

Table 1. Statistically significant (SS) (light shading) and practically significant (PS) (dark shading) pair-wise differences for the QNSE configuration run with WRF v3.1.1+ and v3.2.1 (where the version highlighted is favored) for upper air temperature BCRMSE and bias by pressure level, season, and forecast lead time for the 00 UTC and 12 UTC initializations combined over the full integration domain.

| | | Annual | | | | Summer | | | | Fall | | | | Winter | | | | Spring | | | | |
|---------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | |
| BCRMSE | 850 | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | |
| | 700 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | |
| | 500 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | |
| | 400 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | |
| | 300 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | |
| | 200 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- |
| | 150 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 100 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- |
| Bias | 850 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | |
| | 700 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | |
| | 500 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | |
| | 400 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | 300 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | 200 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | 150 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | 100 | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- |

Table 2. SS (light shading) and PS (dark shading) pair-wise differences for the QNSE configuration run with WRF v3.1.1+ and v3.2.1 (where the version highlighted is favored) for upper air dew point temperature BCRMSE and bias by pressure level, season, and forecast lead time for the 00 UTC and 12 UTC initializations combined over the full integration domain.

| | | Annual | | | | Summer | | | | Fall | | | | Winter | | | | Spring | | | |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 |
| BCRMSE | 850 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 |
| | 700 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 500 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- |
| Bias | 850 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- |
| | 700 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | 500 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |

Table 3. SS (light shading) and PS (dark shading) pair-wise differences for the QNSE configuration run with WRF v3.1.1+ and v3.2.1 (where the version highlighted is favored) for upper air wind BCRMSE and bias by pressure level, season, and forecast lead time for the 00 UTC and 12 UTC initializations combined over the full integration domain.

| | | Annual | | | | Summer | | | | Fall | | | | Winter | | | | Spring | | | |
|---------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 | f12 | f24 | f36 | f48 |
| BCRMSE | 850 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 700 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 500 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 400 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- |
| | 300 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | 200 | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 150 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 100 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- |
| Bias | 850 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | |
| | 700 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | 500 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | |
| | 400 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | |
| | 300 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- |
| | 200 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 |
| | 150 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | 100 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |

Table 4. SS (light shading) and PS (dark shading) pair-wise differences for QNSE configuration run with WRF v3.1.1+ and v3.2.1 (where the version highlighted is favored) for surface temperature BCRMSE and bias by season and forecast lead time for the 00 UTC and 12 UTC initializations separately over the full integration domain.

| | | | f03 | f06 | f09 | f12 | f15 | f18 | f21 | f24 | F27 | f30 | f33 | f36 | f39 | f42 | f45 | f48 | |
|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BCRMSE | 00 UTC | Initializations | Annual | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.1.1 |
| | | Summer | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.1.1 |
| | | Fall | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.1.1 |
| | | Winter | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 |
| | | Spring | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | v3.1.1 |
| | 12 UTC | Initializations | Annual | -- | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 |
| | | Summer | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 |
| | | Fall | -- | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 |
| | | Winter | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 |
| | | Spring | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 |
| Bias | 00 UTC | Initializations | Annual | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 |
| | | Summer | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | |
| | | Fall | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | - | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | |
| | | Winter | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | -- | -- | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | |
| | | Spring | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | |
| | 12 UTC | Initializations | Annual | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- |
| | | Summer | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | |
| | | Fall | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | |
| | | Winter | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | |
| | | Spring | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | |

Table 5. SS (light shading) and PS (dark shading) pair-wise differences for the QNSE configuration run with WRF v3.1.1+ and v3.2.1 (where the version highlighted is favored) for surface dew point temperature BCRMSE and bias by season and forecast lead time for the 00 UTC and 12 UTC initializations separately over the full integration domain.

| | | f03 | f06 | f09 | f12 | f15 | f18 | f21 | f24 | f27 | f30 | f33 | f36 | f39 | f42 | f45 | f48 | | | |
|---------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BCRMSE | 00 UTC Initializations | Annual | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | | |
| | | Summer | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | |
| | | Fall | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | |
| | | Winter | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | | Spring | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | |
| | 12 UTC Initializations | Annual | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | Summer | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | Fall | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | |
| | | Winter | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | |
| | | Spring | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| Bias | 00 UTC Initializations | Annual | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | | |
| | | Summer | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | | |
| | | Fall | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | | |
| | | Winter | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | | |
| | | Spring | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | | |
| | 12 UTC Initializations | Annual | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | | |
| | | Summer | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | | |
| | | Fall | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | | |
| | | Winter | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | | |
| | | Spring | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.2.1 | |

Table 6. SS (light shading) and PS (dark shading) pair-wise differences for the QNSE configuration run with WRF v3.1.1+ and v3.2.1 (where the version highlighted is favored) for surface wind BCRMSE and bias by season and forecast lead time for the 00 UTC and 12 UTC initializations separately over the full integration domain.

| | | f03 | f06 | f09 | f12 | f15 | f18 | f21 | f24 | f27 | f30 | f33 | f36 | f39 | f42 | f45 | f48 | | |
|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BCRMSE | 00 UTC Initializations | Annual | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | |
| | | Summer | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | |
| | | Fall | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 |
| | | Winter | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- |
| | | Spring | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 |
| | 12 UTC Initializations | Annual | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 |
| | | Summer | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- |
| | | Fall | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- |
| | | Winter | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- |
| | | Spring | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- |
| Bias | 00 UTC Initializations | Annual | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | |
| | | Summer | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | |
| | | Fall | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | | | | | |
| | | Winter | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | -- | |
| | | Spring | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | 12 UTC Initializations | Annual | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | |
| | | Summer | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | Fall | v3.2.1 | -- | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | |
| | | Winter | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | v3.2.1 | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | |
| | | Spring | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | |

Table 7. SS (light shading) and PS (dark shading) pair-wise differences for the QNSE configuration run with WRF v3.1.1+ and v3.2.1 (where the version highlighted is favored) for 3-hour QPF GSS and frequency bias by season, forecast lead time, and threshold for the 00 UTC and 12 UTC initializations separately over the full integration domain.

| | | 00 UTC Initializations | | | | | | | | | 12 UTC Initializations | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | >0.01 | >0.02 | >0.05 | >0.1 | >0.15 | >0.25 | >0.35 | >0.5 | >1 | >0.01 | >0.02 | >0.05 | >0.1 | >0.15 | >0.25 | >0.35 | >0.5 | >1 | | | |
| | | GSS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GSS | Annual | f12 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | | |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | |
| | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Summer | f12 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Fall | f12 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Winter | f12 | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | |
| | | f36 | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | v3.2.1 | -- | v3.1.1 |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Spring | f12 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | | |
| | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Frequency Bias | Annual | f12 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Summer | f12 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Fall | f12 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Winter | f12 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Spring | f12 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Table 8. SS (light shading) and PS (dark shading) pair-wise differences for the QNSE configuration run with WRF v3.1.1+ and v3.2.1 (where the version highlighted is favored) for 24-hour QPF GSS and frequency bias by season, forecast lead time, and threshold for the 00 UTC and 12 UTC initializations separately over the full integration domain.

| | | | | >0.01 | >0.25 | >0.5 | >0.75 | >1 | >1.25 | >1.5 | >2 | >3 | |
|----------------|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|----|--------|
| GSS | 00 UTC Initializations | Annual | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | | Summer | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 |
| | | Fall | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Winter | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- |
| | | Spring | f36 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 12 UTC Initializations | Annual | f24 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | f48 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Summer | f24 | -- | v3.1.1 | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Fall | f24 | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Winter | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | v3.1.1 | -- | -- | -- |
| | | | f48 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 |
| | | Spring | f24 | v3.1.1 | v3.1.1 | v3.1.1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| f48 | | | -- | -- | -- | -- | v3.2.1 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| Frequency Bias | | 00 UTC Initializations | Annual | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | Summer | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | Fall | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | Winter | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Spring | | f36 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | 12 UTC Initializations | Annual | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Summer | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Fall | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Winter | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | f48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Spring | f24 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| f48 | | | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |