

17

18 \*Correspondence to John Statton ([john.statton@uwa.edu.au](mailto:john.statton@uwa.edu.au))

19 Running title: Recruitment bottlenecks in seagrass seedlings

20

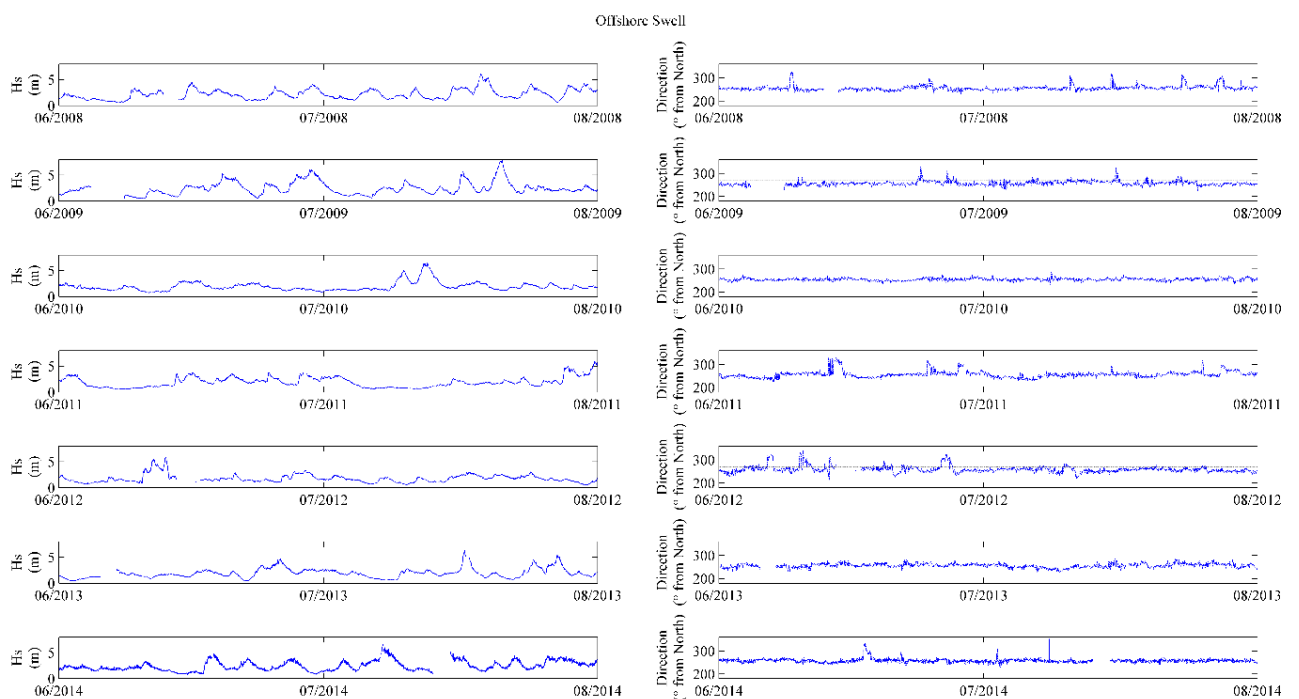
21

22 Table S1: Environmental characteristics (water depth, significant wave height, sediment grain  
 23 size and organic matter content, benthic light availability and temperature) at selected  
 24 locations (Southern Flats (SF), southern flats edge (SFe), Cockburn Sound east bank (CS),  
 25 Woodman Point (WP), Owen Anchorage (OA), Garden Island (GI), Carnac Island (CI), and  
 26 Parmelia Bank (PB)). Values are means ( $\pm 1$  SE).

Location	Water depth (m)	Significant wave height (m)	Sediment grain-size (mm)	Sediment organic matter (% DW)	Daily irradiance (PAR, mols photons m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Temperature (°C)
SF	2.41	0.08	0.4±0.02	2.27±0.15	10.69±1.96	
SFe	2.72					
CS	7.48	0.14	0.31±0.01	2.8±0.26		22.90±0.60
WP	4.29	0.24	0.30±0.03	2.5±0.10		
OA	4.55	0.19	0.36±0.00	2.73±0.32	7.10±1.72	22.56±0.25
GI	2.52		0.23±0.07	3.03±0.12		
CI	2.95	0.31	0.27±0.04	2.93±0.15		
PB	8.42	0.46	0.27±0.01	2.6±0.36	3.28±0.91	22.27±0.27

27

28



29

30 Figure S1: Historical significant wave height (Hs) and direction for the swell components at

31 Parmelia Bank, Western Australia. (left) Each major peak represents a large storm system

32 (arriving from any direction) from 2008 – 2014; (right) each major peak represents a large  
 33 storm system arriving from the north.

34 **Table S2 – S18:** S2 (original data supplied in the publication for reference); S3 – S7 (adult  
 35 fecundity values altered); S8 – S14 (adult mortality values altered); S15 – S18 (adult  
 36 fecundity and mortality values altered). Highlighted cells: Blue = the life stages with the  
 37 greatest sensitivities; Red = when the vegetative elasticity is lower than other life stages;  
 38 Green = the vegetative elasticity is greater than other life stages; Yellow = the threshold of  
 39 change (ie. when a change in value for adult mortality and/or fecundity causes a greater  
 40 change than the original values used in our statistical analysis for publication.

41 Table S2

ORIGINAL FOR PUBLICATION mortality = 0.2 fecundity = 8								
		Sensitivities & Elasticities						
	$\lambda$		Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
All sites as a single population	<b>0.49</b>	S=	<b>0.62</b>	0.23	<b>2.17</b>	0.09	0.3	0.01
		E=	0.18	0.18	0.18	0.18	<b>0.12</b>	0.18
Low exposure; Shallow (SF, SFe)	0.21	S=	<b>8.24</b>	<b>2.29</b>	0	0	0.91	0
		E=	0.02	0.02	0.02	0.02	<b>0.89</b>	0.02
Low exposure; Deep (CS)	<b>0.71</b>	S=	<b>1.37</b>	<b>0.68</b>	0.15	0.13	0.26	0.02
		E=	0.19	0.19	0.19	0.19	<b>0.07</b>	0.19
Moderate exposure and depth (WP & OA)	0.21	S=	<b>4.12</b>	<b>4.58</b>	0	0	0.91	0
		E=	0.02	0.02	0.02	0.02	<b>0.89</b>	0.02
High exposure; Shallow (GI,CI)	0.21	S=	0.01	0.01	<b>538.22</b>	0	<b>0.91</b>	0
		E=	0.02	0.02	0.02	0.02	<b>0.89</b>	0.02
High exposure; Deep (PB)	0.21	S=	0.02	0.01	<b>581.74</b>	0	<b>0.91</b>	0
		E=	0.02	0.02	0.02	0.02	<b>0.89</b>	0.02

42

43 Table S3

fecundity = 3						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.41</b>	<b>0.50</b>	0.18	<b>1.76</b>	0.07	0.33	0.02
	0.17	0.17	0.17	0.17	<b>0.16</b>	0.17
0.20	<b>3.46</b>	<b>0.96</b>	0.00	0.00	0.96	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	<b>0.95</b>	0.01
<b>0.60</b>	<b>1.12</b>	<b>0.55</b>	0.12	0.11	0.27	0.04
	0.18	0.18	0.18	0.18	<b>0.09</b>	0.18
0.20	<b>1.73</b>	<b>1.93</b>	0.00	0.00	0.96	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	<b>0.95</b>	0.01
0.20	0.01	0.01	<b>226.26</b>	0.00	<b>0.96</b>	0.00

	0.01	0.01	0.01	0.01	0.95	0.01
0.20	0.01	0.00	<b>244.55</b>	0.00	0.96	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.95	0.01

44 Table S4

fecundity = 5						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.45</b>	<b>0.56</b>	0.20	<b>1.97</b>	0.08	0.31	0.02
	0.17	0.17	0.17	0.17	0.14	0.17
0.20	<b>5.50</b>	<b>1.53</b>	0.00	0.00	0.94	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.92	0.02
<b>0.65</b>	<b>1.24</b>	<b>0.62</b>	0.14	0.12	0.26	0.02
	0.18	0.18	0.18	0.18	0.08	0.18
0.20	<b>2.75</b>	<b>3.06</b>	0.00	0.00	0.94	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.92	0.02
0.20	0.01	0.01	<b>359.45</b>	0.00	0.94	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.92	0.02
0.20	0.01	0.01	<b>388.51</b>	0.00	0.94	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.92	0.02

45

46 Table S5

fecundity = 7						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.48</b>	<b>0.61</b>	0.22	<b>2.11</b>	0.08	0.30	0.01
	0.17	0.17	0.17	0.17	0.13	0.17
0.20	<b>7.36</b>	<b>2.05</b>	0.00	0.00	0.92	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.90	0.02
<b>0.70</b>	<b>1.33</b>	<b>0.66</b>	0.15	0.13	0.26	0.02
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.07	0.19
0.20	<b>3.68</b>	<b>4.10</b>	0.00	0.00	0.92	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.90	0.02
0.20	0.01	0.01	<b>481.14</b>	0.00	0.92	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.90	0.02
0.20	0.02	0.01	<b>520.04</b>	0.00	0.92	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.90	0.02

47

48 Table S6

fecundity = 11						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f

<b>0.52</b>	<b>0.67</b>	0.24	<b>2.33</b>	0.09	0.29	0.01
	0.18	0.18	0.18	0.18	0.11	0.18
0.21	<b>10.66</b>	<b>2.97</b>	0.01	0.01	0.89	0.00
	0.03	0.03	0.03	0.03	0.86	0.03
<b>0.76</b>	<b>1.46</b>	<b>0.72</b>	0.16	0.14	0.25	0.01
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.07	0.19
0.21	<b>5.33</b>	<b>5.93</b>	0.01	0.01	0.89	0.00
	0.03	0.03	0.03	0.03	0.86	0.03
0.21	0.02	0.02	<b>696.53</b>	0.01	0.89	0.00
	0.03	0.03	0.03	0.03	0.86	0.03
0.21	0.02	0.01	<b>752.85</b>	0.01	0.89	0.00
	0.03	0.03	0.03	0.03	0.86	0.03

49

50 Table S7

$\lambda$	fecundity = 15					
	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.55</b>	<b>0.71</b>	0.26	<b>2.48</b>	0.10	0.28	0.01
	0.18	0.18	0.18	0.18	0.10	0.18
0.21	<b>13.51</b>	<b>3.76</b>	0.01	0.01	0.86	0.00
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.82	0.04
<b>0.80</b>	<b>1.56</b>	<b>0.77</b>	0.17	0.15	0.25	0.01
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.06	0.19
0.21	<b>6.76</b>	<b>7.51</b>	0.01	0.01	0.86	0.00
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.82	0.04
0.21	0.02	0.02	<b>882.50</b>	0.01	0.86	0.00
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.82	0.04
0.21	0.03	0.01	<b>953.85</b>	0.01	0.86	0.00
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.82	0.04

51

52 Table S8

$\lambda$	mortality = 0.05					
	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.45</b>	<b>0.64</b>	0.23	<b>2.23</b>	0.09	0.22	0.01
	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.20
0.11	<b>34.00</b>	<b>9.46</b>	0.02	0.02	0.31	0.00
	0.17	0.17	0.17	0.17	0.14	0.17
<b>0.68</b>	<b>1.38</b>	<b>0.68</b>	0.15	0.13	0.21	0.02
	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.20
0.11	<b>17.01</b>	<b>18.91</b>	0.02	0.02	0.31	0.00

	0.17	0.17	0.17	0.17	0.14	0.17
0.11	0.05	0.05	<b>2221.38</b>	0.02	0.31	0.00
	0.17	0.17	0.17	0.17	0.14	0.17
0.11	0.07	0.03	<b>2400.98</b>	0.02	0.31	0.00
	0.17	0.17	0.17	0.17	0.14	0.17

53

54 Table S9

mortality = 0.06						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.45</b>	<b>0.64</b>	0.23	<b>2.22</b>	0.09	0.22	0.01
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.03	0.19
0.11	<b>33.35</b>	9.28	0.02	0.02	0.35	0.00
	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.16
<b>0.68</b>	<b>1.38</b>	<b>0.68</b>	0.15	0.13	0.22	0.02
	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.20
0.11	<b>16.68</b>	<b>18.56</b>	0.02	0.02	0.35	0.00
	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.16
0.11	0.05	0.05	<b>2179.17</b>	0.02	0.35	0.00
	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.16
0.11	0.07	0.03	<b>2355.36</b>	0.02	0.35	0.00
	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.16

55

56 Table S10

mortality = 0.1						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.46</b>	<b>0.63</b>	0.23	<b>2.22</b>	0.09	0.24	0.01
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.05	0.19
0.13	<b>28.39</b>	7.90	0.02	0.02	0.52	0.00
	0.12	0.12	0.12	0.12	0.40	0.12
<b>0.69</b>	<b>1.38</b>	<b>0.68</b>	0.15	0.13	0.23	0.02
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.03	0.19
0.13	<b>14.20</b>	<b>15.80</b>	0.02	0.02	0.52	0.00
	0.12	0.12	0.12	0.12	0.40	0.12
0.13	0.04	0.05	<b>1855.12</b>	0.02	0.52	0.00
	0.12	0.12	0.12	0.12	0.40	0.12
0.13	0.06	0.03	<b>2005.11</b>	0.02	0.52	0.00
	0.12	0.12	0.12	0.12	0.40	0.12

57

58 Table S11

mortality = 0.15						
<b>0.48</b>	<b>0.63</b>	0.23	<b>2.20</b>	0.09	0.27	0.01
	0.18	0.18	0.18	0.18	0.08	0.18
0.16	<b>17.39</b>	<b>4.84</b>	0.01	0.01	0.76	0.00
	0.06	0.06	0.06	0.06	0.70	0.06
<b>0.70</b>	<b>1.38</b>	<b>0.68</b>	0.15	0.13	0.24	0.02
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.05	0.19
0.16	<b>8.70</b>	<b>9.68</b>	0.01	0.01	0.76	0.00
	0.06	0.06	0.06	0.06	0.70	0.06
0.16	0.03	0.03	<b>1136.40</b>	0.01	0.76	0.00
	0.06	0.06	0.06	0.06	0.70	0.06
0.16	0.04	0.02	<b>1228.28</b>	0.01	0.76	0.00
	0.06	0.06	0.06	0.06	0.70	0.06

59

60 Table S12

mortality = 0.25						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.51</b>	<b>0.61</b>	0.22	<b>2.14</b>	0.08	0.33	0.01
	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17
0.25	<b>3.82</b>	<b>1.06</b>	0.00	0.00	0.97	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.01
<b>0.73</b>	<b>1.36</b>	<b>0.67</b>	0.15	0.13	0.28	0.02
	0.18	0.18	0.18	0.18	0.09	0.18
0.25	<b>1.91</b>	<b>2.12</b>	0.00	0.00	0.97	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.01
0.25	0.01	0.01	<b>249.49</b>	0.00	0.97	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.01
0.25	0.01	0.00	<b>269.66</b>	0.00	0.97	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.01

61

62 Table S13

mortality = 0.3						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.52</b>	<b>0.60</b>	0.22	<b>2.08</b>	0.08	0.37	0.01
	0.16	0.16	0.16	0.16	0.21	0.16
0.30	<b>1.92</b>	<b>0.53</b>	0.00	0.00	0.99	0.00

	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00
<b>0.74</b>	<b>1.35</b>	<b>0.67</b>	0.15	0.13	0.30	0.02
	0.18	0.18	0.18	0.18	0.12	0.18
0.30	<b>0.96</b>	<b>1.07</b>	0.00	0.00	0.99	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00
0.30	0.00	0.00	<b>125.30</b>	0.00	0.99	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00
0.30	0.00	0.00	<b>135.43</b>	0.00	0.99	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00

63

64 Table S14

mortality = 0.5						
<b>0.62</b>	<b>0.48</b>	0.17	<b>1.67</b>	0.07	0.57	0.01
	0.11	0.11	0.11	0.11	0.46	0.11
0.50	<b>0.26</b>	<b>0.07</b>	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
<b>0.81</b>	<b>1.27</b>	<b>0.63</b>	0.14	0.12	0.40	0.02
	0.15	0.15	0.15	0.15	0.24	0.15
0.50	<b>0.13</b>	<b>0.14</b>	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
0.50	0.00	0.00	<b>16.67</b>	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
0.50	0.00	0.00	<b>18.02</b>	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

65

66 Table S15

mortality = 0.1 fecundity = 4						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.41</b>	<b>0.55</b>	0.20	<b>1.93</b>	0.08	0.25	0.02
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.06	0.19
0.12	<b>22.18</b>	<b>6.17</b>	0.01	0.01	0.59	0.00
	0.10	0.10	0.10	0.10	0.49	0.10
<b>0.60</b>	<b>1.20</b>	<b>0.59</b>	0.13	0.12	0.23	0.03
	0.19	0.19	0.19	0.19	0.04	0.19
0.12	<b>11.09</b>	<b>12.34</b>	0.01	0.01	0.59	0.00
	0.10	0.10	0.10	0.10	0.49	0.10
0.12	0.03	0.04	<b>1449.17</b>	0.01	0.59	0.00
	0.10	0.10	0.10	0.10	0.49	0.10



0.12	0.05	0.02	<b>1566.34</b>	0.01	<i>0.59</i>	0.00
	0.10	0.10	0.10	0.10	<i>0.49</i>	0.10

67 Table S16

mortality = 0.1 fecundity = 12						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.50</b>	<i>0.69</i>	0.25	<b>2.41</b>	0.10	0.24	0.01
	0.19	0.19	0.19	0.19	<i>0.05</i>	0.19
0.14	<b>32.20</b>	<i>8.96</i>	0.02	0.02	0.48	0.00
	0.13	0.13	0.13	0.13	<i>0.35</i>	0.13
<b>0.75</b>	<i>1.50</i>	<i>0.74</i>	0.16	0.14	0.22	0.01
	0.19	0.19	0.19	0.19	<i>0.03</i>	0.19
0.14	<b>16.11</b>	<b>17.92</b>	0.02	0.02	0.48	0.00
	0.13	0.13	0.13	0.13	<i>0.35</i>	0.13
0.14	0.05	0.05	<b>2104.02</b>	0.02	<i>0.48</i>	0.00
	0.13	0.13	0.13	0.13	<i>0.35</i>	0.13
0.14	0.07	0.03	<b>2274.13</b>	0.02	<i>0.48</i>	0.00
	0.13	0.13	0.13	0.13	<i>0.35</i>	0.13

68

69 Table S17

mortality = 0.27 fecundity = 4						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.46</b>	<i>0.52</i>	0.19	<b>1.80</b>	0.07	0.38	0.02
	0.16	0.16	0.16	0.16	<i>0.22</i>	0.16
0.27	<b>1.47</b>	<i>0.41</i>	0.00	0.00	0.99	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>0.98</i>	0.00
<b>0.65</b>	<i>1.17</i>	<i>0.58</i>	0.13	0.11	0.30	0.03
	0.18	0.18	0.18	0.18	<i>0.12</i>	0.18
0.27	<b>0.73</b>	<b>0.82</b>	0.00	0.00	0.99	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>0.98</i>	0.00
0.27	0.00	0.00	<b>95.90</b>	0.00	<i>0.99</i>	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>0.98</i>	0.00
0.27	0.00	0.00	<b>103.66</b>	0.00	<i>0.99</i>	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	<i>0.98</i>	0.00

70

71 Table S18

mortality = 0.27 fecundity = 12						
$\lambda$	Sd	Ad	Es	Ns	Ve	f
<b>0.55</b>	<i>0.66</i>	0.24	<b>2.32</b>	0.09	0.33	0.01

	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17
0.27	4.20	1.17	0.00	0.00	0.97	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.01
0.79	1.48	0.73	0.16	0.14	0.28	0.01
	0.18	0.18	0.18	0.18	0.09	0.18
0.27	2.10	2.34	0.00	0.00	0.97	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.01
0.27	0.01	0.01	274.69	0.00	0.97	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.01
0.27	0.01	0.00	296.90	0.00	0.97	0.00
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.01